

Pregrado

Carrera: Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de proyectos eléctricos

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Electricidad

Tema: Rediseñar e implementación del sistema

Eléctrico de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús

Molina ubicada en la Joya de los Sachas parroquia

Enokanqui

Autor/s: Robinson Javier Del Valle Castillo

Carlos Alfredo Cedeño Muentes

Argenis Alexander García Flores

Tutor Metodológico: Ing. Diego Pichoasamin

Tutor Técnico: Ing. Diego Pichoasamin

Fecha: 28 de febrero de 2025

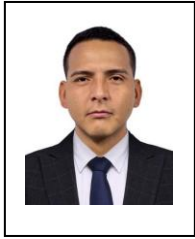


Autor: Robinson Javier Del Valle Castillo

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

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



Autor: Carlos Alfredo Cedeño Muentes

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: carlosalfredo.cedeno@ister.edu.ec



Autor: Argenis Alexander García Flores

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí –Ecuador

Correo electrónico: argenis.garcia@ister.edu.ec



Dirigido por: Pichoasamin Morales Diego Fernando

Título: Ing. Electrónica en Automatización y Control

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: diego.pichoasamin@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

DEL VALLE CASTILLO ROBINSON JAVIER

CEDEÑO MUENTES CARLOS ALFREDO

GARCÍA FLORES ARGENIS ALEXANDER



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 27 de febrero 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, CARLOS ALFREDO CEDEÑO MUENTES declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REDISEÑAR E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA MERCEDES DE JESÚS MOLINA UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PARROQUIA ENOKANQUI, 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,

CARLOS ALFREDO CEDEÑO MUENTES
C.I.: 2200344931



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 27 de febrero del 2025

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

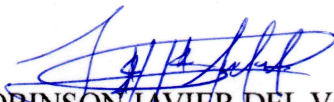
Presente

Por medio de la presente, yo, ROBINSON JAVIER DEL VALLE CASTILLO declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REDISEÑAR E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA MERCEDES DE JESÚS MOLINA UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PARROQUIA ENOKANQUI, 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,


ROBINSON JAVIER DEL VALLE CASTILLO
C.I.: 1726484304

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 27 de febrero 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, ARGENIS ALEXANDER GARCÍA FLORES declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **REDISEÑAR E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIDAD EDUCATIVA MERCEDES DE JESÚS MOLINA UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PARROQUIA ENOKANQUI**, 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,

ARGENIS ALEXANDER GARCÍA FLORES
C.I.: 2200679831

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

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

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

ROBINSON JAVIER DEL VALLE CASTILLO

CARLOS ALFREDO CEDEÑO MIENTES

ARGENIS ALEXANDER GARCÍA FLORES

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

ING. DIEGO FERNANDO PICHOSAMIN MORALES

ING. DIEGO FERNANDO PICHOSAMIN MORALES

CONTACTO ESTUDIANTE:

0984066249

0996137583

0999564854

CORREO ELECTRÓNICO:

robinson.del@ister.edu.ec

carlosalfredo.cedeno@ister.edu.ec

argenis.garcia@ister.edu.ec

TEMA:

REDISEÑAR E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIDAD
EDUCATIVA MERCEDES DE JESÚS MOLINA UBICADA EN LA JOYA DE LOS
SACHAS PARROQUIA ENOKANQUI

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

EL PROYECTO "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN AULAS
EDUCATIVAS" SE ENFOCA EN DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA
ELÉCTRICO SEGURO Y EFICIENTE EN LA UNIDAD EDUCATIVA MERCEDES DE
JESÚS MOLINA, SIGUIENDO LAS NORMATIVAS NEC-SB-IE, QUE DENTRO DE
ESTE MARCO SE IDENTIFICARON PROBLEMAS COMO LUMINARIAS
DEFECTUOSAS, TOMACORRIENTES EXPUESTOS Y FALTA DE
MANTENIMIENTO, LO QUE REPRESENTABA RIESGOS ELÉCTRICOS Y
AFECTABA EL RENDIMIENTO ACADÉMICO, ADEMÁS INCLUYÓ EL DISEÑO DE
CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA, LA INSTALACIÓN DE LUMINARIAS
LED, LA MEJORA DE LA PUESTA A TIERRA Y LA PROTECCIÓN DE CIRCUITOS,

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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



POR ENDE LOS RESULTADOS MOSTRARON NIVELES DE ILUMINACIÓN ADECUADOS, CAÍDAS DE VOLTAJE DENTRO DE LOS LÍMITES PERMITIDOS Y UN SISTEMA ELÉCTRICO MÁS SEGURO Y EFICIENTE, ASI MISMO SE RECOMIENDA CAPACITAR AL PERSONAL EN MANTENIMIENTO Y CONSIDERAR LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES.

PALABRAS CLAVE:

SISTEMA ELÉCTRICO, ILUMINACIÓN, NORMATIVA NEC-SB-IE, SEGURIDAD ELÉCTRICA, EFICIENCIA ENERGÉTICA, PUESTA A TIERRA.

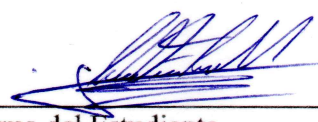
ABSTRACT:

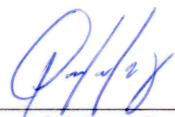
THE PROJECT "IMPROVEMENT OF THE ELECTRICAL SYSTEM IN EDUCATIONAL CLASSROOMS" AIMED TO DESIGN AND IMPLEMENT A SAFE AND EFFICIENT ELECTRICAL SYSTEM AT THE MERCEDES DE JESÚS MOLINA EDUCATIONAL UNIT, FOLLOWING NEC-SB-IE REGULATIONS. DURING THE INITIAL ASSESSMENT, CRITICAL ISSUES SUCH AS FAULTY LIGHTING, EXPOSED OUTLETS, AND LACK OF MAINTENANCE WERE IDENTIFIED, POSING SIGNIFICANT ELECTRICAL RISKS AND NEGATIVELY IMPACTING STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE. TO ADDRESS THESE DEFICIENCIES, THE PROJECT INCLUDED THE DESIGN OF LIGHTING AND POWER CIRCUITS, INSTALLATION OF ENERGY EFFICIENT LED FIXTURES, IMPROVEMENT OF THE GROUNDING SYSTEM, AND IMPLEMENTATION OF ELECTRICAL PROTECTIONS SUCH AS CIRCUIT BREAKERS. THE RESULTS SHOWED ADEQUATE LIGHTING LEVELS, VOLTAGE DROPS WITHIN ALLOWED LIMITS, AND A SAFER AND MORE EFFICIENT ELECTRICAL SYSTEM. ADDITIONALLY, IT IS RECOMMENDED TO TRAIN STAFF IN PREVENTIVE MAINTENANCE AND CONSIDER THE IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES, SUCH AS SOLAR PANELS, TO OPTIMIZE ENERGY CONSUMPTION AND PROMOTE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY.

PALABRAS CLAVE:

ELECTRICAL SYSTEM, LIGHTING, NEC-SB-IE REGULATIONS, ELECTRICAL SAFETY, ENERGY EFFICIENCY, GROUNDING.


Firma del Estudiante
Robinson Javier Del Valle Castillo
C.I.: 1726484304


Firma del Estudiante
Carlos Alfredo Cedeño Muentes
C.I.: 2200344931


Firma del Estudiante
Argenis Alexander García Flores
C.I.: 2200679831



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 27 de febrero del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo CARLOS ALFREDO CEDEÑO MIENTES, con C.I.: 2200344931 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
Carlos Alfredo Cedeño Muentes
C.I.: 2200344931



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 27 de febrero del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo ROBINSON JAVIER DEL VALLE CASTILLO, con C.I.: 1726484304 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

Robinson Javier Del Valle Castillo

C.I.: 1726484304

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 27 de febrero del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo ARGENIS ALEXANDER GARCÍA FLORES, con C.I.: 2200679831 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

Argenis Alexander García Flores

C.I.: 2200679831

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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

Agradecimiento.

*Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al **Instituto Universitario Rumiñahui**, que nos brindó las herramientas necesarias para nuestro crecimiento académico y personal que estamos profundamente agradecidos por el apoyo constante de las autoridades y por la dedicación de los docentes, quienes, con su experiencia y compromiso, han sido fundamentales en nuestra formación profesional.*

Agradecemos la oportunidad de haber formado parte de una comunidad educativa que nos ha impulsado a desarrollar habilidades y competencias, permitiéndonos enfrentar con confianza los retos que implica este proyecto además la calidad de enseñanza y la orientación recibida durante estos años han sido claves para el desarrollo de este trabajo, y nos han motivado a seguir aprendiendo y aportando al desarrollo de soluciones innovadoras para el sector eléctrico.

Finalmente, queremos agradecer a Dios por darnos fortaleza, a nuestras familias por su amor incondicional y apoyo constante, y a todas las personas que han formado parte de nuestro camino, especialmente a nuestros compañeros, quienes han compartido esta experiencia y han sido una fuente continua de motivación, nuestro más sincero reconocimiento a todos por ser parte esencial de este logro.

Índice general

Índice general.....	5
Índice de tablas	7
Índice de figuras.....	8
Resumen.....	10
Abstrac	11
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Justificación	13
1.3. Alcance	14
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivos General	15
1.4.2. Objetivos Específicos.....	15
2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Energía eléctrica.....	16
2.2. Unidades Principales de la Electricidad.....	16
2.3. Ley de Ohm.....	16
2.4. Potencia eléctrica	17
2.5. la Ley de Watt.....	17
2.6. Circuito Eléctrico	17
2.7. Circuito de iluminación.....	18
2.8. Tipos de alumbrado.....	18
2.9. Circuito de Toma Corriente	19
2.10. Calibre de cable Eléctrico	19
2.11. Protección Contra Sobrecarga de Corriente Eléctrica.....	20
2.12. Dispositivos de Protección Eléctricas	20
2.13. Tablero de Distribución.....	21
2.14. Aterrizaje Eléctrico	22
2.15. Calibre del conductor de puesta a tierra	23
2.16. Características y Medidas Empleadas en Iluminación.	24
2.17. Escala de Iluminación de Interior en Escuelas.	25
2.18. Software Dialux evo.....	25
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	27

3.1.	Localización del proyecto	27
3.2.	Situación inicial	27
3.2.1.	Levantamiento carga	28
3.2.2.	Plano inicial.....	29
3.2.3.	Problemas	30
3.3.	Diseño	32
3.3.1.	Iluminación.....	32
3.3.2.	Fuerza	51
3.3.3.	Puesta a tierra	58
3.3.4.	Diagrama Unifilar.....	61
3.3.5.	Diagramas de flujo	63
3.4.	Implementación.....	64
3.4.1.	Lista de Materiales	64
3.4.2.	Instalación.	65
4.	PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
4.1.	Pruebas de funcionamiento	72
4.2.	Niveles de iluminación	75
4.3.	Caída de voltaje.....	77
4.4.	Plan de mantenimiento.....	79
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.1.	Conclusiones	81
5.2.	Recomendaciones	82
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	83
7.	ANEXOS.....	85

Índice de tablas

Tabla 1. Nivel de iluminación escolar	25
Tabla 2. Cargas eléctricas de la institución.....	28
Tabla 3. Área de construcción	33
Tabla 4. Coeficiente de reflexión en el aula #1	36
Tabla 5. Factor de mantenimiento del aula #1	36
Tabla 6. Luminarias para cada área de la escuela.	41
Tabla 7. Simulación de todas las áreas a intervenir	46
Tabla 8. Potencia de cada circuito	47
Tabla 9. Intensidad total de los circuitos más el 125%.....	48
Tabla 10. Protecciones para cada circuito.....	49
Tabla 11. Número de conductores por diámetro de tubería.....	50
Tabla 12. Alcance de la potencia en el circuito de fuerza	52
Tabla 13. La intensidad por cada circuito	53
Tabla 14. Protección por circuito de la escuela.	54
Tabla 15. Caída de tensión en los circuitos.....	57
Tabla 16. Lista de materiales a utilizar.	64

Índice de figuras

Figura 1. Triángulo de Ohm.....	16
Figura 2. Ecuaciones de la ley de Watt.....	17
Figura 3. Iluminación general	18
Figura 4. Iluminación localizada.....	18
Figura 5. Iluminación de acento.....	19
Figura 6. Calibres AWG	20
Figura 7. Fusible	20
Figura 8. Disyuntor	21
Figura 9. Interruptor diferencial.....	21
Figura 10. Esquema de una acometida monofásica.	22
Figura 11. Dimensiones de puesta a tierra	23
Figura 12. Dimensión de los cables de tierra para canalizaciones y dispositivos.....	23
Figura 13. Temperatura de color de iluminación.....	24
Figura 14. Distribución de la luz.....	24
Figura 15. Interfaz del software Dialux Evo	26
Figura 16. Captura de imagen de Google Maps, ubicación geográfica de la parroquia Enokanki.....	27
Figura 17. Plano inicial	30
Figura 18. Aulas con boquillas colgantes	31
Figura 19. Caja de distribución en mal estado.	31
Figura 20. Interruptor en mal estado.....	32
Figura 21. Categoría de las viviendas según su superficie de construcción.	33
Figura 22. Factor de demanda.....	34
Figura 23. Luminaria a implementar	34
Figura 24. Datos técnicos de la luminaria lineal	35
Figura 25. Separación entre luminarias	38
Figura 26. Luminaria a utilizar en el pasillo	39
Figura 27. Luminaria a utilizar en el área recreativa	40
Figura 28. LED Linear 1.2m 36W 6500K	42
Figura 29. Simulación del aula #1	42
Figura 30. Flujo luminoso del aula #1	43
Figura 31. Simulación de la sala de cómputo.	43
Figura 32. Flujo luminoso en la sala de computo	44
Figura 33. Flujo Luminoso del pasillo.....	45
Figura 34. Resultado de la Simulación del pasillo.....	45
Figura 35. Simulación del área recreativa.....	45
Figura 36. Flujo Luminoso del área recreativa	46
Figura 37. Plano de la distribución de las luminarias.	51
Figura 38. Dimensión de los cables de tierra para canalizaciones y dispositivos.....	54
Figura 39. Plano de los circuitos de tomacorrientes.	58
Figura 40. Medición con el telurómetro	59
Figura 41. Representación gráfica de la malla.....	60
Figura 42. Diagrama unifilar del proyecto.....	62
Figura 43. Diagrama de flujo del circuito eléctrico	63
Figura 44. Tablero principal actual.....	65
Figura 45. Tablero principal inicial.	65

Figura 46. Tablero secundario del aula #1 y Aula #4, inicial	66
Figura 47. Tablero secundario del aula #1 y Aula #4, actual	66
Figura 48. Tomacorriente inicial.....	67
Figura 49. Tomacorrientes Actual	67
Figura 50. Interruptores actuales.....	68
Figura 51. Interruptores iniciales.	68
Figura 52. Luminaria inicial.	69
Figura 53. Luminarias actuales.	69
Figura 54. Luminaria del área recreativa Inicial.	70
Figura 55. Reflectores en el área recreativa actual.	70
Figura 56. Instalación de las varillas Copperweld	71
Figura 57. Realización de maya.....	71
Figura 58. Luminaria del aula #1 y #2.....	72
Figura 59. Luminaria del aula #5.....	73
Figura 60. Tomacorriente de la sala de computo	73
Figura 61. Tomacorriente del aula #3	73
Figura 62. Área recreativa.....	74
Figura 63. Medición de puesta a tierra.....	74
Figura 64. Medición antes de la implementación.	75
Figura 65. Medición después de la implementación.....	76
Figura 66. Medición antes de la implementación	76
Figura 67. Medición después de la implementación.....	76
Figura 68. Medición en el medidor eléctrico	77
Figura 69. Medición en el tablero principal.....	78
Figura 70. Medición de tomacorriente del aula #1	78

Resumen

El proyecto "Mejoramiento del Sistema Eléctrico en Aulas Educativas" se enfoca en diseñar e implementar un sistema eléctrico seguro y eficiente en la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina, siguiendo las normativas NEC-SB-IE, que dentro de este marco se identificaron problemas como luminarias defectuosas, tomacorrientes expuestos y falta de mantenimiento, lo que representaba riesgos eléctricos y afectaba el rendimiento académico, además incluyó el diseño de circuitos de iluminación y fuerza, la instalación de luminarias LED, la mejora de la puesta a tierra y la protección de circuitos, por ende los resultados mostraron niveles de iluminación adecuados, caídas de voltaje dentro de los límites permitidos y un sistema eléctrico más seguro y eficiente, así mismo se recomienda capacitar al personal en mantenimiento y considerar la implementación de energías renovables.

Palabras clave: Sistema eléctrico, iluminación, normativa NEC-SB-IE, seguridad eléctrica, eficiencia energética, puesta a tierra.

Abstrac

The project "Improvement of the Electrical System in Educational Classrooms" aimed to design and implement a safe and efficient electrical system at the Mercedes de Jesús Molina Educational Unit, following NEC-SB-IE regulations. During the initial assessment, critical issues such as faulty lighting, exposed outlets, and lack of maintenance were identified, posing significant electrical risks and negatively impacting students' academic performance. To address these deficiencies, the project included the design of lighting and power circuits, installation of energy-efficient LED fixtures, improvement of the grounding system, and implementation of electrical protections such as circuit breakers. The results showed adequate lighting levels, voltage drops within allowed limits, and a safer and more efficient electrical system. Additionally, it is recommended to train staff in preventive maintenance and consider the implementation of renewable energy sources, such as solar panels, to optimize energy consumption and promote environmental sustainability.

Keywords: Electrical system, lighting, NEC-SB-IE regulations, electrical safety, energy efficiency, grounding.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto "Mejoramiento del Sistema Eléctrico en Aulas Educativas" se desarrolló con el objetivo de garantizar un entorno seguro y funcional para la comunidad educativa de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina con las instalaciones eléctricas existentes presentaban un estado de deterioro significativo, con luminarias en mal estado, tomacorrientes expuestos y cables sin canalización adecuada, lo que generaba un alto riesgo de cortocircuitos, incendios y electrocuciones además estas deficiencias no solo comprometían la seguridad de estudiantes, docentes y personal administrativo, sino que también limitaban el uso de equipos electrónicos esenciales para el desarrollo de las actividades académicas. Además, la iluminación inadecuada contribuía a problemas como fatiga visual y falta de concentración, afectando negativamente el rendimiento académico de los estudiantes.

El proyecto se basó en las normativas NEC-SB-IE, que establecen los estándares técnicos y de seguridad para instalaciones eléctricas con un alcance que incluyó el diseño e implementación de un sistema eléctrico eficiente y seguro en 10 espacios de la institución, que suman un área total de 979 m². Estos espacios comprenden aulas, comedor, baño, pasillos y una zona recreativa también se consideró la distribución adecuada de circuitos de iluminación y fuerza, la selección de luminarias LED de bajo consumo, la mejora de la puesta a tierra y la protección de circuitos mediante interruptores termomagnéticos.

El proceso de diseño incluyó el uso de herramientas como AutoCAD para la elaboración de planos eléctricos y Dialux Evo para la simulación de iluminación, asegurando que los niveles de iluminación cumplieran con los estándares requeridos. Además, se realizaron cálculos detallados para dimensionar conductores, protecciones y caídas de voltaje, garantizando un sistema eléctrico eficiente y seguro, puesto que la implementación del proyecto no solo mejoró las condiciones de iluminación y seguridad en las aulas, sino que también optimizó el consumo energético, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

1.1. Planteamiento del Problema

El proyecto "Mejoramiento del Sistema Eléctrico en Aulas Educativas" surge como una iniciativa clave para garantizar condiciones seguras y funcionales en el entorno educativo ya que las aulas desempeñan un papel primordial en el proceso de enseñanza-aprendizaje, siendo espacios donde convergen actividades pedagógicas, tecnológicas y sociales. Sin embargo, el estado actual del sistema eléctrico ha evidenciado deterioros significativos, ausencia de mantenimiento preventivo y fallas que limitan su funcionalidad y representan riesgos para la comunidad educativa.

Entre los principales problemas identificados se encuentran luminarias en mal estado que dificultan una iluminación adecuada, tomacorrientes expuestos instalados de manera incorrecta y cables sin canalización apropiada. Además, la falta de una distribución eléctrica adecuada y las deficiencias en el breaker principal agravan la inseguridad eléctrica, lo que incrementa el riesgo de incendios, accidentes y electrocuciones en estas condiciones no solo afectan la seguridad de estudiantes y docentes, sino que también obstaculizan el uso de equipos electrónicos esenciales, limitando el desarrollo de las clases, especialmente en días con poca luz natural.

El impacto de estas deficiencias trasciende lo técnico, ya que la iluminación inadecuada contribuye a problemas como fatiga visual y falta de concentración, afectando directamente el beneficio académico de los alumnos, ya que este proyecto posee como objetivo abordar estas problemáticas mediante el diseño, planificación y ejecución de un sistema eléctrico eficiente y seguro que cumpla con los estándares normativos NEC, garantizando un entorno educativo propicio y libre de riesgos con la mejora de estas instalaciones contribuirá no solo a optimizar las actividades escolares, sino también a crear un ambiente seguro y sostenible para el aprendizaje.

1.2. Justificación

El actual proyecto se sustenta en la necesidad urgente de garantizar la seguridad, la eficiencia operativa y la eficacia educativa en la unidad formativa mediante la mejora del sistema eléctrico actual ya que las instalaciones eléctricas presentan un estado de deterioro que pone en peligro la vida de los estudiantes y dificulta el desarrollo óptimo de las actividades académicas.

Desde una perspectiva de seguridad, las condiciones actuales incrementan el peligro de cortocircuitos, incendios y electrocuciones, situaciones que amenazan directamente la integridad física de alumnos, docentes y personal administrativo al atender estas deficiencias es prioritario para prevenir accidentes y garantizar un entorno seguro para todos los usuarios.

En términos de calidad educativa, un sistema eléctrico eficiente y moderno es imprescindible para crear un ambiente adecuado para el aprendizaje, pero con la insuficiencia de iluminación, los frecuentes apagones y las constantes fallas en los equipos electrónicos afectan la concentración y el rendimiento académico, limitando las oportunidades educativas que la institución puede ofrecer.

Por otro lado, desde el punto de vista de eficacia energética, este proyecto busca optimizar el uso de energía eléctrica mediante el rediseño de las instalaciones. Esto no solo permitirá reducir los costos operativos de la escuela, sino que asimismo contribuirá a la sostenibilidad ambiental, alineándose con las prácticas responsables de gestión de recursos.

Finalmente, el cumplimiento de las normas técnicas vigentes es un pilar fundamental del proyecto con la actualización de las instalaciones eléctricas garantiza que estas se encuentren acorde con los estándares establecidos, minimizando riesgos y posicionando a la institución como un modelo de cumplimiento normativo y responsabilidad social.

1.3. Alcance

El proyecto abarca el diseño del sistema eléctrico de iluminación y fuerza para un total de 10 espacios que suman un área de 979 m². Estos espacios incluyen:

- **Aulas:** Aula 1, Aula 2, Aula 3 y Aula 4, cada una con 60 m²; Aula 5, de 72 m².
- **Otros espacios:** Comedor (72 m²), casa del maestro (60 m²), baño (15 m²), pasillo (70 m²) y una zona recreativa de 450 m².

De los cuales se tomarán en cuenta para la implementación los siguientes: Aula 1, Aula 2, Aula 3 y Aula 4, cada una con 60 m²; Aula 5, de 72 m², Comedor (72 m²), baño (15 m²), pasillo y una zona recreativa de 450 m².

El diseño y la implementación se realizarán de acuerdo con las normas NEC-SB-IE, dimensionando adecuadamente los conductores y las protecciones en función de las cargas. Para garantizar un sistema eficiente, se tomarán medidas con un luxómetro para comprobar los niveles de luminosidad que cumplan con los estándares normativos según las características de cada área.

Los principales entregables del proyecto incluyen:

- Cálculo y dimensionamiento de conductores y protecciones térmicas.
- Elaboración del diagrama unifilar y planos eléctricos utilizando AutoCAD.

- Simulación del sistema eléctrico y diseño de iluminación en los softwares AutoCAD y Dialux.
- Implementación del sistema eléctrico en los 9 escenarios seleccionados y entrega final del proyecto ubicado en la provincia de Orellana, cantón Joya de los Sachas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos General

Diseñar el sistema eléctrico, mediante las normativas NEC-SB-IE, para las 8 áreas de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina y realizar la implementación de 7 aulas, de igual manera se implementará el alumbrado en la parte exterior frontal de las aulas que se puede considerar como pasillos y también de su zona recreativa.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la situación inicial de las instalaciones eléctricas de la unidad educativa para proponer acciones de mejora.
- Realizar mediciones con el luxómetro para así poder colocar una iluminación adecuada referente al área.
- Realizar el diagrama unifilar de iluminación y de tomacorrientes en AutoCAD en base a la normativa eléctrica.
- Realizar las instalaciones eléctricas en base de la normativa eléctrica NEC-SB-IE.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energía eléctrica

La energía eléctrica es la capacidad de realizar trabajo mediante el desplazamiento de cargas eléctricas por medio de un conductor, facilitado por una diferencia de potencial entre dos puntos ya que esta forma de energía es esencial en la vida moderna, ya que puede variar fácilmente en otras formas de energía, como la lumínica, mecánica o térmica (Fermín, 2004).

Es representada por la sigla (W) y su unidad de medida es el kilovatio por hora (KW-h).

La fórmula es:

$$W=P \cdot t.$$

2.2. Unidades Principales de la Electricidad

Las magnitudes fundamentales en electricidad incluyen:

- **Voltaje (V):**

Expresado en voltios (V), indica la diferencia de potencial eléctrico existente entre dos puntos.

- **Corriente (I):**

Expresada en amperios (A), representa la cantidad de carga eléctrica que circula a través de un conductor

- **Resistencia (R):**

Medida en ohmios (Ω), cuantifica la oposición al flujo de corriente en un material.

2.3. Ley de Ohm

Enunciada por Georg Simón Ohm, esta ley determina que la corriente que circula por un conductor entre dos puntos es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del mismo (Seippel, 2021). Matemáticamente, se expresa como:

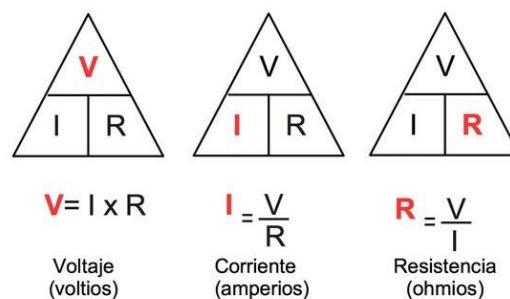


Figura 1. Triángulo de Ohm
fuente: Obtenido de (Rosimar, s.f.)

2.4. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica representa la tasa a la cual se transfiere o consume energía en un circuito. Se calcula como el producto del voltaje y la corriente:

$$P = V \times I$$

Donde:

- P: representa la potencia en vatios (W)
- V: corresponde al voltaje en voltios (V).
- I: indica la corriente en amperios (A).

2.5. la Ley de Watt

La Ley de Watt se refiere a la relación entre potencia, voltaje y corriente en un circuito eléctrico, estableciendo que la potencia es igual al producto del voltaje por la corriente que también esta ley es esencial para comprender cómo se distribuye y consume la energía eléctrica en los circuitos (Arboledas Brihuega, 2010).

- Triangulo de la ley de watt

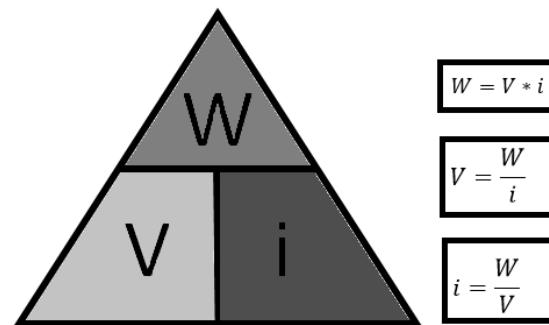


Figura 2. Ecuaciones de la ley de Watt
Fuente: Obtenido de la página web Ecuaciones.

2.6. Circuito Eléctrico

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos interconectados que facilitan el paso de la corriente eléctrica. Los elementos básicos incluyen:

- **Fuente de alimentación**
Proporciona la energía eléctrica necesaria.
- **Conductores**

Permiten el paso de la corriente eléctrica.

- **Cargas**

Dispositivos que consumen energía eléctrica.

- **Dispositivos de control**

Regulan el paso de corriente a través del circuito.

Las instalaciones eléctricas en un hogar, escuela o institución deben diseñarse de manera que los circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas específicas sean independientes, asegurando así su correcto funcionamiento y seguridad. Para ello, los conductores de alimentación deben dimensionarse para soportar al menos el 125% de la carga máxima prevista, y cada circuito debe contar con su propio conductor neutro conectado a tierra, así como con una protección individual. Además, se debe evitar la interconexión de circuitos entre diferentes niveles o pisos de la vivienda, siguiendo las disposiciones establecidas por la normativa correspondiente (NEC-SB-Instalaciones-Eléctricas, 2018) (Dorf y Svoboda, 2015).

2.7. Circuito de iluminación

Este tipo de circuito está diseñado específicamente para alimentar sistemas de iluminación. Incluye interruptores, luminarias y, en ocasiones, dispositivos de control de intensidad lumínica. Su diseño debe garantizar una distribución uniforme de la luz y cumplir con las normativas de seguridad y eficiencia energética (MARTINEZ DOMINGUEZ, 2003).

2.8. Tipos de alumbrado

Existen diversos tipos de alumbrado según su aplicación:

- **Alumbrado general:** Proporciona iluminación uniforme en un espacio.

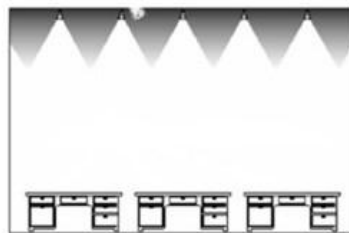


Figura 3. Iluminación general
Fuente: Obtenido de (m-electricidad, 2023)

- **Alumbrado localizado:** Ilumina áreas específicas donde se realizan tareas particulares.

Figura 4. Iluminación localizada
Fuente: (m-electricidad, 2023)

- **Alumbrado de acento:** Destaca objetos o áreas específicas para efectos estéticos o funcionales.

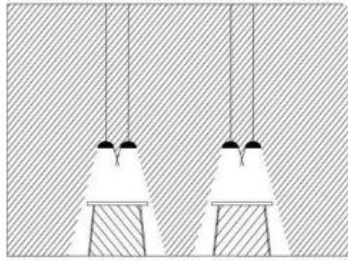
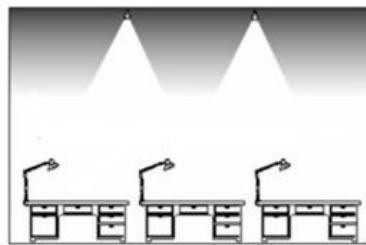


Figura 5. Iluminación de acento
Fuente: (m-electricidad, 2023)



2.9. Circuito de Toma Corriente

Estos circuitos están destinados a suministrar energía a dispositivos eléctricos a través de enchufes o tomacorrientes que deben diseñarse considerando la carga prevista y las normativas de seguridad para evitar sobrecargas y garantizar un funcionamiento seguro (Taracena Herrera, 2017).

2.10. Calibre de cable Eléctrico

El calibre o sección transversal de un cable determina la cantidad de corriente que puede transportar de manera segura, la elección del calibre adecuado depende de factores como la corriente esperada, la longitud del cable y las condiciones ambientales con la utilización de un calibre incorrecto puede resultar en sobrecalentamientos y fallas en el sistema eléctrico (Navas García, 2018).

El calibre de los cables eléctricos está regulado por normas internacionales como la National Electrical Code (NEC-SB-IE), que utiliza el sistema American Wire Gauge (AWG) para clasificar los calibres. En este sistema, un número más bajo indica un cable más grueso con mayor capacidad de corriente. Por ejemplo:

Calibre 14 AWG: Generalmente usado para iluminación.

Calibre 12 AWG: Ideal para circuitos de tomacorrientes estándar.

Calibre 10 AWG: Utilizado para cargas de mayor consumo, como calentadores de agua.

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 6. Calibres AWG
Fuente: Obtenido de (Masvoltaje, 2017)

2.11. Protección Contra Sobrecarga de Corriente Eléctrica

La protección contra sobrecargas se implementa para prevenir daños en los circuitos y equipos debido a corrientes excesivas. Se utilizan dispositivos como fusibles y disyuntores que interrumpen el flujo de corriente cuando esta supera un umbral preestablecido, protegiendo así la integridad del sistema eléctrico (WERNER RUFFO, 2009).

2.12. Dispositivos de Protección Eléctricas

Entre los principales dispositivos de protección se encuentran:

- **Fusibles**

Dispositivos de un solo uso que se funden al detectar una corriente excesiva, interrumpiendo el circuito.



Figura 7. Fusible
Fuente: Obtenido de (Grote, s.f.)

- **Disyuntores**

Interrupidores automáticos que abren el circuito al detectar sobrecargas o cortocircuitos y pueden rearmarse después de actuar.



Figura 8. Disyuntor
Fuente: Obtenido de (Beny, 2021)

- **Interruptores diferenciales**

Detectan variaciones entre la corriente que ingresa y sale de un circuito, señalizando posibles fugas, y proceden a desconectarlo del suministro para evitar riesgos eléctricos.



Figura 9. Interruptor diferencial
Fuente: Obtenido de (Schneider, 2010)

2.13. Tablero de Distribución

El tablero de distribución es un elemento esencial en cualquier sistema eléctrico, ya que actúa como el punto principal para la distribución de energía desde la fuente principal a diferentes circuitos o áreas específicas. Su función principal es proteger, controlar y dividir la corriente eléctrica para garantizar un suministro eficiente y seguro a los distintos elementos del sistema.

Funciones del tablero de distribución es la distribuir la energía ya que divide la energía proveniente de la fuente principal hacia circuitos específicos, también Protege a los circuito a través de dispositivos como breakers o fusibles, previene daños por sobrecargas y cortocircuitos y por ultimo facilita el mantenimiento que permite la desconexión de circuitos individuales para reparaciones sin afectar a todo el sistema como también Controla el sistema eléctrico ya que proporciona un punto centralizado para monitorear y operar el sistema (Alberto, 2019).

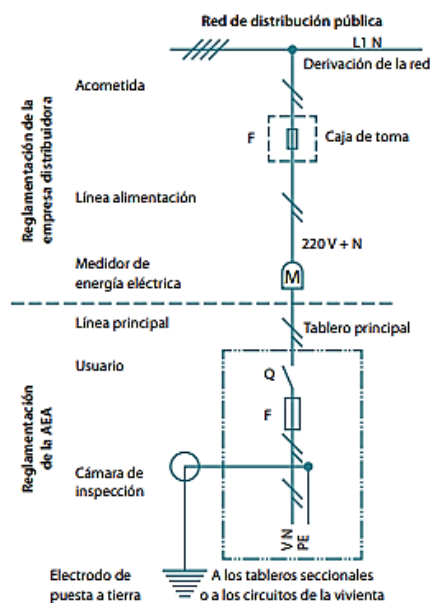
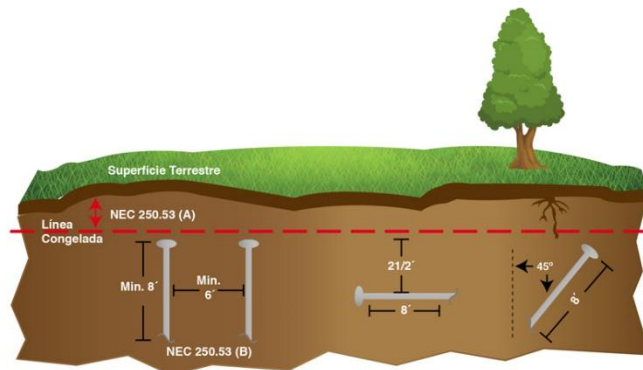


Figura 10. Esquema de una acometida monofásica.
Fuente: Obtenido de (Alberto, 2019)

2.14. Aterrizaje Eléctrico

El aterrizaje o puesta a tierra es un sistema de protección que conecta partes metálicas de instalaciones y equipos eléctricos al suelo. Su función es desviar corrientes no deseadas, como las originadas por fallas o descargas atmosféricas, hacia la tierra, reduciendo el riesgo de electrocución y daños en los equipos (Sanz Alzate, 2007).

En los sistemas eléctricos, la puesta a tierra es un elemento crítico para asegurar la protección y funcionalidad de las instalaciones. El Código Eléctrico Nacional (NEC-SB-IE) establece que el enlace neutro-tierra debe realizarse en el primer medio de desconexión, como el interruptor principal, permitiendo un punto de referencia seguro para el sistema eléctrico. Además, se recomienda el uso de varillas de conexión a tierra de al menos 8 pies de longitud, con un espaciado mínimo de 6 pies entre ellas, optimizando la dispersión de la corriente hacia el suelo. La instalación adecuada evita problemas como corrientes de bucle de tierra que pueden generar malfuncionamientos en los equipos eléctricos. Estas medidas contribuyen a un sistema de distribución de energía eléctrica confiable y seguro para cualquier edificación.



Todas las dimensiones verticales están por debajo de la superficie de la tierra y son el mínimo requerido por NEC 250.53 (G).

Figura 11. Dimensiones de puesta a tierra
Fuente: Obtenido de (Gerardo, 2017)

2.15. Calibre del conductor de puesta a tierra

El calibre del conductor de puesta a tierra es un aspecto crucial en la seguridad de un sistema eléctrico. Este conductor se utiliza para enlazar las partes metálicas del sistema eléctrico a la puesta a tierra, asegurando que cualquier falla de corriente se dirija de manera segura al suelo. Según el NEC-SB-IE, el tamaño del cable de puesta a tierra debe ser adecuado al tamaño de los conductores de alimentación y la carga del sistema. Un conductor de puesta a tierra de calibre insuficiente puede no ser capaz de manejar la corriente de falla, lo que aumenta el riesgo de daños o accidentes eléctricos.

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
(A)	Conductor de cobre	Conductor de aluminio
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)

Ref: Tabla 250.122 del NEC

Figura 12. Dimensión de los cables de tierra para canalizaciones y dispositivos.
Fuente: Obtenido de (Alberto, 2019)

2.16. Características y Medidas Empleadas en Iluminación.

La iluminación debe cumplir con características específicas para garantizar funcionalidad, seguridad y confort visual. Algunas de las principales características incluyen:

- **Eficiencia luminosa**

Relación entre la luz emitida y la energía consumida, expresada en lúmenes por vatio (lm/W).

- **Índice de reproducción cromática (IRC)**

Habilidad de la fuente de luz para replicar colores de manera fiel en comparación con la luz natural, expresado en una escala de 0 a 100.

- **Temperatura de color**

Medida en kelvins (K), indica el tono de la luz, que puede variar desde cálido (amarillo) hasta frío (blanco azulado).



Figura 13. Temperatura de color de iluminación
Fuente: Obtenido de Claridad.tech

- **Distribución de la luz**

Patrón de luz emitido, adaptado a las necesidades de la aplicación (difusa, focalizada, etc.).

Directa	0-10% 90-100%	Semi-directa	10-40% 60-90%
General difusa	40-60% 40-60%	Directa-indirecta	40-60% 40-60%
Semi-directa	60-90% 10-40%	Indirecta	90-100% 0-10%

Figura 14. Distribución de la luz
Fuente: Obtenido de (MKT Digital , 2022)

2.17. Escala de Iluminación de Interior en Escuelas.

Para garantizar condiciones óptimas de aprendizaje, las normativas internacionales, como la UNE-EN 12464-1, establecen requisitos específicos de iluminación según las actividades realizadas, asegurando confort visual, seguridad y eficiencia energética ya que esta normativa recomienda niveles mínimos de iluminancia, uniformidad y control del deslumbramiento para entornos educativos, lo que contribuye a mejorar la concentración, reducir la fatiga visual y optimizar el rendimiento académico de estudiantes y docentes. realizadas (Medina Freire, 2013).

Tabla 1. Nivel de iluminación escolar

Área o actividad	Nivel de Iluminación (Lx)
Aulas y laboratorios	300–500 lx
Pasillos, baños y áreas comunes	100–150 lx
Salas de reuniones	500 lx
Bibliotecas (áreas de lectura)	500 lx
Zonas recreativas interiores	150 lx
Zonas recreativas exteriores	200 lx

2.18. Software Dialux evo.

Dialux Evo es una herramienta avanzada utilizada por ingenieros y arquitectos para diseñar sistemas de iluminación. Este software permite simular y optimizar proyectos lumínicos de acuerdo con normativas internacionales.

- **Características principales:**

- Cálculo de iluminancia en interiores y exteriores.
- Visualización en 3D del diseño de iluminación.
- Integración con catálogos de fabricantes de luminarias.
- Análisis de eficiencia energética y comparativa entre diferentes opciones de diseño.

- **Beneficios:**

- Permite validar el cumplimiento de las normativas.
- Asegura una iluminación uniforme y adecuada para el espacio proyectado.
- Facilita la comunicación con los clientes mediante simulaciones visuales.

Dialux Evo es ampliamente utilizado en proyectos de iluminación para escuelas, oficinas, industrias y áreas urbanas, debido a su precisión y versatilidad.

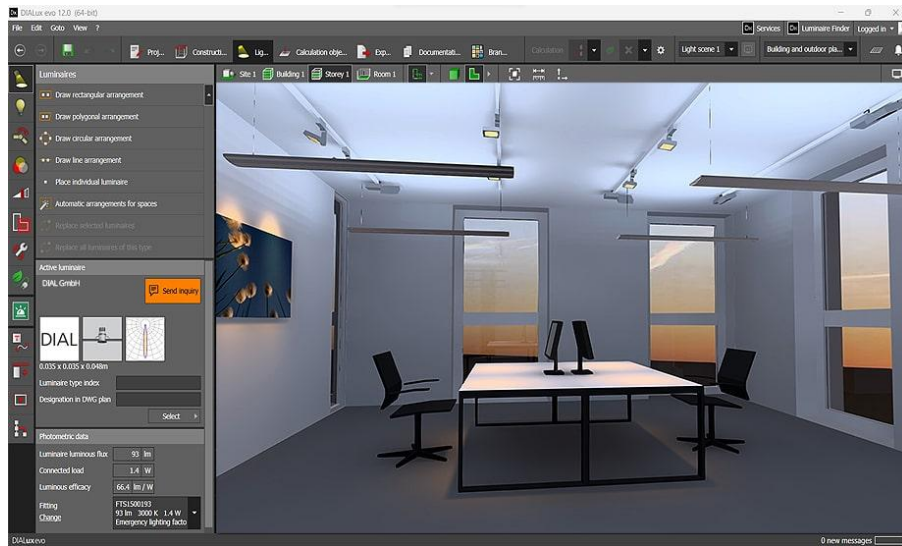


Figura 15. Interfaz del software Dialux Evo
Fuente: Obtenido de (DIALux, 2024)

CAPITULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Localización del proyecto

El proyecto se llevó a cabo en el cantón La Joya de los Sachas, específicamente en la parroquia Enokanki, dentro de la comunidad El Progreso. Esta ubicación, ubicada en un área rural de la provincia de Orellana, destaca por su entorno natural y su importancia como punto de desarrollo educativo y comunitario. La imagen de referencia utilizada para ilustrar la localización fue obtenida de Google Maps, permitiendo identificar de manera precisa el área en la que se desarrollaron las actividades relacionadas con el diseño e implementación del sistema eléctrico bajo la norma NEC-SB-IE.

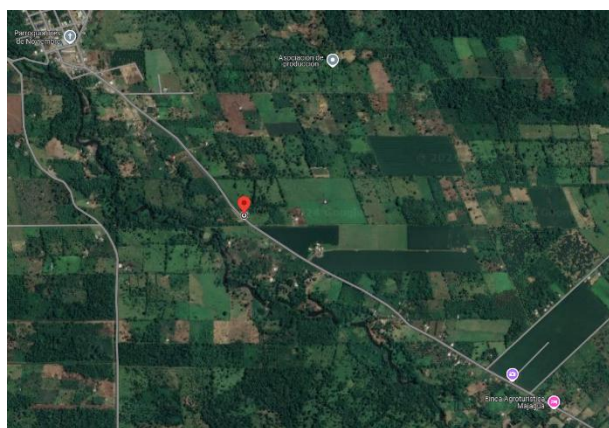


Figura 16. Captura de imagen de Google Maps, ubicación geográfica de la parroquia Enokanki
Fuente: (Google maps, 2024)

3.2. Situación inicial

El establecimiento educativo se encontraba en condiciones precarias en cuanto a su sistema eléctrico, lo que representaba un desafío significativo para garantizar un ambiente adecuado de aprendizaje, las instalaciones presentaban luminarias en mal estado, interruptores y tomacorrientes defectuosos, y una falta de distribución eléctrica eficiente. Además, la ausencia de un sistema de protección adecuado incrementaba los riesgos de cortocircuitos, incendios y accidentes eléctricos, comprometiendo la seguridad de estudiantes, docentes y personal administrativo, estas deficiencias limitaban el uso de equipos electrónicos, dificultaban la iluminación en horarios de poca luz natural y afectaban negativamente las actividades académicas diarias.

3.2.1. Levantamiento carga

El cálculo de cargas eléctricas es esencial para determinar las necesidades energéticas de cada espacio dentro de la Unidad Educativa. Este proceso garantiza el correcto dimensionamiento de conductores, protecciones y dispositivos, cumpliendo con las normativas establecidas, como la NEC-SB-IE.

A continuación, se presenta el cálculo de las cargas eléctricas para cada área de la institución, considerando los dispositivos instalados y su consumo energético estimado.

Tabla 2. Cargas eléctricas de la institución

Espacio	Cantidad de Focos	Potencia de focos (W)	Cantidad de Tomacorrientes	Potencia de Tomacorriente (W)	Carga Totales (W)
Aula #1	3	27	3	0	27
Aula #2	2	18	3	0	18
Aula #3	2	18	3	0	18
Aula #4	2	18	3	0	18
Aula #5	2	18	3	0	18
Comedor	4	36	3	0	36
Sala de Cómputo	2	18	3	600	618
Baño	2	18	0	0	18
Pasillo	0	0	0	0	0
Área recreativa	0	0	0	0	0

El total de cargas:

$$P_{total} = (P_{focos}) + (P_{tomacorrientes})$$

$$P_{total} = 27 + 18 + 18 + 18 + 18 + 36 + 618 + 18$$

$$P_{total} = 771 \text{ W}$$

Esta carga será utilizada como base para el dimensionamiento de los conductores, protecciones y diseño del sistema eléctrico en general, ya que en la sala de cómputo se identificó la mayor carga debido al uso activo de tomacorrientes, los cuales están conectados a dispositivos de alta demanda energética. En contraste, otros espacios tienen un consumo significativamente menor al no utilizar activamente los tomacorrientes.

De acuerdo con la norma NEC-SB-IE, el diseño eléctrico debe contemplar un margen de seguridad adicional del 25% para las cargas máximas esperadas. Por lo tanto, la capacidad instalada será dimensionada para soportar una carga aproximada de:

$$P_d = (P_{total}) \times (\text{margen de seguridad})$$

$$P_d = 771W \times 1.25 = 963.75W$$

3.2.2. Plano inicial

El plano inicial refleja la condición actual de las instalaciones eléctricas del establecimiento, evidenciando las condiciones en las que se encuentra el sistema antes de la intervención, con este plano muestra la ubicación de los puntos de iluminación, tomacorrientes, cajas de distribución y circuitos existentes, su elaboración es fundamental para diagnosticar los problemas eléctricos y planificar las mejoras necesarias, asegurando un diseño acorde a las normativas vigentes y una ejecución eficiente del proyecto.

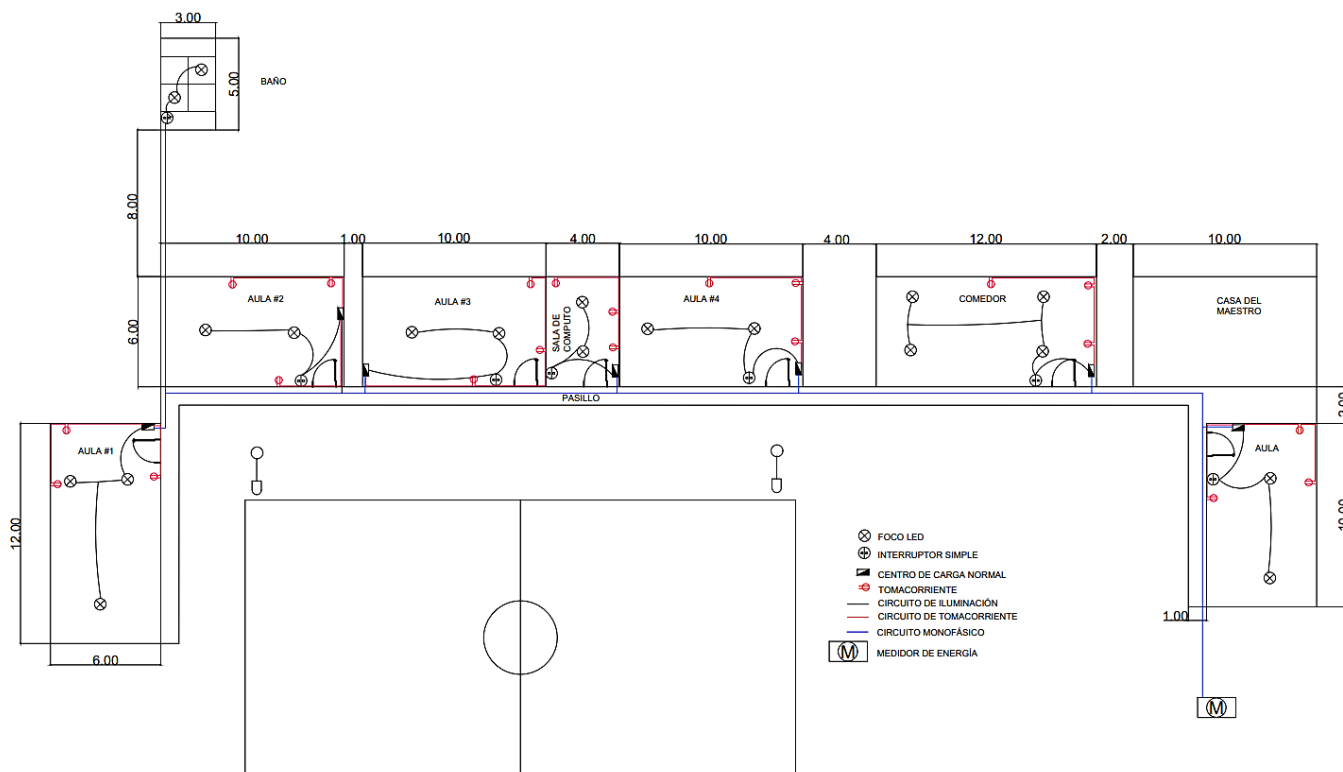


Figura 17. Plano inicial
Fuente: Autoría propia (AutoCAD 2024)

3.2.3. Problemas

En el establecimiento educativo se han identificado diversas falencias en el sistema eléctrico que afectan tanto la seguridad como la funcionalidad de sus instalaciones. Estas deficiencias incluyen la presencia de dispositivos en mal estado, conexiones eléctricas inadecuadas y la ausencia de mantenimiento preventivo, lo que incrementa significativamente los riesgos de cortocircuitos, descargas eléctricas y fallos en el suministro energético. A continuación, se describen los principales problemas detectados.

En la figura N° 18, muestra una serie de luminarias con focos deteriorados y colgantes, lo que evidencia la ausencia de mantenimiento en el sistema de iluminación, en este estado impide una correcta iluminación de los espacios, afectando los requisitos necesarios para un correcto desarrollo de las actividades educativas.



Figura 18. Aulas con boquillas colgantes
Fuente: Autoría propia.

La figura N° 19, se ilustra una caja de distribución eléctrica que carece de dispositivos de protección como breakers o fusibles. Además, se observan cables expuestos y desordenados, lo que representa un grave riesgo de cortocircuitos o accidentes eléctricos en el área.

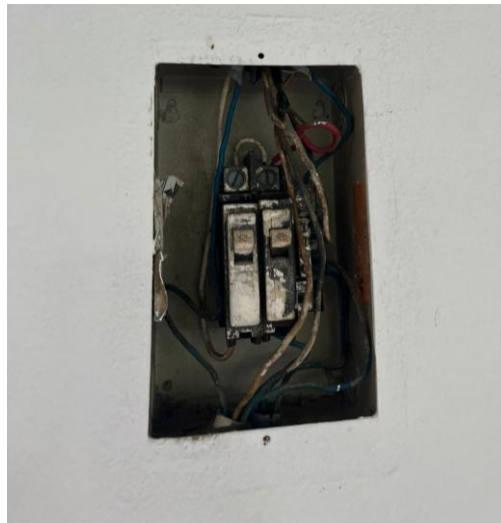


Figura 19. Caja de distribución en mal estado.
Fuente: Autoría propia.

En la figura N° 20, se aprecia un interruptor en evidente deterioro, fuera de su cajetín de montaje, con cables sueltos y desprotegidos. Esta condición compromete tanto la funcionalidad del sistema como la seguridad de las personas, aumentando el peligro de descargas eléctricas o fallas en el circuito.



Figura 20. Interruptor en mal estado
Fuente: Autoría propia

3.3. Diseño

3.3.1. Iluminación

Cálculos

En la sección de cálculo de iluminación, se determinó la cantidad de luminarias requeridas para cada espacio del establecimiento considerando las dimensiones de las áreas, los valores de iluminación sugeridos por la norma NEC-SB-IE, y las características de los focos seleccionados.

Para el factor de demanda y estudio de demanda es necesario que se alineen a lo que dicta la norma NEC-SB-IE que se encuentra en la sección 2.3. que se toma en cuenta que para la iluminación, se debe tener en cuenta que cada circuito de iluminación debe soportar una carga máxima de 100 vatios (W) por foco.

Distribución de la escuela según área de construcción

Según la norma NEC, la clasificación de la construcción se realiza con base en los metros cuadrados de superficie edificada ya que este criterio permite determinar las cargas eléctricas necesarias para cada área, considerando factores como el uso del espacio y los niveles de demanda, asegurando así que las instalaciones eléctricas cumplan con los estándares de seguridad y funcionalidad requeridos.

Formula:

$$A = \text{Largo} * \text{Anch}$$

Tabla 3. Área de construcción

Área	Largo (m)	Ancho (m)	M ²
Aula #1	12	6	72
Aula #2	10	6	60
Aula #3	10	6	60
Aula #4	10	6	60
Aula #5	10	6	60
Sala de Computo	4	6	24
Comedor	12	6	72
Baño	3	5	15
Área recreativa	30	15	450
Pasillo	80	1	80

Con esta tabla de valores en m² se observa que la gran mayoría de áreas pertenece clase de vivienda de tamaño reducido por lo tanto el mínimo de iluminación será de una y de tomacorriente uno.

TIPO DE VIVIENDA	ÁREA 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 ²	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²

Figura 21. Categoría de las viviendas según su superficie de construcción.

Fuente: (Miguel et al., 2018)

Con el factor de demanda se clasifica en vivienda pequeña-mediana con esto de acuerdo a los m² que poseen las diferentes áreas de construcción de la escuela por lo tanto se obtiene lo siguiente:

- FD Iluminación: 0,70
- Tomacorrientes: 0,50

VIVIENDA TIPO	FD Iluminación	FD Tomacorrientes
Pequeña - mediana	0,70	0,50
Mediana grande - Grande	0,55	0,40
Especial	0,53	0,30

Figura 22. Factor de demanda
Fuente: (Miguel et al., 2018)

Selección de luminaria a utilizar.

En base a las diferentes dimensiones de las áreas a intervenir con la colocación de luminarias se procede a realizar un estudio del tipo de iluminación que se considera lo siguiente:

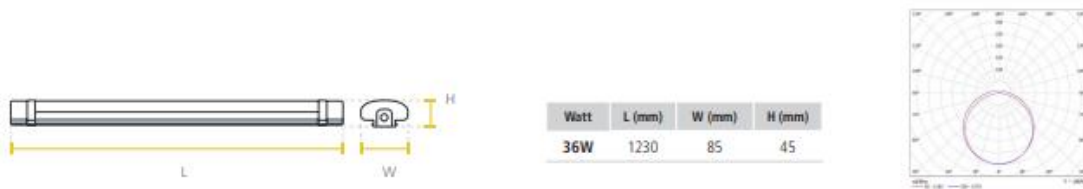
- Temperatura del color
- Angulo de apertura
- Potencia
- Costo beneficio
- Mantenimiento
- Flujo laminoso
- Horas de funcionamiento.

Con el estudio se determinó que se considera importante aplicar la iluminaria de la marca LEDVANCE, tipo lineal de 36w, para las aulas que posee la institución.



Figura 23 Luminaria a implementar
Fuente: (SYLVANIA ECUADOR, 2020)

En la figura siguiente se muestra las características técnicas que posee la luminaria.



CÓDIGO	POTENCIA	TENSIÓN DE OPERACIÓN	FLUJO LUMINOSO	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA	TEMPERATURA DE COLOR	IRC	ÁNGULO	VIDA ÚTIL
	(W)	(V)	(lm)		(lm/W)	(k)		°	(h)
P23531	36	100-240	3500	0.9	97	6500	80	120	20000

* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70), sobre luminaria completa.

Figura 24. Datos técnicos de la luminaria lineal
Fuente: (SYLVANIA ECUADOR, 2020)

Calculo

Índice local (K).

Se determina la superficie del aula #1 con la siguiente formula:

$$K = \frac{L \times A}{Hmx(L + A)}$$

$$K = \frac{12 \times 6}{(3 - 0.8) \times (12 + 6)}$$

$$K = \frac{72}{2.2 \times 18}$$

$$K = \frac{72}{39.6}$$

$$K = 1.82$$

Coefficiente de reflexión.

Para determinar el índice de reflexión se consideró el tono de color que posee las paredes y el techo del aula.

Tabla 4. Coeficiente de reflexión en el aula #1

Lugar	Color	Factor de reflexión (p)
Pared	Claro	0.7
Techo	Claro	0.5

Factor de mantenimiento.

El factor de mantenimiento se lo determino de las condiciones del aula en este caso la suciedad del ambiente y la limpieza del mismo.

Tabla 5. Factor de mantenimiento del aula #1

Entorno	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8

Flujo Luminoso Total Necesario (ΦT).

Se lo determino en base a la siguiente formula:

$$\Phi T = E \times S \div MF$$

$$\Phi T = 257 \times 72 \div 0.8$$

$$\Phi T = 18504 \div 0.8$$

$$\Phi T = 23130 \text{ lùmenes}$$

Número de Luminarias (N).

La fórmula es:

$$N = \frac{\Phi T}{\phi l}$$

$$N = \frac{23130}{3500}$$

$$N = 6.60 \text{ luminarias}$$

Emplazamiento de las luminarias.

Para este punto es importante considerar la distribución sobre el área a iluminar con la finalidad de tener uniformidad con la simetría del local.

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \times \frac{ancho}{largo}}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{6.25 \times \frac{6}{12}}$$

$$N_{ancho} = 1.76m$$

El emplazamiento de las luminarias se ha diseñado considerando las dimensiones del espacio, con un ancho de 1.75 metros, asegurando la distribución sea optima de la luz en todo lo ancho del área.

Para la distribución de las lámparas a lo largo se empleó esta fórmula.

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \frac{largo}{ancho}$$

$$N_{largo} = 1.76 \times \frac{12}{6}$$

$$N_{largo} = 3.52$$

En cuanto a la distribución a lo largo del espacio, se ha ajustado el emplazamiento de las luminarias para cubrir de manera eficiente los 3.50 metros de longitud, garantizando que la iluminación sea homogénea y adecuada, con este enfoque asegura que la luz se reparta de forma uniforme a lo largo del área, cumpliendo con los niveles de luminancia necesarios para un entorno funcional y seguro.

Para finalizar es importante tomar en cuenta la tabla de separación de luminarias:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	$\leq 4 m$	$e \leq 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Figura 25. Separación entre luminarias
Fuente: Obtenido de (Barranco, 2024)

En este caso la altura es menor a 4m por lo tanto la distancia será de menor o igual a 1.6 con esto se hace el cálculo:

$$Df = 1,6 \times 3.30$$

$$Df = 5.28$$

Para concluir el cálculo del Factor de Deslumbramiento (Df), se ha determinado que, debido a que se utiliza un tipo de luminaria de gran alcance y la altura del lugar es inferior a 4 metros, junto con una distancia máxima entre luminarias que no excede 1.6 veces la altura, los resultados obtenidos son adecuados para garantizar una iluminación sin efectos molestos de deslumbramiento, ya que el valor del DF calculado, que es de 5.28, se encuentra dentro de los parámetros aceptables para asegurar un entorno cómodo y seguro para los usuarios, cumpliendo con los requisitos de iluminación funcional sin generar incomodidad visual.

Verificación de Iluminancia

$$Em = \frac{n \times \Phi L \times \eta \times fm}{S}$$

$$Em = \frac{6 \times 3500 \times 0.70 \times 0.8}{72}$$

$$Em = \frac{9188.35}{72} = 766.46 \text{ lux}$$

Con esto queda comprobado que la luminaria que se va a emplear es adecuada para iluminar los m2 que tiene cada uno de las aulas.

Iluminación del pasillo, el baño y la sala de computo

Para la colocación de luminaria en el pasillo y el baño se consideró que las luminarias se las utilizaría solo en la noche con la finalidad de tener alumbrado en esta zona ya que esto brinda seguridad durante todo el horario nocturno, por ello se optó por el foco led Toledo de 20w a 6500K, mientras que en el área de la sala de cómputo se colocara luminaria de 40w a 6500k, que se muestra a continuación.

Toledo / Lámparas

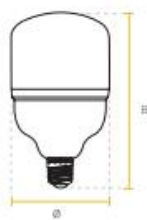
SYLVANIA

LED TOLEDO ALTA POTENCIA



Características

- Lámpara LED de alta potencia y alto flujo, su tecnología y diseño brinda una distribución uniforme de luz.
- Bajo consumo, ahorra hasta el 80% de energía comparado con los bombillos incandescentes y compactos ahorradores de flujo similar.
- Diseño robusto.
- No genera radiación UV.
- Tecnología de chip LED SMD.
- Tipo de distribución: Directo Simétrico.



Watt	Ø (mm)	H (mm)
20W	80	142
30W	100	188
40W	120	215
50W	140	242
100W	140	258



CÓDIGO	POTENCIA	TENSIÓN DE OPERACIÓN	FLUJO LUMINOSO	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA	TEMPERATURA DE COLOR	IRC	ÁNGULO	BASE	VIDA ÚTIL
	(W)	(V)	(lm)		(lm/W)	(k)		°		(h)
P24890	20	100-240	1680	0.5	84	6500	80	200	E27	20000
P24892	30	100-240	2380	0.5	79	6500	80	200	E27	20000
P24893	40	100-240	3400	0.5	85	6500	80	200	E27	20000
P26571	50	100-240	4000	0.5	80	6500	80	200	E27	20000
P26942	100	100-240	10000	0.5	100	6500	80	200	E40	25000

* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70), sobre luminaria completa.

Figura 26. Luminaria a utilizar en el pasillo
Fuente: (SYLVANIA ECUADOR, 2020)

Iluminación del área recreativa

Para la iluminación del área recreativa que cuenta la institución se tomó en consideración que solo se utilizarían en el horario nocturno con la finalidad de tener iluminado ese sector para mayor seguridad, por ello se ha seleccionado el reflector led high power start de 250w que se muestra a continuación la ficha técnica.

LED REFLECTOR HIGH POWER START

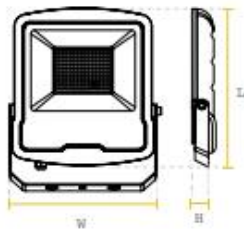
IP65

IK07

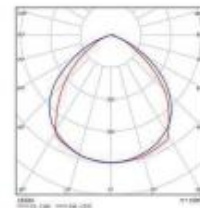


Características

- Diseño delgado, perfecto para iluminación de fachadas, parqueaderos, plazoletas y exteriores en general.
- Tipo de distribución: Directa Simétrica.
- Carcasa fabricada en aleación de aluminio fundido, vidrio templado claro.
- Temperatura ambiente de operación: -10 °C ~ 40 °C.
- Color: Negro.
- Tipo de montaje: Sobreponer en varios tipos de superficies y Multi-posicional, dependiendo del lugar a iluminar.



Watt	L (mm)	W (mm)	H (mm)
100W	230	200	40
150W	230	200	50
200W	290	260	60



CÓDIGO	POTENCIA (W)	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	FLUJO LUMINOSO (lm)	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA (lm/W)	TEMPERATURA DE COLOR (K)	IRC	ÁNGULO °	VIDA ÚTIL (h)
P28641	100	100-240	9000	0.9	90	6500	80	120	30000
P28730	150	100-240	13500	0.9	90	6500	80	120	30000
P28732	200	100-240	18000	0.9	90	6500	80	120	30000

* Vida útil estimada, con mantenimiento del flujo luminoso al 70% (L70).

Figura 27. Luminaria a utilizar en el área recreativa
Fuente: (SYLVANIA ECUADOR, 2020)

Con la siguiente tabla 6, se pueden visualizar las luminarias que se utilizarán para cada uno de las áreas que posee la escuela que se incluye las aulas, el baño, pasillo, área recreativa, sala de cómputo.

Tabla 6. Luminarias para cada área de la escuela.

Área	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Superficie (m ²)	Flujo Luminoso total (lm)	Numero de luminarias (N)	Tipo de luminaria
Aula #1	6	12	3.20	72	23.130	6	Luminarias lineales de 36W
Aula #2	6	10	3.20	60	19.200	6	Luminarias lineales de 36W
Aula #3	6	10	3.20	60	19.200	6	Luminarias lineales de 36W
Aula #4	6	10	3.20	60	19.200	6	Luminarias lineales de 36W
Aula #5	6	10	3.20	60	19.200	6	Luminarias lineales de 36W
Comedor	6	12	3.20	72	23.130	6	Luminarias lineales de 36W
Sala de computo	6	4	3.20	24	6.400	4	Focos de 40W
Baño	3	5	3.20	15	1.800	4	Focos de 20W
Pasillo	1	120	0.4	120	3000	15	Focos de 20W
Zona recreativa	15	30	0.2	450	10000	2	Reflectores de 250W LED

Simulación

Para iniciar la modelización del sistema de iluminación en las diferentes áreas de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina, se empleará el software Dialux Evo, herramienta que facilita un análisis detallado del flujo luminoso y la distribución de la luz en espacios interiores y exteriores. Este software permitirá verificar la cantidad y tipo de luminarias necesarias, asegurando que se cumplan los requisitos de iluminancia establecidos por normativas como la NEC-SB-IE. En la simulación, se modelarán todas las áreas previamente mencionadas, teniendo en cuenta sus dimensiones, las características de las luminarias, y los coeficientes de reflexión de los materiales

presentes en cada espacio. El objetivo es lograr una distribución eficiente y homogénea de la luz, optimizando el rendimiento energético y un entorno apropiado para el aprendizaje.

Para la simulación de las aulas, se utilizó una luminaria que representa las disponibles en el mercado.

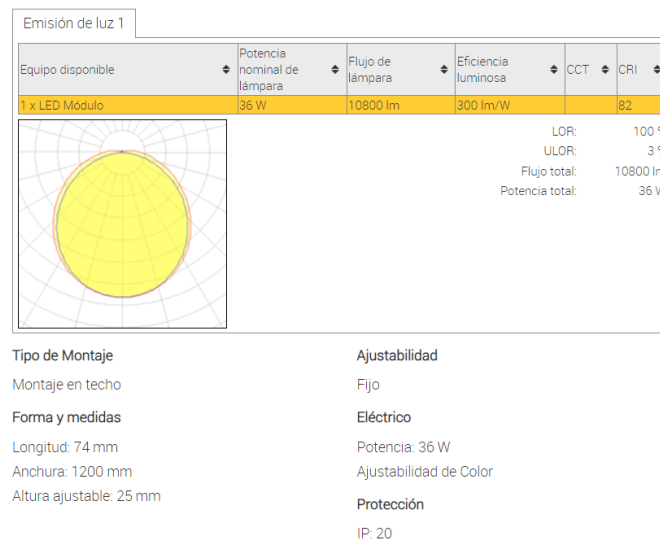


Figura 28. LED Linear 1.2m 36W 6500K
Fuente: Software DIALux de la marca MPE

Figura 29, se evidencia la ficha técnica de la luminaria que se seleccionó para realizar la iluminación en las aulas con una luminancia de 3600k y con una temperatura de 6500k con una eficiencia de 300lm/w.

Simulación de las aulas en el Dialux

- aula #1

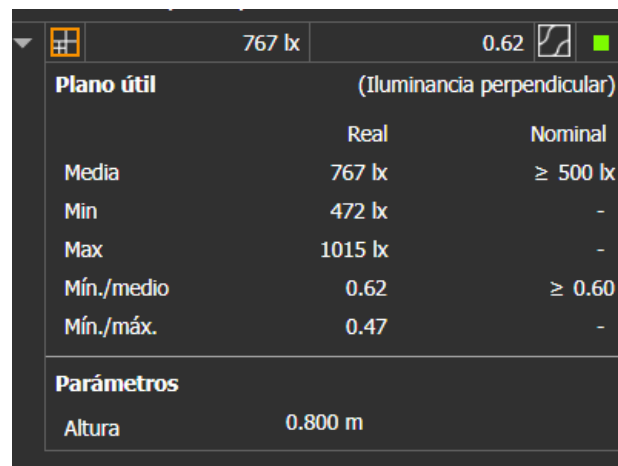


Figura 29. Simulación del aula #1
Fuente: Software de DIALux

Se observa en la figura 29, la simulación en dicho software que se obtienen una luminancia superior a lo requerido esto por la gran cantidad de luz natural que ingresa a través de las ventanas del aula que pese a eso la uniformidad se mantiene por encima del 0.62 con una altura de 0.8m, con esto se da como prueba de que la luminaria es adecuada para este escenario.

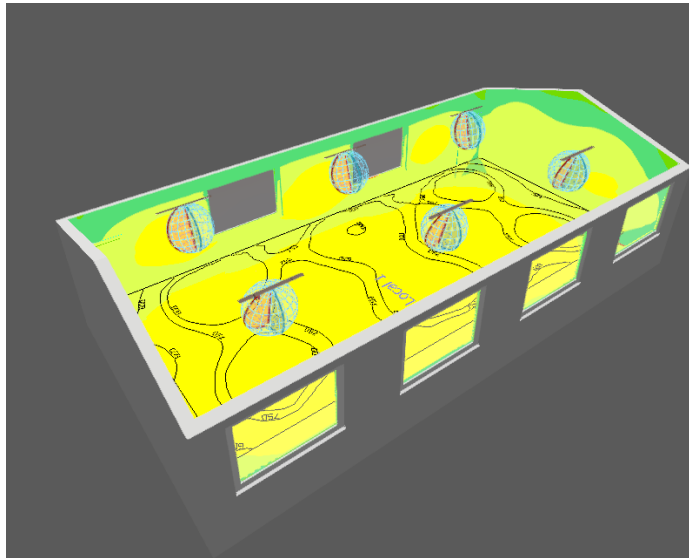


Figura 30. Flujo luminoso del aula #1
Fuente: Software DIALux

la figura 31, representa el flujo luminoso que existe en el aula número 1 de la escuela con una buena uniformidad de acuerdo al gráfico, que de acuerdo a los cálculos se colocaría 6 luminarias lineales led de 36W a 6500k.

- **Sala de cómputo.**

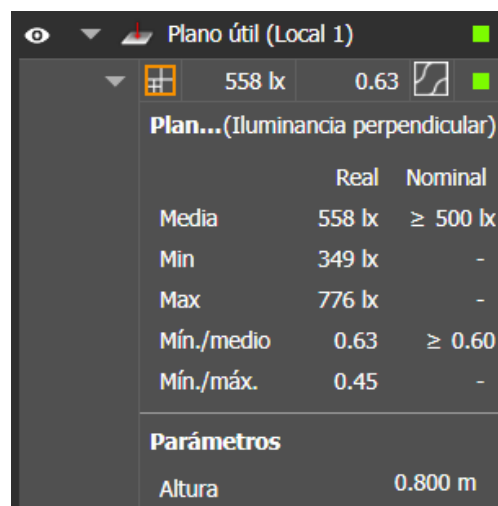


Figura 31. Simulación de la sala de cómputo.
Fuente: Software DIALux

En la simulación mostrada en la figura 36, realizada con Dialux, se evidencia que la luminancia en la sala de cómputo supera los valores mínimos requeridos, debido a la considerable entrada de luz natural por las ventanas. A pesar de este factor, la uniformidad supera por el índice establecido a 0.63 con una altura de instalación de 0.8 m, lo que confirma que la luminaria seleccionada es apropiada para las características del espacio.

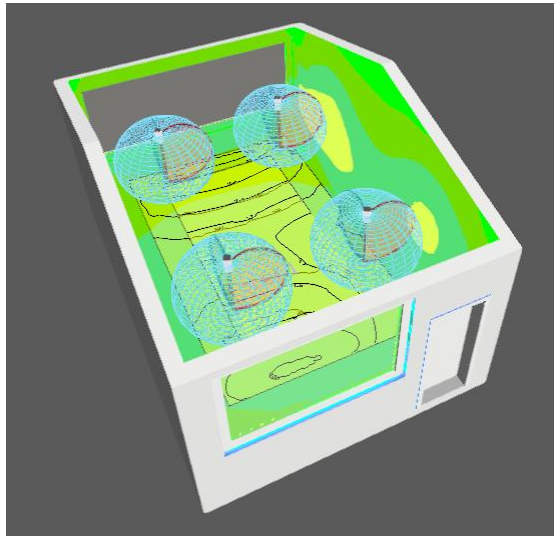


Figura 32. Flujo luminoso en la sala de cómputo
Fuente: Software DIALux

Se ha determinado que, para lograr una iluminación uniforme como se observa en la figura 37, es necesario instalar 4 focos led de 40W a 6500K en la sala de cómputo. Esto asegura un flujo luminoso adecuado, manteniendo la luminancia dentro de los niveles exigidos y garantizando una distribución eficiente de la luz en todo el espacio.

- **Pasillo**

Se ha determinado mediante la simulación que se observa en la figura 46 que, para lograr una iluminación adecuada en la noche en el pasillo, se instalarán 17 focos LED de 40W a 6500K. Aunque el flujo luminoso no es el más adecuado durante el día debido a la luz natural, además no hay turnos en la tarde o noche, con esto la iluminación se activará únicamente durante la noche, garantizando la seguridad y proporcionando una adecuada visibilidad en el pasillo.

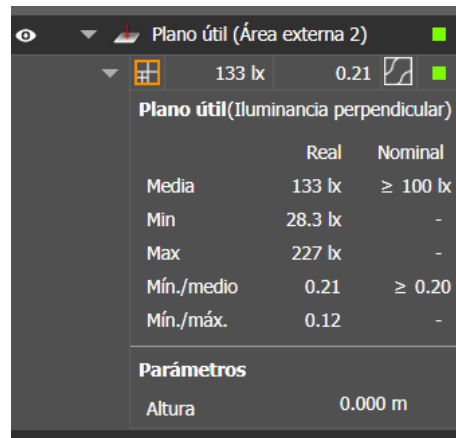


Figura 34. Resultado de la Simulación del pasillo
Fuente: Software DIALux

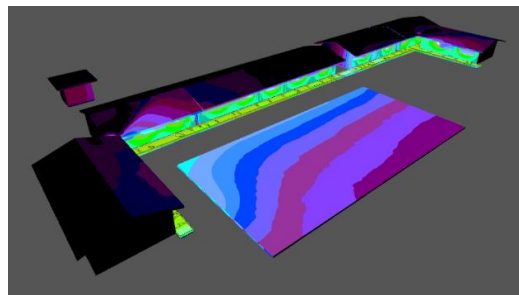


Figura 33. Flujo Luminoso del pasillo.
Fuente: Software DIALux

- **Área recreativa.**

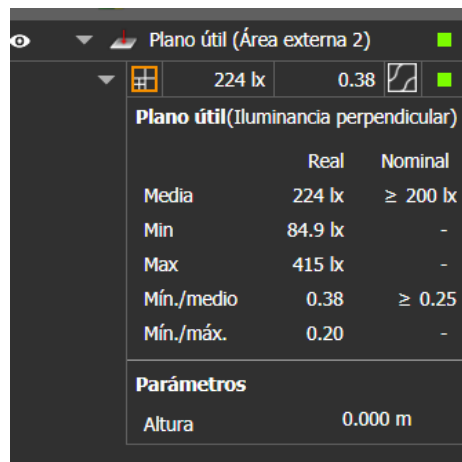


Figura 35. Simulación del área recreativa
Fuente: Software DIALux

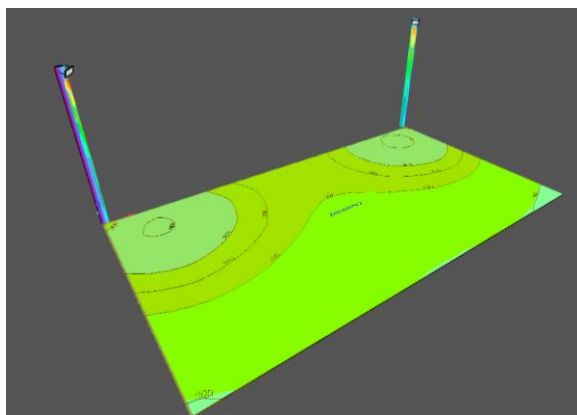


Figura 36. Flujo Luminoso del área recreativa
Fuente: Software DIALux

A través de la simulación mostrada en las figuras 35 y 36, se ha comprobado que, para obtener una iluminación adecuada en el área recreativa durante la noche, será necesario instalar lámparas de 250W a 6500K. Aunque durante el día con la luz natural no cumple con los requisitos de iluminación por ello estas lámparas solo serán esenciales para asegurar la visibilidad en la noche, con esta instalación, se garantiza un flujo luminoso apropiado, asegurando la seguridad y la correcta visibilidad en el área recreativa durante las horas nocturnas.

Simulación de todas las áreas de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina

Para todas las áreas que existe dentro de la Unidad educativa se ha realizado la simulación en el horario matutino ya que es el horario que funciona la escuela, por lo tanto, se ha puesto la información en tablas para mayor visibilidad.

Tabla 7. Simulación de todas las áreas a intervenir

Simulación de todas las áreas de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina									
Plano útil “Aula #1”					Plano útil “Aula #2”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
767	472	1015	0.62	0.47	761	472	1000	0.62	0.45
Nominal ≥ 500 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 500 lx			Uniformidad ≥ 62	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Aula #3”					Plano útil “Sala de cómputo”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
704	627	1375	0.60	0.46	558	349	776	0.63	0.45
Nominal ≥ 500 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 500 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Baño”					Plano útil “Comedor”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
185	147	203	0.79	0.72	896	563	1371	0.63	0.41

Nominal ≥ 100 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 500 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Pasillo”					Plano útil “Área recreativa”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
133	28.3	227	0.21	0.12	224	84.9	415	0.38	0.20
Nominal ≥ 100 lx			Uniformidad ≥ 20		Nominal ≥ 200 lx			Uniformidad ≥ 25	
Altura 0 m					Altura 0 m				

Análisis de Simulación de Iluminación del aula #1

Para evaluar la iluminación en el área seleccionada, se utilizó Dialux Evo siguiendo los parámetros establecidos en la NEC-SB-IE, asegurando que los niveles de iluminancia sean adecuados para la actividad a desarrollar.

En la simulación, se obtuvo una iluminancia media de 767 lx, lo que supera el valor nominal mínimo requerido de 500 lx, garantizando una adecuada visibilidad, ya que la iluminancia mínima registrada fue de 472 lx, lo que representa una relación Min/Medio de 0.62, cumpliendo con la exigencia de uniformidad $\geq 60\%$ según la normativa. La iluminancia máxima alcanzada fue de 1015 lx, con una relación Min/Max de 0.47, indicando una distribución de luz aceptable en el espacio.

Las mediciones se realizaron a una altura de 0.80 m, considerando el plano de trabajo habitual, con estos resultados, se verifica que la iluminación cumple con los estándares establecidos, asegurando confort visual y eficiencia lumínica en el área analizada.

Cálculo de amperaje del circuito de iluminación.

En este apartado se consideró que las aulas se encuentran el grupo de las viviendas pequeñas que refleja que debe tener un circuito de iluminación mínimo, pero en este caso existe 9 áreas que tendrán 1 circuito cada una como se ve reflejado en el siguiente plano.

En la tabla número 7, se evidencia la cantidad de luminarias por circuito que también la potencia parcial y potencia total por cada circuito.

Tabla 8. Potencia de cada circuito

Circuito	Área	Numero de luminarias	Potencia por unidad (W)	Potencia total (W)
1	Aula #1	6	36	216
2	Aula #2	6	36	296
	baño	4	20	
3	Aula #3	6	36	376

	Sala de computo	4	40	
4	Aula #4	6	36	516
	Pasillo	15	20	
5	Comedor	6	36	432
	Aula #5	6	36	
6	Zona recreativa	2	250	500

Para calcular la cantidad de corriente que posee cada circuito se utiliza la fórmula de Ohm.

$$I = \frac{P}{V}$$

Tabla 9. Intensidad total de los circuitos más el 125%.

Circuito	Área	Luminarias	Intensidad por circuito (A)	Incremento del 125%	Intensidad total (A)
1	Aula #1	6	1.8	1.25	2.25
2	Aula #2	6	1.8	1.25	3.07
	baño	4	0.66	1.25	
3	Aula #3	6	1.8	1.25	3.91
	Sala de computo	4	1.33	1.25	
4	Aula #4	6	1.8	1.25	5.37
	Pasillo	15	2.5	1.25	
5	Comedor	6	1.8	1.25	4.50
	Aula #5	6	1.8	1.25	
6	Zona recreativa	2	4.16	1.25	5.20

En la tabla 9, se evidencia el incremento del 125% es con la finalidad de que el circuito soporte un mayor corriente al recibir una carga máxima esto según la norma NEC-SB-IE.

Calibre del conductor de corriente

Según lo establecido en el numeral 5 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) con actualización 2018, el tamaño del conductor del neutro debe ser el mismo que el del conductor de fase. Además, para los circuitos de iluminación, se requiere el uso de cables de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm² (14 AWG) para la fase, el neutro y el conductor de tierra. Por ello, en los circuitos diseñados para iluminación, se emplearán conductores número 14 THHN, diferenciados por colores que permitan identificar claramente la fase y el neutro, garantizando así la seguridad y facilidad de mantenimiento del sistema (Miguel et al., 2018).

Protección de los circuitos de iluminación.

Para asegurar la seguridad y el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico, los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, como sobrecargas y cortocircuitos, deben ser interruptores termomagnéticos automáticos fabricados conforme a la Norma IEC 60898-1 y cumplir con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091., con estos interruptores deben ser seleccionados en función de la capacidad de los circuitos a proteger y del comportamiento de las curvas de disparo intensidad-tiempo, además, deben ser instalados en tableros de distribución tipo centro de carga., asegurando un grado de protección mínimo de IP 20 para resistir las condiciones ambientales externas (Miguel et al., 2018).

Tabla 10. Protecciones para cada circuito

Circuito	Área	Luminarias	Intensidad por circuito (A)	Incremento del 125%	Intensidad total (A)	Protección (A)
1	Aula #1	6	1.8	1.25	2.25	10
2	Aula #2	6	1.8	1.25	3.07	10
	baño	4	0.66	1.25		
3	Aula #3	6	1.8	1.25	3.13	10
	Sala de computo	4	1.33	1.25		
4	Aula #4	6	1.8	1.25	5.37	10
	Pasillo	15	2.5	1.25		
5	Comedor	6	1.8	1.25	4.50	10
	Aula #5	6	1.8	1.25		
6	Zona recreativa	2	4.16	1.25	5.20	10

En la tabla 10, se observa los valores para obtener el resultado final para la adquisición de la protección del circuito.

De acuerdo con la norma NEC-SB-IE, se establece que la protección de los circuitos debe dimensionarse considerando la intensidad nominal de cada circuito, garantizando que no haya sobrecargas que puedan comprometer la seguridad, si bien la norma menciona que el valor de protección común para estos circuitos es de 16A, en este caso se optó por 10A, ya que las intensidades de los circuitos de iluminación no superan esta cifra, lo que asegura que la protección será adecuada para las condiciones reales de carga.

Esta elección no solo cumple con los requisitos de seguridad establecidos por la norma, sino que también contribuye a optimizar los costos al utilizar dispositivos de protección adecuados a las necesidades específicas de los circuitos. De esta manera, se minimiza el gasto sin comprometer la seguridad ni la eficiencia energética del sistema eléctrico.

Selección de ductos

Una vez determinado el diámetro del conductor, el siguiente paso es calcular el calibre adecuado del conducto a utilizar, que de acuerdo con la Norma INEN 19:2001 – Capítulo 9 – Tabla C2, que especifica el número máximo de conductores permitidos en tuberías eléctricas no metálicas tipo ENT, se establece que en tuberías de diferentes tamaños pueden alojarse ciertos números de conductores.

Tabla 11. Número de conductores por diámetro de tubería

Sección transversal del conductor (mm²)	AWG/kcmil	Tubería 1/2"	Tubería 3/4"	Tubería 1"	Tubería 1 1/2"	Tubería 2"
2.05	14	10	18	32	58	80

Con esta tabla 10, se refleja la cantidad de cables número 14 AWG tipo THHN que pueden entrar en una tubería de diferentes tamaños, sin embargo, la norma, una tubería de media pulgada puede alojar hasta 10 cables de este tipo, como en el diseño se requiere 6 cables por tramo de tubería contenga un máximo de 5 cables, por lo que se seleccionó una tubería eléctrica E.M.T de media pulgada.

Plano

El presente plano eléctrico detalla el diseño e implementación del sistema de iluminación y distribución eléctrica de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina, conforme a las normativas NEC, en este diseño se incluyen las conexiones correspondientes a las 7 aulas seleccionadas, los pasillos exteriores frontales, y la zona recreativa, considerando factores como eficiencia energética, uniformidad lumínica y seguridad eléctrica. Este plano será una guía fundamental para la correcta instalación y verificación del sistema propuesto, asegurando su funcionalidad y cumplimiento normativo.

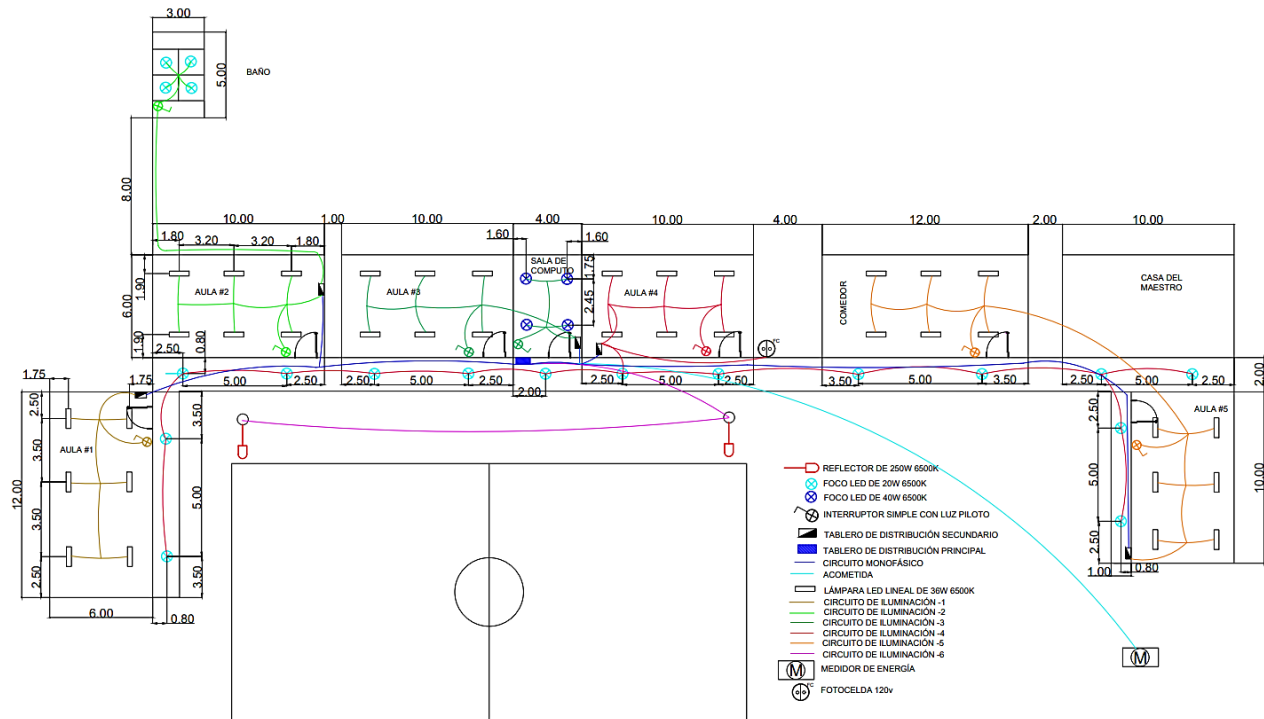


Figura 37. Plano de la distribución de las luminarias.
Fuente. Autoría propia

En la figura 37, se observa la distribución de las luminarias y las medidas que tiene en cada luminaria para una iluminación uniforme dentro del establecimiento.

3.3.2. Fuerza

Cálculos

Según la norma NEC 2018, en el apartado 4.2, se establece que los circuitos destinados a tomacorrientes deben contar con salidas polarizadas, una corriente máxima permitida de 20 A y no más de 10 salidas por circuito, de igual forma el apartado 5.3 señala que el tamaño del conductor neutro debe ser el mismo que el del conductor de fase, utilizando como mínimo conductores de tipo THHN número 12 tanto para la fase como para el neutro, en cuanto al conductor de tierra, su dimensionamiento debe basarse en la tabla correspondiente para canalizaciones y equipos (Miguel et al., 2018).

Tabla 12. Alcance de la potencia en el circuito de fuerza

ALCANCE DE CARGAS EN CIRCUITO DE FUERZA					
Circuito	Área	Equipo	cantidad	p/unidad (w)	Potencia total (w)
A	Aula #1	Tomacorriente multipropósito	3	200	600
B	Aula #2	Tomacorriente multipropósito	3	200	600
C	Aula #3	Tomacorriente multipropósito	3	200	1200
	Sala de computo	Computadora de mesa	3	200	
D	Aula #4	Tomacorriente multipropósito	3	200	600
E	Comedor	Tomacorriente multipropósito	3	200	1200
	Aula #5	Tomacorriente multipropósito	3	200	
H	Baño	S/N	S/N	S/N	S/N
I	Pasillo	S/N	S/N	S/N	S/N
J	Área recreativa	S/N	S/N	S/N	S/N

En la tabla 12, se observa la carga instalada en el sistema de fuerza en cada circuito de las áreas de la escuela.

Cálculo de corriente de cada circuito de fuerza.

Para calcular la cantidad de corriente que posee cada circuito se utiliza la fórmula de Ohm.

$$I = \frac{P}{V}$$

En la tabla 13, se observa la corriente total por circuito de fuerza ya con el incremento del 1,25% que es el factor de seguridad.

Tabla 13. La intensidad por cada circuito

Circuito	Área	Equipo	Potencia total por circuito	Intensidad por circuito	Incremento del 125%	Intensidad total (A)
A	Aula #1	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	5.6
B	Aula #2	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	5.6
C	Aula #3	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	11.20
	Sala de computo	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	
D	Aula #4	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	5.6
E	Aula #5	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	11.20
	Comedor	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	
G	Baño	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N
H	Pasillo	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N
I	Área recreativa	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N

Selección de conductores por circuito de fuerza.

De acuerdo con lo establecido en la norma NEC 2018, el cable empleado para los circuitos de tomacorrientes debe ser de cobre, tipo THHN y con un calibre mínimo de número 12. Asimismo, para el conductor de tierra, cuyo límite de corriente no supera los 15 A, se selecciona un cable de cobre número 14, en conformidad con los criterios definidos en la tabla número 6 de la mencionada norma.

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
(A)	Conductor de cobre	Conductor de aluminio
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)

Figura 38. Dimensión de los cables de tierra para canalizaciones y dispositivos.
Fuente (Miguel et al., 2018)

Protección para los circuitos de fuerza.

Según la norma NEC 2018, en su apartado 5.1, la capacidad del interruptor debe seleccionarse de acuerdo con el calibre del conductor. En este diseño, los circuitos de fuerza no exceden los 10 A por circuito, por lo que se eligen interruptores termomagnéticos de 16 A para cada uno, garantizando así una protección eficiente y cumpliendo con los requerimientos establecidos.

Tabla 14. Protección por circuito de la escuela.

Circuito	Área	Potencia total (w)	Intensidad por circuito	Incremento del 125%	Intensidad total (A)	Protección (A)
A	Aula #1	600	5.6	1.25	7	16
B	Aula #2	600	5.6	1.25	7	16
C	Aula #3	600	5.6	1.25	7	16
	Sala de computo	600	5.6	1.25	7	
D	Aula #4	600	5.6	1.25	7	16
E	Aula #5	600	5.6	1.25	7	16
	Comedor	600	5.6	1.25	7	
F	Baño	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N
G	Pasillo	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N
H	Área recreativa	S/N	S/N	S/N	S/N	S/N

Factor de Potencia

Según lo indicado por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2018), esta normativa aplica a consumidores de la categoría general que cuentan con medición de energía reactiva. Sin embargo, para este caso específico, no es necesario ajustar el factor de potencia a 0,92, por lo que se considera un valor unitario de 1.

Caída de tensión

De acuerdo con las especificaciones técnicas, en un circuito que suministre energía a cualquier clase de carga, ya sea de iluminación, fuerza o calefacción, la caída de tensión hasta el punto más distante no debe superar el 3%. Además, la caída de tensión combinada entre el circuito alimentador y el circuito derivado no deben superar el 5%, garantizando así la eficiencia del sistema eléctrico (Miguel et al., 2018).

Cálculo de caída de tensión en los conductores

Para esta parte se lo realizo con la formula siguiente:

Donde:

2 = constante

$\rho = 0,0175$ (resistividad del cobre)

L = longitud (m)

I = intensidad (A)

$\cos\theta$ = factor de potencia

ΔU = caída de tensión (V)

S = sección del conductor (mm²)

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos\theta}{S}$$

$$\Delta U = \frac{2 * 0,0175 * 10 * 17,5 * \cos 1}{5,29}$$

$$\Delta U = 6.56 \text{ mV}$$

Acometida principal

para el cálculo de la acometida principal se hizo la utilización la siguiente formula:

Donde:

2 = constante

P= Potencia total

V= voltios

I= intensidad (A)

N = Número de fases del sistema eléctrico

Fp = Factor de potencia del sistema

$$I = \frac{p}{2 * V * n * fp}$$

$$I = \frac{6320}{2 * 120 * 1 * 1}$$

$$I = 26.33 A$$

De igual forma se le aplica el Incremento del 125%

$$I = 26.33 * 1,25 = 32.53 A$$

Según lo establecido en la norma NEC-SB-Instalaciones Eléctricas (2018), el tamaño mínimo sugerido para un alimentador desde el medidor hasta un tablero de distribución único es de número 6 AWG, utilizando conductores de cobre aislados tipo THHN. No obstante, considerando la carga a conectar y las características específicas del sistema, se ha decidido instalar un cable de calibre 10 AWG (5,29 mm²) de cobre aislado, cumpliendo con los requerimientos normativos y garantizando un adecuado desempeño eléctrico.

Cálculo de caída de tensión en diferentes circuitos de la iglesia

Tabla 15. Caída de tensión en los circuitos.

CIRCUITO	Constante	Resistividad del cobre	Longitud (m)	Intensidad (A)	Factor de potencia	Sección conductora (mm ²)	Caída de tensión (V)	Porcentaje (%)
Acometida principal	2	0,0175	36	26.33	1	5.29	6,56 mV	0.00547%
Circ. Iluminación #1	2	0,0175	34	0.89	1	2,08	1.14 mV	0.00095%
Circ. Iluminación #5	2	0,0175	21	0.89	1	2,08	0.707 mV	0.00059%
Circ. Tomacorriente #1	2	0,0175	34	2.5	1	3.31	1.48 mV	0.00123%

Basado en los resultados obtenidos, todos cumplen con los parámetros de caída de tensión establecidos por la NEC. Las caídas de tensión son significativamente menores que los límites máximos permitidos para iluminación del 3% y para circuitos de alimentación del 5%, lo que indica que el sistema eléctrico está en condiciones óptimas y no presenta problemas relacionados con pérdidas de energía o funcionamiento incorrecto debido a la caída de tensión.

Planos

El sistema eléctrico de tomacorrientes de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina se ha distribuido en siete circuitos, diseñados para garantizar una alimentación segura y eficiente en todas las áreas, ya que cada circuito está representado por un color específico en el plano, lo que facilita la identificación y organización de las conexiones eléctricas, que para este diseño, se utilizarán los cajetines existentes en la infraestructura de la escuela, adaptándolos a las nuevas especificaciones técnicas y normativas de seguridad eléctrica, que estos circuitos abastecen áreas como aulas, sala de cómputo, comedor, asegurando que la capacidad de carga cumpla con las normativas de seguridad eléctrica, con la distribución equitativa de los tomacorrientes por circuito

optimiza el rendimiento del sistema, permitiendo un uso adecuado y confiable de los equipos eléctrico, está representado en la siguiente figura.

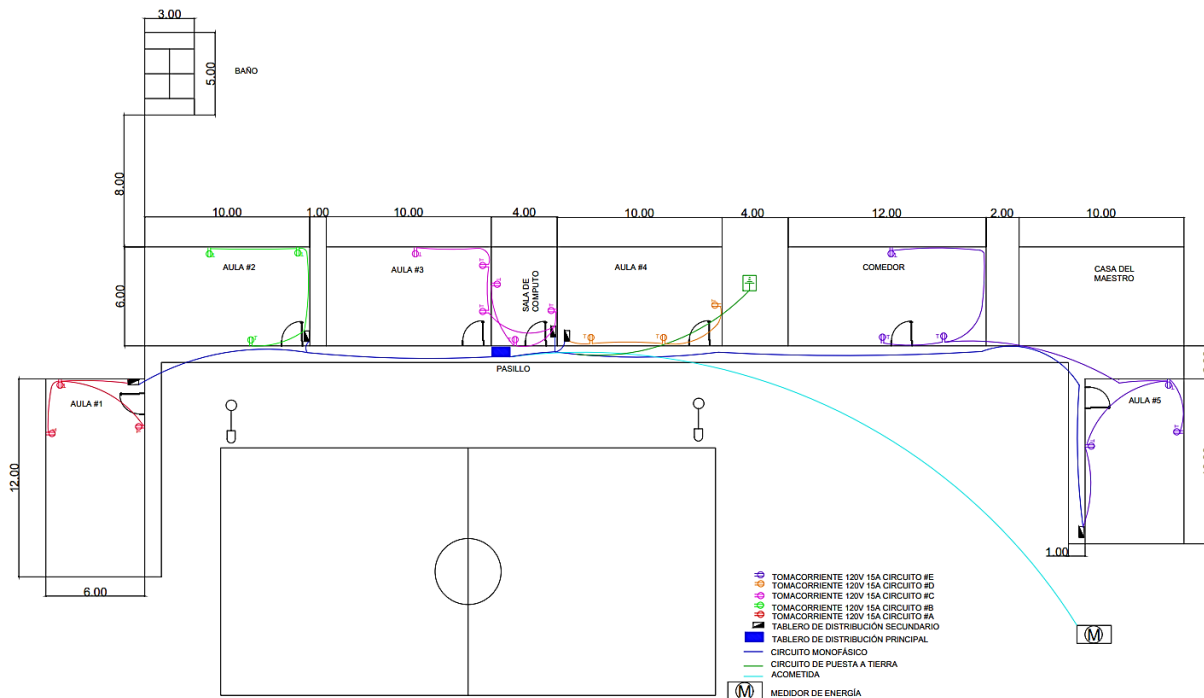


Figura 39. Plano de los circuitos de tomacorrientes.
Fuente: Autoría propia.

3.3.3. Puesta a tierra

La puesta a tierra es un sistema de protección eléctrica que permite la disipación de corrientes de falla o descargas atmosféricas hacia el suelo, reduciendo el riesgo de electrocución y daños en los equipos que se compone de conductores, electrodos y conexiones diseñadas para garantizar una baja resistencia de contacto con la tierra que de acuerdo con la Sección 250.56 de la NEC (National Electrical Code), en instalaciones residenciales la resistencia de puesta a tierra debe ser menor a 25Ω , lo que contribuye a mitigar riesgos asociados con fallas eléctricas, descargas atmosféricas y perturbaciones electromagnéticas, asegurando un entorno seguro para los estudiantes, docentes y personal administrativo.

Medición del telurómetro

Se llevó a cabo una medición de la resistencia de puesta a tierra empleando un medidor especializado (Telurómetro), tomando la lectura a una distancia de 4 metros del electrodo. El resultado obtenido fue de 15.41 ohmios, que se decidió implementar una malla de tierra para mejorar la eficiencia del sistema. A continuación, se muestra la imagen que documenta el procedimiento de medición.



Figura 40. Medición con el telurómetro
Fuente: fotografía propia.

La medición realizada con el telurímetro arrojó un resultado de 15.41 ohmios, un valor inferior al límite de 25 ohmios establecido por la normativa, lo que indica una correcta eficiencia en la puesta a tierra, dado que la escuela se clasifica dentro de una zona residencial, este resultado cumple con los requisitos exigidos, por lo tanto se consideró mejorar aún más la seguridad y garantizar una disipación uniforme de las corrientes de falla, se ha optado por instalar una malla cuadra con 4 electrodos de 90 cm.

Cálculos.

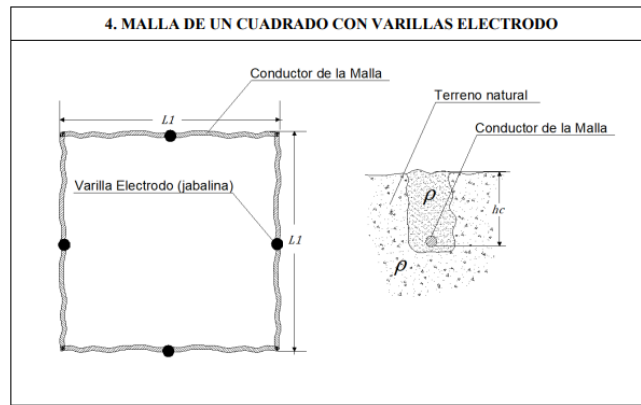


Figura 41. Representación gráfica de la malla
Fuente: Obtenido de (Martínez, 2022)

Formula:

$$R = \rho \left(\frac{1}{4L1 + nLe} + \frac{1}{20 \cdot L^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{hc}{L1}}} \right)$$

Significado de los parámetros:

- R: Resistencia total de la malla (Ω).
- ρ : Resistividad del suelo ($\Omega \cdot m$).
- L1: Longitud de cada lado de la malla (m).
- n: Número de varillas
- Le: Longitud de cada varilla (m).
- hc: Profundidad de enterramiento de la malla (m)

Datos:

- $\rho = 15.41 \Omega \cdot m$.
- $L1 = 90m$ (malla de 90 m x 90 m).
- $n = 4$ (4 varillas).
- $Le = 0.90m$.
- $hc = 0.30m$.

$$R = 15.41 \left(\frac{1}{4 \cdot 90 + 4 \cdot 90} + \frac{1}{20 \cdot 90^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0.30}{90}}} \right)$$

$$R = 15.41 \left(\frac{1}{360 + 3.60} + \frac{1}{20 \cdot 8100} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 0.00333}} \right)$$

$$R = 15.41 \left(\frac{1}{363.6} + \frac{1}{162000} \cdot \frac{1}{\sqrt{1.0033}} \right)$$

$$R = 15.41 \left(0.0027 + \frac{1}{162000} \cdot \frac{1}{1.0016} \right)$$

$$R = 15.41(0.0027 + 0.00000617)$$

$$R = 15.41 \cdot 0.0026$$

$$R = 0.0425 \, \Omega$$

Al aplicar una malla de 0.90 m x 0.90 m, 4 varillas de 0.90 m y una profundidad de enterramiento de 0.30 m, la resistencia total resulto ser de 0.0425 Ω .

Para garantizar una conexión segura y eficiente en la puesta a tierra, se ha determinado el uso de conductores adecuados según su función que desde el tablero hasta el cuadrado de puesta a tierra se instalará un cable calibre 10 AWG, asegurando una conexión confiable y dentro del sistema de puesta a tierra, en el intercalado del cuadrado, se empleará un cable calibre 8 AWG, permitiendo una mejor distribución de la corriente de falla y reduciendo la resistencia del sistema a tierra.

3.3.4. Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar de la instalación eléctrica de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina contempla 9 centros de carga, cada uno abasteciendo áreas específicas con sistemas de alumbrado y potencia, con la distribución es monofásica, con un voltaje de 120V y corriente máxima de 7 amperios por circuito, también el sistema asegura el cumplimiento de la normativa NEC-SB-IE, se contempla en la figura 35.

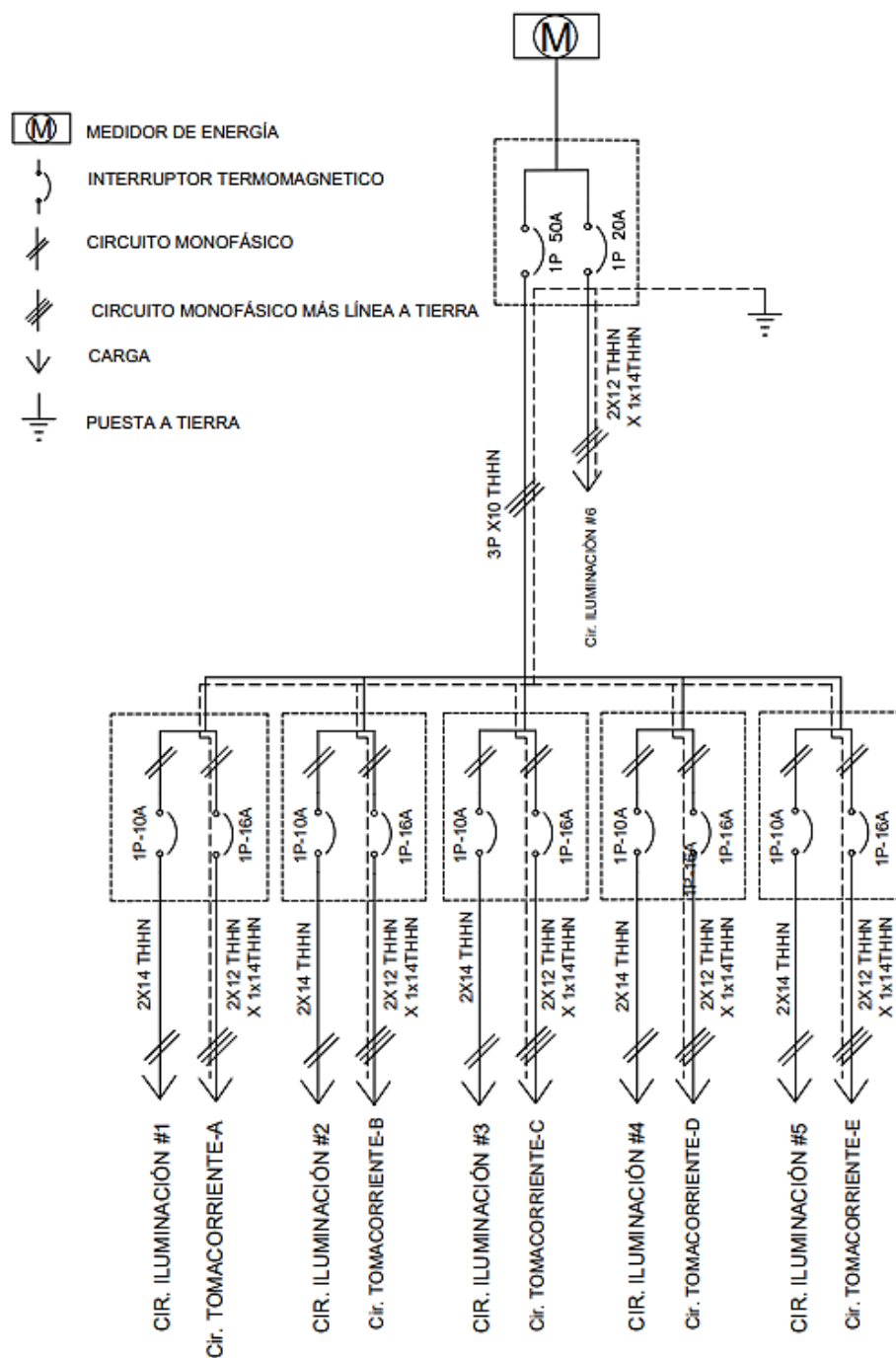


Figura 42. Diagrama unifilar del proyecto.
Fuente: Autoría propia.

3.3.5. Diagramas de flujo

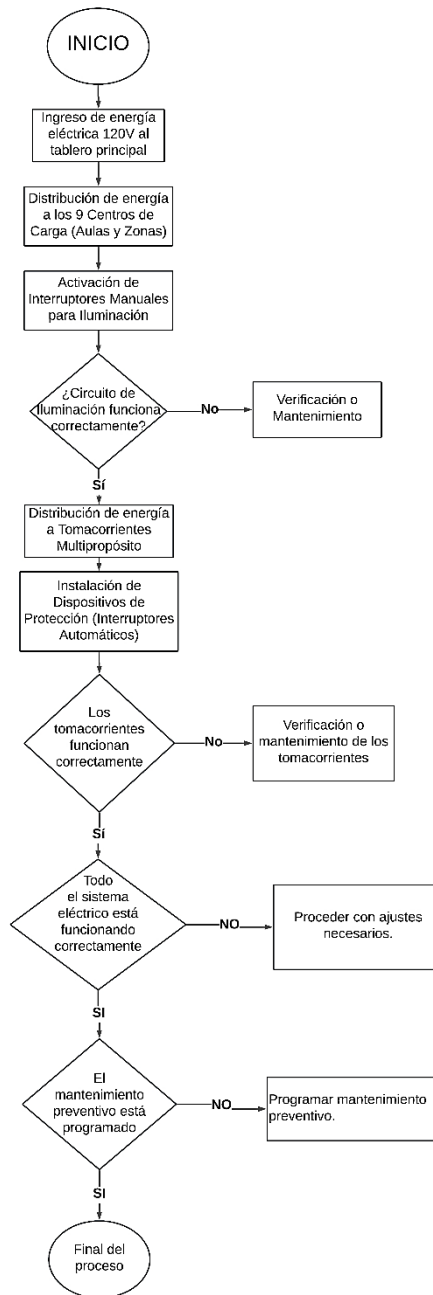


Figura 43. Diagrama de flujo del circuito eléctrico.
Fuente: Autoría propia

El diagrama de flujo de la figura 41, está diseñado con el objetivo de organizar y simplificar los procedimientos de verificación y mantenimiento de la instalación eléctrica ya que utiliza rombos de decisión para evaluar el estado de los componentes, como tomacorrientes e iluminación, y cuadros de acción para establecer los pasos a seguir en caso de fallos con esto asegura un seguimiento claro y eficiente, permitiendo la detección y corrección de problemas antes de

finalizar el proceso y garantizar que todo el sistema esté operativo conforme a los estándares requeridos.

3.4. Implementación

3.4.1. Lista de Materiales

Tabla 16. Lista de materiales a utilizar.

UNIDADES	CARACTERÍSTICA DEL MATERIAL	PRECIO/UN IT	PRECIO/TOTAL
15	Tomas corrientes 110v	3.50	52.50
36	Lámparas Silvania de 36w a 3500 (lm)	12	432.00
5	Caja térmica bifásica de 2 puntos	13	65.00
10	Tubo EMT ½	3.20	32.00
5	Breakers de 10ª Monofásico	6.55	32.75
5	Breakers de 16ª Monofásico	8.00	40.00
2 rollo	Cable flexible THHN N #10	60.00	120.00
5 rollo	Cable flexible THHN N #14	30.00	150.00
3 rollo	Cable flexible THHN N #12	40.00	120.00
50 m	Cable 3x10 THHN	4.00	200.00
3	Cinta aislante (Taípe)	1.25	3.75
15	Conectores MT 1/2	0.50	7.50
1	Breakers de 50 A Bifasico	15.20	15.20
2	Varilla Cooperweld de 5/8x 1.80m	8.00	16.00
4	Conectores de varilla Cooperweld de 5/8	2.50	10.00
15	Cable de tierra N# 10	2.50	37.50
4	Brocas de cemento 1/8	0.70	2.80
4	Focos Silvania de 40w a 3500 lm	7.25	29.00
19	Focos Silvania de 20w a 3500 lm	2.00	38.00
3 rollo	Alambre Guía N 14	2.00	6.00
100	Tornillos autoperforantes de ½(caja)	2.25	2.25
2	Reflectores Silvania de 250w a 20000lm	55.00	110.00
4	Broca para hierro de 1/8	1.00	4.00
38	Cajetines Octogonales de metal	3.00	114.00
3 paquetes	Tirrap de amarre de N 14	3.50	10.50
2	Canaletas de 3/4	4.00	8.00
1	Caja térmica Bifásica de 2 puntos	22.00	22.00
7	Interruptores simples	2.50	17.50
21	Cajetines rectangulares	1.50	31.50
3 rollos	Manguera corrugada de 1/2	15.00	45.00
TOTAL			1774.75

3.4.2. *Instalación.*

Siguiendo los planos establecidos para la distribución de iluminación y tomacorrientes, se llevó a cabo la instalación del sistema eléctrico, asegurando el cumplimiento de las normativas vigentes que, durante el proceso, se realizaron las conexiones y ajustes necesarios para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad, además para documentar los avances, se incluirán fotografías que comparen el estado previo a la instalación con el resultado final, evidenciando las mejoras realizadas en la infraestructura eléctrica.

Tablero principal.

En la figura 44, se evidencia el estado inicial del tablero principal que tenía el establecimiento educativo, que se encontraba en mal estado inclusive sin protección y en la figura 45 se muestra mediante una fotografía la implementación del nuevo tablero principal con sus protecciones adecuadas, señaléticas.



Figura 45. Tablero principal inicial.
Fuente: Fotografías propia



Figura 44. Tablero principal actual.
Fuente: Fotografías propia

Tablero secundario.

Como se observa en la siguiente figura 46, donde el tablero del aula #1, que se encuentra a la intemperie, además no tiene ninguna protección tanto para las luminarias y tomacorrientes. Y en la figura 47, se intervino para obtener una mejor presentación y con las protecciones adecuadas como también su protección mediante una tapa que protege las conexiones contra polvo y agua con certificación IP.

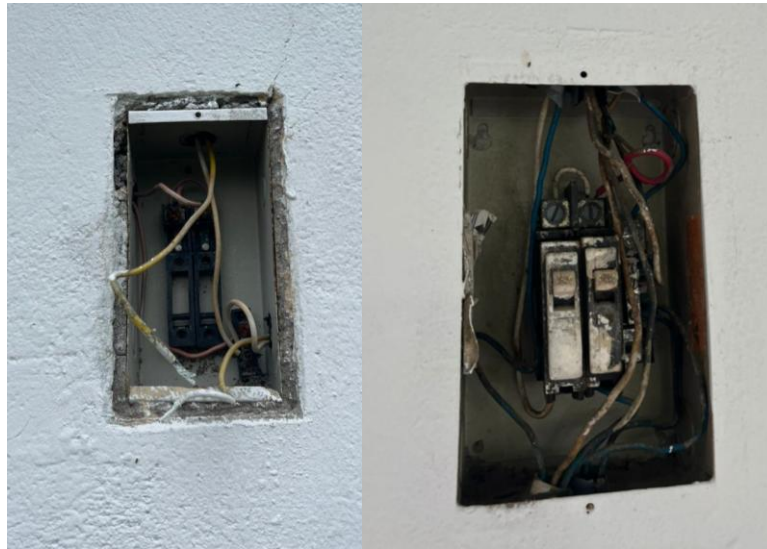


Figura 46. Tablero secundario del aula #1 y Aula #4, inicial
Fuente: Fotografía propia.



Figura 47. Tablero secundario del aula #1 y Aula #4, actual
Fuente: Fotografía propia.

Tomacorriente.

En la siguiente imagen se observa la instalación del tomacorriente, el cual inicialmente se encontraba expuesto a la intemperie sin ningún tipo de protección, lo que representaba un riesgo para los usuarios en especial a los niños de la unidad educativa, tras la intervención, se mejoró la instalación, asegurando una correcta presentación y la implementación de protecciones adecuadas que resguarda las conexiones contra el polvo, la humedad y con una calificación de resistencia al fuego UL94 V-0, lo que garantiza su seguridad ante altas temperaturas y posibles cortocircuitos.

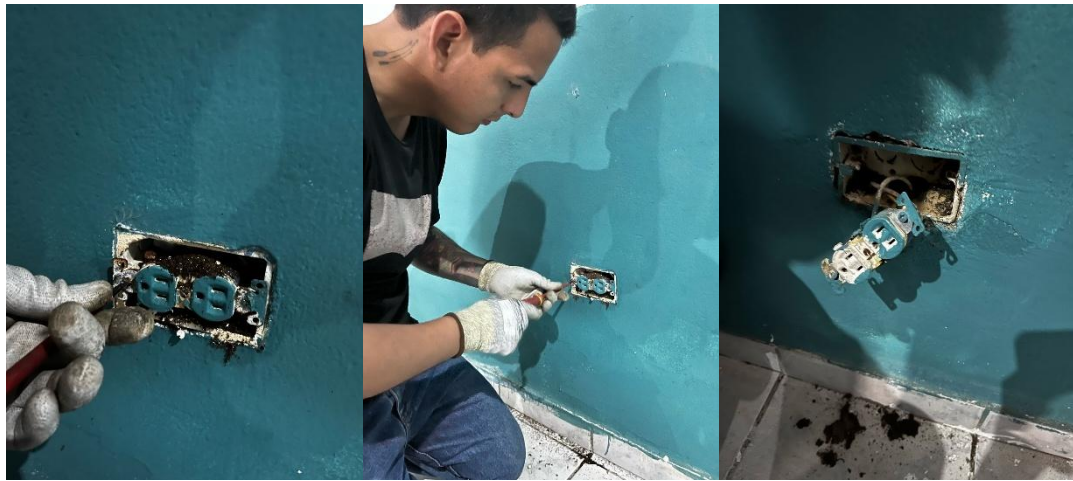


Figura 48. Tomacorriente inicial
Fuente: Fotografías propia



Figura 49. Tomacorrientes Actual
Fuente: Fotografía propia.

Interruptores

El interruptor simple balancín ancho instalado en el sistema eléctrico cumple con los estándares de calidad y seguridad requeridos para su correcto funcionamiento con este dispositivo cuenta con certificaciones que avalan su confiabilidad, como el cumplimiento de los reglamentos IEC y la certificación CE y su tensión nominal es de 125/250V~, con una corriente nominal de 15A, lo que lo hace adecuado para aplicaciones residenciales y educativas.



Figura 51. Interruptores iniciales.
Fuente: Fotografía propia.



Figura 50. Interruptores actuales.
Fuente: Fotografía propia.

Instalación de Luminarias

En la siguiente figura 52, corresponden a las luminarias que en sus inicios estaban instaladas en la unidad educativa, el cual se evidencia que no tienen una adecuada iluminación incluso en unas no existía luminarias.



Figura 52. Luminaria inicial.
Fuente: Fotografías propia.

En la figura 53, se observa la instalación de las luminarias que son de 36w, con esto se evidencia una mejor iluminación que beneficiara a los estudiantes y docentes.



Figura 53. Luminarias actuales.
Fuente: Fotografías propia.

Instalación de reflectores de 250w

En la figura 54, se observa que el área recreativa no cuenta con iluminación adecuada el cual es un problema para el establecimiento educativo.



Figura 54. Luminaria del área recreativa Inicial.
Fuente: Fotografía propia



Figura 55. Reflectores en el área recreativa actual.
Fuente: Fotografía propia

En la figura 55, se evidencia la instalación de los dos reflectores en el área recreativa.

Puesta a tierra.

En la Figura 56 se muestra la instalación de la malla de puesta a tierra, cuyo diseño fue previamente calculado y detallado en el capítulo 3.3.3. A continuación, se presentan las fotografías que evidencian su implementación.



Figura 56. Instalación de las varillas Copperweld
Fuente: Fotografía propia



Figura 57. Realización de maya.
Fuente: Fotografía propia

CAPITULO IV

4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Pruebas de funcionamiento

Para verificar el correcto desempeño del sistema eléctrico, se realizaron pruebas de funcionamiento en luminarias, tomacorrientes e interruptores. En el caso de las luminarias, se comprobó la intensidad lumínica y su correcta distribución en cada aula y pasillo, asegurando que cumplieran con los niveles de iluminación requeridos. Para los tomacorrientes, se midió el voltaje de salida y se realizaron pruebas de carga con equipos eléctricos, garantizando su correcto funcionamiento. Asimismo, se verificó la continuidad de los conductores y la resistencia de la puesta a tierra, asegurando que el sistema cumple con las normativas de seguridad eléctrica.

A continuación de muestra evidencia en forma de imágenes.

- **Funcionamiento de las luminarias de las aulas.**



Figura 58. Luminaria del aula #1 y #2.
Fuente: Fotografía propia.

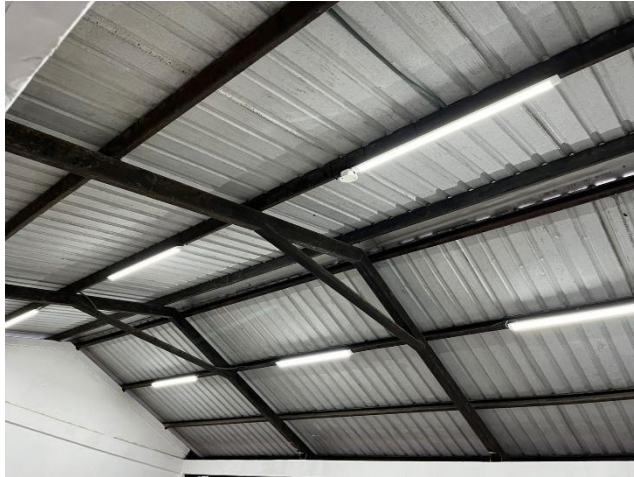


Figura 59. Luminaria del aula #5.
Fuente: Fotografía propia.

- **Funcionamiento de tomacorrientes**



Figura 60. Tomacorriente del aula #3
Fuente: Fotografía propia.

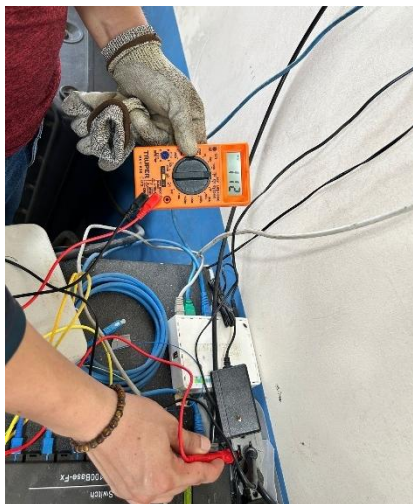


Figura 61. Tomacorriente de la sala de computo
Fuente: Fotografía propia.

- **Funcionamiento de los reflectores del área recreativa**



Figura 62. Área recreativa
Fuente: Fotografía propia.

- **Puesta a tierra**

Los resultados de las pruebas de funcionamiento de la puesta a tierra muestran una diferencia entre el valor calculado y el valor medido. Mientras que el cálculo teórico arrojó una resistencia de 0.0425 ohmios, la medición real obtuvo un valor de 5.1 ohmios. Esta variación puede deberse a factores como la resistividad del suelo, la compactación del terreno, la humedad y el estado de los electrodos. A pesar de la diferencia, el valor medido sigue siendo aceptable dentro de los rangos permitidos para garantizar una conexión a tierra segura y funcional.

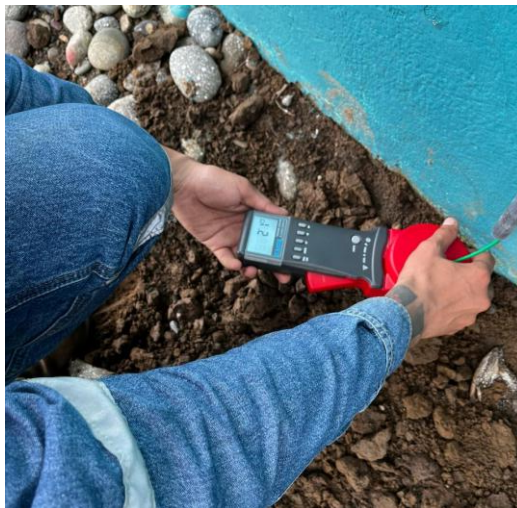


Figura 63. Medición de puesta a tierra.
Fuente: Fotografía propia.

4.2. Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación fueron establecidos conforme a los requerimientos normativos, asegurando una distribución adecuada de la luz en cada espacio que se verificó que la intensidad lumínica fuera suficiente para garantizar confort visual y eficiencia energética, optimizando la ubicación de los luminarios según las necesidades de cada área. A continuación, se presenta los valores en la tabla 17.

Tabla 17. Niveles de iluminación

Área	Valor Inicial	Valor Norma UNE-EN 12464- 1	Valor Medido Lux
Aula #1	199	500	915
Aula #2	193	500	922
Aula #3	194	500	808
Aula #4	195	500	807
Aula #5	218	500	753
Sala de computo	148	500	591
Comedor	174	500	963
Baño	163	100	778
Área recreativa	0	200	262
Pasillo	95	100	148

- **Medición de lúmenes del aula 1# y el comedor.**

En la figura 64, se evidencia la medición con el luxómetro antes de la implementación el cual se tiene baja luminosidad en el área. En cambio, en la figura 63 se observa la mejora que existe en cuando los lúmenes por aula el cual tiene mejores condiciones de luz.



Figura 64. Medición antes de la implementación.
Fuente: Fotografía propia.



Figura 65. Medición después de la implementación.
Fuente: Fotografía propia.

- **Medición de lúmenes del aula 5# y la sala de cómputo.**



Figura 66. Medición antes de la implementación
Fuente: Fotografía propia.

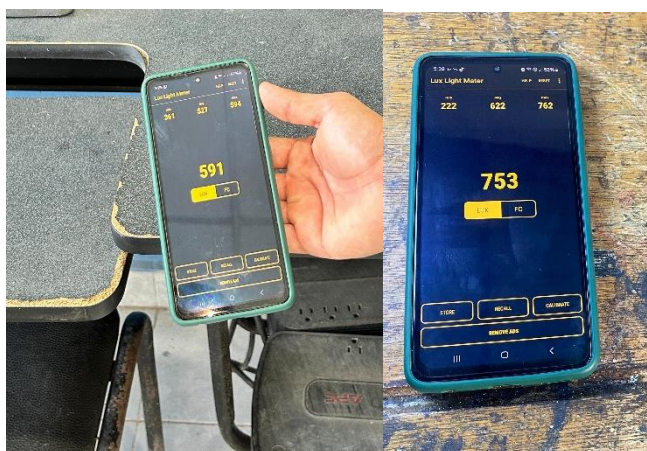


Figura 67. Medición después de la implementación.
Fuente: Fotografía propia.

4.3. Caída de voltaje

Se realizó la medición de la caída de voltaje en los distintos circuitos, verificando que los valores obtenidos se mantuvieran dentro de los rangos permitidos. Este proceso permitió confirmar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico y asegurar un suministro estable para las diferentes áreas de la instalación.

Tabla 18. Caída de voltaje

Circuito	Valor Calculado (V)	Valor Medido (V)	Observación
Acometida principal	0.62	114	Valor medido en el medidor 116v
Cir. tomacorriente #1	0.11	114	Valor medido en el tablero 114
Cir. Iluminación #1	0.14	114	Valor medido en el tablero 114

Los valores medidos de voltaje en los diferentes circuitos de la instalación eléctrica presentan una mínima variación respecto a los valores calculados, lo que indica que la caída de tensión en el sistema es insignificante y no afecta el desempeño eléctrico que, en la acometida principal, el voltaje medido es de 116 V, mientras que en los circuitos de tomacorrientes e iluminación se mantiene en 114 V, lo que confirma una correcta distribución de la energía.

A continuación, se presenta la evidencia de las mediciones.



Figura 68. Medición en el medidor eléctrico
Fuente: Fotografía propia.

En la figura 61, se observa que el valor arrojado por el multímetro es de 116v.



Figura 69. Medición en el tablero principal
Fuente: Fotografía propia.



Figura 70. Medición de tomacorriente del aula #1
Fuente: Fotografía propia.

4.4. Plan de mantenimiento.

Plan de Mantenimiento Preventivo del Sistema Eléctrico

Una vez diseñado e implementado el sistema eléctrico, es fundamental establecer un plan de mantenimiento preventivo para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente. A continuación, se detalla el mantenimiento recomendado para cada componente del sistema:

A. Tablero Principal

- **Frecuencia:** Mensual
- **Actividades:**
 - Inspección visual para detectar signos de corrosión o desgaste.
 - Verificación de conexiones, asegurando que estén bien ajustadas y sin signos de sobrecalentamiento.
 - Limpieza trimestral para evitar la acumulación de polvo y suciedad.
 - Prueba semestral de disyuntores para comprobar su correcto funcionamiento.

B. Tableros Secundarios

- **Frecuencia:** Mensual
- **Actividades:**
 - Inspección visual del estado general, identificando posibles daños o conexiones flojas.
 - Revisión de conexiones y ajuste de terminales.
 - Limpieza trimestral para evitar la acumulación de polvo.
 - Prueba semestral de disyuntores para verificar su correcto desempeño.

C. Circuito de Iluminación

- **Frecuencia:** Mensual
- **Actividades:**
 - Inspección de luminarias, verificando su correcto funcionamiento.
 - Reemplazo de luminarias quemadas o defectuosas.
 - Inspección de conexiones para asegurar que estén firmes y sin signos de desgaste.
 - Limpieza trimestral de luminarias para evitar acumulación de polvo y mejorar la eficiencia lumínica.

D. Circuito de Tomacorrientes

- **Frecuencia:** Mensual
- **Actividades:**
 - Inspección visual de tomacorrientes para detectar signos de desgaste o sobrecalentamiento.
 - Pruebas de funcionamiento para verificar la operatividad de los tomacorrientes.
 - Verificación y ajuste de conexiones.
 - Limpieza trimestral de los tomacorrientes y su entorno para evitar acumulación de polvo y suciedad.

E. Sistema de Puesta a Tierra

- **Frecuencia:** Trimestral
- **Actividades:**
 - Medición de la resistencia de puesta a tierra para garantizar valores dentro de los límites normativos.
 - Inspección visual de conexiones y electrodos de puesta a tierra.
 - Limpieza y ajuste de conexiones según sea necesario.

6. Registro de Mantenimiento

- **Importancia:** Llevar un registro detallado de todas las inspecciones, limpiezas y reparaciones realizadas.
- **Acciones:**
 - Establecer un calendario de mantenimiento y cumplir con las fechas programadas.
 - Documentar cada intervención, anotando fecha, responsable y acciones realizadas.
 - Implementar medidas correctivas en caso de detección de anomalías durante las inspecciones.

Este plan de mantenimiento contribuirá a prolongar la vida útil del sistema eléctrico, garantizar la seguridad de los usuarios y optimizar el rendimiento del sistema implementado.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizó una evaluación detallada de las instalaciones eléctricas existentes, lo que permitió identificar deficiencias en el sistema de iluminación, tomacorrientes y puesta a tierra. Estas deficiencias fueron corregidas mediante las acciones propuestas, mejorando significativamente la seguridad y funcionalidad del sistema eléctrico.
- Las mediciones realizadas con el luxómetro en las diferentes áreas de la unidad educativa permitieron ajustar los niveles de iluminación según las necesidades específicas de cada espacio, cumpliendo con los requerimientos mínimos para un ambiente óptimo para el aprendizaje.
- Se diseñaron los diagramas unifilares correspondientes a los circuitos de iluminación y tomacorrientes en AutoCAD, garantizando que las instalaciones cumplieran con la normativa eléctrica vigente (NEC-SB-IE). Esto facilitó la implementación del sistema de manera eficiente y segura.
- Las instalaciones eléctricas fueron ejecutadas conforme a la normativa NEC-SB-IE, cumpliendo con los requisitos de seguridad y eficiencia energética, asegurando que los sistemas de iluminación, tomacorrientes, y puesta a tierra estuvieran correctamente dimensionados y protegidos para garantizar el bienestar de los usuarios.
- El sistema de puesta a tierra fue implementado correctamente, cumpliendo con la normativa NEC-SB-IE, lo que contribuye a minimizar los riesgos eléctricos y garantiza un entorno seguro para estudiantes, docentes y personal administrativo.

5.2. Recomendaciones

- Capacitar al personal de mantenimiento en la correcta operación y manejo de las nuevas instalaciones eléctricas, incluyendo procedimientos de identificación de circuitos mediante etiquetado, gestión de luminarias y reflectores. Esto garantizará una intervención segura y eficiente ante posibles fallas.
- Instalación de dispositivos de protección ante sobretensiones para mejorar la seguridad, en puntos clave del sistema eléctrico, protegiendo los equipos y sistemas sensibles de daños causados por picos de voltaje.
- Mejora en la distribución de los tomacorrientes en ciertas áreas estratégicas, asegurando que los espacios de mayor uso cuenten con suficientes puntos de alimentación para equipos electrónicos, evitando sobrecargar circuitos existentes.
- Se recomienda la implementación de un sistema de paneles solares para reducir el consumo eléctrico de la institución y fomentar el uso de energías renovables, contribuyendo a la eficiencia energética y la sostenibilidad.
- Es recomendable organizar de manera periódica la documentación técnica del sistema eléctrico, incluyendo planos, esquemas de distribución y detalles de etiquetado de circuitos ya que esto permitirá una gestión más eficiente del sistema, facilitando futuras expansiones, modificaciones o reparaciones.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- (s.f.). Grote: <https://es.grote.com/fuse-circuit-protection/fuses/glass-fuses/>
- Alberto, L. F. (2019). Tableros eléctricos. *Tableros eléctricos*, 63-67. https://editores.com.ar/sites/default/files/ie341_farina_tableros.pdf
- Arboledas Brihuega, D. (2010). *Electricidad Básica*. RA-MA S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=raa6EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+la+Ley+de+Watt+ELECTRICIDAD&ots=xaAVN2TnGC&sig=vIDJTs6GyZldc4WdE7K1Q6VUHIA#v=onepage&q=la%20Ley%20de%20Watt%20ELECTRICIDAD&f=false>
- Barranco, S. (12 de Abril de 2024). *Slideshare*. <https://es.slideshare.net/slideshow/pppt-iluminacion1ppt2024/267234086#23>
- Beny. (15 de 10 de 2021). <https://www.beny.com/es/dc-circuit-breaker-for-solar-system/>
- DIALux. (17 de 12 de 2024). <https://www.dialux.com/es-ES/>
- Dorf, R., & Svoboda, J. (2015). *Circuitos Eléctricos*. Alpha Editorial. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xNBzEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=circuito+el%C3%A9ctrico&ots=c2KRyWqnMJ&sig=r7SE1ViMdHHeVpZWX_Ny48Nm6ZY#v=onepage&q=circuito%20el%C3%A9ctrico&f=false
- Fermín, B. G. (2004). Sistemas de energía eléctrica. En B. G. Fermín, *Sistemas de energía eléctrica*. Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wZoyiFKf5IkC&oi=fnd&pg=PP1&dq=energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica&ots=OdqJDduJo6m&sig=vAhs6v5eSx1TypVpYtNMApVygcl#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica&f=false>
- Gerardo, S. (02 de Marzo de 2017). *syscomblog*. <https://www.syscomblog.com/2017/03/que-hacer-y-que-no-hacer-en-el.html>
- MARTINEZ DOMINGUEZ, F. (2003). *Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales*. Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZMcP1aKq5ksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=tipos+de+alumbrado+&ots=WptEFywOAg&sig=VEjYOw7KEc0lLLr8oVwVFullTDnY#v=onepage&q=tipos%20de%20alumbrado&f=false>
- Martínez, M. J. (30 de Noviembre de 2022). *ECUACIONES PARA EL CALCULO DE RESISTENCIA DE*. Barranquilla – Colombia.

- Masvoltaje*. (29 de Enero de 2017). <https://masvoltaje.com/blog/analisis-de-productos/tipos-de-cables-electricos-que-existen>
- Medina Freire, M. A. (2013). *La iluminación y su incidencia en los accidentes de trabajo dentro de los edificios institucionales de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte SA de la ciudad de Ambato* (Master's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestria en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3296>
- m-electricidad*. (26 de Julio de 2023). <https://m-electricidad.com/index.php/blog-melectricidad/129-tipos-de-lamparas>
- Miguel, I., Franklin, M., Carlos, P., Diego, C., Ramiro, R., Fernando, B., . . . Francisco, P. (2018). *Instalaciones Eléctricas*. MIDUVI. [file:///C:/Users/Felix%20Erazo/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/06QE6AK8/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas\[1\].pdf](file:///C:/Users/Felix%20Erazo/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/06QE6AK8/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas[1].pdf)
- MKT Digital . (21 de Enero de 2022). *Lummi*. <https://www.lummi.com.mx/blogs/noticias/que-es-una-luminaria-y-como-se-clasifica>
- Navas García, J. J. (2018). *Guía práctica de diseño de sistemas eléctricos según el código NEC*. Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9713/>
- Rosimar, G. (s.f.). *todamateria*. <https://www.todamateria.com/ley-de-ohm/>
- Sanz Alzate, J. H. (2007). *Aterrizaje del neutro para sistemas eléctricos*. <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/213>
- Schneider*. (2010). <https://www.se.com/co/es/product/A9R41225/interruptor-diferencial-acti9ild-2p-25a-tipo-ac-30ma/>
- Seippel, R. G. (2021). *Fundamentos de electricidad*. REVERTE, .A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YpIUEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=ley+de+ohm+electricidad&ots=w89IOTg8jO&sig=Lyo9WF3L8sOc6xoWGSnB4fWtfaM#v=onepage&q=ley%20de%20ohm%20electricidad&f=false>
- Taracena Herrera, L. C. (22 de Noviembre de 2017). *repositorio*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8355/>
- WERNER RUFFO, F. O. (2009). *ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LAS PROTECCIONES*. UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3549>

7. ANEXOS.

Anexo 1. Acta aceptación de elaboración del proyecto emitido por entidad

UNIDAD EDUCATIVA MERCEDES DE JESÚS MOLINA

ACTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Joya de los Sachas, 10 de diciembre de 2024

ENTIDAD BENEFICIARIA: Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina

PROYECTO: Rediseñar e implementación del sistema eléctrico de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina ubicada en la Joya de los Sachas parroquia Enokanqui

En la parroquia Enokanqui, a los diez días del mes de diciembre de 2024, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la aceptación oficial de la elaboración del proyecto que será desarrollado por los señores estudiantes del Instituto Universitario Rumiñahui:

- Robinson Javier Del Valle Castillo
- Carlos Alfredo Cedeño Muentes
- Argenis Alexander García Flores

Por medio del presente, la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina manifiesta su aceptación formal para que los estudiantes mencionados lleven a cabo el proyecto de titulación bajo los lineamientos establecidos.

En conformidad con lo expuesto, firman las partes involucradas:

Por los estudiantes

Firma:



Robinson Javier Del Valle Castillo

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 1726484394

Por la Entidad Receptora

Firma:



Clide Alejandro Vargas Shiguango

Rector

Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina

Cédula: 1500541618

Anexo 2. Acta de entrega y recepción del proyecto.

UNIDAD EDUCATIVA MERCEDES DE JESÚS MOLINA

ACTA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Joya de los Sachas, 27 de febrero de 2025

ENTIDAD BENEFICIARIA: Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina

PROYECTO: Rediseñar e implementación del sistema eléctrico de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina ubicada en la Joya de los Sachas parroquia Enokanqui

En la parroquia Enokanqui, a los veinte y siete días del mes de febrero de 2025, se procede a la firma del presente documento con el propósito de dejar constancia de la aceptación oficial de la elaboración del proyecto que será desarrollado por los señores estudiantes del Instituto Universitario Rumiñahui:

- Robinson Javier Del Valle Castillo
- Carlos Alfredo Cedeño Muentes
- Argenis Alexander García Flores

El presente proyecto ha sido desarrollado conforme a la propuesta inicial y entregado a entera satisfacción de la Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina. Tras la revisión respectiva, la entidad ha manifestado su conformidad con el trabajo realizado.

Por su parte, los estudiantes dejan constancia de haber culminado y entregado el proyecto de titulación y su documentación en total correspondencia con lo estipulado en la propuesta original.

Por los estudiantes

Firma: _____



Robinson Javier Del Valle Castillo

Estudiante Instituto Universitario Rumiñahui

Cédula: 1726484304

Por la Entidad Receptora

Firma: _____



Clide Alejandro Vargas Shiguango

Rector

Unidad Educativa Mercedes de Jesús Molina

Cédula: 1500541618

Anexo 3. Link de Vídeo de entrega del proyecto

https://www.youtube.com/shorts/t4_IQldZvg8

<https://www.youtube.com/watch?v=S0lkGx4eqHA>

Anexo 4. Registro fotográfico.

Instalación de boquillas en la sala de cómputo.



Instalación de Lámparas led de 36w.



Instalación de ductos para los cables eléctricos.



Tendido de cables por los ductos



Anexo 5. Informe anti plagio