

Pregrado

Carrera:

Asignatura (UIC): Desarrollo de proyectos eléctricos

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título en:

Tecnólogo en Electricidad

Tema:

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
ELÉCTRICO E ILUMINACIÓN DE LA UNIDAD
EDUCATIVA “BUENOS AIRES EL
PORVENIR”. – Buenos Aires, El porvenir.

Autor: José Luis Pantoja Cupueran

Tutor metodológico: Ing. Vera María Gabriela

Tutor Técnico: Msc. Jacome Sagñay Fernando Javier

Sangolquí, agosto de 2024





Autor: José Luis Pantoja Cupueran

Título para obtener: Tecnólogo en
Electricidad.

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico:

jose.pantoja@ister.edu.ec



Dirigido por: Vera María Gabriela

Título: Magister

Matriz: Sangolquí-Ecuador

Correo electrónico: vera@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
José Luis Pantoja Cupueran

***REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO E
ILUMINACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA “BUENOS AIRES EL PORVENIR”.***

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 18 de octubre del 2024

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, JOSÉ LUIS PANTOJA CUPUERAN declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO E ILUMINACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA “BUENOS AIRES EL PORVENIR”, de la Tecnología Superior 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,



José Luis Pantoja Cupuerán
C.I.: 1004162911

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

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

JOSÉ LUIS PANTOJA CUPUERAN

TUTOR:

VERA MARÍA GABRIELA

CONTACTO ESTUDIANTE:

0988592258

CORREO ELECTRÓNICO:

jose.pantoja@ister.edu.ec

TEMA:

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO E ILUMINACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA “BUENOS AIRES EL PORVENIR”.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

RESUMEN EN ESPAÑOL:

Este trabajo tiene como objetivo principal mejorar la infraestructura eléctrica y de iluminación de esta institución educativa, ubicada en la parroquia La Merced de Buenos Aires, en la provincia de Imbabura. La necesidad de este proyecto surgió debido a las deficiencias en el sistema de iluminación de las aulas y la falta total de iluminación en el patio, lo cual afectaba tanto la seguridad como el rendimiento académico de los estudiantes. Para llevar a cabo el proyecto, se realizó un diagnóstico detallado de la infraestructura existente, seguido de un rediseño del sistema eléctrico y de iluminación, aplicando herramientas de simulación como DIALux para garantizar el cumplimiento de las normativas de la NEC. La implementación incluyó la instalación de nuevas lámparas de iluminación exterior y mejoras en las instalaciones eléctricas internas, junto con un mantenimiento general de los componentes del sistema.

Las pruebas finales demostraron que el nuevo sistema de iluminación no solo cumple con los estándares europeos, sino que también mejora la eficiencia energética, la calidad lumínica y la seguridad del entorno escolar. Estos cambios han tenido un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes y han aumentado la seguridad y funcionalidad del patio escolar.

En conclusión, el proyecto ha demostrado ser efectivo en mejorar la infraestructura de la Unidad Educativa, contribuyendo a un entorno educativo más seguro y eficiente. Se

recomienda establecer un plan de mantenimiento continuo, capacitar al personal de mantenimiento y realizar evaluaciones periódicas para asegurar la sostenibilidad del sistema implementado.

PALABRAS CLAVE:

Rediseño eléctrico, iluminación, eficiencia energética, seguridad, educación.

ABSTRACT:

This aims to improve the electrical and lighting infrastructure of this educational institution located in the La Merced de Buenos Aires parish, in the province of Imbabura. The need for this project arose due to deficiencies in the classroom lighting system and the total lack of lighting in the schoolyard, which negatively impacted both student safety and academic performance.

To carry out the project, a detailed diagnosis of the existing infrastructure was made, followed by a redesign of the electrical and lighting system using simulation tools such as DIALux to ensure compliance with NEC regulations. The implementation included the installation of new exterior lighting lamps and improvements to the internal electrical installations, along with general maintenance of the system's components.

Final tests confirmed that the new lighting system not only meets European standards but also improves energy efficiency, lighting quality, and the safety of the school environment. These changes positively affect students' academic performance and enhance the safety and functionality of the schoolyard.

In conclusion, the project has proven effective in improving the infrastructure of the Educational Unit, contributing to a safer and more efficient educational environment. It is recommended to establish a continuous maintenance plan, train maintenance personnel, and carry out periodic evaluations to ensure the sustainability of the implemented system.

PALABRAS CLAVE:

Electrical redesign, lighting, energy efficiency, safety, education.

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2

Sangolquí, 18 oct del 2024

Sres.-

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

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital “DsPace” del estudiante: JOSÉ LUIS PANTOJA CUPUERAN, con C.I.: 1004162911 alumno de la Carrera. ELECTRICIDAD

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 1004162911

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este logro a Dios, quien me ha dado la fuerza, la sabiduría y la perseverancia para enfrentar cada reto que se presentó en este camino. Sin su guía y bendiciones, nada de esto habría sido posible. A mi madre Lupe Marlene Cuperan Escobar y mi hermano Edwin Pantoja, que siempre ha estado presente en cada paso que he dado. Son mi apoyo incondicional, mi fuente de inspiración y el motivo de tantas sonrisas. Gracias por sus sacrificios y por creer en mí incluso cuando las circunstancias eran difíciles. Gracias por sus palabras de aliento y por demostrarme el valor del trabajo duro y la dedicación. su apoyo ha sido clave para llegar hasta aquí. Y a mí mismo, por nunca rendirme, por mantener la esperanza y el ánimo en cada momento. Me dedico este logro como recordatorio de que, con esfuerzo y fe, todo es posible.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la institución educativa “Buenos Aires, El Porvenir” por depositar su confianza en este trabajo. Además, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al rector de la unidad educativa Alejandro Ortiz y al profesor David Cárdenas, quienes han sido una fuente inagotable de apoyo durante este proceso. Su consideración, comprensión y palabras de aliento han sido fundamentales en los momentos más desafiantes. Agradezco también al Ing. Isaac Romero y Ing. John Morales por su invaluable ayuda con la logística del lugar. Su disposición y colaboración fueron cruciales para llevar a cabo este proyecto de manera exitosa. Finalmente, gracias a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron en este camino. Sus palabras, gestos y apoyo me han acompañado en cada paso de este viaje académico.

RESUMEN

"Rediseño e Implementación del Sistema Eléctrico e Iluminación de la Unidad Educativa 'Buenos Aires El Porvenir'"

Este trabajo tiene como objetivo principal mejorar la infraestructura eléctrica y de iluminación de esta institución educativa, ubicada en la parroquia La Merced de Buenos Aires, en la provincia de Imbabura. La necesidad de este proyecto surgió debido a las deficiencias en el sistema de iluminación de las aulas y la falta total de iluminación en el patio, lo cual afectaba tanto la seguridad como el rendimiento académico de los estudiantes.

Para llevar a cabo el proyecto, se realizó un diagnóstico detallado de la infraestructura existente, seguido de un rediseño del sistema eléctrico y de iluminación, aplicando herramientas de simulación como DIALux para garantizar el cumplimiento de las normativas de la NEC. La implementación incluyó la instalación de nuevas lámparas de iluminación exterior y mejoras en las instalaciones eléctricas internas, junto con un mantenimiento general de los componentes del sistema.

Las pruebas finales demostraron que el nuevo sistema de iluminación no solo cumple con los estándares europeos, sino que también mejora la eficiencia energética, la calidad lumínica y la seguridad del entorno escolar. Estos cambios han tenido un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes y han aumentado la seguridad y funcionalidad del patio escolar.

En conclusión, el proyecto ha demostrado ser efectivo en mejorar la infraestructura de la Unidad Educativa, contribuyendo a un entorno educativo más seguro y eficiente. Se recomienda establecer un plan de mantenimiento continuo, capacitar al

personal de mantenimiento y realizar evaluaciones periódicas para asegurar la sostenibilidad del sistema implementado.

Palabras clave: Rediseño eléctrico, iluminación, eficiencia energética, seguridad, educación.

ABSTRACT

Redesign and Implementation of the Electrical System and Lighting of the Educational Unit 'Buenos Aires El Porvenir'

This aims to improve the electrical and lighting infrastructure of this educational institution located in the La Merced de Buenos Aires parish, in the province of Imbabura. The need for this project arose due to deficiencies in the classroom lighting system and the total lack of lighting in the schoolyard, which negatively impacted both student safety and academic performance.

To carry out the project, a detailed diagnosis of the existing infrastructure was made, followed by a redesign of the electrical and lighting system using simulation tools such as DIALux to ensure compliance with NEC regulations. The implementation included the installation of new exterior lighting lamps and improvements to the internal electrical installations, along with general maintenance of the system's components.

Final tests confirmed that the new lighting system not only meets European standards but also improves energy efficiency, lighting quality, and the safety of the school environment. These changes positively affect students' academic performance and enhance the safety and functionality of the schoolyard.

In conclusion, the project has proven effective in improving the infrastructure of the Educational Unit, contributing to a safer and more efficient educational environment. It is recommended to establish a continuous maintenance plan, train maintenance personnel, and carry out periodic evaluations to ensure the sustainability of the implemented system.

Keywords: Electrical redesign, lighting, energy efficiency, safety, education.



**TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO
RUMIÑAHUI**

CARRERA:

ELECTRICIDAD

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

TECNOLÓGO SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

TEMA:

**REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO E
ILUMINACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA “BUENOS AIRES EL
PORVENIR”.**

AUTOR:

JOSÉ LUIS PANTOJA CUPUERAN

DIRECTORES:

Ing. Fernando Jacome, MSc

Prof. María Gabriela Vera, MSc

Imbabura, junio, 3 del 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS	13
INDICE DE TABLAS	16
RESUMEN	18
CAPITULO I.....	20
1.1 INTRODUCCIÓN.....	20
1.2 Planteamiento del problema.	22
1.3 Justificación.	23
1.4 Alcance	24
1.5 Objetivos generales y específicos.....	25
1.5.1 Objetivo general:	25
1.5.2 Objetivos específicos:.....	25
CAPITULO II.....	26
2 MARCO TEORICO	26
2.1 Unidad Educativa “BUENOS AIRES EL PORVENIR”	26
2.2 Sistema de iluminación de escuelas publicas	27
2.3 Normativa nacional.....	28
2.4 Definiciones de terminología del sector eléctrico	29
2.5 Estudio de la demanda energética como el factor de la demanda	30
2.6 Circuitos Eléctricos	31
2.7 Circuitos de iluminación.....	32
2.8 Circuitos de tomacorriente.....	33
	10

2.9	Circuitos de carga especial	34
2.10	Protecciones y conductores eléctricos	35
2.11	Calibre de los conductores con sus capacidades	35
2.12	Protección sobre corriente	35
2.13	Instalación de puesta a tierra	37
2.14	Software empleado	38
CAPITULO III		42
3	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	42
3.1	Antecedentes.....	42
3.2	Descripción del proyecto	51
3.3	Estudio de la demanda y factor de demanda	51
3.4	Clasificación de la escuela según el área de construcción.....	52
3.5	Factor de demanda.....	53
3.6	Niveles de luminosidad	56
3.7	Circuitos	61
3.7.1	Circuitos de iluminación.....	61
3.7.2	Circuitos de tomacorrientes	66
3.8	Circuitos de cargas especiales	70
3.9	Iluminación exterior	72
3.9.1	Calibre de conductor.....	73
3.10	Implementación.	73
3.10.1	Sistema de iluminación.....	73
CAPITULO IV		83
4	PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83

4.1	Niveles de luminosidad	83
4.2	Niveles de voltaje en los tomacorrientes	87
CAPITULO V.....		88
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1	Conclusiones.....	88
5.2	Recomendaciones	89
Bibliografía:.....		90
6	ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura de la escuela "Buenos Aires el Porvenir".	25
Figura 2. Unidad educativa "Buenos Aires el Porvenir"	27
Figura 3. Factor de demanda norma NEC	31
Figura 4. Circuitos eléctricos de una vivienda	32
Figura 5. Cargas Especiales	34
Figura 6. Disyuntor	36
Figura 7. Fusible de protección	36
Figura 8. Diferencial de luz	37
Figura 9. Relés de protección	37
Figura 10. Conexión de tierra	38
Figura 11. Software Dialux	39
Figura 12. Software Relux	39
Figura 13. Software AutoCad	40
Figura 14. AutoCad Electrical	41
Figura 15. Ubicación geográfica de la unidad educativa “Buenos Aires el Porvenir”	42
Figura 16. Carencia de iluminación externa.	43
Figura 17. Medidor a la intemperie sin gabinete de protección	43
Figura 18. Iluminación deficiente Aula 1	44
Figura 19. Iluminación deficiente Aula 2	44
Figura 20. Niveles de luminosidad en el área del docente.	45
Figura 21. Niveles de luminosidad en la cocina.	45
Figura 22. Tomacorrientes en mal estado.	46
Figura 23. Interruptores en mal estado	46

Figura 24. Deficiencia de tubería en el cableado de iluminación.....	47
Figura 25. Plano eléctrico de la institución.	48
Figura 26. Diagrama unifilar inicial	50
Figura 27. Lámpara Molto Luce: TRAIL LIGHT INSERT IP54 MB MOUNTING RAIL LIGHT INSERT 610-2255031517052.	57
Figura 28. Foco LED Philips: BDS562	57
Figura 29. Cálculo de luminarias para el Aula 1.	58
Figura 30. Cálculo de luminarias para el Aula 2	58
Figura 31. Cálculo del número de luminarias para la bodega.	59
Figura 32. Cálculo de luminarias para la oficina, baño y cocina.....	60
Figura 33. Número de luminarias calculadas para la oficina.	60
Figura 34. Cálculo de luminarias para el baño.	61
Figura 35. Lámparas NIKKO: S412-150 S0150 Street Lantern	72
Figura 36. Lámparas para el patio	72
Figura 37. Diseño de sistema de iluminación en DIALux	73
Figura 38. Interiores de la institución.....	74
Figura 39. Plano eléctrico actual de la institución.....	75
Figura 40. Medidas para la implementación de las lámparas en las aulas y cocina.....	76
Figura 41. Centro de cargas numero 1.....	77
Figura 42. Centro de cargas numero 2.....	77
Figura 43. Cambio de lámparas en el aula 1.....	78
Figura 44. Cambio de lámparas en el Aula 2.....	79
Figura 45. Cambio de interruptores	79
Figura 46. Mantenimiento a tomacorrientes de la institución.	80
Figura 47. Cableado de circuitos	80

Figura 48. Instalación de iluminación exterior.....	81
Figura 49. Puesta a tierra	82
Figura 50. Niveles de lúmenes en el aula 1.	83
Figura 51. Niveles de lúmenes en el aula 2.	84
Figura 52. Niveles de luminosidad en la cocina.	84
Figura 53. Niveles de lúmenes en la oficina.....	85
Figura 54. Niveles de luminosidad en el baño	85
Figura 55. Niveles de luminosidad al exterior.	86
Figura 56. Voltaje del aula 1, tomacorriente 1	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de cargas inicial.....	49
Tabla 2. Potencia total necesaria para la institución.....	49
Tabla 3. Cargas especiales	51
Tabla 4. Clasificación de las viviendas según su área de construcción.....	52
Tabla 5. Clasificación de las viviendas según el área de construcción.....	52
Tabla 6. Factor de demanda para iluminación y tomacorrientes	53
Tabla 7. Factor de demanda para cargas especiales.....	53
Tabla 8. Cuadro de cargas actual	54
Tabla 9. Demanda total de energía de la institución.....	54
Tabla 10. Niveles de luminosidad en centros educativos	56
Tabla 11. Circuitos de luminarias	61
Tabla 12. Corrientes nominales de los circuitos de iluminación	62
Tabla 13. Circuitos de iluminación.....	63
Tabla 14. Selección de protecciones para circuitos de iluminación	64
Tabla 15. Número de conductores en función del tipo de caja.....	65
Tabla 16. Tuberías y cajetines de circuitos de iluminación	65
Tabla 17. Circuitos de Tomacorrientes	66
Tabla 18. Corriente nominal de los circuitos de tomacorrientes	67
Tabla 19. Corrientes de tomacorriente.....	68
Tabla 20. Tamaño de los conductores de tierra.....	68
Tabla 21. Selección de protecciones para circuitos de iluminación	69
Tabla 22. Tubería y cajetines para circuitos de tomacorrientes.....	70
Tabla 23. Circuitos especiales	70

Tabla 24. Tuberías y cajetines de cargas especiales 71

RESUMEN

El presente trabajo titulado "Rediseño e Implementación del Sistema Eléctrico e Iluminación de la Unidad Educativa 'Buenos Aires El Porvenir'" tiene como objetivo principal mejorar la infraestructura de esta institución educativa ubicada en la parroquia La Merced de Buenos Aires, Imbabura. La necesidad de este proyecto surge debido a la deficiencia en el sistema de iluminación de las aulas y la ausencia total de iluminación en el patio de la escuela, lo cual afecta la seguridad y el rendimiento académico de los estudiantes.

Se realizó un diagnóstico inicial de la infraestructura existente, seguido de un rediseño detallado del sistema eléctrico y de iluminación. Se seleccionaron conductores y circuitos de protección adecuados y se utilizaron herramientas de simulación como DIALux para asegurar el cumplimiento de las normativas NEC. La implementación del proyecto incluyó la instalación de nuevas lámparas de iluminación exterior y la mejora de las instalaciones internas, así como un mantenimiento general de los componentes eléctricos.

Las pruebas confirmaron que el nuevo sistema de iluminación cumple con las normativas europeas, mejorando la eficiencia energética, la calidad lumínica y la seguridad de las instalaciones. Estos cambios no solo favorecen el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también aumentan la seguridad y funcionalidad del patio escolar.

En conclusión, el proyecto ha demostrado ser efectivo en mejorar la infraestructura de la Unidad Educativa "Buenos Aires El Porvenir", contribuyendo a un entorno educativo más seguro y eficiente. Se recomienda establecer un plan de

mantenimiento continuo, capacitar al personal de mantenimiento y realizar evaluaciones periódicas para asegurar la sostenibilidad del sistema implementado.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La parroquia La Merced de Buenos Aires, situada al noroccidente de Imbabura a 2270 msnm, destaca por su diversidad natural y la hospitalidad de sus habitantes. Fundada como parroquia en 1941 y posteriormente reconocida como parroquia eclesiástica en 1959, abarca 443,26 km² en el cantón Urcuquí y cuenta con una población de 1893 habitantes según el censo de 2010. La parroquia está formada por diversas comunidades y sectores, incluyendo San Pedro, San Luis, El Porvenir, El Triunfo, La Primavera, El Cristal, Palmira Awa, y varios barrios en la cabecera parroquial (Cevallos, 2015).

En la parroquia la Merced de Buenos Aires se encuentra la Unidad Educativa “Buenos Aires el Porvenir”. La cual es el centro de educación básica de esta parroquia. Debido a su reciente creación carece de mantenimiento de sus servicios básicos necesarios para un buen ambiente laboral y estudiantil. Entre estos se encuentra la falta de mantenimiento del sistema lumínico de ésta. Para ello se plantea el rediseño e implementación del sistema eléctrico.

La iluminación ejerce un impacto considerable en el bienestar y el rendimiento académico de los estudiantes. La presencia de una iluminación adecuada en las aulas favorece la concentración, reduce la fatiga visual y mental, y contribuye a regular los ritmos biológicos, asegurando así una atención óptima durante las clases. Estos beneficios se traducen en un mejor desempeño académico y una mayor capacidad de aprendizaje, al tiempo que promueven un ambiente más estimulante y motivador para los estudiantes. Asimismo, una iluminación apropiada favorece la calidad del sueño, lo que tiene efectos positivos en el rendimiento académico de los estudiantes. Cada área dentro de una institución educativa requiere una planificación específica de iluminación: desde aulas

uniformemente iluminadas hasta espacios deportivos con niveles intensos de iluminación, bibliotecas con una luz agradable y oficinas con ambientes acogedores. La tecnología LED se recomienda especialmente para centros educativos debido a su eficiencia energética, sostenibilidad, larga vida útil, calidad de luz superior y flexibilidad en el diseño de iluminación (CEF, 2023).

En la Escuela José Joaquín de Olmedo en la comunidad El Guarumal, se llevó a cabo el diseño y la construcción del sistema eléctrico conforme a las normas del NEC, que garantizan niveles de seguridad aceptables en las instalaciones eléctricas. Esto incluyó la instalación adecuada de cableado y dispositivos eléctricos esenciales para mejorar las condiciones de la escuela y facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Es fundamental continuar contribuyendo al desarrollo tecnológico de comunidades apartadas y vulnerables, mediante investigaciones y proyectos prácticos, como lo realiza el Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva a través de sus estudiantes de diversas carreras tecnológicas. Esta iniciativa busca promover la igualdad de oportunidades educativas y combatir la deserción estudiantil en contextos desatendidos (López, 2022).

El desarrollo de un diagnóstico o auditoría energética representa una fase fundamental y de máxima importancia para las actividades de organización, seguimiento y evaluación. El diagnóstico energético llevado a cabo en el colegio Santiago Apóstol proporciona una visión detallada de los patrones de uso y los costos energéticos, mediante la recopilación y análisis de datos relevantes relacionados con los principales sistemas consumidores de energía. El objetivo principal de este diagnóstico es formular un conjunto de recomendaciones técnicas y administrativas que permitan implementar un plan de ahorro energético, mejorando así la eficiencia del sistema eléctrico y reduciendo su consumo. Para garantizar el éxito de este plan, es esencial la participación de toda la comunidad educativa. Se proponen diversas estrategias, como la creación de un grupo de

eficiencia energética integrado por estudiantes de grados 10 y 11, quienes serán responsables de organizar jornadas de sensibilización sobre el uso eficiente de la energía, así como de mejorar y evaluar las medidas de ahorro energético propuestas (Alfaro, 2006).

Se lleva a cabo un estudio exhaustivo sobre el estado de la instalación eléctrica en el Colegio Técnico Nacional "Jacinto Jijón y Caamaño". Este estudio abarcó desde la evaluación del tablero principal hasta los sub-tableros y circuitos asociados. Tras identificar las deficiencias existentes, se obtuvieron los planos arquitectónicos del bloque 2 del Departamento de Estudios y Proyectos del DINSE, y se realizó un levantamiento de implantación para el bloque 1. Con esta información detallada, se procede al diseño de una nueva instalación eléctrica que abordara de manera efectiva las falencias identificadas en el sistema existente. Este proyecto se desarrolla con el objetivo de mejorar la infraestructura eléctrica del colegio, garantizando así un entorno seguro y eficiente para la comunidad educativa (Caiza & Rueda, 2009).

1.2 Planteamiento del problema.

La Unidad Educativa “Buenos Aires El Porvenir” en la comunidad de El Porvenir enfrenta dos desafíos fundamentales relacionados con su sistema de iluminación. En primer lugar, las instalaciones de las aulas existentes requieren un rediseño para mejorar su eficiencia y efectividad lumínica. En segundo lugar, el patio de la escuela carece por completo de iluminación, lo que representa un riesgo para la seguridad de los estudiantes y limita las actividades recreativas y deportivas en horarios vespertinos y nocturnos.

La carencia de un sistema de iluminación adecuado y eficiente en las aulas afecta la calidad del entorno educativo y puede tener un impacto negativo en el rendimiento académico de los estudiantes. Por otro lado, la ausencia total de iluminación en el patio

restringe las oportunidades de recreación y actividad física fuera del horario escolar, afectando así el bienestar y desarrollo integral de la comunidad escolar.

Ante esta problemática, es imperativo desarrollar un diseño integral de sistema eléctrico e iluminación que aborde tanto el rediseño de las instalaciones en las aulas como la instalación de nuevas lámparas en el patio de la Unidad Educativa “Buenos Aires El Porvenir”. Esta solución busca mejorar las condiciones de seguridad, promover el desarrollo educativo y recreativo, y satisfacer las necesidades tanto de la escuela como de la comunidad en El Porvenir mediante un sistema de iluminación eficiente, efectivo y sostenible.

1.3 Justificación.

La mejora de la infraestructura en la Unidad Educativa “Buenos Aires El Porvenir”, a través de la implementación de una adecuada iluminación externa e interna, se presenta como una iniciativa clave para elevar la calidad de vida y reducir las disparidades, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 10. La provisión de una iluminación adecuada no solo tiene el potencial de mejorar la seguridad y la estética del entorno escolar, sino que también abre oportunidades para el uso de las instalaciones fuera del horario lectivo, beneficiando tanto a estudiantes como a miembros de la comunidad que pueden participar en actividades extracurriculares o eventos comunitarios. Además, una infraestructura interna mejorada, con una iluminación de calidad, crea un ambiente propicio para el aprendizaje, facilitando el desarrollo integral de los estudiantes y mejorando su experiencia educativa. Por ende, se busca no solo corregir deficiencias físicas, sino también promover la inclusión social y económica de todos los habitantes, mediante un enfoque participativo y colaborativo que involucre a los diversos actores de la comunidad. Al trabajar para mejorar la infraestructura escolar, se

fortalecen los lazos sociales y se fomenta un sentido de equidad y bienestar en el “Porvenir”. (Bárcena,2020)

1.4 Alcance

El alcance del proyecto abarca un rediseño de las instalaciones de iluminación en las dos aulas existentes y el diseño e instalación de un sistema de iluminación exterior en el patio de la Unidad Educativa “Buenos Aires El Porvenir” en la comunidad de El Porvenir. En cuanto a las aulas, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del sistema de iluminación inicial para identificar áreas de mejora en eficiencia energética y calidad lumínica. Posteriormente, se diseña e implementan mejoras que incluyan la instalación de cableado y luminarias más eficientes y adecuadas para el entorno educativo, cumpliendo con normativas vigentes. Respecto al patio escolar, se estudian las necesidades de iluminación para garantizar seguridad y funcionalidad durante la tarde y noche, diseñando un sistema que cubra áreas específicas como zonas de juegos y espacios comunes. Se seleccionan luminarias y cablearía apropiadas, considerando la seguridad y eficiencia energética, e incluyendo elementos de control para optimizar el consumo de energía. Finalmente, se realizan pruebas de funcionamiento y rendimiento con la finalidad de comprobar el cumplimiento de las normas NEC. Este proyecto busca mejorar significativamente las condiciones de iluminación en la escuela, beneficiando a estudiantes y comunidad en El Porvenir.



Figura 1. Infraestructura de la escuela "Buenos Aires el Porvenir".

1.5 Objetivos generales y específicos.

1.5.1 Objetivo general:

Rediseñar e implementar un sistema de iluminación interno y externo para la unidad educativa “Buenos Aires el Porvenir”

1.5.2 Objetivos específicos:

- Determinar requerimientos necesarios para el diseño de un sistema eléctrico de fuerza e iluminación interna y externa de un centro educativo.
- Rediseñar los planos eléctricos de potencia e iluminación del sistema eléctrico de iluminación interna y externa de la unidad educativa conforme dictan las normativas NEC (instalaciones eléctricas).
- Repotenciar el sistema eléctrico de iluminación interna y externa de la unidad educativa.
- Validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas en base a mediciones y fotografías.

CAPITULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 Unidad Educativa “BUENOS AIRES EL PORVENIR”

La unidad educativa de “Buenos Aires el Porvenir” es una institución educativa situada en la parroquia rural de La Merced de Buenos Aires, en la provincia de Imbabura, Ecuador. Esta escuela se dedica a ofrecer educación básica a los niños y jóvenes de la comunidad, brindando un entorno seguro y acogedor para el aprendizaje. A pesar de estar ubicada en una zona rural, la escuela cuenta con profesores capacitados y comprometidos que se esfuerzan por proporcionar una educación de calidad a todos los estudiantes.

El entorno de la escuela es tranquilo y rodeado de naturaleza, lo que contribuye a un ambiente propicio para el estudio y el desarrollo personal. La infraestructura de la escuela incluye aulas básicas adecuadas para el número de estudiantes que atiende. Además, se realizan esfuerzos constantes para mejorar las instalaciones y asegurar que los niños tengan acceso a las herramientas y recursos necesarios para su formación académica y personal.

La unidad educativa de “Buenos Aires el Porvenir” no solo se centra en la enseñanza académica, sino que también juega un papel vital en el desarrollo cultural y social de la comunidad. A través de diversas actividades extracurriculares y eventos comunitarios, la escuela fomenta la integración y el sentido de pertenencia entre los estudiantes y sus familias. Esta institución es fundamental para el progreso de Buenos Aires, ya que contribuye significativamente a la formación integral de sus jóvenes habitantes y al desarrollo sostenido de la comunidad. (Prefectura de Imbabura, 2015)



Figura 2. Unidad educativa "Buenos Aires el Porvenir"

2.2 Sistema de iluminación de escuelas publicas

En diciembre de 2016, la infraestructura de alumbrado público en Ecuador registró un total de 1.366.203 luminarias, con una capacidad instalada de 218 MW. Debido a que el servicio de alumbrado público no tiene datos específicos sobre el número de usuarios, se emplea un modelo econométrico para proyectar el consumo de energía, basado en tendencias históricas de consumo. Para el periodo comprendido entre 2016 y 2025, se prevé un crecimiento anual promedio del 1,9%, lo que permitiría alcanzar un consumo estimado de 1.310 GWh para el año 2025.(Valencia et al., 2019)

El sistema de iluminación en las escuelas públicas, especialmente en las zonas rurales, es crucial para el desarrollo educativo y la calidad de vida de los estudiantes. En muchas áreas rurales de Ecuador, las escuelas dependen del alumbrado público para extender las horas de estudio y mejorar la seguridad en las instalaciones educativas. La implementación de un sistema de iluminación eficiente en estas escuelas ha permitido que los estudiantes puedan aprovechar al máximo el tiempo en el aula, incluso después del anochecer.

2.3 Normativa nacional

Las normativas eléctricas en Ecuador, recogidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), son esenciales para asegurar la seguridad, eficiencia y calidad en todas las instalaciones eléctricas del país. Estas normativas abarcan un amplio espectro de aplicaciones, desde instalaciones residenciales hasta infraestructuras industriales y comerciales.

La NEC establece especificaciones técnicas detalladas y requisitos mínimos que deben cumplirse en el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas interiores y exteriores. Estos lineamientos incluyen la capacidad de corriente, el dimensionamiento adecuado de conductores, la correcta instalación de sistemas de puesta a tierra, y la implementación de protecciones contra sobre corrientes y cortocircuitos. Estos aspectos son fundamentales para prevenir riesgos eléctricos, protegiendo tanto a las personas como a las propiedades.

Además, la NEC fomenta la eficiencia energética y la sostenibilidad. Se promueve el uso racional de la energía mediante la regulación de luminarias, electrodomésticos y otros equipos eléctricos, contribuyendo a la reducción del consumo energético y los costos operativos. La norma también especifica procedimientos para la instalación de sistemas de iluminación eficientes y seguros, tanto en áreas urbanas como rurales.

Las normativas se desarrollan en consenso con diversas entidades públicas y privadas, garantizando que reflejen las mejores prácticas internacionales adaptadas a la realidad ecuatoriana. La NEC no solo asegura el cumplimiento de estándares de calidad y seguridad, sino que también busca optimizar los procesos de control y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, promoviendo una cultura de prevención y seguridad en el sector de la construcción. (Leonel Chica Martínez et al., 2018)

2.4 Definiciones de terminología del sector eléctrico

El código de construcción se basa en el National Electrical Code (NEC) NFPA 70, un estándar ampliamente reconocido en los Estados Unidos para asegurar la instalación correcta y segura de sistemas eléctricos. A continuación, se presentan algunas definiciones clave del NFPA 70:

Acometida (Service Entrance): El punto donde la red de suministro eléctrico se conecta a las instalaciones eléctricas del usuario, incluyendo los cables de conexión, equipos de protección y estructuras de soporte.

Ducto (Raceway): Un conducto, rígido o flexible, destinado a alojar y proteger los cables eléctricos.

Circuito Ramal (Branch Circuit): Un circuito que parte del panel de distribución para suministrar energía a dispositivos específicos o áreas designadas.

Cable (Cable): Un material conductor diseñado para transportar corriente eléctrica, como alambres y conductores aislados.

Protección Personal (Personal Protective Equipment - PPE): Equipos y prendas diseñados para proteger a los individuos de peligros eléctricos, tales como guantes aislantes, gafas de seguridad y cascos.

Interruptor Automático (Circuit Breaker): Dispositivo de seguridad que corta el suministro eléctrico en un circuito cuando detecta condiciones anormales, como sobrecargas o cortocircuitos.

Dispositivo de Desconexión (Disconnect Switch): Equipo que permite interrumpir el suministro de energía a un circuito o aparato específico para realizar trabajos de mantenimiento, reparación o por motivos de seguridad.

Conexión a Tierra (Grounding): La unión de conductores eléctricos a una superficie conductora, como una varilla de tierra o un electrodo, para proporcionar un camino seguro para la descarga de corriente en caso de fallos.

Sistema de Tierra (Grounding System): Conjunto de conductores y electrodos que proporciona una conexión segura y efectiva a tierra para los sistemas y equipos eléctricos.

Panel de Distribución (Distribution Board): Caja o gabinete que alberga dispositivos de protección, como interruptores y fusibles, y distribuye la energía eléctrica a los diferentes circuitos de un edificio.(Leonel Chica Martínez et al., 2018)

2.5 Estudio de la demanda energética como el factor de la demanda

El estudio de demanda y el factor de demanda son conceptos cruciales en el ámbito de la ingeniería eléctrica, esenciales para estimar y analizar la cantidad de energía eléctrica que un sistema o instalación necesita. El estudio de demanda implica la evaluación de cuánta energía eléctrica se espera que consuma un sistema durante un período específico. Este análisis se basa en el historial de consumo energético, las cargas conectadas actuales y las proyecciones de necesidades futuras. Su objetivo es determinar la demanda máxima y las fluctuaciones en el consumo de energía, permitiendo dimensionar adecuadamente los equipos y sistemas de suministro eléctrico.

El factor de demanda, por otro lado, se refiere a la proporción entre la demanda máxima real o prevista de un sistema y su capacidad total o nominal. Este factor se expresa generalmente como una fracción o porcentaje. Por ejemplo, si se registra una demanda máxima de 50 kW en un sistema cuya capacidad total es de 100 kW, el factor de demanda sería 0.5 o 50%. Este valor indica la eficiencia y la utilización del sistema eléctrico, mostrando cuánto de la capacidad total se está utilizando en relación con la demanda pico.

Estos estudios son fundamentales para el diseño y planificación de sistemas eléctricos. Permiten identificar las necesidades de capacidad, seleccionar los equipos adecuados y garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente. Además, son esenciales para la gestión de la carga y la optimización del consumo energético, ayudando a identificar patrones de uso y a tomar decisiones informadas sobre la adquisición de energía, la implementación de medidas de eficiencia y la planificación de la infraestructura eléctrica.

Además, conceptos complementarios como la curva de carga, que grafica la variación de la demanda de energía a lo largo del tiempo, son igualmente importantes. La curva de carga proporciona información sobre los momentos de mayor y menor consumo, permitiendo implementar estrategias de gestión de la demanda que mejoren la eficiencia energética y reduzcan los costos operativos. Esta información es crucial para optimizar el uso de recursos y mejorar la sostenibilidad de los sistemas eléctricos.(Castro, 2017)

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 3. Factor de demanda norma NEC

2.6 Circuitos Eléctricos

La vivienda debe contar con circuitos separados para iluminación, tomacorrientes y cargas especiales, asegurando así la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico. Estos circuitos deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Dimensionamiento de Conductores: Los conductores de los alimentadores y circuitos deben estar dimensionados para soportar una corriente que sea al menos un 125

% mayor que la corriente de carga máxima esperada. Esto garantiza que los conductores puedan manejar picos de carga sin sobrecalentarse ni causar fallos en el sistema.

Neutro o Conductor a Tierra: Cada circuito debe contar con su propio neutro o conductor conectado a tierra. Esto es esencial para proporcionar una vía segura para el retorno de la corriente y reducir el riesgo de choques eléctricos. La conexión a tierra ayuda a estabilizar los voltajes del sistema eléctrico y proporciona un camino para las corrientes de falla.

Protección Individual: Cada circuito debe estar equipado con su propio dispositivo de protección, como un interruptor automático o un fusible. Estos dispositivos están diseñados para interrumpir el flujo de electricidad en caso de sobrecarga o cortocircuito, protegiendo tanto a las personas como a los equipos conectados.

Separación de Servicios entre Niveles: Ningún circuito debe compartir servicios entre diferentes pisos o niveles de la vivienda. Esto evita problemas de sobrecarga y facilita el mantenimiento y la gestión de los sistemas eléctricos en cada nivel de la vivienda.

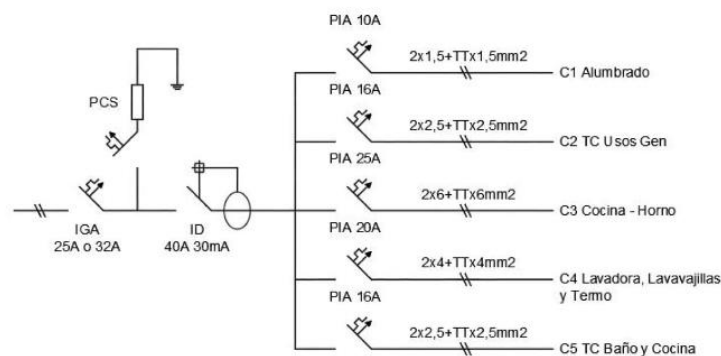


Figura 4. Circuitos eléctricos de una vivienda

2.7 Circuitos de iluminación

Los circuitos de iluminación son sistemas eléctricos diseñados para suministrar luz en diversos ambientes, como viviendas, oficinas, comercios y espacios públicos. Estos

circuitos están compuestos por elementos esenciales que permiten el flujo de corriente eléctrica hacia las lámparas o luminarias, produciendo la iluminación requerida. Los componentes fundamentales de un circuito de iluminación incluyen la fuente de alimentación, dispositivos de protección, interruptores, conductores y las luminarias mismas. Según la normativa eléctrica de la construcción, los circuitos de iluminación deben estar diseñados para soportar una carga máxima de 15 amperios y pueden tener hasta 15 puntos de luz. Esto asegura que el sistema eléctrico opere de manera segura y eficiente, evitando sobrecargas que podrían causar fallos o peligros. Además, la correcta instalación y dimensionamiento de estos componentes son cruciales para garantizar una iluminación uniforme y adecuada en todos los espacios, contribuyendo tanto a la funcionalidad como a la estética del entorno iluminado. Es fundamental que todos los elementos del circuito estén instalados siguiendo las normas y regulaciones vigentes para asegurar la protección de los usuarios y la durabilidad del sistema eléctrico. (López & Mideros, 2018)

2.8 Circuitos de tomacorriente

Los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados teniendo en cuenta salidas polarizadas (fase, neutro y tierra) para asegurar una distribución segura y eficiente de la corriente eléctrica. Cada circuito debe estar dimensionado para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga y no debe exceder de 10 tomacorrientes. Además, es esencial que cada salida esté correctamente polarizada para garantizar la seguridad de los usuarios y la adecuada operación de los dispositivos conectados. La polarización correcta implica que cada salida de tomacorriente tenga un conductor de fase, un neutro y un conductor de tierra, lo que proporciona una vía segura para el retorno de la corriente y minimiza el riesgo de choques eléctricos. Este diseño también facilita la protección contra

sobrecargas y cortocircuitos, asegurando que el sistema eléctrico funcione de manera eficiente y segura.(Deorsola & Morcelle, 2018)

2.9 Circuitos de carga especial

Los circuitos destinados a cargas especiales, como cocinas eléctricas, vehículos eléctricos, sistemas de calefacción, aire acondicionado, duchas eléctricas, equipos hidroneumáticos, ascensores, equipos médicos, calentadores de agua eléctricos y calefones, deben ser diseñados de manera individual para soportar la carga nominal específica de cada dispositivo. Es fundamental que cada uno de estos circuitos esté preparado para manejar la demanda energética de estos equipos, garantizando su correcto funcionamiento y seguridad. Además, la normativa establece de manera obligatoria que toda vivienda debe contar con un circuito exclusivo para la cocina eléctrica, cumpliendo con los parámetros técnicos estipulados. Del mismo modo, se requiere que los baños que dispongan de duchas eléctricas, calentadores de agua o calefones, cuenten con un circuito independiente dedicado al calentamiento de agua. Este enfoque asegura que las instalaciones eléctricas sean seguras y eficientes, evitando sobrecargas y garantizando un suministro de energía confiable para todos los dispositivos y sistemas esenciales en el hogar.(Floyd, 2007)

EQUIPO ELÉCTRICO	POTENCIA MEDIA (W)
Ducha eléctrica	3.500
Horno eléctrico	3.000
Cocina eléctrica	6.000
Calefón eléctrico	8.000
Aire acondicionado	2.500
Calentador eléctrico	3.000
Cargador para vehículo eléctrico	7.500

Figura 5. Cargas Especiales

2.10 Protecciones y conductores eléctricos

2.11 Calibre de los conductores con sus capacidades

La selección de calibres y capacidades de los conductores eléctricos es un aspecto crucial en la planificación y optimización de redes eléctricas. Los conductores deben estar dimensionados adecuadamente para soportar la corriente máxima esperada, garantizando la seguridad y eficiencia del sistema. Es esencial elegir conductores con un calibre suficiente para manejar la carga prevista, añadiendo un margen adicional para posibles aumentos en la demanda. Esto implica que los conductores deben soportar al menos un 125 % de la corriente de carga máxima anticipada. La correcta elección de los conductores minimiza las pérdidas por efecto Joule, mejora los perfiles de tensión y asegura la longevidad de la red eléctrica. Además, la selección de conductores de mayor calibre para nuevas instalaciones o la actualización de redes existentes puede reducir los costos operativos a largo plazo y mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico. Este enfoque es vital para garantizar un sistema eléctrico robusto y eficiente, capaz de satisfacer las necesidades energéticas crecientes de manera sostenible. (Montoya G. et al., 2018)

2.12 Protección sobre corriente

La protección contra sobrecorriente es una medida esencial para garantizar la seguridad de los sistemas eléctricos y prevenir daños a equipos y personas. Esta protección se logra mediante la implementación de dispositivos que detectan y actúan frente a situaciones de corriente eléctrica mayor a la nominal. Para proteger tanto la iluminación interna como externa, como luces de patio o de mini estadio, se pueden utilizar los siguientes componentes:

Disyuntores: Son dispositivos automáticos que cortan la corriente eléctrica cuando se detecta una sobrecarga o un cortocircuito. Actúan como un mecanismo de

protección principal para evitar que la corriente eléctrica excesiva dañe los equipos y el cableado. Los disyuntores se encuentran en los paneles de distribución y se pueden reiniciar después de corregir la causa del disparo.



Figura 6. Disyuntor

Fusibles: Son dispositivos de protección contra sobrecorriente que contienen un filamento o un alambre conductor que se funde cuando la corriente supera el límite establecido. Una vez que el fusible se funde, se abre el circuito eléctrico y debe reemplazarse manualmente para restablecer la conexión eléctrica.



Figura 7. Fusible de protección

Dispositivos de Protección Diferencial: Estos dispositivos, como el interruptor de circuito con falla a tierra (GFCI) y el interruptor de circuito de falla a tierra (RCD), detectan corrientes de fuga a tierra. Si detectan una diferencia entre la corriente de entrada y la corriente de retorno, se activan para desconectar rápidamente el circuito y evitar descargas eléctricas peligrosas.

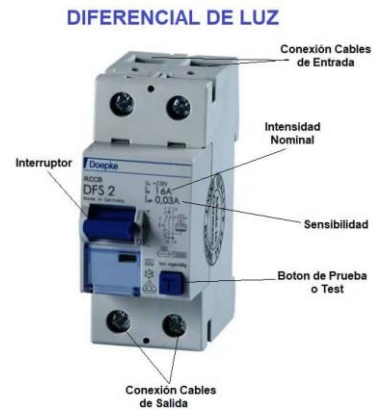


Figura 8. Diferencial de luz

Relés de Protección: Son dispositivos que supervisan las condiciones eléctricas y activan los disyuntores para cortar el suministro eléctrico en caso de sobrecargas, cortocircuitos u otras anomalías. Los relés de protección son esenciales para sistemas de iluminación que requieren un monitoreo constante y una respuesta rápida a condiciones anormales.



Figura 9. Relés de protección

2.13 Instalación de puesta a tierra

Los sistemas eléctricos deben garantizar la seguridad de los usuarios contra descargas eléctricas mediante una adecuada puesta a tierra, que consiste en conectar sistemas eléctricos o equipos directamente a la tierra. Esta práctica es crucial para prevenir descargas eléctricas peligrosas y proteger tanto a las personas como a los equipos. La puesta a tierra proporciona un camino de baja resistencia para que la corriente

fluya hacia la tierra en caso de una falla en el sistema, evitando la acumulación de cargas eléctricas peligrosas en equipos y estructuras, y protegiendo a las personas que puedan entrar en contacto con ellos. Además, en caso de sobretensiones o cortocircuitos, la corriente se desvía hacia la tierra a través del sistema de puesta a tierra, evitando daños en los equipos. También minimiza las interferencias electromagnéticas y el ruido en sistemas electrónicos sensibles. Es esencial cumplir con las normativas eléctricas que exigen una adecuada implementación de sistemas de puesta a tierra en edificios, instalaciones industriales y otros entornos. La puesta a tierra se logra mediante conexiones metálicas, como varillas de cobre o barras metálicas, que se introducen en la tierra y proporcionan un camino seguro y de baja resistencia para la corriente en caso de fallos.

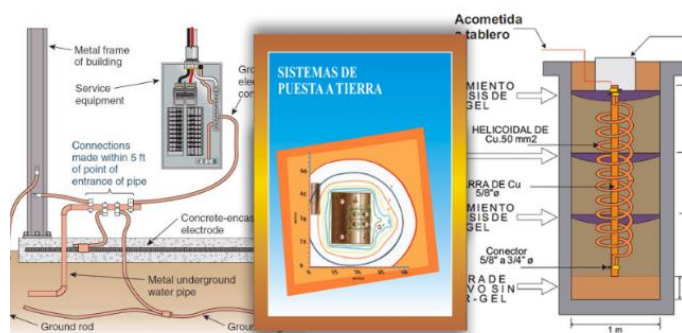


Figura 10. Conexión de tierra

2.14 Software empleado

En la actualidad, existen diversos programas de software para el diseño de sistemas de iluminación, cuya selección depende de múltiples factores para asegurar un producto confiable y adaptado a las necesidades tanto del diseñador como del usuario final. A continuación, se destacan algunos de los programas más utilizados:

DIALux: DIALux es una herramienta profesional de diseño de iluminación utilizada en arquitectura, ingeniería y diseño de interiores. Permite simular la iluminación artificial y natural, calcular el rendimiento energético y generar visualizaciones en 3D.

Este software es ampliamente reconocido por su capacidad para crear proyectos de iluminación detallados y precisos, facilitando la evaluación y optimización del diseño lumínico en diversos entornos.(DIALux, 2024).

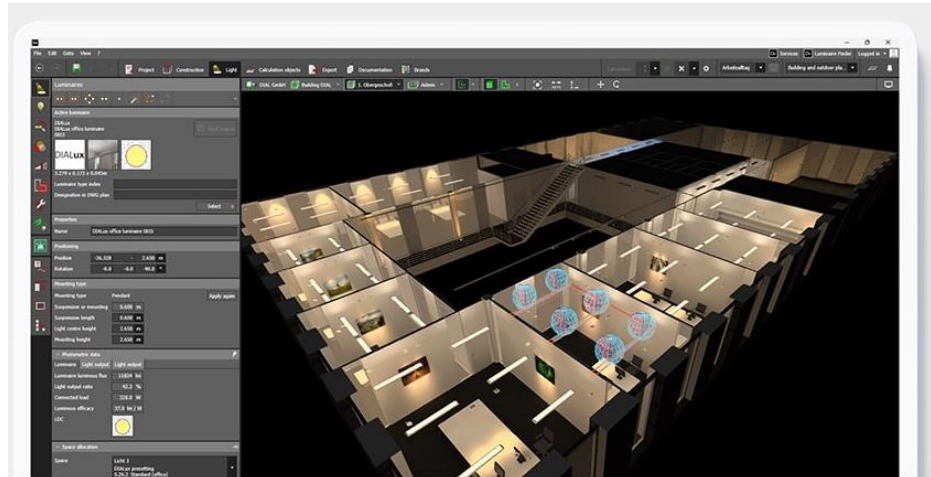


Figura 11. Software Dialux

Relux: Similar a DIALux, Relux es otro software popular entre los diseñadores de iluminación. Utilizado en aplicaciones arquitectónicas, proporciona una amplia gama de herramientas para crear escenas de iluminación, calcular la eficiencia energética y generar informes detallados. Relux es apreciado por su interfaz intuitiva y sus capacidades avanzadas para simular y analizar proyectos de iluminación complejos.(reluxnet, 2024)

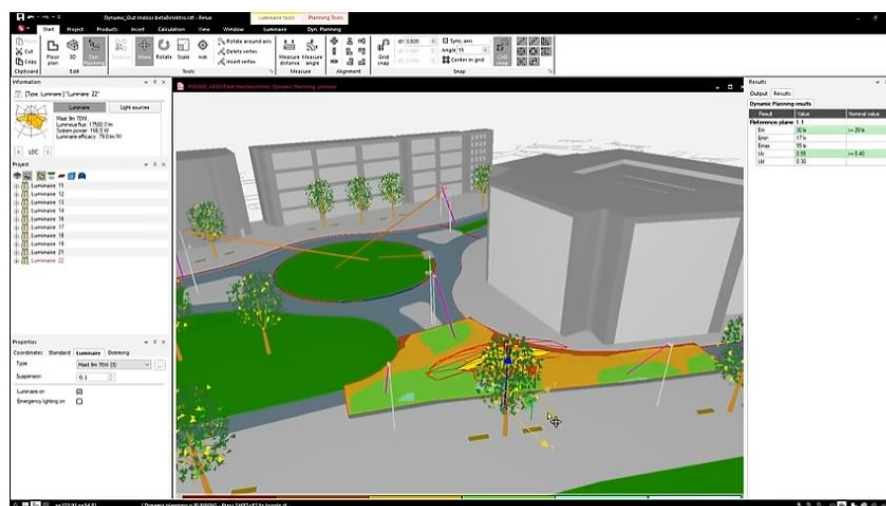


Figura 12. Software Relux

AutoCAD: AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk, utilizado para crear dibujos, modelos y diseños en 2D y 3D en campos como arquitectura, ingeniería y construcción. En ingeniería eléctrica, AutoCAD permite crear dibujos precisos y detallados utilizando herramientas como líneas, arcos, círculos y texto, además de admitir la creación de modelos en 3D mediante diversas herramientas para manipular objetos sólidos, superficies y mallas. Este software es esencial para profesionales que buscan documentar y visualizar sus proyectos con alta precisión.(AutoCAD, 2024)

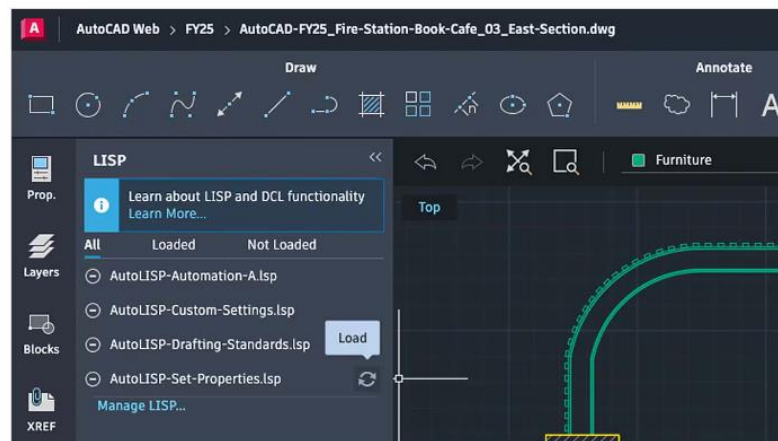


Figura 13. Software AutoCad

AutoCAD Electrical: AutoCAD Electrical es una variante de AutoCAD diseñada específicamente para ingenieros eléctricos y profesionales en el campo de la automatización. Este software proporciona herramientas y funciones específicas para la creación de diagramas eléctricos, esquemas de control y diseño de tableros. AutoCAD Electrical incluye una amplia gama de símbolos eléctricos y componentes estándar, facilitando la creación precisa y estandarizada de dibujos eléctricos, lo que es crucial para el diseño y la documentación de sistemas eléctricos complejos.(AutoCAD, 2024b)

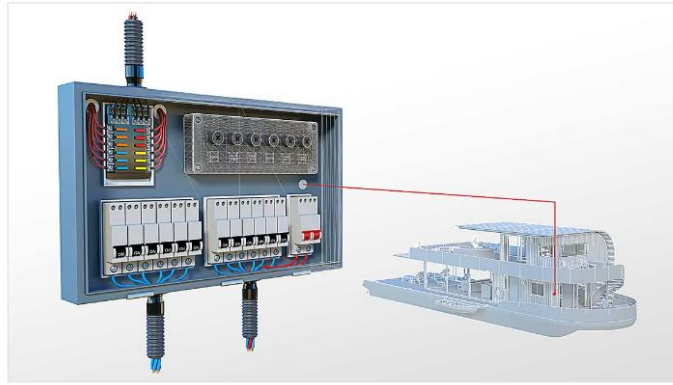


Figura 14. AutoCad Electrical

Estos programas son fundamentales para el diseño y la gestión de sistemas de iluminación, proporcionando a los profesionales herramientas avanzadas para crear, simular y optimizar sus proyectos, asegurando así resultados eficientes y de alta calidad.

CAPITULO III

3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Antecedentes

Para dar inicio al rediseño del sistema eléctrico de la escuela, se realiza un estudio de las instalaciones actuales, donde resaltan algunas deficiencias en el sistema. Tomando en consideración la normativa ecuatoriana de construcción (NEC) de instalaciones eléctricas y la normativa NTE-INEN 2969-1.

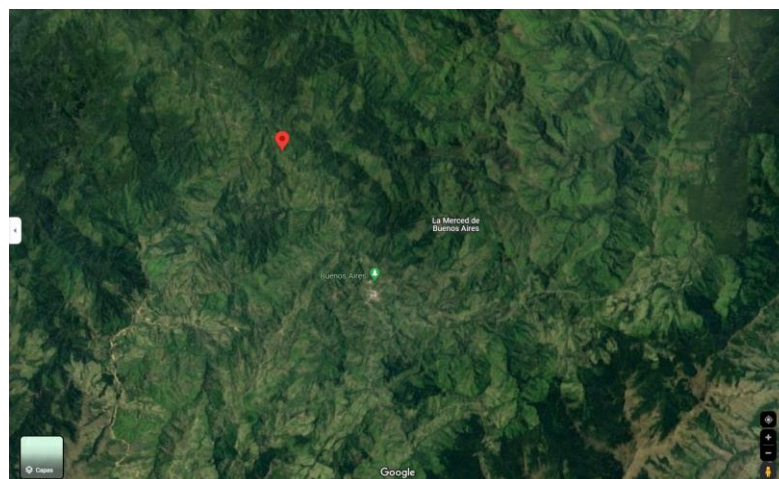


Figura 15. Ubicación geográfica de la unidad educativa “Buenos Aires el Porvenir”

La figura 15 muestra la ubicación exacta de la institución educativa. Las coordenadas geográficas son las siguientes: Latitud: 0.649222, Longitud -78.337667.



Figura 16. Carencia de iluminación externa.

Como primera observación, el centro educativo carece de un sistema de iluminación exterior. Violando la normativa INEN 2969-1 que dicta que los niveles de luminosidad en patios de escuela deben de ser de 100 lx.

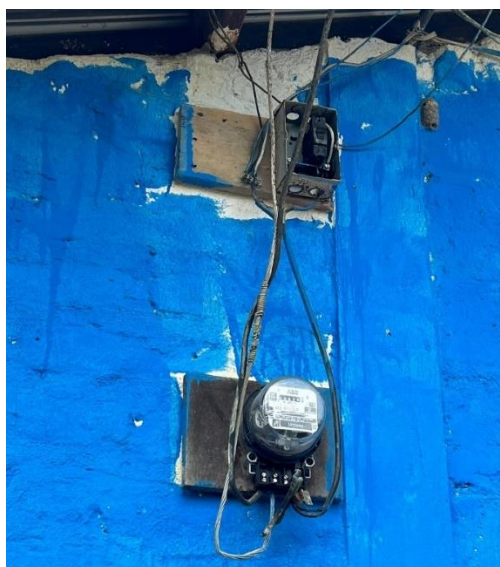


Figura 17. Medidor a la intemperie sin gabinete de protección

Tomando en cuenta la normativa NEC de instalaciones eléctricas en la sección 10.2 se menciona que toda caja de revisión, sea pequeña o grande, debe contar con la tapa y tornillos de fijación (NEC, 2018).



A)



B)

Figura 18. Iluminación deficiente Aula 1

La figura 18, muestra los niveles de luxes menores a los que dicta la normativa INEN 2969-1. Esta normativa dicta que el nivel de luminosidad para aulas es de 300 lx (INEN, 2015). Evidentemente se observa en el apartado B) que el nivel en luxes está por debajo de este número.



A)



B)

Figura 19. Iluminación deficiente Aula 2

De la misma manera, para el aula 2, se observa que los niveles de luminosidad están en 199 lx, lo que representa un nivel muy bajo de luminosidad en este lugar.



Figura 20. Niveles de luminosidad en el área del docente.

La figura 20, muestra los niveles en luxes en la oficina del docente. Según la normativa INEN 2969-1 dicta que el nivel de luminosidad en salas de profesores es de 300 lx mínimo. Por lo que, el sistema de iluminación en este lugar es deficiente.



Figura 21. Niveles de luminosidad en la cocina.

Asimismo, en la cocina el nivel de luxes mínimo según la normativa INEN 2969-1 es de 500 lx. La figura 21 muestra la deficiencia lumínica en el área de la cocina con 196,7 lx.



Figura 22. Tomacorrientes en mal estado.

Según la normativa NEC en el apartado 10.1 (interruptores y tomacorrientes), señala que estos, al ser instalados en lugares húmedos deben de ser resistentes a la humedad y tener alta resistencia mecánica (NEC, 2018).

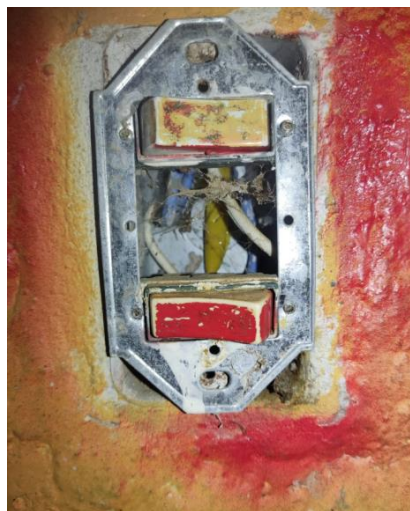


Figura 23. Interruptores en mal estado

La figura 23 muestra el estado de los interruptores de los puntos de iluminación de la institución. Donde resalta la carencia de la tapa del cajetín y la antigüedad de los equipos eléctricos.



Figura 24. Deficiencia de tubería en el cableado de iluminación.

La figura 24 muestra la deficiencia de tubería en el cableado de iluminación de las aulas. Según la norma NEC en el apartado 10.2 (Tuberías y cajetines), dicta que los conductores del sistema eléctrico deben estar direccionado por tubería (NEC, 2018).

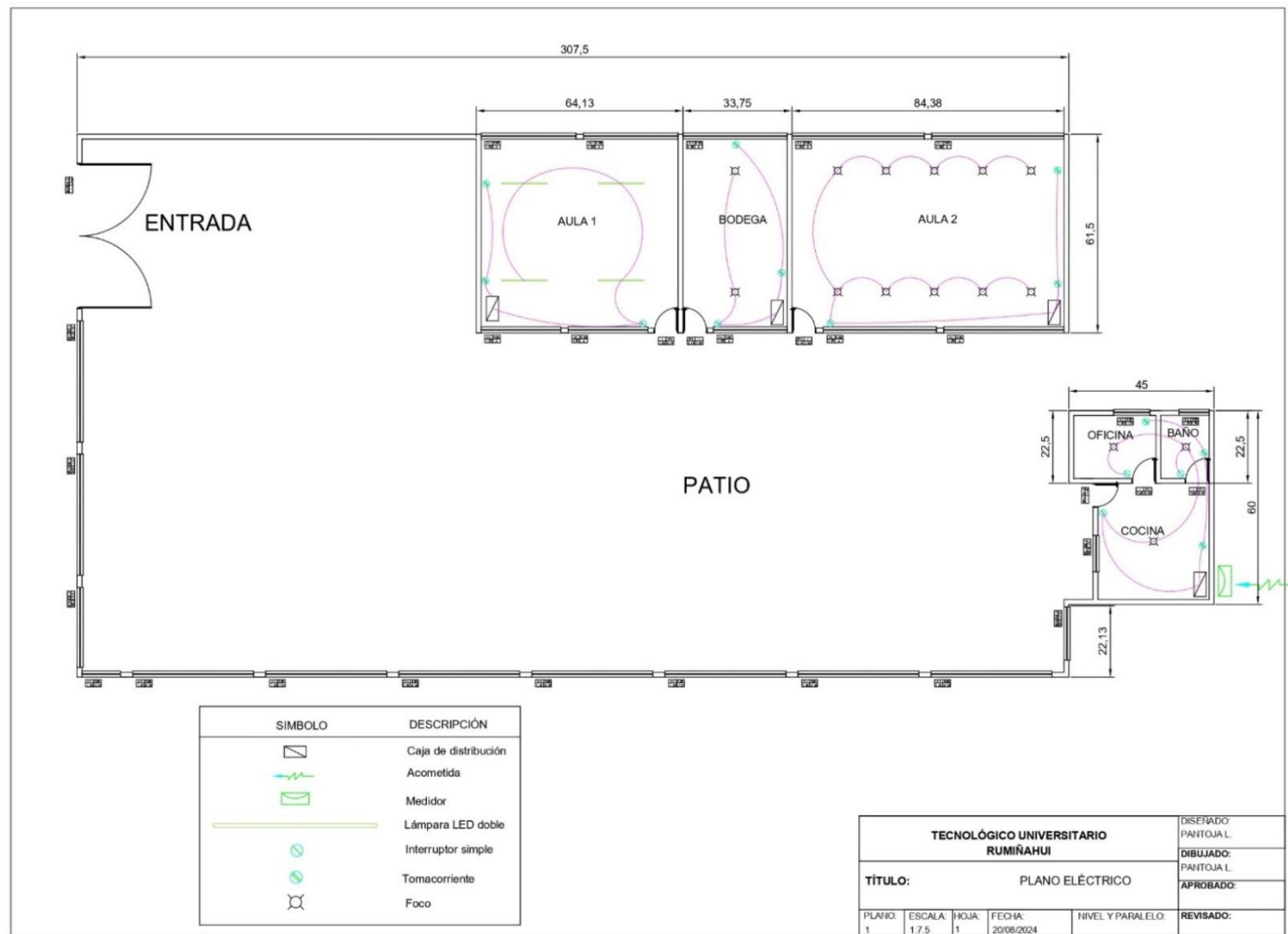


Figura 25. Plano eléctrico de la institución.

La figura 25 muestra la instalación eléctrica inicial de la escuela. Cuenta con dos secciones. La sección uno está dividida en tres áreas, el aula 1, la bodega y el aula 2. La sección 2 tiene 3 secciones las cuales son la cocina, la oficina del docente y el baño.

De esta manera, conociendo el estado de la instalación a detalle de la institución se presenta en la Tabla 1, el cuadro de carga y demanda inicial.

Tabla 1. Cuadro de cargas inicial.

CUADRO DE CARGAS						
CIRC	Descripción	CANT	Potencia (W)	P.I. (W)	F.D.	MD (W)
1	Lámparas LED dobles (Aula 1)	4	25	100	0,53	53
2	Tomacorrientes (Aula 1)	2	200	400	0,4	160
3	Focos incandescentes (Aula 2)	12	100	1200	0,53	636
4	Tomacorrientes (Aula 2)	3	200	600	0,4	240
5	Focos incandescentes (Cocina, Baño, Oficina)	3	100	300	0,53	159
6	Tomacorrientes (Cocina, Baño, Oficina)	3	200	600	0,4	240
7	Ducha (cargas especiales)	1	3500	3500	0,8	2800
SUBTOTAL				6700		4288

Fuente: Autor

Una vez se obtiene la máxima demanda es necesario multiplicar por el factor de simultaneidad, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Potencia total necesaria para la institución

DEMANDA TOTAL		
Máxima demanda(W)	Factor de simultaneidad	TOTAL (W)
4288	0,8	3430,4

Fuente: Autor

Inicialmente, la escuela cuenta con dos centros de cargas que se encuentran uno en el aula 1, conformado por el circuito de iluminación del aula 1, el circuito de iluminación del aula 2 y la bodega que están unificados, el circuito de tomacorrientes del aula 1, el circuito de tomacorrientes del aula 2 y el tomacorriente de la bodega; el centro de cargas 2 se encuentra en la sala de docentes, donde contiene un circuito para las luminarias de la oficina, la cocina y el baño y otro que consiste en los tomacorrientes.

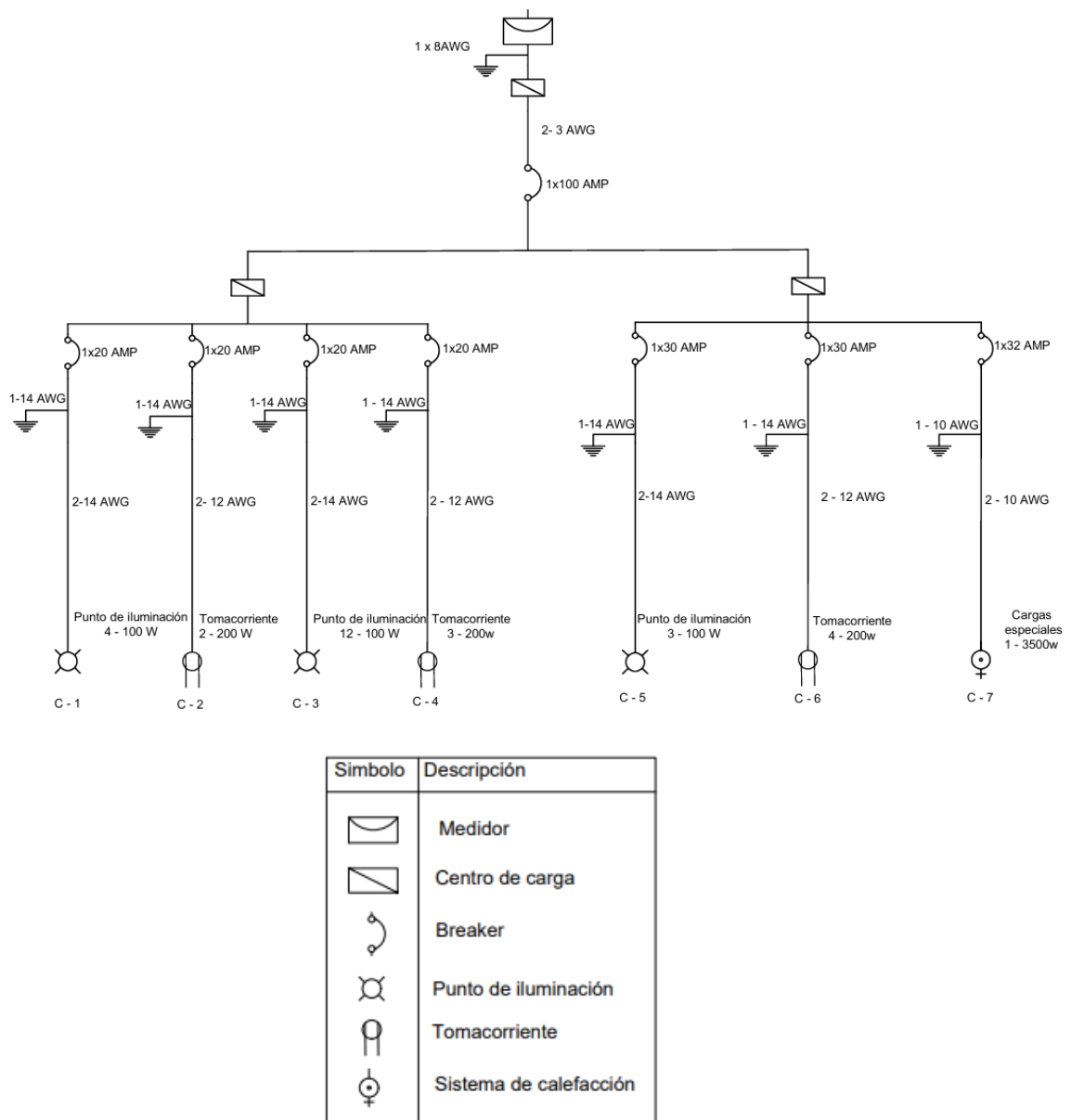


Figura 26. Diagrama unifilar inicial

La figura 26 muestra el diagrama unifilar inicial del sistema eléctrico de fuerza e iluminación de la escuela, consiste en 7 circuitos divididos por tomacorrientes, puntos de iluminación y cargas especiales. Los valores de la potencia de cada elemento eléctrico están basados en la normativa NEC en el apartado 3.2 (NEC, 2018). para tomacorrientes y puntos de iluminación y del apartado 3.4.2. los valores de las cargas especiales, en este caso para una ducha eléctrica como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Cargas especiales

EQUIPO ELÉCTRICO	POTENCIA MEDIA (W)
Ducha eléctrica	3.500
Horno eléctrico	3.000
Cocina eléctrica	6.000
Calefón eléctrico	8.000
Aire acondicionado	2.500
Calentador eléctrico	3.000
Cargador para vehículo eléctrico	7.500

Fuente: (NEC, 2018)

3.2 Descripción del proyecto

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo, rediseñar el sistema eléctrico de la escuela buenos aires el porvenir, con la finalidad de cumplir con las normas de instalaciones eléctricas del Ecuador (NEC) y los niveles de lúmenes establecidos en la norma NTE-INEN-2969-1 (iluminación de los lugares de trabajo).

3.3 Estudio de la demanda y factor de demanda

Es importante tomar en cuenta los factores de demanda de cada instalación eléctrica de la escuela, por lo que tomando en consideración la normativa NEC (instalaciones eléctricas) se tiene las siguientes cargas.

- Para iluminación: Se debe considerar por cada salida de iluminación una carga máxima de 100 Vatios (W) (NEC, 2018).

- Para tomacorrientes: Se debe considerar por cada salida de tomacorriente una carga de 200 W (NEC, 2018).
- Para duchas eléctricas: Se considera una carga especial la cual tiene que Cointa con una carga de 3500 W (NEC, 2018).

3.4 Clasificación de la escuela según el área de construcción.

Dado que las demandas máximas de las distintas cargas suelen diferir de las potencias nominales indicadas en las placas de los equipos, se determinan factores de demanda (NEC, 2018). Estos factores se establecen en función del tipo de vivienda y su área de construcción, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de las viviendas según su área de construcción

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

Fuente: (NEC, 2018)

$$Area = baso \cdot altura$$

$$Area = 41m \cdot 22m$$

$$Area = 902 m^2$$

Tomando en cuenta las medidas de la Figura 25, se tiene un área total de 902 m². Según la normativa NEC específicamente en el apartado 3.3, la escuela se clasifica como un área de construcción especial, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de las viviendas según el área de construcción

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

Fuente: (NEC, 2018)

De esta manera, se define que la escuela es una construcción especial que debe cumplir con un punto de iluminación y un tomacorriente por cada 100 m².

3.5 Factor de demanda

Para conocer el factor de demanda de cada circuito, se toma como referencia a la normativa NEC (instalaciones eléctricas). En el apartado 3.4 define los factores de demanda en base al tipo de vivienda según el área de construcción (Tabla 6).

Tabla 6. Factor de demanda para iluminación y tomacorrientes

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

Fuente: (NEC, 2018)

Para la escuela, los factores de demanda para circuitos de iluminación y circuitos de tomacorrientes se determinan que son 0,53 y 0,30 respectivamente.

Tabla 7. Factor de demanda para cargas especiales

Para 1 carga	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas	Para 2 o más cargas
	CE<10kW	10kW<CE<20KW	CE>20kW
1	0,80	0,75	0,65

Fuente: (NEC, 2018)

En este caso, existe un circuito de cargas especiales que consiste en una ducha eléctrica, por lo que el factor de demanda según la tabla 7 es de 1.

Después de conocer los requerimientos necesarios para el diseño de un sistema eléctrico de iluminación y potencia de esta institución se plantea el nuevo cuadro de cargas.

Tabla 8. Cuadro de cargas actual

CUADRO DE CARGAS						
CIRC	Descripción	CANT	Potencia (W)	P.I. (W)	F.D.	MD (W)
1	Lámparas LED dobles (Aula 1)	4	100	400	0,53	212
2	Tomacorrientes (Aula 1)	2	200	400	0,4	160
3	Focos LED (Bodega)	2	50	100	0,53	53
	Lámparas LED dobles (Aula 2)	6	100	600	0,53	318
4	Tomacorrientes (Aula 2)	3	200	600	0,4	240
5	Focos LED (Cocina, Baño, Oficina)	4	50	200	0,53	106
6	Tomacorrientes (Cocina, Baño, Oficina)	3	200	600	0,4	240
7	Ducha (cargas especiales)	1	3500	3500	1	3500
SUBTOTAL				6400		4829

Fuente: Autor

La Tabla 8, demuestra la potencia en vatios necesaria para toda la escuela. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta el factor de simultaneidad, en este caso se toma un factor de 0,8.

Tabla 9. Demanda total de energía de la institución

DEMANDA TOTAL		
Máxima demanda(W)	Factor de simultaneidad	TOTAL (W)
4829	0,8	3863,2

Fuente: Autor

De esta manera, se determina que la demanda total de la escuela de educación básica “Buenos Aires el Porvenir” es de 3863,2.

Con los valores obtenidos de la potencia instalada (P.I.) total de la institución (6400 W) se calcula el calibre del conductor de la acometida y las protecciones necesarias para el circuito de potencia.

Para el cálculo de conductores y circuitos de protección se toma en cuenta un voltaje nominal de 127 voltios.

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

$$I = \frac{6400w}{127v} = 50,4 A$$

A este valor de 50,4 amperios se lo multiplica por el 125% como lo dicta la normativa NEC en el apartado 4 donde especifica que los conductores de alimentadores y circuitos deben ser dimensionados de manera que puedan soportar una corriente que sea al menos un 125 % de la corriente máxima de carga que se va a suministrar (NEC, 2018).

$$I = 50,4 \cdot 125\% = 63A$$

Como lo dicta la normativa NEC en el apartado 5.5, el calibre mínimo sugerido para un alimentador, desde el medidor hasta un único tablero de distribución, debe ser No. 6 AWG de cobre con aislamiento tipo THHN. De la misma manera, como lo dice la misma normativa es necesario tener un circuito de protección donde su dimensionamiento está relacionado con la capacidad de los circuitos a proteger y al funcionamiento de las

curvas de disparo intensidad-tiempo (NEC, 2018). Por lo tanto, el breaker de protección del circuito principal es de 70 A.

3.6 Niveles de luminosidad

Los niveles de luminosidad en el Ecuador están regidos por la normativa NTE INEN 2969-1 (Iluminación de los lugares de trabajo). En este proyecto se hace referencia principalmente a la tabla B.36 de esta normativa, la cual hace referencia a los establecimientos educativos.

Tabla 10. Niveles de luminosidad en centros educativos

N° Ref	Tipo de interior, tarea y actividad	Luxes	UGRL	U ₀	R _a	Requisitos específicos
B.36.1	Aulas, aulas de tutoría	300	19	0,60	80	La iluminación debería ser controlable
B.36.20	Salas de profesores	300	19	0,60	80	
B.36.17	Áreas de circulación, pasillos	100	25	0,40	80	
B.36.23	Almacenes de material de profesores	100	25	0,40	80	
B.36.26	Cocina	500	22	0,60	80	

Fuente: (INEN, 2015)

La tabla 10 muestra el nivel mínimo en lúmenes que deben cumplir las aulas, las áreas de almacenamiento, salas de profesores, patios y cocina de una institución educativa.

Para determinar el número de luminarias que deben ser instaladas en cada área de la institución, se utiliza el software DIALux Evo, que automáticamente define el número de lámparas que cubren con los requerimientos según la normativa.

Para ello se utilizan lámparas de alta potencia de tecnología LED de Molto Luce con las características especificadas en la figura 27.

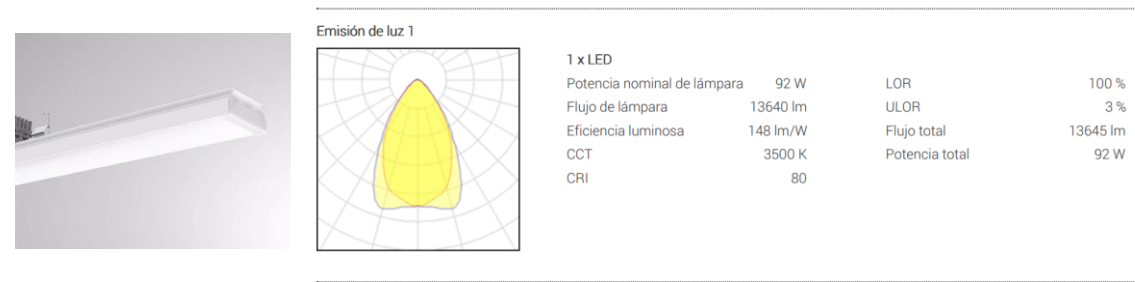


Figura 27. Lámpara Molto Luce: TRAIL LIGHT INSERT IP54 MB MOUNTING RAIL LIGHT INSERT 610-2255031517052.

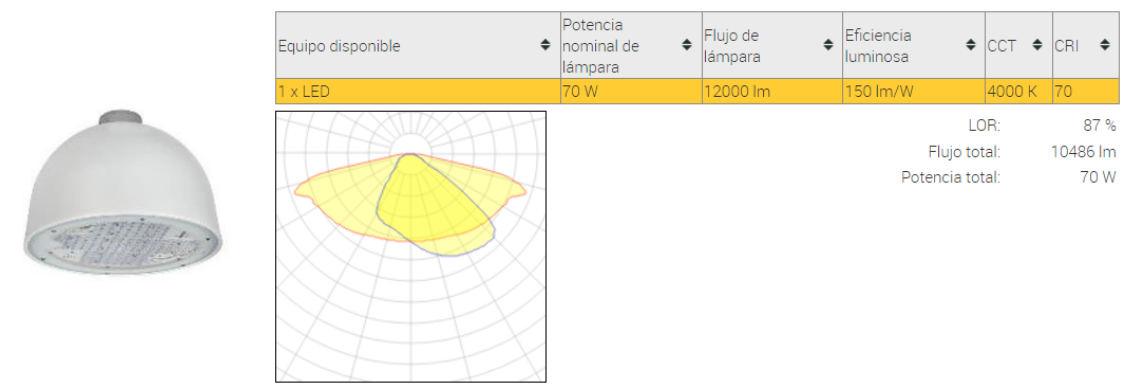


Figura 28. Foco LED Philips: BDS562

Para los puntos de iluminación de la bodega, cocina, sola de profesores y baño, se utiliza un foco led de 70 watts como se muestra en la figura 28.

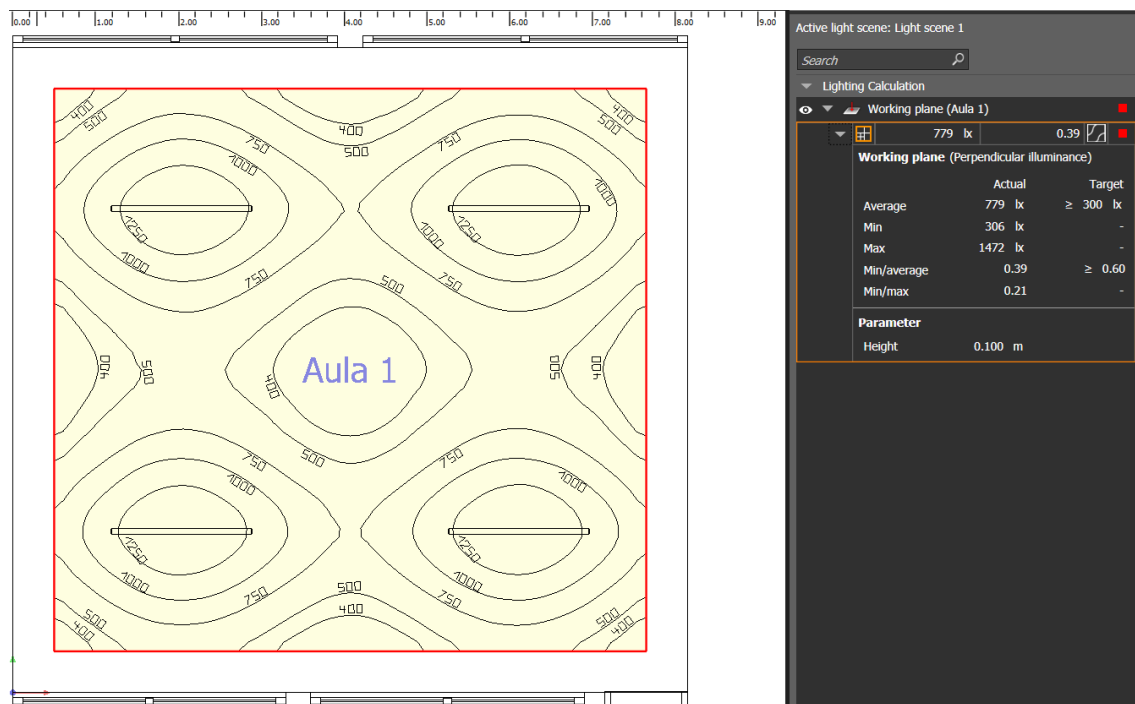


Figura 29. Cálculo de luminarias para el Aula 1.

La figura 29, muestra el cálculo de luminarias que se obtiene mediante el uso de la aplicación DIALux, dando como resultado 4 luminarias distribuidas uniformemente por toda el área del Aula 1.

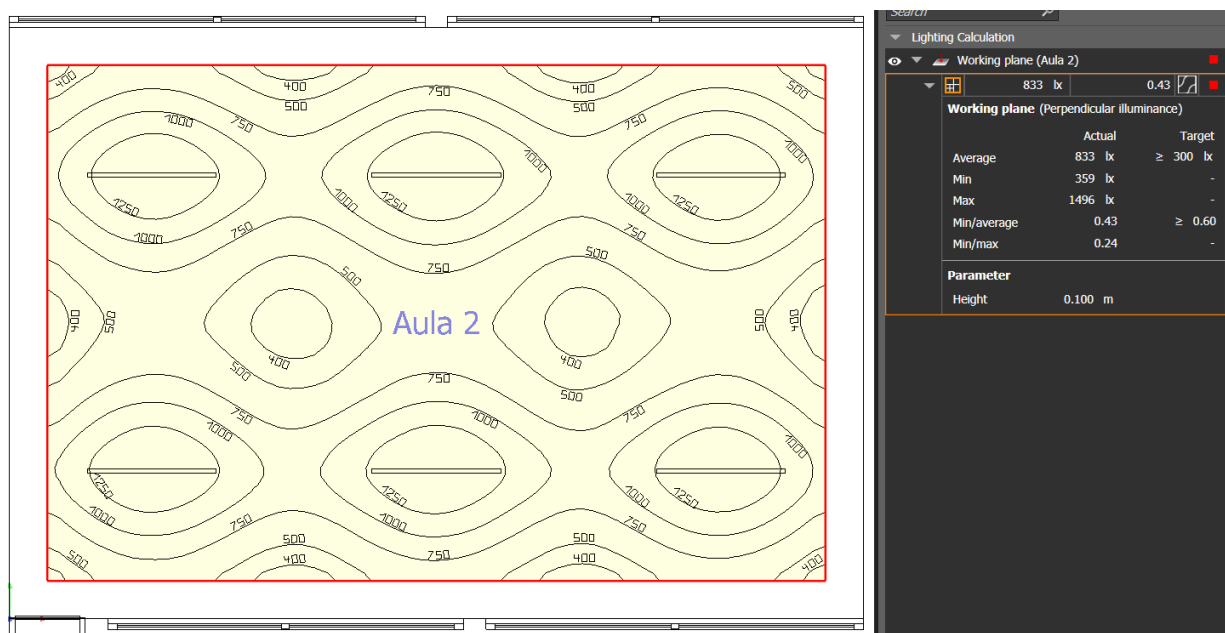


Figura 30. Cálculo de luminarias para el Aula 2

La figura 30, muestra el numero resultante de 6 lámparas en el Aula 2. De esta manera, se cubren de manera eficiente los 300 luxes mínimos del área.

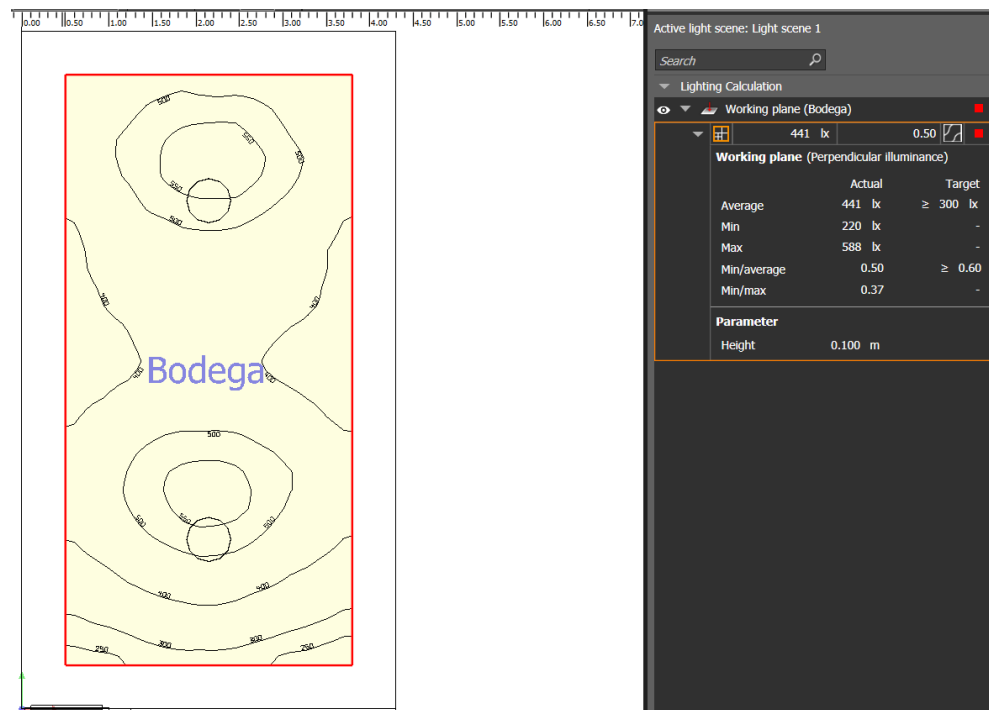


Figura 31. Cálculo del número de luminarias para la bodega.

La figura 21, muestra el número de luminarias necesarias para cumplir con la normativa de lúmenes según la normativa NTE-INEN 2969-1.

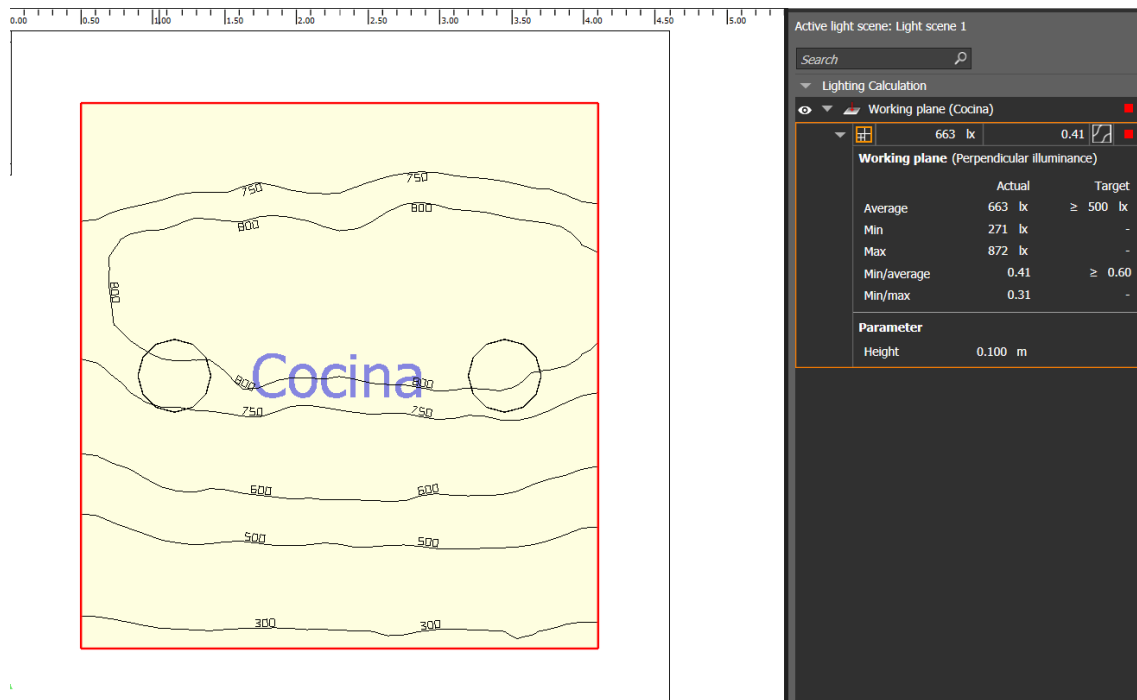


Figura 32. Cálculo de luminarias para la oficina, baño y cocina.

La figura 32, muestra el número de luminarias calculada con el software DIALux, dando como resultado dos focos LED en la cocina, con los que eficientemente se cumple con la normativa.

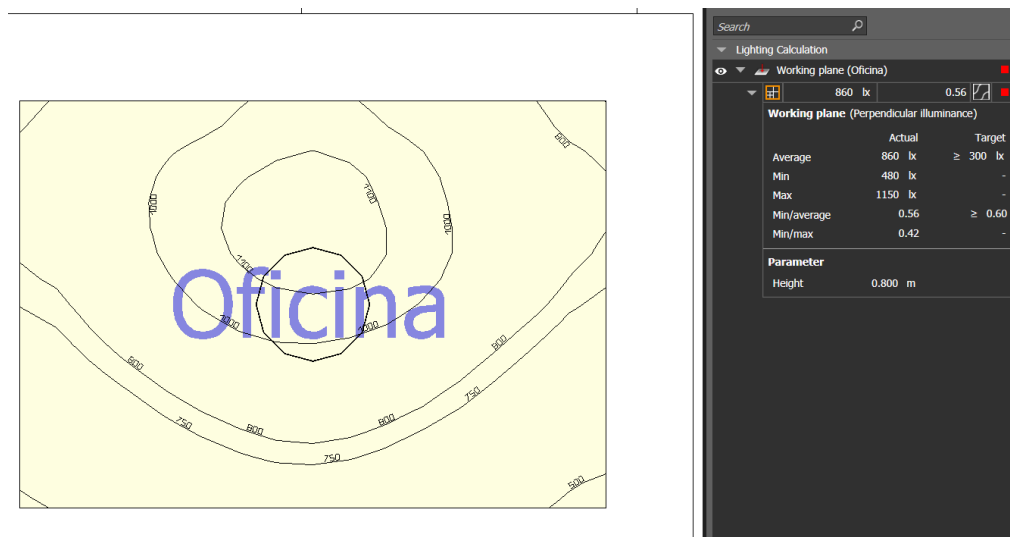


Figura 33. Número de luminarias calculadas para la oficina.

La figura 33, muestra el número de luminarias para el área de la oficina del docente. El software DIALux determina automáticamente que un foco ubicado en la parte

central cumple eficientemente con el nivel de lúmenes establecidos por la normativa de iluminación en lugares de trabajo NTE-INEN 2969-1

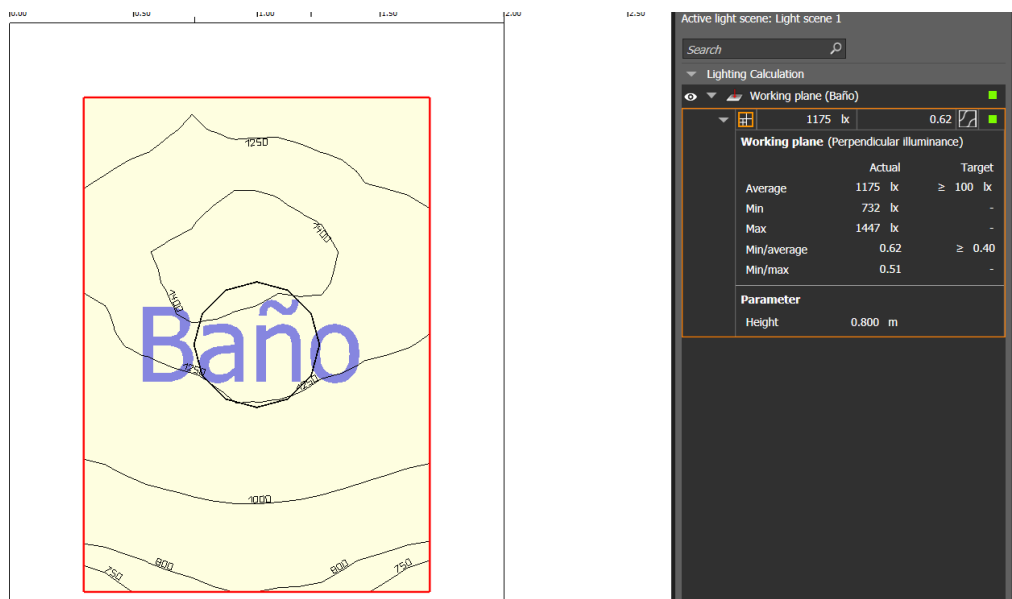


Figura 34. Cálculo de luminarias para el baño.

De la misma manera, para el área de sanitario se determina que el número de luminarias es de un foco led de 70w.

3.7 Circuitos

3.7.1 Circuitos de iluminación

Tabla 11. Circuitos de luminarias

Circuitos de iluminación				
Circuito	Área	Número de luminarias	Potencia (W)	Total (W)
1	Aula 1	4	100	400
2	Aula 2	6	100	600
2	Bodega	2	70	140
3	Cocina	2	70	140
3	Baño	1	70	70

3	Oficina	1	70	70
---	---------	---	----	----

Fuente: Autor

La tabla 11, muestra los tres circuitos de iluminación que están conformados por las áreas de la institución. El circuito uno está conformado por la iluminación del aula 1; el circuito dos está constituido por la iluminación del aula 2 y la bodega, el circuito 3 consta de los puntos de luz de la cocina, baño y oficina.

De esta forma, con la potencia de cada circuito de iluminación se calcula la corriente nominal que circula por cada uno de ellos.

Circuito 1.

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

$$I = \frac{400 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 3,15 \text{ A}$$

Circuito 2.

$$I = \frac{740 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 5,83 \text{ A}$$

Circuito 3.

$$I = \frac{280 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 2,20 \text{ A}$$

Tabla 12. Corrientes nominales de los circuitos de iluminación

Circuitos de iluminación					
Circuito	Área	Número de luminarias	Potencia (W)	Total (W)	I(A)
1	Aula 1	4	100	400	3,15
2	Aula 2	6	100	600	
2	Bodega	2	70	140	5,83
3	Cocina	2	70	140	

3	Baño	1	70	70	2,20
3	Oficina	1	70	70	

Fuente: Autor

Como lo demanda la normativa NEC (instalaciones eléctricas) en su apartado 4 donde los conductores utilizados en alimentadores y circuitos deben ser dimensionados para garantizar que soporten una corriente no inferior al 125 % de la corriente máxima de carga prevista en el sistema (NEC, 2018).

Circuito 1.

$$I = 3,15 \cdot 1,25 = 3,94 \text{ A}$$

Circuito 2.

$$I = 5,83 \cdot 1,25 = 7,3 \text{ A}$$

Circuito 3.

$$I = 2,20 \cdot 1,25 = 2,75 \text{ A}$$

Tabla 13. Circuitos de iluminación

Circuitos de iluminación				
C	Área	Numero de luminarias	Potencia (W)	I .1,25 (W)
1	Aula 1	4	400	3,94
2	Aula 2, Bodega	8	740	7,3
3	Oficina, Cocina, Baño	4	280	2,75

Fuente: Autor

3.7.1.1 Conductor para los circuitos de iluminación

Para la selección de conductores, se hace referencia a la normativa NEC en su apartado 5,2 donde menciona que en los circuitos de iluminación se emplea conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm² (14 AWG) para las fases, el neutro y el conductor de puesta a tierra (NEC, 2018).

3.7.1.2 Protección para los circuitos de iluminación

Haciendo referencia a la normativa NEC en su apartado 7, menciona que el dimensionamiento de los dispositivos de protección contra sobre corrientes debe estar directamente relacionado con la capacidad de los circuitos que protegen, así como las curvas de disparo intensidad-tiempo. Estos dispositivos deben ser instalados en tableros de distribución del tipo centro de carga, y es esencial que soporten la influencia de agentes externos, garantizando al menos un grado de protección IP 20 para asegurar su adecuado funcionamiento y durabilidad en entornos operativos exigentes (NEC, 2018).

Tabla 14. Selección de protecciones para circuitos de iluminación

Elementos de protección para los circuitos de iluminación				
C	Área	N° de luminarias	I(A)	Protección
1	Aula 1	4	3,94	10
2	Aula 2, Bodega	8	7,3	10
3	Oficina, Cocina, Baño	4	2,75	10

Fuente: Autor

La tabla 14 muestra la selección de un breaker monopolar de 10 amperios para cada circuito, esto debido a la disponibilidad de este en el mercado local.

3.7.1.3 Tuberías y cajetines

En las instalaciones eléctricas domiciliarias, es fundamental seleccionar adecuadamente las tuberías y cajetines que protegen y guían el cableado eléctrico. Las tuberías utilizadas para la instalación de los circuitos eléctricos son de varios tipos: la Tubería PVC Tipo I Liviano, que se emplea por su facilidad de manejo y durabilidad; la Tubería de polietileno flexible de alta resistencia mecánica, conocida como "tubería negra", que ofrece flexibilidad y resistencia ante impactos; y la Tubería metálica tipo EMT, rígida o flexible de acero galvanizado, preferida en instalaciones que requieren

mayor protección mecánica y contra incendios. En cuanto a los cajetines, se utilizan tanto los plásticos, que son livianos, no conductivos y resistentes a la corrosión, como los metálicos, que proporcionan mayor robustez y son ideales para aplicaciones que demandan mayor protección mecánica y resistencia al calor (NEC, 2018).

Tabla 15. Número de conductores en función del tipo de caja

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm ³	Número máximo de conductores						
		0.824 mm ² (18 AWG)	1.31 mm ² (15 AWG)	2.08 mm ² (14 AWG)	3.3 mm ² (12 AWG)	5.264 mm ² (10 AWG)	8.37 mm ² (8 AWG)	13.3 mm ² (6 AWG)
10.2 x 3.2 redonda u octogonal	205	8	7	6	6	5	4	2
10.2 x 3.8 redonda u octogonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10.2 x 5.4 redonda u octogonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10.2 x 3.2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10.2 x 3.8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10.2 x 5.4 cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
11.9 x 3.2 cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5

Fuente: (NEC, 2018)

Tomando en consideración los tres circuitos de iluminación, se tiene un total de 6 conductores de calibre 14 AWG por lo que según la tabla 15 se deben utilizar cajetines de 10,2x3,2 redonda u octogonal.

Tabla 16. Tuberías y cajetines de circuitos de iluminación

Tuberías y cajetines para circuitos de iluminación	
	Cajetín de puntos de iluminación
	Cajetín para interruptores



Manguera de canalización de polietileno ½ pulgada

Fuente: Autor

La tabla 16, muestra detalladamente los cajetines y tubería que se debe implementar en la instalación de circuitos de iluminación.

3.7.2 Circuitos de tomacorrientes

Tabla 17. Circuitos de Tomacorrientes

Circuitos de tomacorrientes				
Circuito	Área	Número de tomacorrientes	Potencia (W)	Total (W)
1	Aula 1	2	200	400
2	Aula 2	2	200	400
2	Bodega	2	200	400
3	Cocina	1	200	200
3	Baño	1	200	200
3	Oficina	1	200	200

Fuente: Autor

La tabla 17, muestra los circuitos de tomacorrientes que existen en cada área de la institución. Estos se dividen en tres circuitos uno en el aula que consiste en dos interruptores, el circuito dos se conforma de 2 tomacorrientes de la bodega y dos del aula 2, el circuito 3 se conforma de los tomacorrientes de la cocina, la oficina y el baño.

La potencia de cada interruptor se toma el valor de 200w como dicta la normativa NEC en el apartado 3.2. De esta forma, conociendo el numero interruptores por circuito se calcula la intensidad de corriente que circula por cada uno de ellos.

Circuito 1.

$$I = \frac{400 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 3,15 \text{ A}$$

Circuito 2.

$$I = \frac{800 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 6,30 \text{ A}$$

Circuito3.

$$I = \frac{600 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 4,72 \text{ A}$$

Tabla 18. Corriente nominal de los circuitos de tomacorrientes

Circuitos de tomacorrientes					
Circuito	Área	Número de tomacorrientes	Potencia (W)	Total (W)	I(A)
1	Aula 1	2	200	400	3,15
2	Aula 2	2	200	400	
2	Bodega	2	200	400	6,30
3	Cocina	1	200	200	
3	Baño	1	200	200	4,72
3	Oficina	1	200	200	

Fuente: Autor

A continuación, se calcula la intensidad de corriente tomando en cuenta el 125% de la corriente nominal calculada, de acuerdo con la normativa NEC en su apartado 4 (NEC, 2018).

Circuito 1.

$$I = 3,15 \text{ A} \cdot 1,25 = 3,94 \text{ A}$$

Circuito 2.

$$I = 6,30 \text{ A} \cdot 1,25 = 7,88 \text{ A}$$

Circuito 3.

$$I = 4,72 A \cdot 1,25 = 6 A$$

Tabla 19. Corrientes de tomacorriente

Circuitos de tomacorrientes				
C	Área	Numero de tomacorrientes	Potencia (W)	I .1,25 (W)
1	Aula 1	2	400	3,94
2	Aula 2, Bodega	4	800	7,88
3	Oficina, Cocina, Baño	3	600	6

Fuente: Autor

3.7.2.1 Conductor para los circuitos de tomacorrientes

Para la selección de conductores, se hace referencia a la normativa NEC en su apartado 5,3 donde menciona que los circuitos destinados a tomacorrientes, se especifica el uso de conductores de cobre aislado tipo THHN con una sección transversal mínima de 4 mm² (12 AWG) tanto para las fases como para el neutro, garantizando así la capacidad de carga adecuada y el cumplimiento con las normativas de seguridad eléctrica y eficiencia del sistema (NEC, 2018).

Tabla 20. Tamaño de los conductores de tierra

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)	
	Conductor de cobre	Conductor de aluminio
(A)		
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)

Fuente: (NEC, 2018)

Para la selección del conductor de tierra se hace referencia a la tabla 20, tomada de la sección 8,6 de la normativa NEC. De esta forma, se determina un conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección transversal mínima de 2,5 mm² (14 AWG).

3.7.2.2 *Protección para los circuitos de tomacorrientes*

De la misma manera, para los circuitos de protección para tomacorrientes, es necesario tomar en cuenta la intensidad de corriente que circula por cada circuito.

Tabla 21. Selección de protecciones para circuitos de iluminación

Elementos de protección para los circuitos de iluminación				
C	Área	N° de luminarias	I(A)	Protección
1	Aula 1	2	3,94	10
2	Aula 2, Bodega	4	7,88	10
3	Oficina, Cocina, Baño	3	6	10

Fuente: Autor

La tabla 21 muestra la selección de un breaker monopolar de 10 amperios para cada circuito de tomacorrientes, esto debido a la disponibilidad de este en el mercado local.

3.7.2.3 *Tuberías y cajetines*

Para los circuitos de tomacorrientes se determina una tubería de polietileno de ½ pulgada y cajetines cuadrados de 10,2x3,2, como se indica en la tabla 22.

Tabla 22. Tubería y cajetines para circuitos de tomacorrientes

Tuberías y cajetines para circuitos de tomacorrientes	
	Cajetín para interruptores
	Manguera de canalización de polietileno ½ pulgada

Fuente: Autor

3.8 Circuitos de cargas especiales

Tabla 23. Circuitos especiales

Circuitos de cargas especiales				
Circuito	Área	Número de cargas	Potencia (W)	Total (W)
1	Baño	1	3500	3500

Fuente: Autor

La tabla 23, muestra el circuito de cargas especiales que consiste en una ducha eléctrica instalada en el baño. La potencia de 3500 watts se la determina mediante la normativa NEC en la sección 3.4.2.

$$I = \frac{3500 \text{ w}}{127 \text{ v}} = 27,6 \text{ A}$$

Una vez calculada la intensidad nominal del circuito especial es necesario tomar en cuenta el 125%.

$$I = 27,6 \text{ A} \cdot 1,25 = 34,5 \text{ A}$$

3.8.1.1 Conductor para los circuitos especiales.

Para la selección de conductores, se hace referencia a la normativa NEC en su apartado 5,4 donde menciona que en circuitos de cargas especiales se utiliza conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 5,26 mm² (10 AWG) para las fases.(NEC, 2018).

Para la selección del conductor de tierra se hace referencia a la tabla 18, tomada de la sección 8,6 de la normativa NEC. De esta forma, se determina un conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección transversal mínima de 5,26 mm² (10 AWG).

3.8.1.2 Protección para los circuitos especiales

De la misma manera, para el circuito de protección de la ducha, se toma en cuenta la intensidad de corriente que circula por el circuito tomando en cuenta el 125%, dando como resultado un interruptor monopolar de 40 A.

3.8.1.3 Tuberías y cajetines

Tabla 24. Tuberías y cajetines de cargas especiales

Tuberías y cajetines para circuitos de iluminación	
	Cajetín para interruptores
	Manguera de canalización de polietileno ½ pulgada

Fuente: Autor

La tabla 24, muestra la tubería y cajetines del circuito especial que alimenta la ducha del baño. Los cajetines como la normativa NEC en su apartado 10,2 literal p dicta que deben ser rectangulares de tipo profundo tal y como muestra la tabla 24 (NEC, 2018).

3.9 Iluminación exterior

Para la iluminación del patio de la escuela se implementa el software DIALux que determina el numero de lámparas que se requieren para cumplir el nivel mínimo de lúmenes según la normativa NTE-INEN-2969-1.

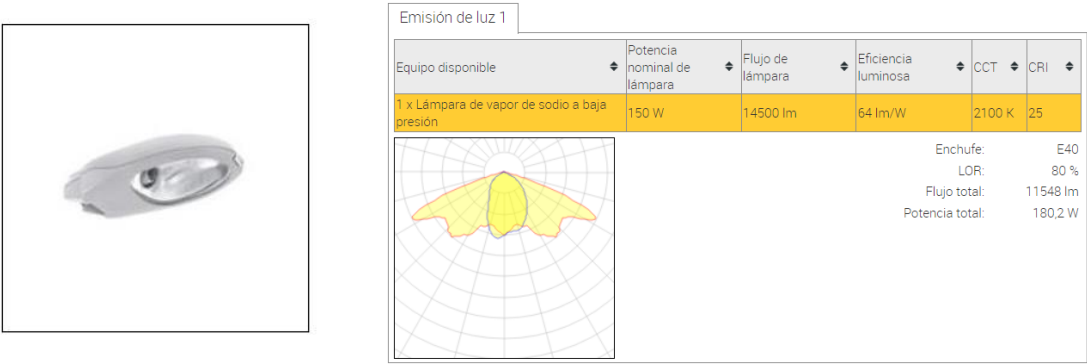


Figura 35. Lámparas NIKKO: S412-150 S0150 Street Lantern

La figura 35 muestra las lámparas que se utilizan en el área del patio, las características principales de estas es el voltaje de 240 V y una potencia de 150W.

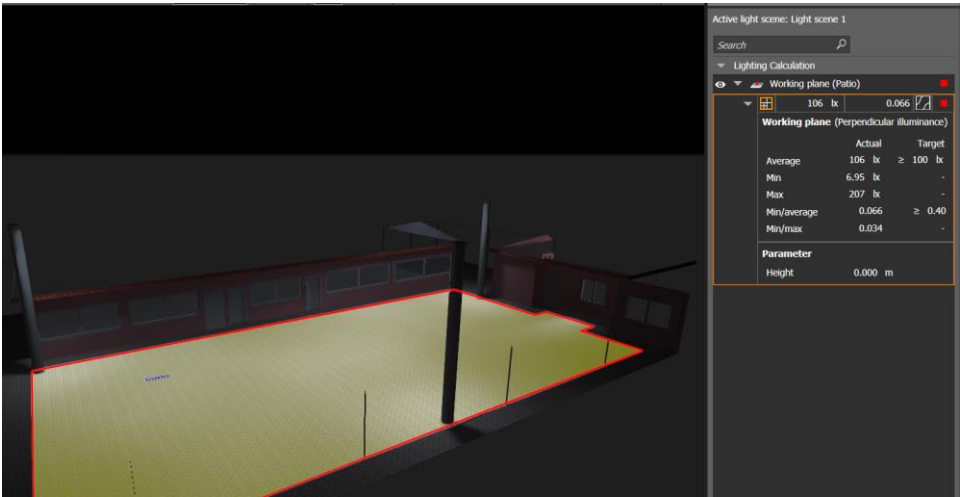


Figura 36. Lámparas para el patio

La figura 35, muestra el numero de luminarias que DIALux calcula para cubrir con 100 luxes de luminosidad en cada área.

3.9.1 Calibre de conductor

Según las normas de la empresa EERSSA (NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES), Los sistemas aéreos pueden tener las siguientes configuraciones: 4(4), 2(2), 1/0(1/0), 2/0(2/0) AWG, el hilo del neutro se especifica entre paréntesis. Por ningún motivo se puede utilizar conductores menores a los calibres señalados, se exceptúa el hilo piloto en los sistemas de alumbrado público, su calibre mínimo puede ser el 6 AWG (EERSSA, 2012).

3.10 Implementación.

Esta sección del trabajo tiene como objetivo implementar el sistema eléctrico anteriormente diseñado, adaptado a las necesidades específicas de la institución educativa.

3.10.1 Sistema de iluminación

El sistema de iluminación se lo diseña en el software DIALux, el cual ayuda a la selección de lámparas y determinación del número que se requiere para cumplir el número de lúmenes establecidos por la norma NTE-INEN-2969.

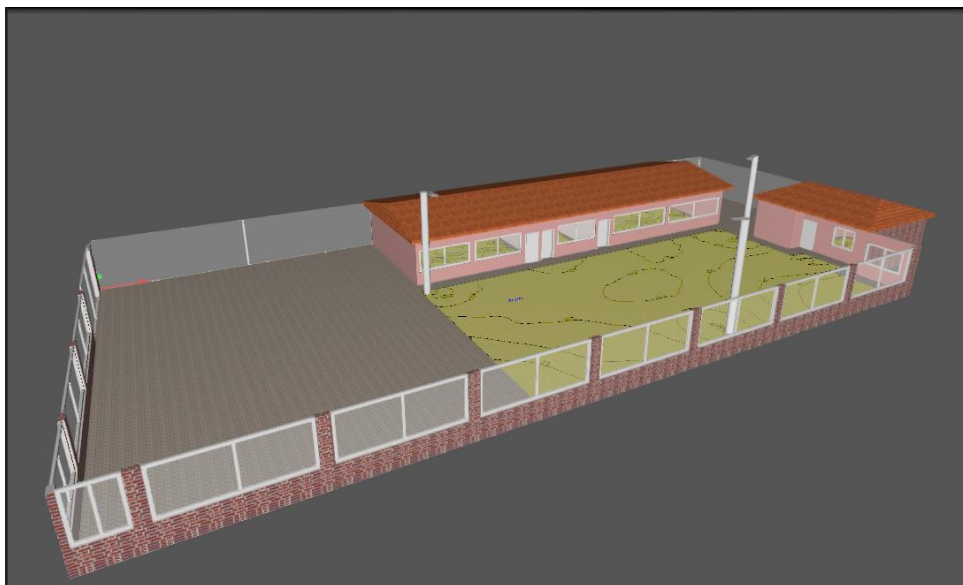


Figura 37. Diseño de sistema de iluminación en DIALux

La figura 37 muestra el diseño de la unidad educativa “Buenos Aires El porvenir” en el software DIALux.

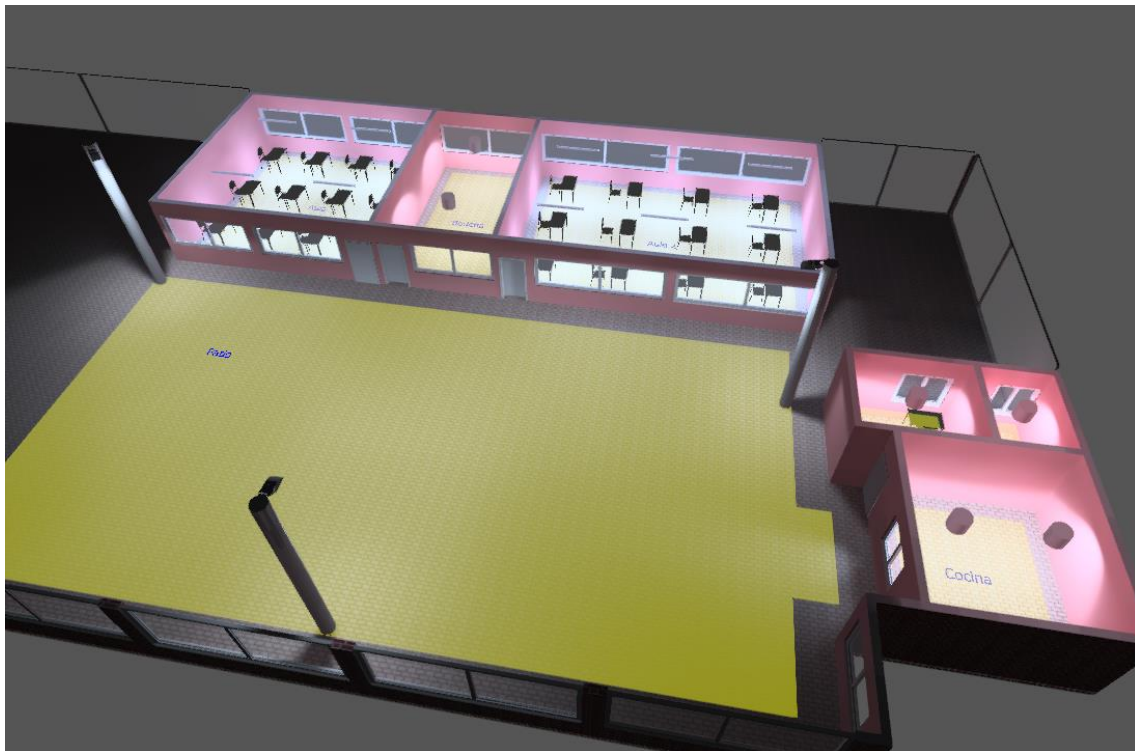


Figura 38. Interiores de la institución

Además, en la figura 38 se detallan los interiores de cada área de la institución donde se observa el numero de luminarias y el tipo de estas.

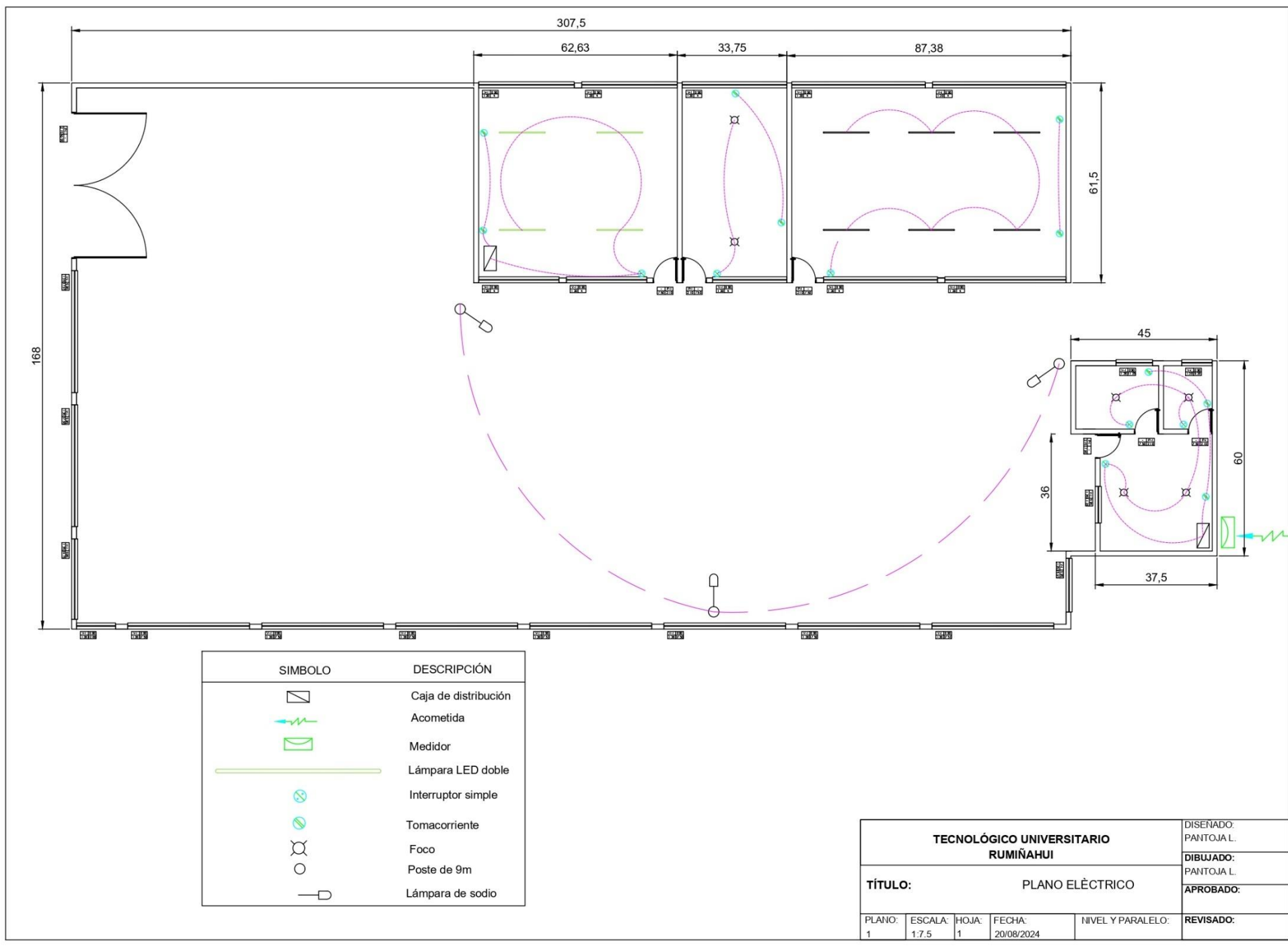


Figura 39. Plano eléctrico actual de la institución

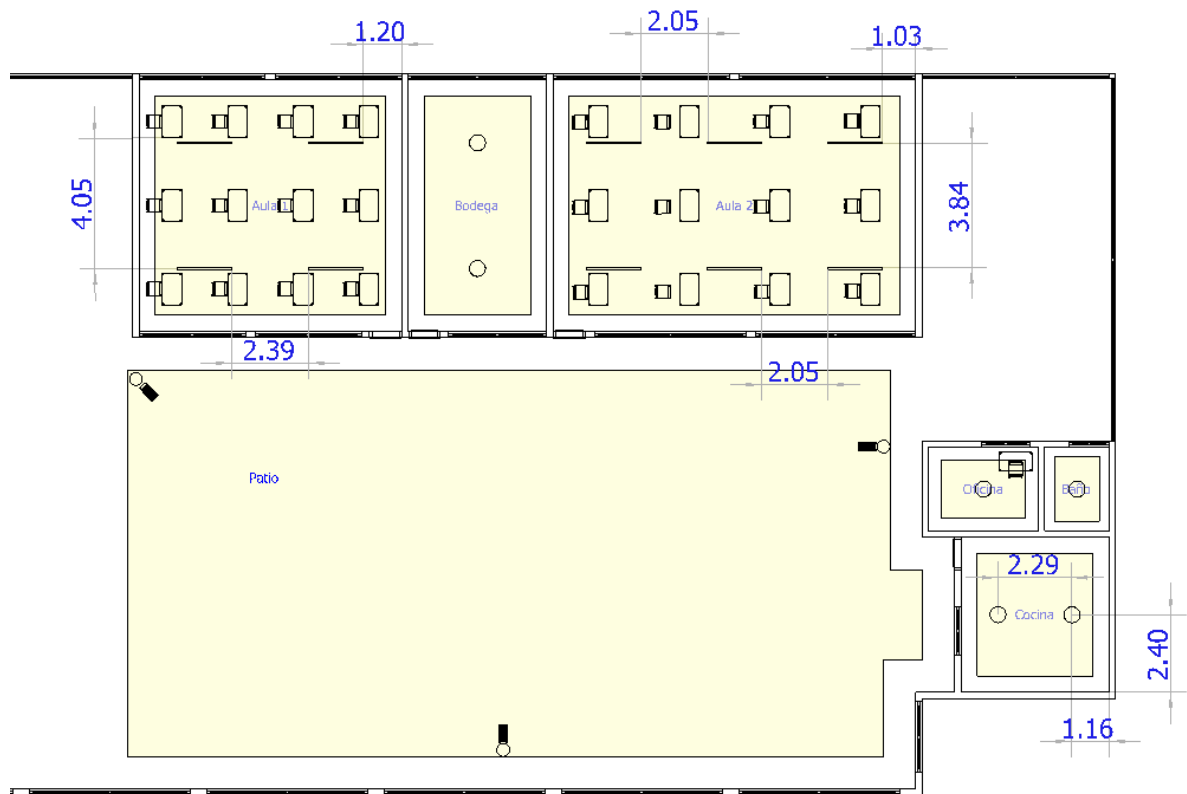


Figura 40. Medidas para la implementación de las lámparas en las aulas y cocina

La figura 40, muestra las medidas de las lámparas LED que se cambiaron en las aulas y las medidas para la instalación de los dos focos en la cocina. Estas medidas cubren las necesidades para los cambios requeridos con respecto a la instalación de nuevos elementos de iluminación.



Figura 41. Centro de cargas número 1.

La figura 41, muestra el centro de cargas que está conformado de dos circuitos de iluminación y dos circuitos de tomacorriente. Estos corresponden a los circuitos 1 y 2 de iluminación, además de los circuitos 1 y 2 de tomacorrientes que dan energía e iluminación a las aulas y la bodega.



Figura 42. Centro de cargas numero 2

La figura 42 el segundo centro de cargas que contiene los circuitos de iluminación y tomacorrientes de la cocina, baño y oficina. Junto a este se encuentra el circuito de cargas especiales que maneja la carga de la ducha eléctrica.

Una vez instalado los centros de carga, se realiza el cambio de las luminarias en las aulas y la cocina, que son las áreas en donde es necesario realizar cambios para tener los niveles de luminosidad concorde a la normativa.



Figura 43. Cambio de lámparas en el aula 1.

La figura 43 demuestra el cambio de lámparas en el aula 1. Con un total de 4 lámparas LED que cubren con los niveles de lúmenes requeridos.



Figura 44. Cambio de lámparas en el Aula 2

De la misma manera, la figura 44 muestra el cambio de 10 focos por 6 lámparas de tecnología LED en el aula 2 de la institución.



Figura 45. Cambio de interruptores

De la misma manera, se hizo la implementación de la tapa de los cajetines de cada interruptor que enciende los puntos de iluminación en toda la institución, con la finalidad

de cumplir con la normativa NEC que “toda caja de revisión sea pequeña o grande, debe contar con la tapa y tornillos de fijación”(NEC, 2018).



Figura 46. Mantenimiento a tomacorrientes de la institución.

La figura 46, muestra la implementación de la tapa del circuito de tomacorriente, este procedimiento se realiza para toda la institución en los lugares que sea necesario.



Figura 47. Cableado de circuitos

Igualmente, en la figura 47 se evidencia la implementación de tubería de polietileno para el enrutamiento de las instalaciones de los puntos de iluminación.



Figura 48. Instalación de iluminación exterior

La figura 48, muestra la implementación de la luminaria exterior, conformada por 3 lámparas de sodio instaladas en una configuración triangular que cubre con todos los ángulos, con la finalidad de cumplir con las normativas de luminosidad en el patio.



Figura 49. Implementación de circuitos de iluminación

La figura 49, muestra una vista nocturna de la nueva instalación, tanto en iluminación interna como de la iluminación externa.



Figura 49. Puesta a tierra

La figura 49, muestra el circuito de puesta a tierra donde aterrizan los demás circuitos de fuerza e iluminación.

CAPITULO IV

4 PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección de la investigación, se presentan las pruebas que verifican el funcionamiento de cada una de las instalaciones y el mantenimiento realizado. En primer lugar, se miden los niveles de luminosidad en cada lugar de la institución. Después se toman las medidas de los voltajes en los tomacorrientes de cada sección de la escuela.

4.1 Niveles de luminosidad



Figura 50. Niveles de lúmenes en el aula 1.

La figura 50, demuestra el correcto funcionamiento del nuevo sistema de iluminación, donde se cumple efectivamente con la normativa que establece el nivel base de 300 luxes.



Figura 51. Niveles de lúmenes en el aula 2.

De la misma manera para el aula 2, se observa los cambios en los niveles de lúmenes, actualmente marcando 1253 lúmenes.



Figura 52. Niveles de luminosidad en la cocina.

La figura 52 muestra los niveles de lúmenes antes y después del rediseño del sistema eléctrico. El nivel actual de 636 lúmenes cumple con la normativa INEN que establece un valor base de 500 lúmenes.



Figura 53. Niveles de lúmenes en la oficina.

También, para la oficina del docente se tiene un nivel de 562 lúmenes actualmente, notándose una gran diferencia con los niveles de luminosidad al inicio de la implementación del nuevo sistema.



Figura 54. Niveles de luminosidad en el baño

Asimismo, para el baño los niveles actuales en lúmenes cumplen efectivamente los niveles de luminosidad establecido por las normativas.



Figura 55. Niveles de luminosidad al exterior.

Finalmente, se observa los niveles de luminosidad al exterior de la escuela, dando un valor de 186 luxes, siendo mayor al valor de diseño que lo establece la normativa.

4.2 Niveles de voltaje en los tomacorrientes



Figura 56. Voltaje del aula 1, tomacorriente 1

Para las mediciones del voltaje del sistema eléctrico se toma en cuenta el punto más alejado de la instalación con respecto al medidor, siendo el aula 1 el lugar con mayor distancia. En la figura 56 se puede observar los niveles de voltaje de los tomacorrientes dando un valor de 124 V. Lo que quiere decir que existe una caída de tensión de 3v.

$$\%Ct = \frac{100 \cdot 3v}{127v} = 2,4 \%$$

Según las normativas de la ERSSA en el apartado 3.4.2 los límites máximos de la caída de tensión considerados no deberán exceder los siguientes valores: Área Urbana: 3.5 % Área Rural: 5.5 % (EERSSA, 2012).

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- **Eficiencia y Calidad de la Iluminación:** El rediseño e implementación del sistema de iluminación en la Unidad Educativa "Buenos Aires El Porvenir" ha demostrado ser efectivo en mejorar la eficiencia energética y la calidad lumínica de las aulas y espacios exteriores. El uso de tecnología LED ha contribuido significativamente a reducir el consumo energético y a proporcionar una iluminación de alta calidad que favorece el ambiente educativo.
- **Impacto en el Rendimiento Académico:** Una iluminación adecuada en las aulas ha demostrado tener un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes. La mejora en la calidad de la luz reduce la fatiga visual y mental, facilitando una mejor concentración y aprendizaje.
- **Seguridad y Funcionalidad:** La implementación de un sistema de iluminación en el patio escolar ha mejorado la seguridad y funcionalidad del espacio, permitiendo el uso de este en horarios vespertinos y nocturnos. Esto ha ampliado las oportunidades para actividades extracurriculares y eventos comunitarios, beneficiando tanto a los estudiantes como a la comunidad en general.
- **Cumplimiento de Normativas:** El proyecto ha cumplido con las normativas nacionales e internacionales en cuanto a diseño y seguridad eléctrica. La utilización de software especializado como DIALux ha permitido validar que los niveles de iluminación cumplen con los estándares establecidos, garantizando así un entorno seguro y adecuado para el desarrollo de las actividades escolares.

5.2 Recomendaciones

- **Mantenimiento Continuo:** Se recomienda establecer un plan de mantenimiento continuo para el sistema de iluminación, tanto interno como externo, de la Unidad Educativa "Buenos Aires El Porvenir". Esto asegurará que las instalaciones se mantengan en óptimas condiciones y prolongará la vida útil de los equipos.
- **Capacitación del Personal:** Es fundamental capacitar al personal de mantenimiento de la escuela en el uso y manejo del nuevo sistema de iluminación. Esto incluye el conocimiento sobre la tecnología LED, los dispositivos de protección eléctrica y las normativas de seguridad.
- **Evaluaciones Periódicas:** Realizar evaluaciones periódicas del sistema de iluminación para identificar posibles fallas o áreas de mejora. Estas evaluaciones deben incluir la medición de los niveles de iluminación y el análisis del consumo energético para asegurar que se mantenga la eficiencia y calidad lumínica.
- **Ampliación del Proyecto:** Considerar la posibilidad de ampliar el proyecto a otras áreas de la comunidad que también requieran mejoras en sus sistemas de iluminación. Esto puede incluir otras escuelas, centros comunitarios o espacios públicos, promoviendo así el desarrollo integral de la comunidad de El Porvenir.
- **Fomento de la Conciencia Energética:** Implementar programas de sensibilización y educación sobre el uso eficiente de la energía entre los estudiantes y la comunidad. Esto puede incluir talleres, campañas informativas y la creación de grupos de eficiencia energética que promuevan prácticas sostenibles.

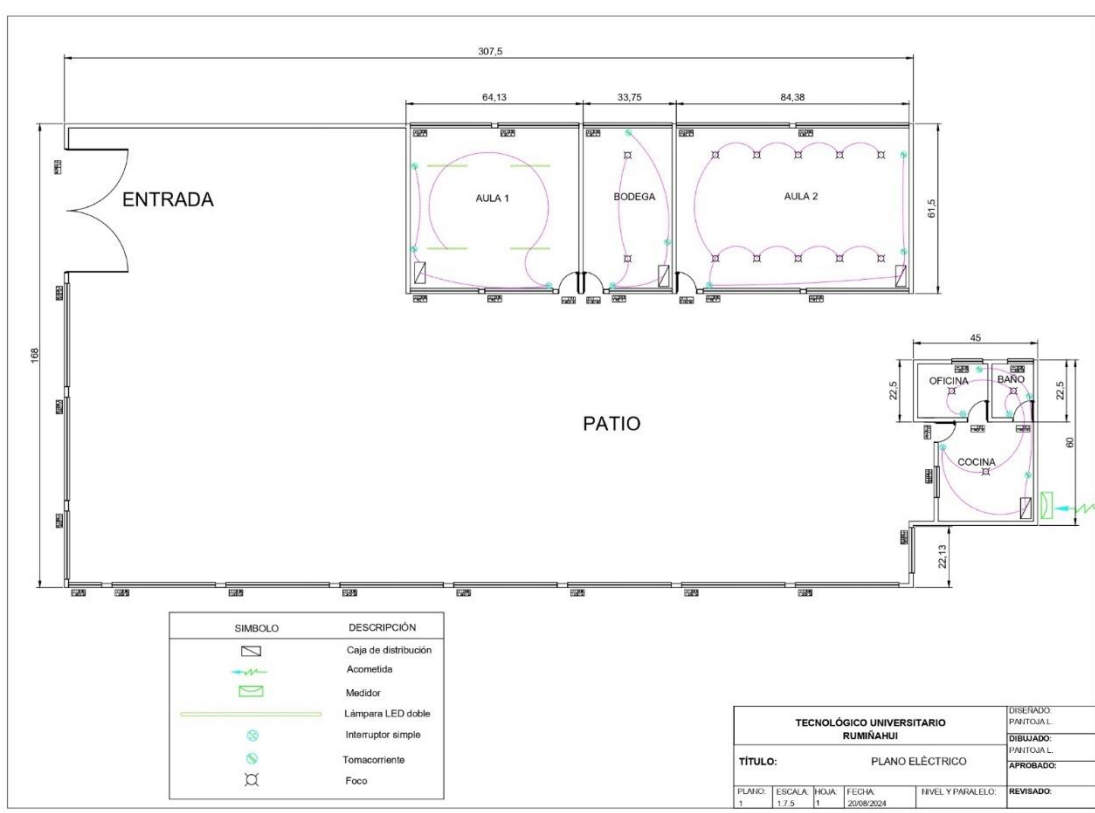
Bibliografía:

- AutoCAD. (2024a). *AutoCAD Web*. <https://web.autocad.com/login>
- AutoCAD. (2024b). *Conjunto de herramientas Electrical de Autodesk AutoCAD | Características*. <https://www.autodesk.com/latam/products/autocad/included-toolsets/autocad-electrical>
- Castro, J. (2017). ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE DEMANDA ELÉCTRICA EN HORAS PICO “PEAK SHAVING” Y SU FACTIBILIDAD EN ECUADOR. In 2017. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18788/1/CD-8179.pdf>
- Deorsola, M., & Morcelle, P. (2018). *Circuitos eléctricos Parte I*.
- DIALux. (2024). *DIALux es el estándar mundial en software de diseño de iluminación*. <https://www.dialux.com/es-ES/>
- EERSSA. (2012). *NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS URBANAS Y RURALES*.
- Floyd, T. L. (2007). *FLOYD FLOYD OCTAVA EDICIÓN OCTAVA*. www.pearsoneducacion.net/floyd
- INEN. (2015). *ILUMINACIÓN DE LOS LUGARES DE TRABAJO PARTE 1: LUGARES DE TRABAJO EN INTERIORES*.
- Leonel Chica Martínez, M., Gustavo Raúl Ordoñez, A., Jenny Lorena Arias Zambrano, A., & Miguel Iza Ing Franklin Medina Ing Carlos Parra Ing Diego Chimarro Ing Ramiro Rosero Ing Luis Fernando Bonifaccini Ing Sofía Terán Ing Mentor Poveda Ing Francisco Parra Textos Edición, I. (2018). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION*.

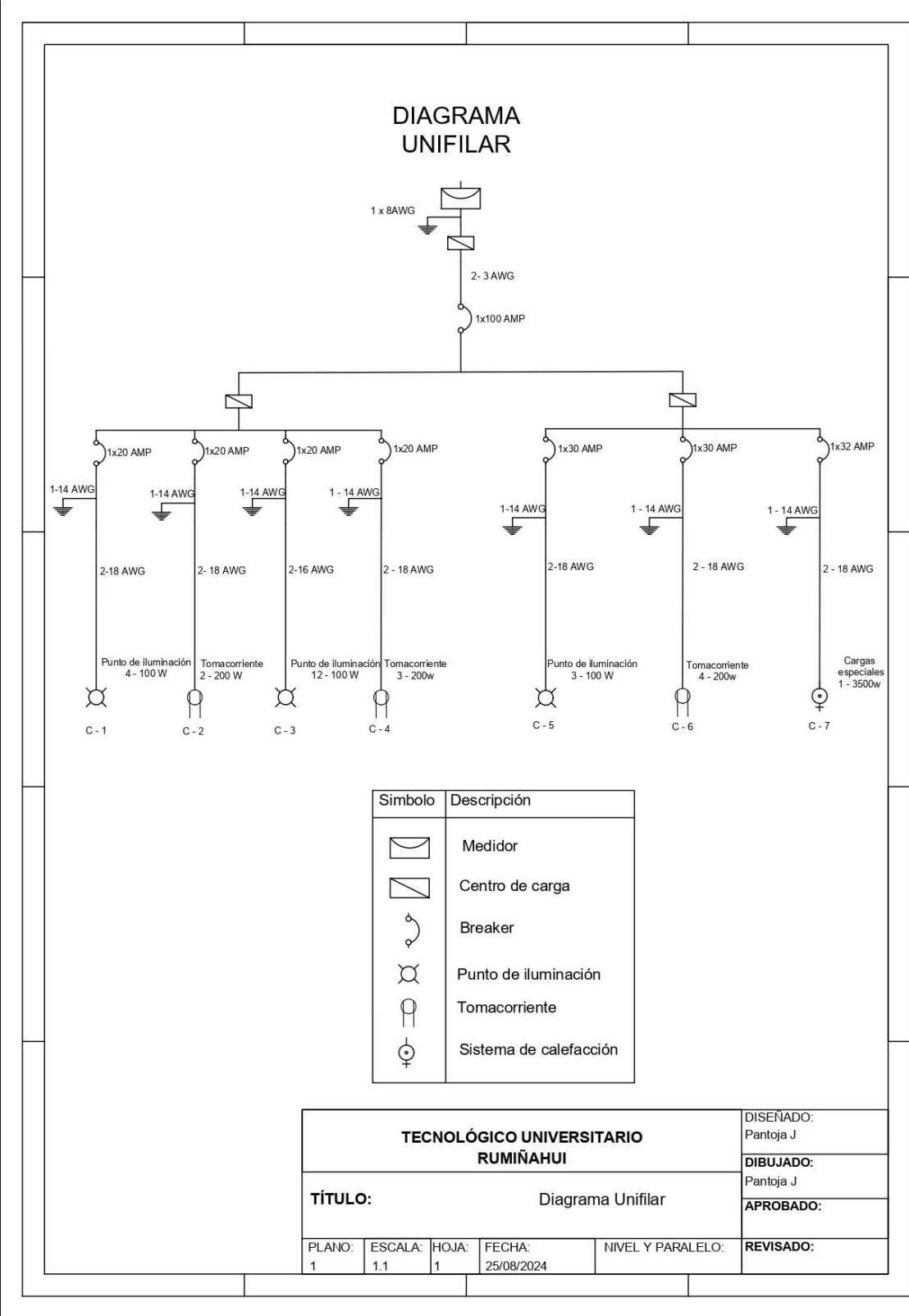
- López, D., & Mideros, D. (2018). Diseño de un sistema inteligente y compacto de iluminación. *Enfoque UTE*, 9(1), 226–235.
<https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V9N1.283>
- Montoya G., O. D., Grajales, A., Hincapié I., R. A., Montoya G., O. D., Grajales, A., & Hincapié I., R. A. (2018). Selección óptima de conductores en sistemas de distribución empleando el algoritmo búsqueda tabú. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26(2), 283–295. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052018000200283>
- NEC. (2018). *NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- Prefectura de Imbabura. (2015). *PLAN DE DESARROLLO TERRITORIAL DE BUENO AIRES*.
- reluxnet. (2024). *ReluxDesktop*. <https://reluxnet.relux.com/es/relux-desktop.html>
- Valencia, L., Alejandro, J., & Montaña, Y. (2019). *GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PÚBLICA AISLADO DE RED, ALIMENTADO POR UNA FUENTE DE ENERGÍA HÍBRIDA FOTOVOLTAICA – EÓLICA EN PARROQUIAS RURALES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*.

6 ANEXOS

Anexo 1. Plano Escuela



Anexo 2. Diagrama Unifilar



Anexo 3. Autorización

 **UNIDAD EDUCATIVA "BUENOS AIRES"**
LA MERCED DE BUENOS AIRES – URCUQUÍ – IMBABURA

Oficio N. ° 134 RECT – UEBA
La Merced de Buenos Aires, 07 junio de 2024

Señor
José Luis Pantoja Cupueran
ESTUDIENTE DEL TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI
Presente. -

De mi consideración:

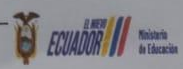
Con atento y cordial saludo me dirijo a Usted con la finalidad de informarle; que una vez revisado y analizado su Proyecto de: Diseño e Implementación del Sistema Eléctrico e Iluminación de la Unidad Educativa "Buenos Aires" en el Ambiente N° 3 El Porvenir". Es factible por lo tanto **AUTORIZA** la implementación de su trabajo Técnico/ Tecnológico; por favor coordinar con el Prof. David Sebastián Cárdenas Muela los días que va a realizar su proyecto.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

Atentamente,


Prof. Alejandro Ortiz
RECTOR (E)
C.I. 1002373890
Teléf. 0993213876
Correo: alejandrob.ortiz@educacion.gob.ec

Dirección: Calle 24 de junio Telf.: 2943 001E-mail: 10h00551ueba@gmail.com



Anexo 4. Acta de culminación de implementación

 **UNIDAD EDUCATIVA "BUENOS AIRES"**
LA MERCED DE BUENOS AIRES - URCUQUÍ - IMBABURA

Oficio N. ° 024 RECT – UEBA
La Merced de Buenos Aires, 16 de agosto de 2024

Señor.
José Luis Pantoja Cupueran
ESTUDIENTE DEL TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI
Presente. -

De mi consideración:

Con atento y cordial saludo me dirijo a Usted con la finalidad expresar mi agradecimiento sincero por el excelente trabajo en el Diseño e implementación de su Proyecto: Del Sistema Eléctrico e Iluminación de la Unidad Educativa "Buenos Aires" en el Ambiente N° 3 El Porvenir". Su dedicación, profesionalismo y habilidad han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

Estoy convencido de que este proyecto no solo cumple con nuestros objetivos inmediatos, sino también establece un estándar de calidad y éxito para futuros trabajos.

Atentamente,


Prof. Alejandro Ortiz
RECTOR (E)
C.I. 1002373890
Teléf. 0993213876
Correo: alejandrob.ortiz@educacion.gob.ec

Dirección: Calle 24 de junio Telf.: 2943 001E-mail: 10h00551ueba@gmail.com

 **ECUADOR**  Ministerio de Educación

Anexo 5: Diseño fotográfico



Instalación de los postes de iluminación



Instalación de la luminaria exterior



Instalación de los postes de iluminación



Instalación de una caja de circuito



Revisión de parámetros de iluminación con el luxómetro



Cambio de luces internas de las aulas



Cambio de luces internas de las aulas



Video de la pre-defensa del Proyecto de Titulación

<https://youtube.com/@josepantoja6310?si=mmvwwdl9DhYKmmau>