

Pregrado

Carrera: Electricidad

Asignatura (UIC): Desarrollo de proyectos eléctricos

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título en: Tecnólogo Superior en Electricidad

Tema: Rediseño e implementación del sistema eléctrico en la escuela Hugo Aleman Fierro, ubicada en la ciudad de Quito, parroquia el Condado, barrio Rancho San Antonio Alto.

Autor/s: Cristobal Rolando Sillo Patango

Diego Xavier Haro Guaman

Tutor Metodológico: Ing. Diego Pichoasamin

Tutor Técnico: Ing. Diego Pichoasamin

Fecha: 28 de febrero de 2025



Autor: Cristobal Rolando Sillo Patango

Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: amor-rolando@hotmail.com



Título a obtener: Tecnólogo Superior en Electricidad

Autor: Diego Xavier Haro Guaman

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: diegoxavi-2388@outlook.com



Dirigido por: Pichoasamin Morales Diego Fernando

Título: Ing. Electrónica en Automatización y Control

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: diego.pichoasamin@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

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

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ – ECUADOR

CRISTOBAL ROLANDO SILLO PATANGO

DIEGO XAVIER HARO GUAMAN



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 12 de marzo del 2025

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

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

Por medio de la presente, yo, DIEGOXAVIER HARO GUAMAN declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REDISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA ELECTRICO EN LA ESCUELA HUGO ALEMAN FIERRO, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO, PARROQUIA EL CONDADO, BARRIO RANCHO SQAN ANTONIO ALTO, de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

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

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,

Diego Xavier Haro Guamán
C.I.:1719314252



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 8 de marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

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

Presente

Por medio de la presente, yo, Cristobal Rolando Sillo Patango declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado “Rediseño e implementación del sistema eléctrico en la escuela Hugo Alemán Fierro, ubicada en la ciudad de Quito , parroquia el Condado , barrio Rancho San Antonio Alto”, de la Tecnología Superior en Electricidad; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

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

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,

Cristobal Rolando Sillo Patango
C.I.: 1751091685

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

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD

AUTOR /ES:

CRISTOBAL ROLANDO SILLO PATANGO

DIEGO XAVIER HARO GUAMAN

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

ING. DIEGO PICHOSAMIN

CONTACTO ESTUDIANTE:

0998498779

0987495150

CORREO ELECTRÓNICO:

amor-rolando@hotmail.com

diegoxavi-2388@outlook.com

TEMA:

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO EN LA ESCUELA
HUGO ALEMAN FIERRO, UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO, PARROQUIA EL
CONDADO, BARRIO RANCHO SAN ANTONIO ALTO.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El proyecto “Rediseño e implementación del sistema eléctrico en la escuela Hugo Alemán Fierro, ubicada en la ciudad de Quito , parroquia el Condado , barrio Rancho San Antonio Alto”, tiene como objetivo implementar un nuevo sistema de suministro eléctrico seguro, eficiente y confiable en la Escuela Hugo Alemán Fierro, siguiendo las normativas ISO, con esto se busca optimizar el consumo de energía, garantizar el funcionamiento continuo de los equipos eléctricos y mejorar las condiciones de iluminación y seguridad en las instalaciones, a través de un diagnóstico técnico, se identificaron deficiencias en el sistema eléctrico existente, como cortocircuitos, sobrecalentamiento y falta de mantenimiento, la implementación incluye la instalación de luminarias LED, tomacorrientes seguros, protecciones eléctricas adecuadas y un sistema de puesta a tierra conforme a la normativa NEC, con los resultados demuestran una mejora significativa en los niveles de iluminación, reducción de riesgos eléctricos y un sistema más eficiente y seguro para la comunidad educativa.

PALABRAS CLAVE: Telurímetro, protección, resistencia, normativas, eficiencia.

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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

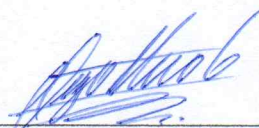
ABSTRACT:

This project aims to implement a new safe, efficient, and reliable electrical supply system at the Hugo Alemán Fierro School, following ISO standards. The goal is to optimize energy consumption, ensure the continuous operation of electrical equipment, and improve lighting and safety conditions in the facilities. Through a technical diagnosis, deficiencies in the existing electrical system were identified, including short circuits, overheating, and lack of maintenance. The implementation includes the installation of LED lighting, secure outlets, appropriate electrical protections, and a grounding system compliant with NEC regulations. The results demonstrate a significant improvement in lighting levels, reduced electrical risks, and a more efficient and secure system for the educational community.

PALABRAS CLAVE: Earth tester, protection, resistance, regulations, efficiency.



Firma del Estudiante (AUTOR)
Cristobal Rolando Sillo Patango
C.I.: 1751091685



Firma del Estudiante (AUTOR)
Diego Xavier Haro Guamán
C.I.: 1719314252



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 12 de marzo del 2025

Sres.-

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

Presente

Yo DIEGO XAVIER HARO GUAMAN con C.I.: 1719314252 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante
Diego Xavier Haro Guamán
C.I.:1719314252



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 8 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Cristobal Rolando Sillo Patango, con C.I.: 1751091685 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante

Cristobal Rolando Sillo Patango

C.I.: 1751091685

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

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

Dedicatoria

*Yo, **Cristóbal Rolando Sillo Patango**, dedico este trabajo a mi querida esposa, quien, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido mi mayor fuente de inspiración. A mis hijos, por acompañarme en cada etapa de mi vida, brindándome su aliento y fortaleza en los momentos difíciles. A mis familiares, quienes con su compañía y palabras de ánimo hicieron más llevadero este camino. A mis docentes y tutores, por su paciencia, dedicación y conocimientos compartidos, los cuales han sido fundamentales en mi crecimiento académico y personal.*

*Por su parte, yo, **Diego Xavier Haro Guaman**, dedico este esfuerzo a mis padres, cuyas enseñanzas han sido una fuente inagotable de inspiración y cuya guía me ha permitido alcanzar mis metas. A mi futura esposa, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome su apoyo moral y ético incondicionalmente a lo largo de estos años. Y a mis hijos, quienes representan mi mayor motivación y la razón de mi esfuerzo constante para construir un mejor futuro. Y, por supuesto, a mis profesores, cuyo compromiso y guía han dejado una marca indeleble en mi formación y en mi vida.*

Agradecimiento

*Yo, **Cristobal Rolando Sillo Patango**, expreso mi más sincero agradecimiento al Instituto Universitario Rumiñahui por haber sido un pilar fundamental en mi desarrollo académico y profesional.recio profundamente la dedicación de los docentes, quienes, con su experiencia y compromiso, han guiado mi formación, proporcionándome las herramientas necesarias para afrontar con confianza los retos de mi carrera. La calidad de enseñanza y el apoyo brindado han sido clave en la realización de este proyecto y en mi motivación para seguir innovando y contribuyendo al sector eléctrico.*

*Por otro lado, yo, **Diego Xavier Haro Guaman**, también quiero manifestar mi gratitud al Instituto Universitario Rumiñahui por permitirme crecer tanto en el ámbito académico como personal. Gracias a la educación recibida y a la guía de los docentes, he desarrollado habilidades y competencias esenciales para mi formación. Esta comunidad educativa ha sido un espacio de aprendizaje y superación que ha impulsado mi deseo de continuar mejorando y aportando soluciones innovadoras.*

Finalmente, ambos queremos agradecer a Dios por darnos fortaleza, a nuestras familias por su amor incondicional y a nuestros compañeros, quienes han compartido este camino con nosotros, brindándonos motivación y apoyo constante en cada etapa de este proceso.

Resumen

Este proyecto posee el objetivo implementar una nueva Red de distribución de energía eléctrica segura, eficiente y confiable en la Escuela Hugo Alemán Fierro, siguiendo las normativas ISO, con esto se busca optimizar el consumo de energía, garantizar el funcionamiento continuo de los equipos eléctricos y optimizar las condiciones de iluminación y seguridad en las instalaciones, a través de un diagnóstico técnico, se identificaron deficiencias en el sistema eléctrico existente, como cortocircuitos, sobrecalentamiento y falta de mantenimiento, la implementación incluye la instalación de luminarias LED, tomacorrientes seguros, protecciones eléctricas adecuadas y una técnica de puesta a tierra conforme a la normativa NEC, con los resultados demuestran una mejora significativa en los niveles de iluminación, reducción de riesgos eléctricos y un sistema más eficiente y seguro para la comunidad educativa.

Palabras Clave: Telurímetro, protección, resistencia, normativas, eficiencia.

Abstract

This project aims to implement a new safe, efficient, and reliable electrical supply system at the Hugo Alemán Fierro School, following ISO standards. The goal is to optimize energy consumption, ensure the continuous operation of electrical equipment, and improve lighting and safety conditions in the facilities. Through a technical diagnosis, deficiencies in the existing electrical system were identified, including short circuits, overheating, and lack of maintenance. The implementation includes the installation of LED lighting, secure outlets, appropriate electrical protections, and a grounding system compliant with NEC regulations. The results demonstrate a significant improvement in lighting levels, reduced electrical risks, and a more efficient and secure system for the educational community.

Keywords: Earth tester, protection, resistance, regulations, efficiency.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
Índice de Contenidos.....	8
Índice de Figuras.....	10
Índice de Tablas.....	13
CAPITULO I.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Planteamiento del Problema.....	15
1.2. Justificación.....	16
1.3. Alcance.....	16
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivos General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPITULO II.....	18
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Electricidad.....	18
2.2. Unidades de medida de la electricidad.....	18
2.3. Circuitos Eléctricos.....	19
2.4. Iluminación.....	20
2.4.1. Tipos de Iluminación.....	20
2.5. Color.....	20
2.6. Influencia del color en el ambiente.....	22
2.7. Sistema de Alumbrado.....	22
2.7.1. Métodos de Alumbrado.....	23
2.7.2. Altura de Suspensión.....	24
2.7.3. Índice Local.....	25
2.7.4. Niveles de Iluminación.....	25
2.8. Tomacorrientes y Dispositivos de Protección.....	26
2.8.1. Tomacorrientes.....	26
2.8.2. Protecciones Eléctricas.....	26
2.9. Calibre de los conductores (AWG).....	27
2.10. Sistema de Puesta a Tierra.....	27
2.11. Software Dialux.....	28
CAPITULO III.....	29
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	29
3.1. Situación inicial.....	30
3.1.1. Levantamiento de carga.....	30
3.1.2. Plano inicial.....	32
3.2. Problemas.....	34
3.3. Estudio de Demanda y Factor de Demanda.....	36

3.4. Clasificación Según el Área de Construcción a Intervenir en la Institución	36
3.5. Factor de Demanda.....	37
3.6. Diseño.....	38
3.6.1. Iluminación	38
3.6.2. Fuerza	63
3.6.3. Diagrama Unifilar de todo el sistema eléctrico implementado.	70
3.7. Caída de tensión	70
3.8. Puesta a tierra	73
3.9. Implementación	76
3.9.1. Áreas a Intervenir	76
3.9.2. Lista de Materiales.....	78
3.9.3. Instalación.....	79
CAPITULO IV.....	86
4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	86
4.1. Pruebas de funcionamiento.....	86
4.2. Niveles de iluminación	88
4.3. Caída de voltaje	90
CAPITULO V.....	92
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1. Conclusiones.....	92
5.2. Recomendaciones	93
6. BIBLIOGRAFIA.....	94

Índice de Figuras

Figura 1. Circuito Eléctrico.....	19
Figura 2. Circuito de tomacorriente	19
Figura 3. Temperatura de color correlacionada	21
Figura 4. Iluminancia	21
Figura 5. Tipos color de iluminación.....	22
Figura 6. Sistema de luz.....	23
Figura 7. Distribución de luminarias en alumbrado general.....	23
Figura 8. Alumbrado general localizado.....	23
Figura 9. Alumbrado localizado	24
Figura 10. Medidas a tomar para la altura de suspensión	24
Figura 11. Medidas a tomar en cuenta para el Índice local	25
Figura 12. Niveles de iluminación recomendados.....	25
Figura 13. Tomacorriente tipo B.....	26
Figura 14. Interruptor termomagnético.....	26
Figura 15. Tipos de cable eléctrico (AWG).....	27
Figura 16. Esquema de una puesta a tierra	27
Figura 17. Software DIALux	28
Figura 18. Escuela Hugo Alemán Fierro	29
Figura 19. Localidad en el mapa.....	29
Figura 20. Plano General de la institución parte (1)	32
Figura 21. Plano general de la institución parte (2)	33
Figura 22. Fotografía de las aulas.	34
Figura 23. Fotografía de las aulas por dentro.	34
Figura 24. Fotografía de pasillo de la sala de profesores sin iluminación.....	35
Figura 25. Fotografía de la caja térmica en mal estado	35
Figura 26. Clasificación de las viviendas según el área de construcción	37
Figura 27. Factor de demanda.....	37
Figura 28. Luminaria a utilizar	38
Figura 29. Especificaciones técnicas de la lámpara SYLVANIA	39
Figura 30. Simulación de las aulas	40
Figura 31. Flujo luminoso del aula	40
Figura 32. Simulación del área.	41
Figura 33. Flujo luminoso.....	41
Figura 34. Resultado de la simulación de la sala de profesores.....	41
Figura 35. Flujo Luminoso de la sala de profesores	42
Figura 36. Simulación de la bodega de educación.....	42
Figura 37. física Flujo luminoso de la bodega de educación física	42
Figura 38. Flujo Luminoso	43
Figura 39. Resultado de la simulación.....	43
Figura 40. Resultado de la simulación.....	43
Figura 41. Resultado de la simulación de la cocina.....	44
Figura 42. Flujo luminoso.....	44
Figura 43 Flujo luminoso dentro de la cocina	44
Figura 44. Resultado de la simulación.....	45

Figura 45. Flujo luminoso.....	45
Figura 46. Resultado de la simulación.....	45
Figura 47. Flujo luminoso dentro del aula de 2do	46
Figura 48. Resultado de la simulación.....	46
Figura 49. Flujo luminoso del aula de 3ro	46
Figura 50. Flujo luminoso de las aulas	47
Figura 51. Resultado de la simulación.....	47
Figura 52. Resultado de la simulación.....	47
Figura 53. Flujo luminoso del aula de 7mo	48
Figura 54. Flujo luminoso del aula de 8vo	48
Figura 55. Resultado de la simulación.....	48
Figura 56. Flujo luminoso de las aulas de 9no y 10mo	49
Figura 57. Resultado de la simulación.....	49
Figura 58. Resultado de la simulación.....	49
Figura 59. Resultado de la simulación.....	50
Figura 60. Flujo luminoso de la bodega de la planta superior	50
Figura 61. Coeficiente de reflexión	53
Figura 62. Factor de mantenimiento	54
Figura 63. Valores del factor de utilización.....	54
Figura 64. Plano de la distribución de las luminarias de toda la institución.....	61
Figura 65. Plano de la distribución de las luminarias de toda la institución.....	62
Figura 66. Tamaño de conductores de puesta a tierra y equipos	66
Figura 67. Plano de fuerza/ tomacorrientes	68
Figura 68. Plano de fuerza/ tomacorrientes	69
Figura 69. Diagrama unifilar del proyecto.....	70
Figura 70. Medición con el Telurómetro	73
Figura 71. Malla de un cuadrado con varillas electrodo.....	74
Figura 72. Plano de la distribución de las luminarias de las áreas a intervenir	76
Figura 73. Plano de la distribución de los toma corriente de las áreas a intervenir.....	77
Figura 74. Tablero principal antes.	79
Figura 75. Tablero principal actual.	80
Figura 76. Tablero de 4 puntos inicial.	80
Figura 77. Tablero de 4 puntos después de la intervención.	81
Figura 78. Tablero secundario antes de la intervención.	81
Figura 79. Tablero secundario bifásico después de la intervención.	82
Figura 80. Luminarias antes de la intervención	82
Figura 81. Administración después de la implementación	83
Figura 82. Tomacorrientes antes de la intervención.	83
Figura 83. Tomacorrientes después de la intervención.....	84
Figura 84. Interruptor antes de la intervención.....	84
Figura 85. Interruptores después de la intervención	85
Figura 86. Realización de la puesta a tierra con sus materiales.....	85
Figura 87. Funcionamiento de la luminaria de la bodega de educación física	86
Figura 88. Funcionamiento de la dirección.....	86
Figura 89. Funcionamiento de la luminaria del baño	87
Figura 90. Medición de la puesta a tierra después de la implementación.....	87

Figura 91. Medición antes y después de la instalación	89
Figura 92. Medición antes y después de la instalación.	89
Figura 93. Mediciones del antes y después.....	90
Figura 94. Medición de la acometida.....	91
Figura 95. Medición del Cir. Tomacorriente-L.	91

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de Iluminación.	20
Tabla 2. Cargas de los circuitos	30
Tabla 3. Área de construcción de la institución.....	36
Tabla 4. Datos de la simulación.....	50
Tabla 5. Datos de todas las áreas de la escuela.....	52
Tabla 6. Datos del coeficiente de reflexión de las áreas	53
Tabla 7. Numero de luminarias por cada área a intervenir	56
Tabla 8. Intensidad total por circuito a intervenir.....	57
Tabla 9. Protección para cada circuito.....	59
Tabla 10. Número de conductores por diámetro de tubería.....	60
Tabla 11. Potencia proyectada por cada circuito a intervenir	63
Tabla 12. Cálculo de cargas en cada circuito de la institución	64
Tabla 13. Protecciones por circuito de fuerza de la institución	66
Tabla 14. Valores de caída calculados.....	72
Tabla 15. Medición de luxes.....	88
Tabla 16. Medición de caída de tensión en los circuitos	90

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La electricidad representa uno de los fundamentos esenciales de la vida moderna, ya que su disponibilidad y uso eficiente son esenciales para el desarrollo de las sociedades y la seguridad y el bienestar de las personas que la convierten en una fuente de energía indispensable en prácticamente todas las actividades humana, sin embargo, cuando los sistemas eléctricos no cumplen siguiendo los criterios de seguridad y eficiencia, pueden surgir problemas que afectan no solo el funcionamiento de los equipos, sino también la seguridad de las personas. Este es el caso de la Escuela Hugo Alemán Fierro, que enfrenta un deterioro significativo en su sistema eléctrico, lo que ha generado fallas recurrentes, interrupciones en el suministro y riesgos para la comunidad educativa.

El mal estado del sistema eléctrico de la institución se debe a múltiples factores, como la antigüedad de las infraestructuras, la ausencia de mantenimiento preventivo y la utilización de materiales de calidad deficiente en reparaciones anteriores, estas deficiencias han provocado cortocircuitos, sobrecalentamiento de los conductores y daños en los equipos electrónicos, lo que no solo interrumpe las actividades académicas, sino que también representa un riesgo latente para la integridad física de los estudiantes y el personal. Además, la insuficiente iluminación en las aulas y pasillos dificulta el desarrollo de las clases, especialmente aquellas que requieren el uso de tecnología, lo que impacta de manera directa en la calidad educativa.

Ante esta problemática, resulta imperativo implementar un nuevo sistema de suministro eléctrico que sea seguro, eficiente y confiable, siguiendo las normativas internacionales como las ISO, en este proyecto no solo busca optimizar el consumo de energía, sino también garantizar el funcionamiento continuo y seguro de todos los equipos eléctricos, brindando condiciones Adecuadas para la realización de las actividades.

En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es diseñar e implementar un sistema eléctrico que cumpla de acuerdo con los criterios de seguridad y eficiencia, asegurando un entorno de aprendizaje seguro y funcional para los usuarios de la Escuela Hugo Alemán Fierro, a través de un diagnóstico técnico, la sustitución de los cables en mal estados, con esto se minimiza los riesgos y permitir el correcto desarrollo de las actividades académicas, garantizando así un entorno favorable para el aprendizaje y la convivencia en la escuela.

1.1. Planteamiento del Problema

La electricidad es uno de los pilares esenciales de la vida moderna, ya que su disponibilidad y uso son esenciales para el progreso de las comunidades y el bienestar de los individuos. Su calidad radica en que es una fuente de energía versátil, limpia en su uso final y capaz de alimentar una gran variedad de dispositivos y sistemas que sustentan prácticamente todas las actividades humanas.

Es por ello la escuela Hugo Alemán Fierro enfrenta un problema crítico relacionado con el mal estado de su sistema eléctrico, específicamente los cables de alimentación y distribución de energía. Durante los últimos meses, se han detectado varias fallas recurrentes, como cortocircuitos, interrupciones en el suministro eléctrico y sobrecalentamiento de los conductores eléctricos. Estas deficiencias no solo afectan el funcionamiento de dispositivos esenciales como iluminación, ventiladores y equipos tecnológicos, sino que también representan un riesgo significativo para la seguridad de los estudiantes, docentes y personal administrativo.

El deterioro de los cables eléctricos ha sido atribuido a múltiples factores, como la antigüedad de la instalación, la falta de mantenimiento preventivo y las condiciones del entorno adversas, como la humedad. Además, la utilización de materiales de baja calidad en reparaciones anteriores ha agravado la situación, incrementando la vulnerabilidad del sistema eléctrico.

Este problema tiene varias consecuencias negativas:

Interrupciones en las actividades escolares: Las constantes fallas eléctricas dificultan el desarrollo de clases regulares, especialmente aquellas que requieren el uso de tecnología.

Riesgos de seguridad: Existe un alto riesgo de incendios, descargas eléctricas y otros accidentes que podrían comprometer la seguridad física de los estudiantes y el personal.

Desgaste de equipos: Los picos de voltaje y apagones han causado daños en los equipos electrónicos de la institución, lo que genera gastos adicionales.

La situación requiere una atención inmediata para garantizar un ambiente seguro y funcional en la escuela, minimizando los riesgos y permitiendo el correcto desarrollo de las actividades académicas. La solución debe incluir un diagnóstico técnico, la sustitución de los cables en mal estado y la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico.

1.2. Justificación

Este proyecto de renovación es indispensable para cumplir con las normativas vigentes de seguridad y eficiencia eléctrica, y garantizar un entorno de aprendizaje seguro y funcional. Una nueva instalación eléctrica permite una distribución adecuada de la energía, reduciendo los riesgos de accidentes eléctricos y asegura la disponibilidad continua de energía para los equipos modernos. Además, esta actualización contribuye en disminuir los costos operativos mediante un hábito más eficaz de la energía, apoyando la sostenibilidad y el desarrollo de la entidad educativa. Es así como el cableado antiguo se reemplazó por un nuevo, tomando en cuenta los nuevos puntos de conexiones de luminarias led y de bajo consumo, esto da una mejor iluminación para las actividades escolares.

Para lo cual el proyecto requiere de ciertos parámetros como son:

- La evaluación y diagnóstico de las instalaciones eléctricas existentes, lo cual nos ayudara a identificar todas las deficiencias y necesidades específicas.
- Planificación y diseño de las nuevas instalaciones eléctricas, tomando en cuenta que cumpla con los estándares basado en las normativas vigentes.
- Obtención de los materiales eléctricos de calidad, lo cual garantice la durabilidad y seguridad de las nuevas instalaciones eléctricas.

Es así que esto ayuda a tener un sistema eléctrico con sus respectivas protecciones y en buen estado, lo cual disminuye costos de reparación y aumenta su vida útil de los equipos eléctricos de la institución.

1.3. Alcance

Diseño del sistema eléctrico de la escuela Hugo Alemán Fierro, la cual cuenta con 14 aulas, distribuidas de la siguiente manera: 2 aulas de 5,42m x 7,40m; 1 de 3,72m x 3,15m; 1 de 7,55x6; 1 de 9,66x8,08; 1 de 9,63x4, 8m; 1 de 7,56x4,88m; 1 de 6x4m,88 m; 1 aula de forma octagonal 3,50m x 4m,62x2m; 1 aula de 5m x 4,90m; 1 aula de 5,89m x 5,20m y 2 aulas de 9mx3m.

- Implementación de 6 aulas de 9x3m
- Elaboración de planos en autocad y Dialux
- Colocar detectores de humo, Colocación de sensores de movimiento en pasillo de las aulas a ejecutar.

- Aplicación de las normativas NEC.
- Medición de la fuerza del sistema eléctrico.
- Implementación del sistema de conexión a tierra en función del diseño eléctrico.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivos General*

Implementar nuevo sistema de suministro eléctrico seguro, eficiente y confiable siguiendo las normativas ISO esto optimizara el consumo de energía los cual va a permitir el funcionamiento continuo y seguro de todos los equipos eléctricos brindando condiciones adecuadas para el desarrollo de las actividades de los usuarios de la Escuela Hugo Alemán Fierro.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Asegurar que todos los componentes de la instalación cumplan con los estándares y códigos de seguridad eléctrica, reduciendo riesgos de accidentes, fallos y posibles incendios
- Implementar un diseño de instalación que permita el uso eficiente de la energía, minimizando pérdidas y aprovechando al máximo los recursos disponibles para reducir el consumo eléctrico y los costos operativos.
- Instalar dispositivos de protección adecuados, como interruptores automáticos y fusibles, que garanticen la desconexión inmediata en caso de fallos, protegiendo tanto a las personas como a los equipos.
- Instalar los puntos de tierra de la escuela, aplicando la normativa establecida NEC-SB-IE, para prevenir riesgos eléctricos.
- Diseñar planos Eléctricos de la institución Hugo Alemán Fierro conforme a las normas IEC 60617, con el propósito que permita realizar revisiones y reparaciones sin dificultad, favoreciendo la conservación y prolongación de la vida útil del sistema eléctrico.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Electricidad

Es un tipo de energía vinculada al movimiento de cargas eléctricas, usualmente electrones, a través de un material conductor. La electricidad se muestra en diversas formas, como corriente eléctrica, campos eléctricos y magnéticos, y se utiliza para alimentar dispositivos, máquinas, y sistemas en la vida cotidiana e industrial. Se mide en términos de propiedades como el voltaje, la intensidad de corriente y la resistencia.

2.2. Unidades de medida de la electricidad

- **Voltaje (Tensión o Diferencia de Potencial Eléctrico).**

Mide la energía por unidad de carga necesaria para mover una carga eléctrica de un punto a otro, la unidad es el: Voltio (V)

Fórmula: $V = I * R$

- **Corriente Eléctrica**

Mide el flujo de carga eléctrica a través de un conductor por unidad de tiempo, la unidad es el: Amperio (A)

Fórmula: $I = \frac{Q}{t}$

- **Resistencia Eléctrica**

Oposición que un material ofrece al caudal de corriente eléctrica, la unidad de medida es el: Ohmio (Ω)

Fórmula: $R = \frac{V}{I}$

- **Potencia Eléctrica**

La velocidad con la que se consume o genera energía eléctrica, cuya unidad de medida es el vatio (W).

Fórmula: $P = V * I$

2.3. Circuitos Eléctricos

El circuito eléctrico es importante para cualquier instalación eléctrica, permitiendo la distribución de energía desde la fuente hasta los puntos de consumo. Se clasifican principalmente en:

- **Circuitos de Fuerza**

Destinados a alimentar equipos de alta potencia, como motores y maquinaria industrial.

- **Circuitos de Iluminación**

Diseñados para suministrar energía a las luminarias de un edificio o espacio específico.

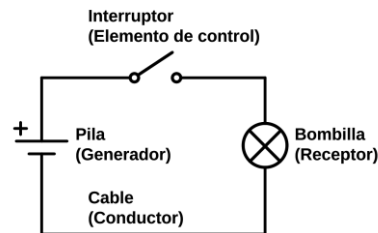


Figura 1. Circuito Eléctrico
Fuente: Obtenido de (Carlos, 2013)

- **Circuitos de Tomacorrientes**

Utilizados para proporcionar energía a dispositivos eléctricos portátiles y electrodomésticos.

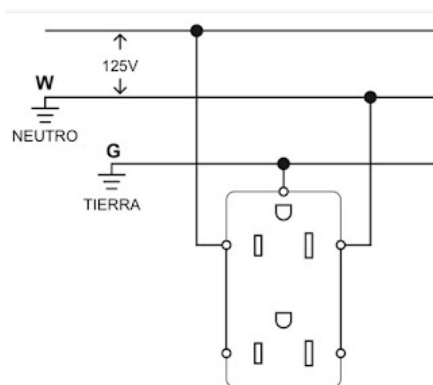


Figura 2. Circuito de tomacorriente
Fuente: Obtenido de (Loor, 2017)

El dimensionamiento adecuado de estos circuitos es fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de la instalación, cumpliendo con normativas como la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).

2.4. Iluminación

2.4.1. Tipos de Iluminación

- **Iluminación Natural**

Provista por la luz solar, es esencial en el diseño arquitectónico para reducir el consumo energético y mejorar el confort visual.

- **Iluminación Artificial**

Generada mediante fuentes luminosas como lámparas y luminarias. Las tecnologías más comunes se las puede ver en la tabla No 1.

Tabla 1. Tipos de Iluminación.

LED (Diodo Emisor de Luz)	Ofrecen elevada eficiencia energética y prolongada duración.
Fluorescentes	Eficientes y de bajo consumo, aunque contienen mercurio, lo que requiere un manejo adecuado.
Incandescentes	Menos eficientes y con mayor consumo energético, actualmente en desuso por normativas de eficiencia.

Obtenido de (Tierra, 2023), que habla sobre los tipos de emisores de luz artificial.

2.5. Color

En cuanto a la apariencia del color de las lámparas está determinada por su temperatura de color correlacionada; por lo tanto, se clasifica en tres grados de apariencia según la tonalidad que pueden ser:

- Luz fría
- Luz neutra

- Luz cálida

La temperatura de color, medida en Kelvin (K), explica la apariencia cromática de una fuente de luz:

Temperatura de color correlacionada	Apariencia de color
$T_c > 5.000 \text{ K}$	Fría
$3.300 \leq T_c \leq 5.000 \text{ K}$	Intermedia
$T_c < 3.300 \text{ K}$	Cálida

Figura 3. Temperatura de color correlacionada
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

En la figura 3, se ve los niveles de la temperatura en correlación del color.

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1.000$	↑	↑	↑
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutra
$2.000 < E < 3.000$	↑	↑	↑
$E \geq 3.000$	no natural	estimulante	agradable

Figura 4. Iluminancia
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

En la figura 3, se mira los valores de iluminancia en correlación del color de la luz.

2.6. Influencia del color en el ambiente.

El color de la iluminación influye significativamente en el ambiente de un espacio. Las luces cálidas (2700K-3000K) crean una atmósfera acogedora y relajante, ideales para hogares, restaurantes o lugares de descanso. Las luces intermedias (3500K-4000K) ofrecen un balance entre calidez y neutralidad, adecuadas para oficinas y espacios educativos. Por otro lado, las luces frías (5000K-6500K) proporcionan un entorno más brillante y estimulante, favoreciendo la concentración en hospitales, fábricas o áreas de trabajo técnico. La elección del color debe adaptarse al propósito del lugar para garantizar confort y funcionalidad (Paredes y Aries, 2018).



Figura 5. Tipos color de iluminación
Fuente: Obtenido de (Benitez, 2023)

2.7. Sistema de Alumbrado

Un sistema de alumbrado puede utilizar diversas técnicas para distribuir la luz de manera eficiente, ya que la luz directa es aquella que procede directamente de la fuente de iluminación hacia el área a iluminar, proporcionando una iluminación intensa y precisa, en el caso de luz directa que proviene del techo, la luz se dispersa y emite directamente hacia el espacio desde una fuente ubicada en el techo, ideal para áreas amplias como oficinas o salones, por otro lado, la luz indirecta se refleja en las paredes o en superficies del entorno antes de llegar al área deseada, creando un ambiente suave y difuso, adecuado para generar un clima relajante o de baja luminancia, común en zonas de descanso o salas de estar (Cajamarca y Morales, 2018).

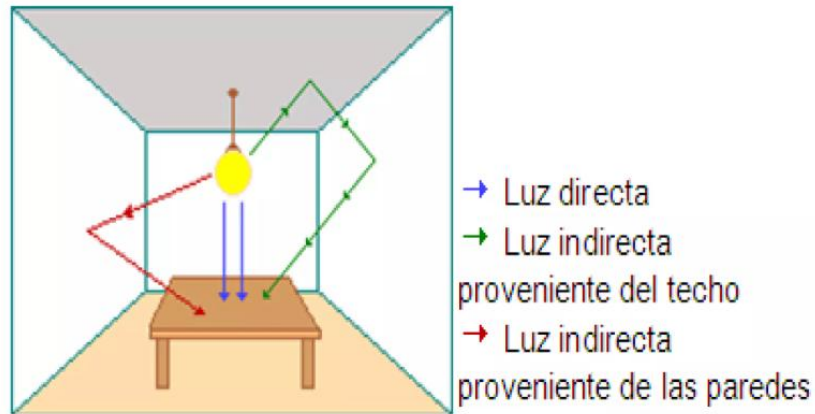


Figura 6. Sistema de luz
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

2.7.1. *Métodos de Alumbrado*

- Alumbrado General

Brinda una iluminación consistente en todo el espacio.

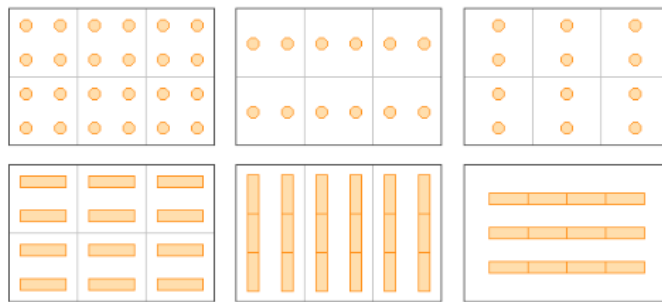


Figura 7. Distribución de luminarias en alumbrado general
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

- Alumbrado General Localizado

Combina iluminación general con refuerzos en áreas específicas.

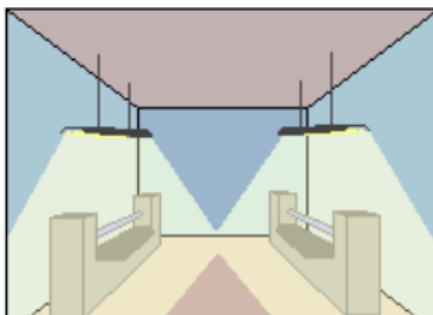


Figura 8. Alumbrado general localizado
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

- Alumbrado Localizado

Ilumina zonas particulares, como escritorios o áreas de trabajo.



Figura 9. Alumbrado localizado
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

2.7.2. *Altura de Suspensión*

La altura a la que se instalan las luminarias influye en la dispersión de la luz y en la consistencia de la iluminación. Una altura adecuada evita deslumbramientos y sombras indeseadas.

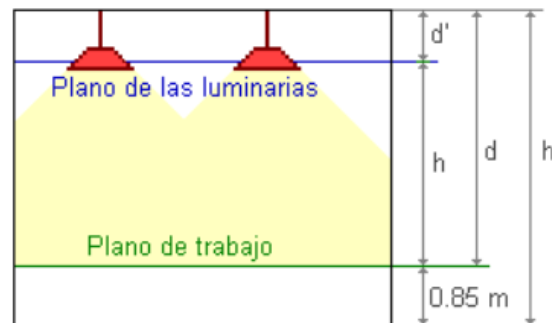


Figura 10. Medidas a tomar para la altura de suspensión
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

En la figura 10, se observa las medidas que se tiene que tomar en cuenta para tener la altura de instalación.

Donde:

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

h'' = altura del local.

d = altura del plano de trabajo al techo.

d'' = altura entre el plano de trabajo y las luminarias.

2.7.3. Índice Local

El índice local es una relación que considera las dimensiones del espacio y la elevación de instalación de las fuente de luz, determinando la eficiencia del sistema de iluminación.

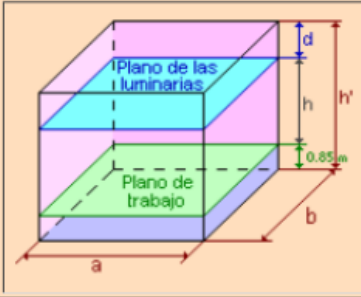
	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Figura 11. Medidas a tomar en cuenta para el Índice local
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

2.7.4. Niveles de Iluminación

Los niveles de luminosidad se refieren a la cantidad de iluminación requerida para llevar a cabo tareas específicas de manera eficiente y segura. Estos niveles de acuerdo con el tipo de actividad y el ambiente, y se miden en lux (lx) para garantizar la adecuada visibilidad y confort visual (Beltrán Molina y Merchán Arévalo, 2013).

TAREAS Y CLASES DE LOCAL	ILUMINANCIA MEDIA EN SERVICIO (LUX)		
	MÍNIMO	RECOMENDADO	ÓPTIMO
ZONAS GENERALES DE EDIFICIOS			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
CENTROS DOCENTES			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
OFICINAS			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
COMERCIOS			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000

Figura 12. Niveles de iluminación recomendados
Fuente: Obtenido de (Gurmendi, 2020)

2.8. Tomacorrientes y Dispositivos de Protección

2.8.1. Tomacorrientes.

Los tomacorrientes deben ser seleccionados y ubicados según la demanda de los equipos a

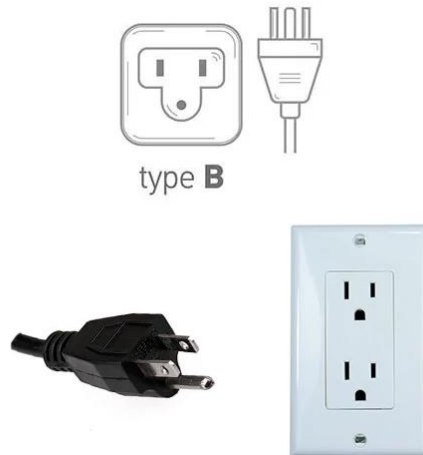


Figura 13. Tomacorriente tipo B

Fuente: Obtenido de (Urgo, 2024)

conectar, garantizando polarización correcta y protección adecuada.

En la figura 13, se observa el tomacorriente que se utiliza más en Ecuador por lo tanto es relevante presentarlo en este apartado ya que soporta conexión a tierra ya que posee tres clavijas.

2.8.2. Protecciones Eléctricas.

Los dispositivos de protección, como interruptores termomagnéticos y fusibles, son esenciales para prevenir sobrecargas y cortocircuitos, protegiendo tanto a las personas como a los equipos.



Figura 14. Interruptor termomagnético

Fuente: Obtenido de (Garcia, 2021)

2.9. Calibre de los conductores (AWG).

El calibre de los conductores AWG (American Wire Gauge) es un sistema de medición utilizado para determinar el grosor o diámetro de los cables eléctricos. A medida que el número AWG aumenta, el diámetro del conductor disminuye, lo que afecta su capacidad de transportar

Amperaje que soportan los cables de cobre			
Temperatura:	60°C	75°C	90°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XNNW-2, THWN-2
Calibre AWG	Amperaje		
14	15 A	15 A	15 A
12	20 A	20 A	20 A
10	30 A	30 A	30 A
8	40 A	50 A	55 A
6	55 A	65 A	75 A
4	70 A	85 A	95 A
3	85 A	100 A	115 A
2	95 A	115 A	130 A
1	110 A	130 A	145 A
1/0	125 A	150 A	170 A
2/0	145 A	175 A	195 A
3/0	165 A	200 A	225 A
4/0	195 A	230 A	260 A

Figura 15. Tipos de cable eléctrico (AWG)

Fuente: Obtenido de (Felipe, 2023)

corriente. Los cables de calibres más bajos (como el 12 AWG) son más gruesos y pueden manejar mayores corrientes, mientras que los de calibres más altos (como el 18 AWG) son más delgados y se utilizan para corrientes menores o aplicaciones específicas (Felipe, 2023).

2.10. Sistema de Puesta a Tierra

La conexión a tierra es fundamental para la seguridad eléctrica, permitiendo desviar corrientes no deseadas y evitando riesgos de electrocución. Debe diseñarse conforme a las normativas vigentes, asegurando una resistencia adecuada (Amores Sánchez, 2016).

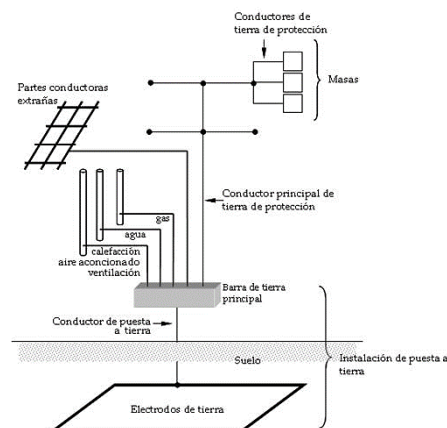


Figura 16. Esquema de una puesta a tierra
Fuente: Obtenido de (Amores Sánchez, 2016)

2.11. Software Dialux

DIALux es un software profesional utilizado para el diseño y de calculación de procedimientos de iluminación, tanto interiores como exteriores. Es ampliamente utilizado por ingenieros y diseñadores para planificar, simular y optimizar sistemas de alumbrado, permitiendo una visualización requiere la distribución de la luz en diferentes espacios, a través de DIALux, es posible importar modelos arquitectónicos en 3D, seleccionar fuentes de luz adecuadas y realizar cálculos sobre niveles de iluminación, eficiencia energética y distribución luminosa.

A demás el software ofrece una extensa base de datos de luminarias de fabricantes reconocidos, lo que facilita la selección de equipos adecuados según los requisitos del proyecto. Además, permite realizar simulaciones fotométricas para asegurar que los niveles de iluminación cumplan con las normativas y estándares, como los de la IESNA o la UNE, que también es posible crear informes detallados y planos técnicos para mostrar los resultados a clientes o autoridades (DIAL GmbH, 2024).

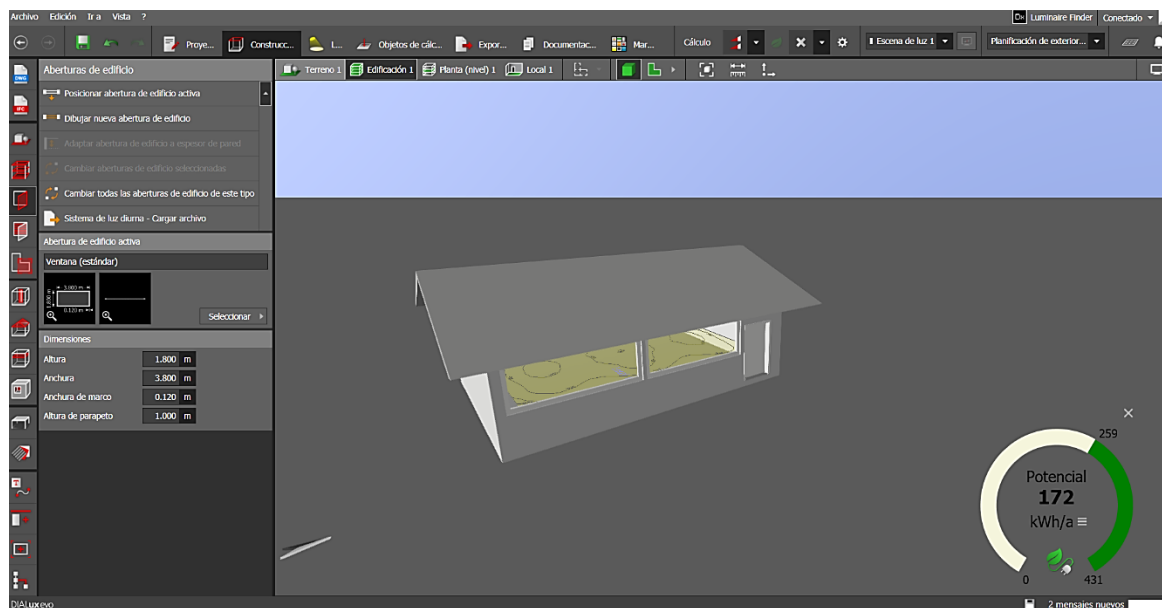


Figura 17. Software DIALux
Fuente: Captura del Software DIALux

CAPITULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

La escuela Hugo Alemán Fierro, ubicada en la provincia de Pichincha en el cantón Quito, que pertenece a la parroquia rural de Cotocollao en las calles Oe17b y Rancho San Antonio Alto, donde tiene un total de 12 docentes y con alrededor de 280 estudiantes, funciona solo en modalidad matutina hasta el 10 año de EGB

Su ubicación la observamos en la figura 3. (Escuela Hugo Alemán Fierro, 2024)



Figura 18. Escuela Hugo Alemán Fierro
Fuente: Fotografía propia.



Figura 19. Localidad en el mapa
Fuente. Google maps

3.1. Situación inicial

En las áreas de la Escuela Hugo Alemán Fierro que se intervendrán, existen múltiples deficiencias en el sistema eléctrico y de iluminación. Las dos aulas presentan un nivel de iluminación insuficiente, ya que solo cuentan con 6 focos de 10W a 6500K. Además, los tomacorrientes están en mal estado, lo que representa un riesgo para la seguridad, también las cajas de distribución están desordenadas, con cables sueltos y sin señalización adecuada, lo que dificulta cualquier tipo de mantenimiento o reparación, y varios circuitos carecen de la protección necesaria. En el gimnasio, la iluminación es aún más deficiente, con solo un foco de 15W, mientras que en la sala de profesores solo hay un foco y tres tomacorrientes dañados. En la bodega, la situación de iluminación también es precaria, con solo 2 focos y dos tomacorrientes en mal estado, así como en el pasillo de entrada no cuenta con iluminación alguna, lo que genera riesgos adicionales durante las horas no diurnas.

3.1.1. Levantamiento de carga

A continuación, en la tabla 2, se presenta la tabla de levantamiento de carga eléctrica correspondiente a las áreas de la Escuela Hugo Alemán Fierro. En esta tabla se detallan las cargas estimadas para cada uno de los circuitos eléctricos de las aulas, gimnasio, sala de profesores, bodega y pasillo, con base en la cantidad y tipo de dispositivos eléctricos presentes en cada espacio ya que la información obtenida es fundamental para el diseño y dimensionamiento adecuado del sistema eléctrico, garantizando que cada área cuente con la capacidad de carga necesaria para su correcta operación, sin sobrecargar los circuitos y asegurando un aprovechamiento eficiente de la energía.

Tabla 2. Cargas de los circuitos

Espacio	Cantidad de Focos	Potencia de focos (W)	Cantidad de Tomacorrientes	Potencia de Tomacorriente (W)	Carga Totales por área (W)
Bodega	2	15	2	200	430
Sala de profesores	1	15	3	200	615
Bodega de educación física	1	15	3	200	615
Aula de inicial 1	6	15	3	200	690
Aula de inicial 2	6	15	3	200	690
Baño de inicial	1	15	0	0	15
Administración	4	15	3	200	660

Baños de la planta baja	5	15	0	0	75
Cocina	2	15	2	200	430
Aula de 1ro	2	15	1	200	230
Aula de 2do	4	15	4	200	660
Aula de 3ro	3	15	3	200	645
Aula de 4to	2	15	2	200	430
Aula de 5to	2	15	2	200	430
Aula de 6to	2	15	2	200	430
Aula de 7mo	2	15	2	200	430
Aula de 8vo	3	15	2	200	445
Aula de 9no	2	15	2	200	430
Aula de 10mo	4	15	2	200	460
Sala de profesores de la planta alta	1	15	3	200	615
Bodega de la planta alta	1	15	0	0	15

El levantamiento de cargas inicial de la infraestructura eléctrica de la Unidad Educativa revela deficiencias en la iluminación y en la disponibilidad de tomacorrientes que la mayoría de los espacios cuentan con una cantidad insuficiente de luminarias, especialmente en aulas, bodegas y baños, donde la iluminación es limitada debido a la baja potencia de los focos instalados (15W). Además, varias áreas carecen completamente de tomacorrientes, lo que restringe el uso de equipos eléctricos esenciales en esta situación impacta negativamente en la confort y la funcionalidad de los espacios, afectando tanto el desempeño académico como la seguridad de estudiantes y personal.

El objetivo de incluir la columna carga total por área (W) en la tabla es determinar el consumo energético estimado de cada espacio dentro de la Unidad Educativa, permitiendo así un análisis más preciso de la distribución de la carga eléctrica que también es fundamental para identificar posibles sobrecargas en el sistema eléctrico, evaluar la eficiencia del consumo energético y dimensionar adecuadamente la infraestructura eléctrica

3.1.2. Plano inicial

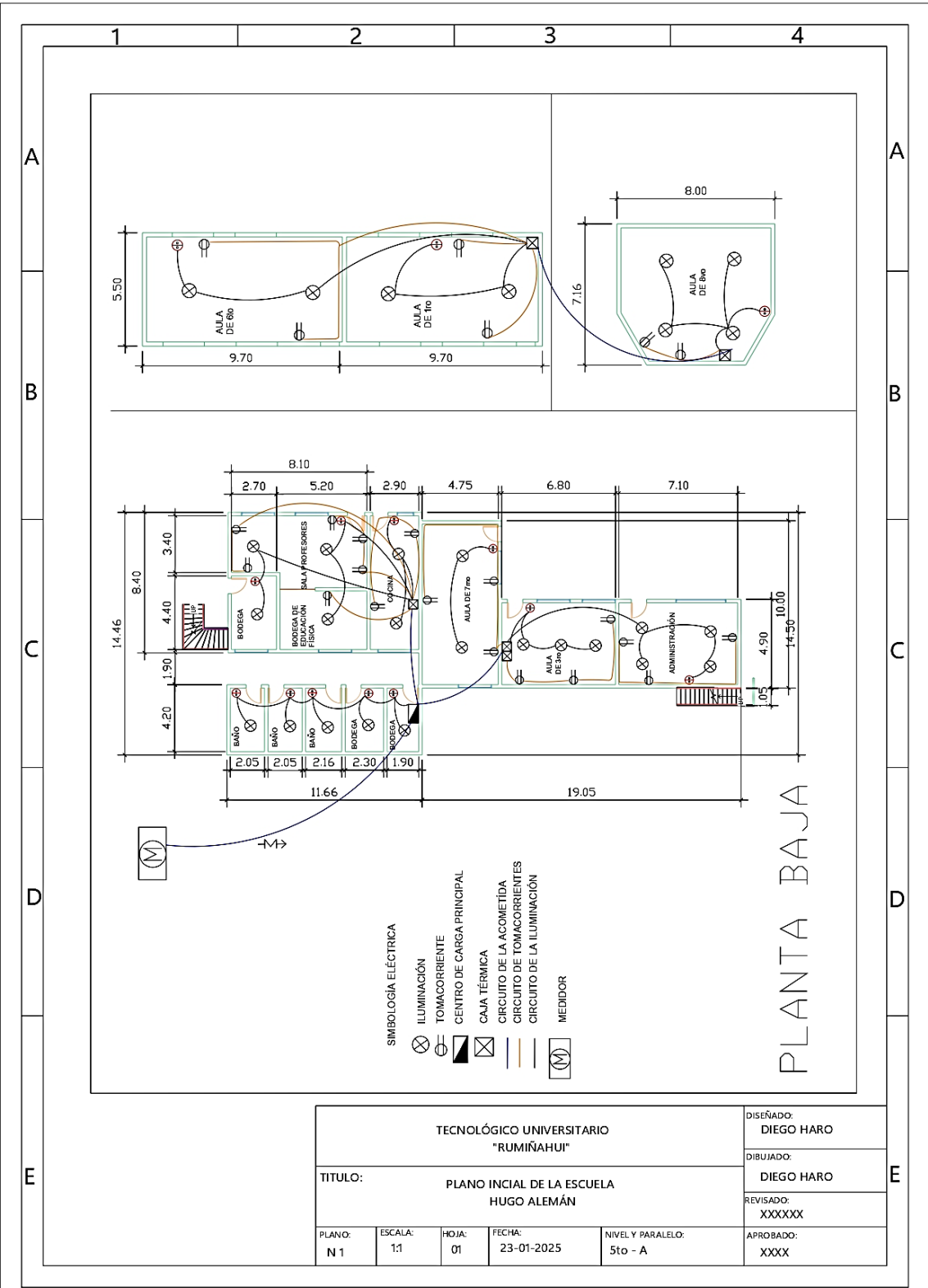


Figura 20. Plano General de la institución parte (1)
Fuente: Elaboración propia (AutoCAD 2024)

En la figura 20, se observa el plano general de la institución la parte 1 que en la siguiente figura 21 se muestra la segunda parte, se optó por hacer esto ya que es muy extenso y para mayor visibilidad de lo dividió en dos partes.

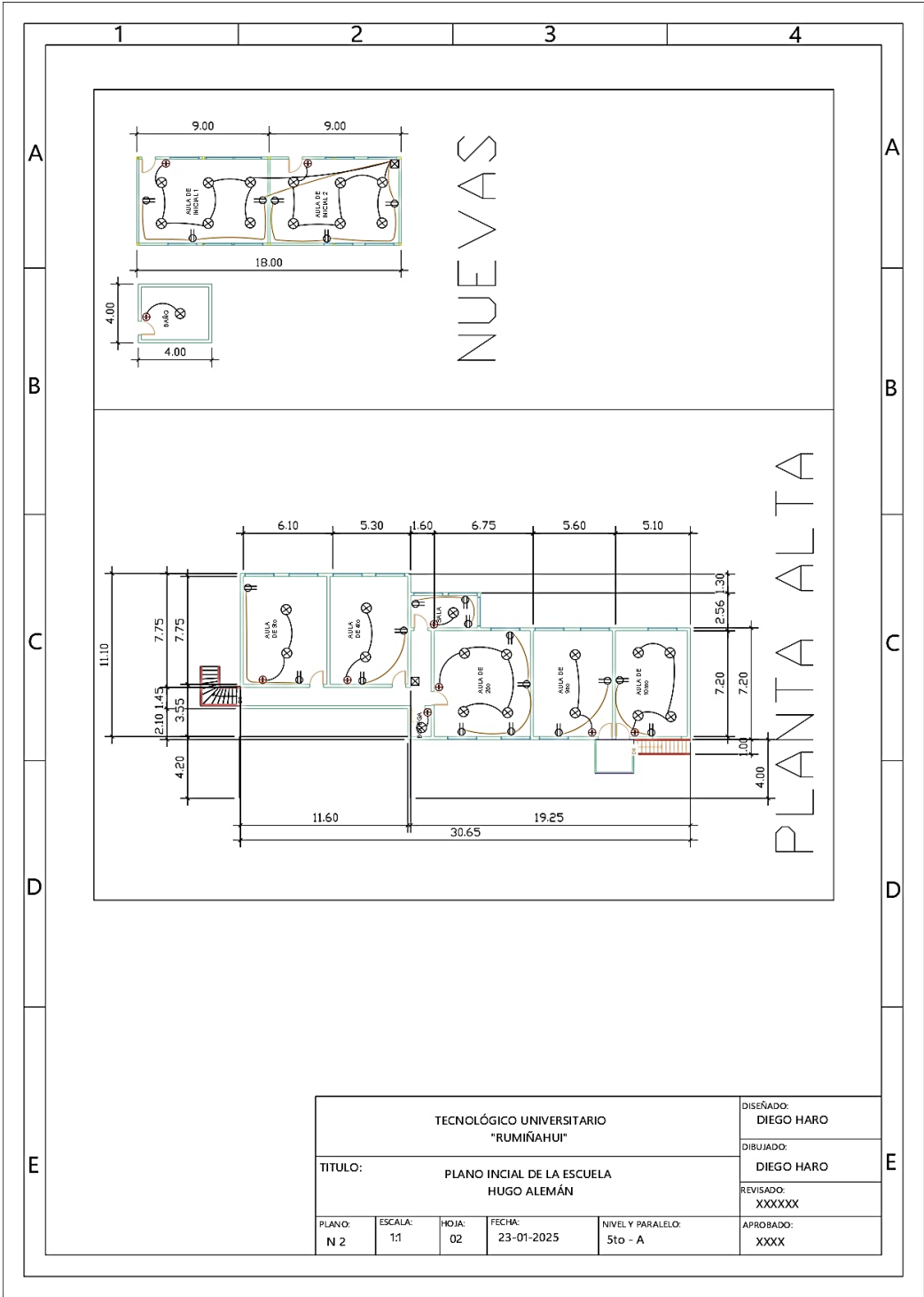


Figura 21. Plano general de la institución parte (2)
Fuente: Elaboración propia (AutoCAD 2024)

3.2. Problemas



Figura 22. Fotografía de las aulas.
Fuente: Elaboración propia

La figura 23, observa el pasillo de la escuela, el cual carece completamente de iluminación en esta área genera un entorno oscuro, lo que incrementa el riesgo de accidentes y dificulta la circulación de los usuarios, especialmente en horas nocturnas o con poca luz natural.



Figura 23. Fotografía de las aulas por dentro.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se observa una de las aulas, en la que se encuentran instalados 6 focos de 15W, los conductos eléctricos son inadecuados y están colgando, lo que representa un peligro tanto para las personas que utilizan el espacio como para la integridad de la instalación eléctrica, ya que estos pueden ocasionar cortocircuitos o fallos.



Figura 24. Fotografía de pasillo de la sala de profesores sin iluminación Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la figura 25, el pasillo de la sala de profesores, donde la iluminación es inexistente, en esta área oscura aumenta los riesgos de accidentes, dificultando la movilidad y afectando la seguridad del personal que circula por allí, sobre todo en horarios de baja luminosidad.

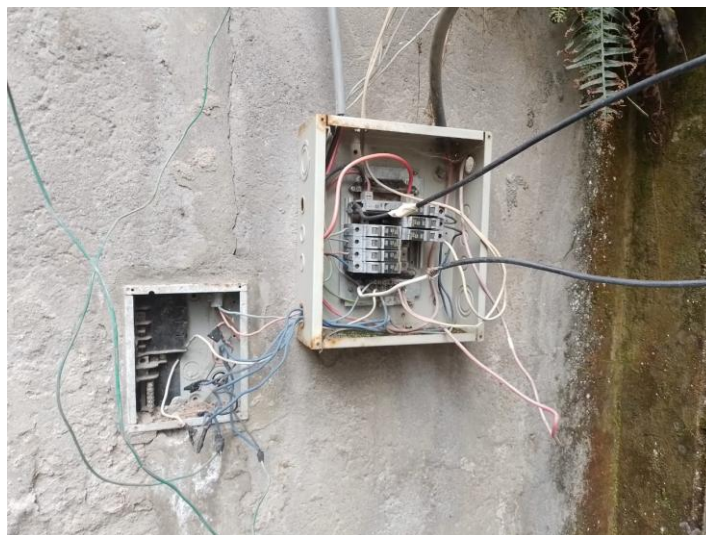


Figura 25. Fotografía de la caja térmica en mal estado Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, la caja térmica que alberga los circuitos eléctricos de la institución se encuentra en mal estado, los cables están desordenados y sin una organización adecuada, lo que dificulta la identificación y reparación de fallos, además, algunos circuitos no tienen protección, lo que pone en peligro las protecciones de las instalaciones y de las personas.

3.3. Estudio de Demanda y Factor de Demanda

En la determinación de la petición, es fundamental considerar las directrices establecidas por la norma NEC en su sección 2.3, según la última actualización que de esta normativa se extraen los siguientes.

En cuanto a la iluminación, se debe asignar una carga máxima de 100 vatios (W) por cada circuito de iluminación y en relación a los tomacorrientes, se debe asignar una carga de 200W por cada salida de tomacorriente (Sandoya, 2018).

3.4. Clasificación Según el Área de Construcción a Intervenir en la Institución

Para este punto es muy importante tener la clasificación de las áreas que se va a intervenir ya que es muy importante para el seguimiento de la norma NEC con el número mínimo de circuito.

Tabla 3. Área de construcción de la institución

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Área de construcción n (m ²)
Bodega	4.40	2.70	11.88
Sala de profesores	5.20	4.40	22.98
Bodega de educación física	5.20	4.00	20.80
Aula de inicial 1	9.00	6.00	54.00
Aula de inicial 2	9.00	6.00	54.00
Baño de inicial	5.00	4.00	20.00
Administración	7.10	4.90	34.79
Baños de la planta baja (5)	4.20	2.05	8.61
Cocina	8.40	2.90	24.36
Aula de 1ro	9.70	5.50	53.35
Aula de 2do	7.20	6.75	48.60
Aula de 3ro	6.80	4.90	33.32
Aula de 4to	7.75	5.80	44.95
Aula de 5to	7.75	5.80	44.95
Aula de 6to	9.70	5.50	53.35
Aula de 7mo	10.00	4.75	47.50

Aula de 8vo	8.00	7.16	57.28
Aula de 9no	7.20	5.45	39.24
Aula de 10mo	7.20	5.45	39.24
Sala de profesores de la planta alta	3.00	2.56	7.68
Bodega de la planta alta	2.10	1.60	3.36

Para sacar el área se utilizó esta fórmula:

$$A = \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

Con los m² de construcción total de cada una de las áreas a intervenir, se puede ver en la siguiente figura 27, a continuación.

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 26. Clasificación de las viviendas según el área de construcción

Fuente: Tomado de la norma NEC, (Sandoya, 2018)

Se observa en la figura 26, que por los m² que posee cada área se ubica en el grupo de vivienda pequeña, que habla con un mínimo de 1 circuito de iluminación y tomacorrientes.

3.5. Factor de Demanda

En este lineamiento según la norma NEC se debe obtener el factor de demanda en base a los m² de las áreas.

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

Figura 27. Factor de demanda

Fuente: Tomado de la norma NEC, (Sandoya, 2018)

De acuerdo a los m² de las áreas a intervenir, nos ubica en la fila de Pequeña – Mediana, donde se obtiene lo siguiente:

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

3.6. Diseño

3.6.1. Iluminación

Luminaria a utilizar.

La luminaria a utilizar para cada área de la escuela, se hace referencia a las tablas de valores de iluminancia, lo cual se realizó un análisis y consigo se tomó en cuenta lo siguiente.

- Temperatura
- Angulo de apertura
- Flujo luminoso
- Eficiencia lumínica
- Potencia
- Disposición en el mercado local
- Costos
- Beneficio

Ya realizado el análisis se optó por aplicar la luminaria de la marca silvania, tipo lineal led, de 36w.



Figura 28. Luminaria a utilizar
Fuente: Obtenido de (SYLVANIA, 2020)

En la figura 28, presenta el modelo de luminaria que se utilizará.

Luminarias LED Lineal
Waterproof Batten 36W 6500k
P23531-36



Luminaria industrial tipo hermética, con diseño de chasis lineal integrado, LED de altaeficacia. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS

Diseño con strip LED
 Chasis en PC resistente al impacto y difusor en PC
 Apropiado para usos en ambientes exigentes

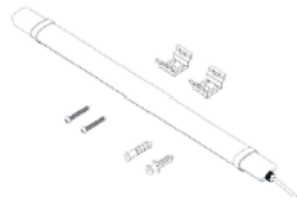
APLICACIONES

Bodegas y áreas de almacenamiento
 Ambientes industriales - Supermercados
 Estacionamientos - Túneles



DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	36 W
Flujo luminoso	3500 LM	Grado de protección IP	IP66 / IK04	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	Dimensiones (LxWxH)	1230x53x35 mm	Corriente de entrada	0.3 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Sobreponer	Factor de potencia	>0.90
Reproducción de color (IRC)	>70	Chasis	Polycarbonato	Distorsión armónica (THD)	<20%
Vida útil	20000 h L70	Óptica	Difusor PC	Tipo de driver	Integrado
Eficacia	95 lm/W	Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +40°C	Atenuable	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA

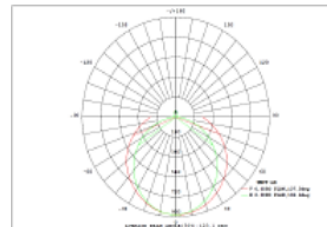


Figura 29. Especificaciones técnicas de la lampara SYLVANIA
 Fuente: Obtenido de (SYLVANIA, 2020)

En la figura 29, se observa las características técnicas que posee la lampara a utilizar.

Simulación

Aula de inicial 1.

Plano útil (Local 1)		
	374 lx	0.69
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	374 lx	≥ 300 lx
Min	259 lx	-
Max	450 lx	-
Mín./medio	0.69	≥ 0.60
Mín./máx.	0.58	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 30. Simulación de las aulas

Fuente: Elaboración propia (DIALux-2024)

En la figura 30, se presenta la simulación del aula, se tomó como referencia para la otra aula ya que tiene las mismas características de la que se diseñó.

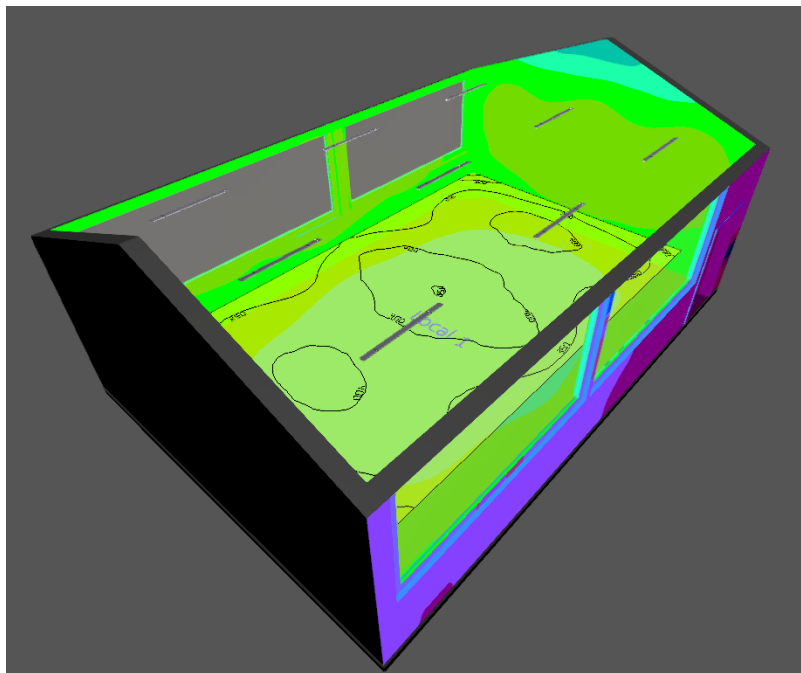


Figura 31. Flujo luminoso del aula de inicial #1.

Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Bodega



Figura 32. Simulación del área.
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

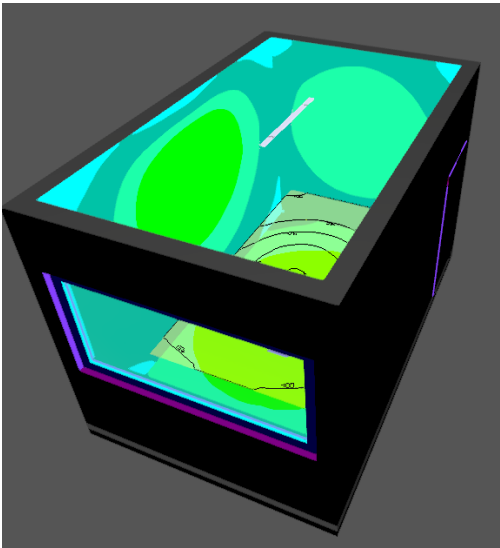


Figura 33. Flujo luminoso
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Sala de profesores



Figura 34. Resultado de la simulación de la sala de profesores
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

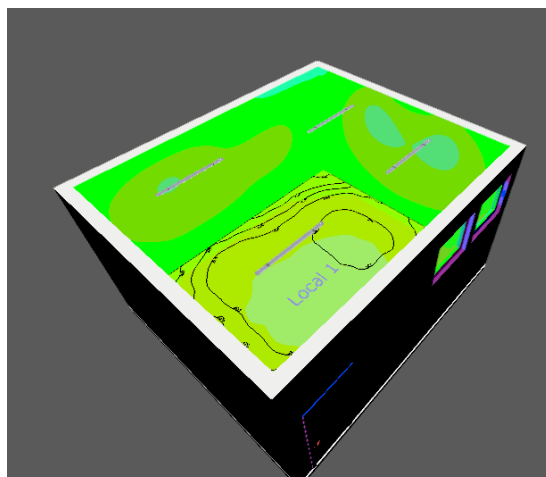


Figura 35. Flujo Luminoso de la sala de profesores

Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Bodega de educación física

	404 lx	0.77
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	404 lx	≥ 300 lx
Min	311 lx	-
Max	438 lx	-
Mín./medio	0.77	≥ 0.60
Mín./máx.	0.71	-
Parámetros		
Altura	1.000 m	

Figura 36. Simulación de la bodega de educación

Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

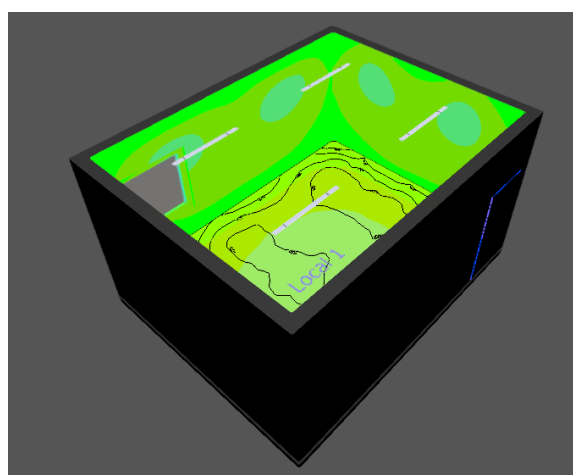


Figura 37. física Flujo luminoso de la bodega de educación física

Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Administración

Plano útil (Local 1)		
	319 lx	0.68
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	319 lx	≥ 300 lx
Min	217 lx	-
Max	391 lx	-
Mín./medio	0.68	≥ 0.60
Mín./máx.	0.55	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 39. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

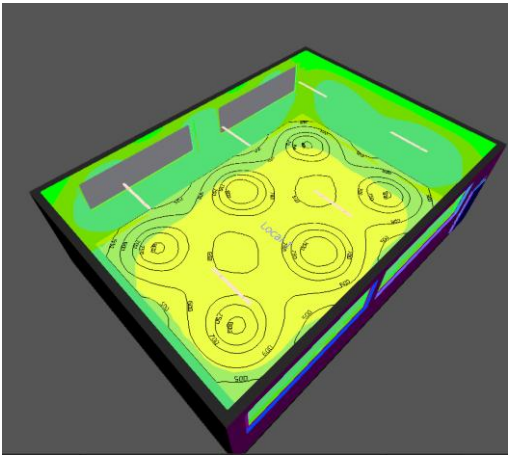


Figura 38. Flujo Luminoso
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Baño de la planta baja

Plano útil (Local 1)		
	212 lx	0.65
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	212 lx	≥ 100 lx
Min	138 lx	-
Max	264 lx	-
Mín./medio	0.65	≥ 0.60
Mín./máx.	0.52	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 40. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

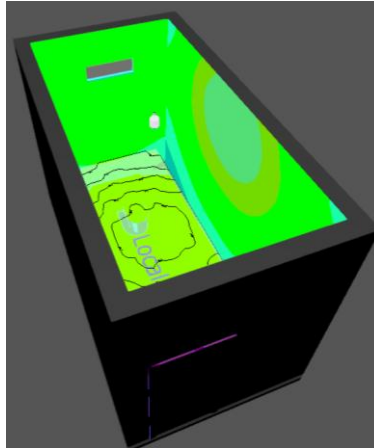


Figura 42. Flujo luminoso
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Cocina

Plano útil (Local 1)		
	246 lx	0.70
(Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	246 lx	≥ 200 lx
Min	172 lx	-
Max	298 lx	-
Mín./medio	0.70	≥ 0.60
Mín./máx.	0.58	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 41. Resultado de la simulación de la cocina
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

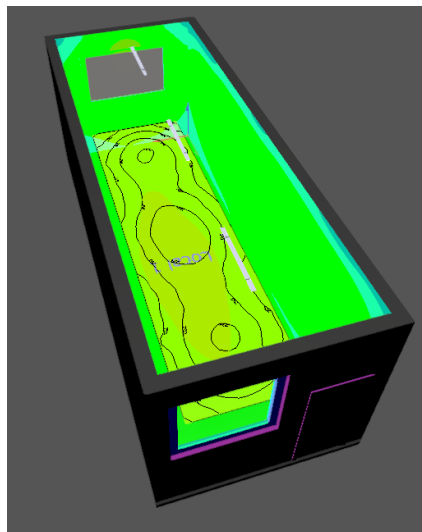


Figura 43 Flujo luminoso dentro de la cocina
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aula de 1ro y el aula de 6to

Plano útil (Local 1)		
	380 lx	0.68
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	380 lx	≥ 300 lx
Min	260 lx	-
Max	458 lx	-
Mín./medio	0.68	≥ 0.60
Mín./máx.	0.57	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 44. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

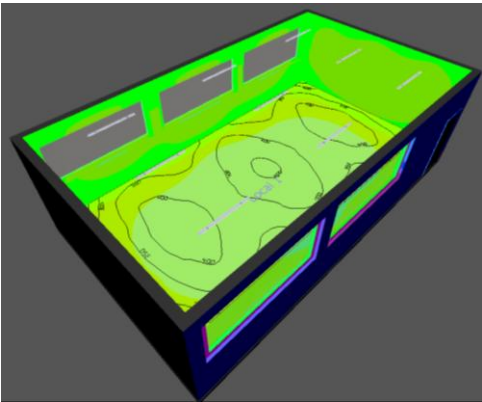


Figura 45. Flujo luminoso
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aula de 2do

Plano útil (Local 1)		
	423 lx	0.72
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	423 lx	≥ 300 lx
Min	305 lx	-
Max	493 lx	-
Mín./medio	0.72	≥ 0.60
Mín./máx.	0.62	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 46. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

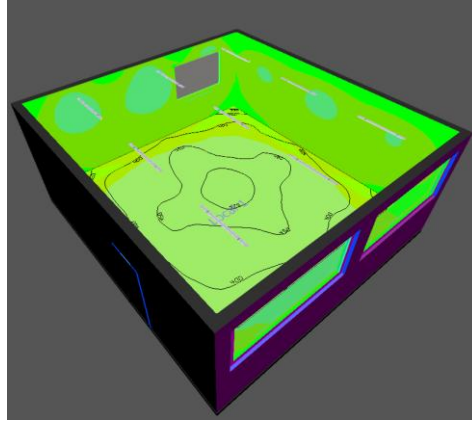


Figura 47. Flujo luminoso dentro del aula de 2do
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aula de 3ro

Plano útil (Local 1)		
	378 lx	0.76
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	378 lx	≥ 300 lx
Min	286 lx	-
Max	424 lx	-
Mín./medio	0.76	≥ 0.60
Mín./máx.	0.67	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 49. Flujo luminoso del aula de 3ro
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

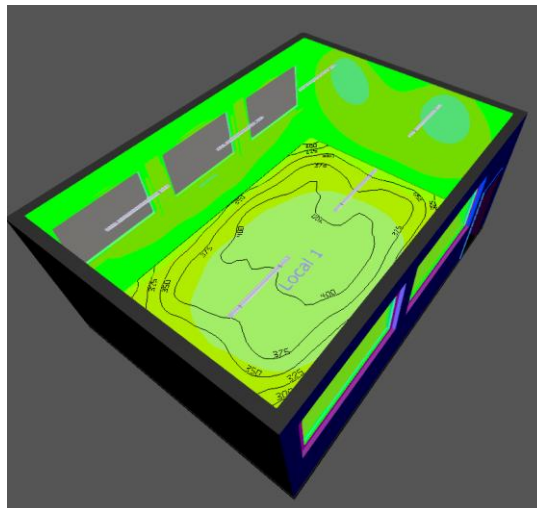


Figura 48. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aulas de 4to y 5to

Plano útil (Local 1)		
	408 lx	0.72
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	408 lx	≥ 300 lx
Min	293 lx	-
Max	461 lx	-
Mín./medio	0.72	≥ 0.60
Mín./máx.	0.64	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 51. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

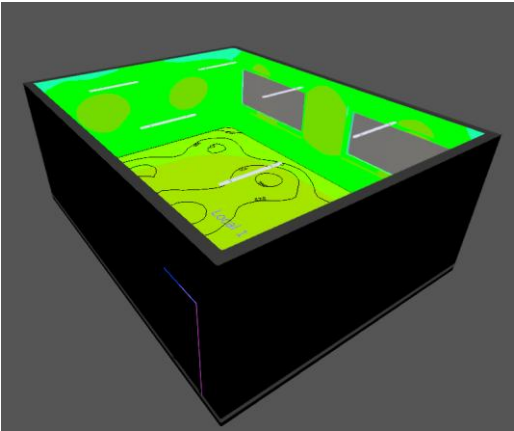


Figura 50. Flujo luminoso de las aulas
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aula de 7mo

Plano útil (Local 1)		
	380 lx	0.73
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	380 lx	≥ 300 lx
Min	277 lx	-
Max	429 lx	-
Mín./medio	0.73	≥ 0.60
Mín./máx.	0.65	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 52. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

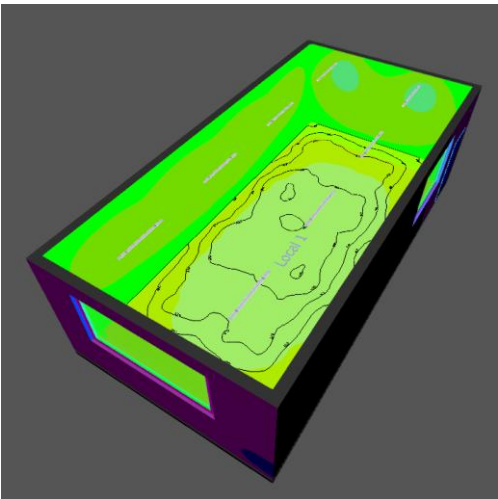


Figura 53. Flujo luminoso del aula de 7mo
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aula de 8vo

Plano útil (Local 1)		
	396 lx	0.65
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	396 lx	≥ 300 lx
Min	258 lx	-
Max	456 lx	-
Mín./medio	0.65	≥ 0.60
Mín./máx.	0.57	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 55. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

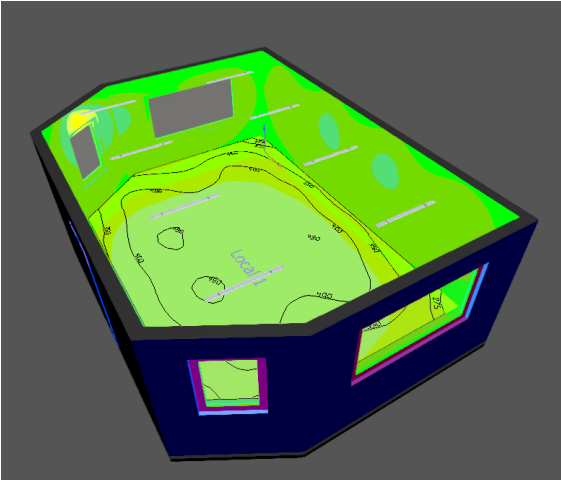


Figura 54. Flujo luminoso del aula de 8vo
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Aula de 9no y 10mo

Plano útil (Local 1)		
	342 lx	0.73
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	342 lx	≥ 300 lx
Min	248 lx	-
Max	394 lx	-
Mín./medio	0.73	≥ 0.60
Mín./máx.	0.63	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 56. Flujo luminoso de las aulas de 9no y 10mo
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Sala de profesores de la planta alta

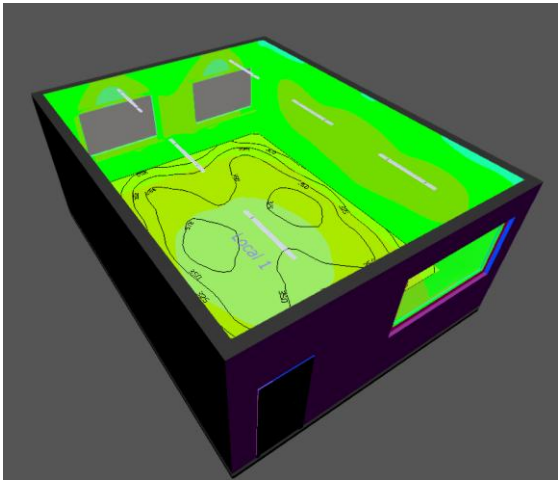


Figura 57. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Plano útil (Local 1)		
	332 lx	0.80
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	332 lx	≥ 300 lx
Min	265 lx	-
Max	371 lx	-
Mín./medio	0.80	≥ 0.60
Mín./máx.	0.71	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 58. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Bodega de la planta alta

Plano útil (Local 1)		
	129 lx	0.87
Plano útil (Iluminancia perpendicular)		
	Real	Nominal
Media	129 lx	≥ 100 lx
Min	112 lx	-
Max	139 lx	-
Mín./medio	0.87	≥ 0.60
Mín./máx.	0.81	-
Parámetros		
Altura	0.800 m	

Figura 59. Resultado de la simulación
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

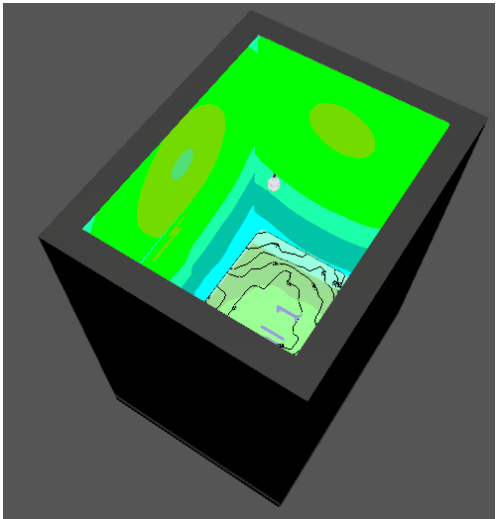


Figura 60. Flujo luminoso de la bodega de la planta superior
Fuente: Elaboración propio (Dialux-2024)

Para mayor visibilidad de los resultados obtenidos de la simulación se la presenta a continuación en la tabla.

Tabla 4. Datos de la simulación

Simulación de todas las áreas de la Escuela Hugo Alemán Fierro.									
Plano útil “Bodega”					Plano útil “Sala de profesores”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
161	87.5	226	0.54	0.39	364	237	421	0.65	0.56
Nominal ≥ 100 lx			Uniformidad ≥ 0.40		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				

Plano útil “Bodega de Educación física”					Plano útil “Aula de inicial 1 y inicial 2”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
404	311	438	0.77	0.71	374	259	450	0.69	0.58
Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Baño de inicial”					Plano útil “Administración”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
261	183	314	0.70	0.58	319	217	391	0.68	0.55
Nominal ≥ 100 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Baños de planta baja”					Plano útil “Cocina”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
212	138	264	0.65	0.52	246	172	298	0.70	0.58
Nominal ≥ 100 lx			Uniformidad ≥ 0.60		Nominal ≥ 200 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Aulas de 1ro y de 6to”					Plano útil “Aula de 2do”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
380	260	458	0.68	0.57	423	305	493	0.72	0.62
Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Aula de 3ro”					Plano útil “Aulas de 4to y de 5to”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
378	286	424	0.76	0.67	408	293	461	0.72	0.64
Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Aula de 7mo”					Plano útil “Aula de 8vo”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
380	277	429	0.73	0.65	396	258	456	0.65	0.57
Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 0.60		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Aula de 9no y 10mo”					Plano útil “Sala de profesores de la planta alta”				
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max	Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max
342	248	394	0.73	0.63	332	265	371	0.80	0.71
Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60		Nominal ≥ 300 lx			Uniformidad ≥ 60	
Altura 0.80 m					Altura 0.80 m				
Plano útil “Bodega de la planta alta”									
Media	Min	Max	Min/medio	Min/Max					
129	112	139	0.87	0.81					
Nominal ≥ 100 lx			Uniformidad ≥ 60						
Altura 0.80 m									

Análisis de la simulación del aula #1

El análisis de las Aulas #1 y #2 muestra que ambas cumplen con los estándares de iluminación, con una media de 374 lx, superando los 300 lx requeridos, en cuanto a la uniformidad, de 0.69 (Min/medio) y 0.58 (Min/Max), también cumple con el estándar de ≥ 0.60 , indicando una distribución de luz adecuada, aunque los valores mínimos (259 lx) sugieren posibles zonas menos iluminadas, el diseño general es apropiado para un entorno educativo

Cálculos

Para realizar los cálculos se debe considerar las dimensiones de las áreas que tiene la escuela por ello se las muestra a la siguiente tabla 4.

Tabla 5. Datos de todas las áreas de la escuela

Área	Largo de espacio (a)- (m)	Ancho del espacio (b)-(m)	Altura entre el plano de trabajo y la luminaria (h)-(m)
Bodega	4.40	2.70	2.00
Sala de profesores	5.20	4.40	2.00
Bodega de educación física	5.20	4.00	2.00
Aula de inicial 1	9.00	6.00	2.00
Aula de inicial 2	9.00	6.00	2.00
Baño de inicial	5.00	4.00	2.00
Administración	7.10	4.90	2.00
Baños de la planta baja (5)	4.20	2.05	2.00
Cocina	8.40	2.90	2.00
Aula de 1ro	9.70	5.50	2.00
Aula de 2do	7.20	6.75	2.00
Aula de 3ro	6.80	4.90	2.00
Aula de 4to	7.75	5.80	2.00
Aula de 5to	7.75	5.80	2.00
Aula de 6to	9.70	5.50	2.00
Aula de 7mo	10.00	4.75	2.00
Aula de 8vo	8.00	7.16	2.00
Aula de 9no	7.20	5.45	2.00
Aula de 10mo	7.20	5.45	2.00
Sala de profesores de la planta alta	3.00	2.56	2.00
Bodega de la planta alta	2.10	1.60	2.00

Superficie del local

Para determinar la superficie de la Aula #1 (S)

$$S = a \times b$$

$$S = 9 \times 6$$

$$S = 54 \text{ m}^2$$

Índice del local.

Para determina el índice del aula #1 (K).

$$k = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

$$k = \frac{9 \times 6}{2(9 + 6)}$$

$$k = 1.8$$

Coeficiente de reflexión.

Para calcular el coeficiente de reflexión se toma en cuenta que las paredes y el techo tienen color claro por ello nos basamos en la siguiente figura 29.

	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Figura 61. Coeficiente de reflexión
Fuente: Tomado de la norma NEC, (Sandoya, 2018)

Con la figura 29, podemos extraer los siguientes valores que se muestra a continuación.

Tabla 6. Datos del coeficiente de reflexión de las áreas

	Color	Factor de reflexión (p)
Techo	Claro	0.5
Paredes	Claro	0.5

Factor de mantenimiento.

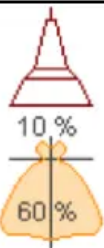
Para determinar el factor de mantenimiento en la siguiente figura extraída de la norma NEC.

AMBIENTE	FACTOR DE MANTENIMIENTO (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Figura 62. Factor de mantenimiento
Fuente: Tomado de la norma NEC, (Sandoya, 2018)

Con la figura 30, se determinar cuál es el grado de limpieza que existe en las áreas por ello se toma el factor de 0.8 (Fm).

Además de ello el factor de utilización (n), es muy importante para los próximos cálculos por ello se lo determina en base los factores de reflexión y factor de mantenimiento, que con aquellos valores se extrae el resultado de 0.61, a continuación, se presenta la tabla donde se sustrajo el resultado.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8			0.7			0.5			0.3		0
		Factor de reflexión de las paredes											
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1,00	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2,00	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
3,00	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
$D_{\max}=1.0H_m$	4,00	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
1m .70 .75 .80	5,00	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 63. Valores del factor de utilización
Fuente: Obtenido de (Armando, s.f.)

Cálculo del flujo luminoso total.

$$\Phi T = \frac{E \times S}{N \times Fm}$$

$$\Phi T = \frac{300 \times 54}{0.58 \times 0.80}$$

$$\Phi T = 34913 \text{ Lúmenes}$$

Cálculo de número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi T}{n \times \Phi L}$$

$$N = \frac{34913}{1 \times 3500}$$

$$N = 9.7 \approx 9 \text{ Luminarias}$$

Con este resultado se determina que en las aulas 1 y 2 se colocaran 9 luminarias de las cuales se colocan de forma adecuada.

Emplazamiento de las luminarias

Después de que se haya obtenido el resultado del número de luminarias se debe realizar la distribución dentro del local, con esto se busca tener uniformidad con una simetría paralela.

- Cálculo del ancho.

$$\text{Nancho} = \sqrt{N \text{ total}} \times \frac{\text{ancho}}{\text{largo}}$$

$$\text{Nancho} = \sqrt{9.4} \times \frac{6}{9}$$

$$\text{Nancho} = 2.50$$

Con el resultado obtenido de 2.50, se lo mantienen el 2.50m para cumplir la uniformidad.

- Cálculo del largo

$$N_{\text{largo}} = \sqrt{N_{\text{ancho}}} \times \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = \sqrt{2.50} \times \frac{9}{6}$$

$$N_{\text{largo}} = 1.93$$

Con el resultado de 1.93 se aproxima a 2 ya que con ese valor se cumple la uniformidad

Comprobación de resultados.

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

$$Em = \frac{9 \times 3500 \times 0.61 \times 0.80}{54}$$

$$Em = 284.666 \approx 300 \text{ Lúmenes}$$

Con esto queda comprobado que, si cumple de acuerdo a la norma NEC, con relación a lúmenes que se utilizaran a las aulas.

Para los demás resultados se toman en cuenta las 6 áreas intervenir los cuales se obtuvo la siguiente información que se muestra en la siguiente tabla 6.

Tabla 7. Numero de luminarias por cada área a intervenir

Área	Largo(m)-(a)	Ancho(m)-(b)	Superficie (m2)-(s)	Flujo luminoso (deseado) (Lum)	Índice local (K)	Factor de utilización (n)	Factor de mantenimiento	Flujo luminoso total (Φ_T) (Lum)	Flujo luminoso total (Φ_L) (Lum)	Numero de luminarias (N)	Total, de luminarias por área
Bodega	4.40	2.70	11.88	100	0.83	0.46	0.80	3228	3500	1.2	1
Sala de profesores	5.20	4.40	22.88	300	1.19	0.55	0.80	15600	3500	4.4	4
Bodega de educación física	2.20	4.00	20.80	300	1.13	0.55	0.80	14181	3500	4.1	4

Aula de inicial 1	9.00	6.00	54	300	1.80	0.58	0.80	34913	3500	9.7	9
Aula de inicial 2	9.00	6.00	54	300	1.80	0.58	0.80	34913	3500	9.7	9
Baño de inicial	5.00	4.00	20	100	1.11	0.55	0.80	4545	3500	1.9	2
Administración	7.10	4.90	34.79	300	1.44	0.58	0.80	22493	3500	6.4	6
Baños de la planta baja (5)	4.20	2.05	8.61	100	0.68	0.38	0.80	2832	3500	0.80	1
Cocina	8.40	2.90	24.36	200	1.07	0.51	0.80	11941	3500	3.41	3
Aula de 1ro	9.70	5.50	53.35	300	1.75	0.58	0.80	34493	3500	9.85	9
Aula de 2do	7.20	6.75	48.60	300	1.74	0.58	0.80	31422	3500	8.97	9
Aula de 3ro	6.80	4.90	33.32	300	1.42	0.58	0.80	21543	3500	6.15	6
Aula de 4to	7.75	5.80	44.95	300	1.65	0.58	0.80	29062	3500	7.30	6
Aula de 5to	7.75	5.80	44.95	300	1.65	0.58	0.80	29062	3500	7.30	6
Aula de 6to	9.70	5.50	53.35	300	1.75	0.58	0.80	34493	3500	9.85	9
Aula de 7mo	10.0	4.75	47.50	300	1.61	0.58	0.80	30711	3500	8.77	8
Aula de 8vo	8.00	7.16	57.28	300	1.88	0.61	0.80	33213	3500	9.48	8
Aula de 9no	7.20	5.45	39.24	300	1.55	0.58	0.80	25370	3500	7.24	6
Aula de 10mo	7.20	5.45	39.24	300	1.55	0.58	0.80	25370	3500	7.24	6
Sala de profesores de la planta alta	3.00	2.56	7.68	300	0.69	0.38	0.80	7578	3500	2.16	2
Bodega de la planta alta	2.10	1.60	3.36	100	0.45	0.38	0.80	1105	3500	0.31	1

Cálculo de corriente.

En el cálculo de corriente que hay por circuito de iluminación se debe emplear la fórmula de ohm.

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

Tabla 8. Intensidad total por circuito a intervenir

Circuito	Área	Luminaria	Potencia por unidad (w)	Potencia total (W)	Intensidad por circuito (A)	Incremento del 1.25%	Intensidad total (A)
1	Bodega	1	36	36	0.30	1.25	3.37
	Sala de profesores	4	36	144	1.20	1.25	
	Bodega de educación física	4	36	144	1.20	1.25	
2	Aula de inicial 1	9	36	324	2.70	1.25	3.37

3	Aula de inicial 2	9	36	324	2.70	1.25	3.75
	Baño de inicial	1	36	36	0.30	1.25	
4	Administración	6	36	216	1.80	1.25	2.25
5	Aula de 7mo	8	36	388	3.23	1.25	5.16
	Cocina	3	36	108	0.90	1.25	
6	Baños de la planta baja	5	20	100	1.66	1.25	2.08
7	Aula de 3ro	6	36	216	1.80	1.25	2.25
8	Aula de 1ro	9	36	324	2.70	1.25	3.37
9	Aula de 6to	9	36	324	2.70	1.25	3.37
10	Aula de 8vo	8	36	288	2.40	1.25	3.00
10	Aula de 4to	6	36	216	1.80	1.25	4.50
	Aula de 5to	6	36	216	1.80	1.25	
11	Aula de 10mo	6	36	216	1.80	1.25	4.50
	Aula de 9no	6	36	216	1.80	1.25	
12	Aula de 2do	9	36	324	2.70	1.25	3.37
13	Sala de profesores de la planta alta	2	36	72	0.60	1.25	0.92
	Bodega de la planta alta	1	20	20	0.16	1.25	

En la tabla 8, se observa los datos de cada circuito, además con el incremento del 1.25% como menciona en la norma NEC, 2018, que deben dimensionar para sostener una corriente del 125% de la carga máxima de cada uno.

Determinación de conductores para circuitos de iluminación.

En el apartado que se trata de conductores de la normativa ecuatoriana de la construcción, actualizada en 2018 (NEC), se establece que: "El tamaño del conductor neutro debe ser de la misma sección que el conductor de la fase". Además, se indica que "Para los circuitos de iluminación, se emplea cable de cobre aislado tipo THHN, con una sección mínima de 2,5 mm² (14 AWG) para la fase, el neutro y el conductor de tierra". En consecuencia, el conductor utilizado en los circuitos de iluminación es de calibre 14 THHN, con distintos colores para distinguir entre fase y neutro.

Protección para los circuitos de iluminación.

La Norma NEC – Instalaciones Eléctricas, en su numeral 7 sobre protecciones contra sobreintensidades, establece que los dispositivos de protección deben ser elaborados de acuerdo con la norma IEC 60898-1 y en cumplimiento con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 091. Estos dispositivos deben ser interruptores termomagnéticos automáticos, dimensionados según el circuito a proteger y considerando las características de disparo según la curva de intensidad-tiempo. Además, deben instalarse en un tablero tipo centro de carga con una protección mínima de IP 20 (Sandoya, 2018).

Tabla 9. Protección para cada circuito

Circuito	Área	Luminaria	Intensidad por circuito (A)	Incremento del 1.25%	Intensidad total (A)	Protección (A)
1	Bodega	1	0.30	1.25	3.37	10 A
	Sala de profesores	4	1.20	1.25		
	Bodega de educación física	4	1.20	1.25		
2	Aula de inicial 1	9	2.70	1.25	3.37	10 A
3	Aula de inicial 2	9	2.70	1.25	3.75	10 A
	Baño de inicial	1	0.30	1.25		
4	Administración	6	1.80	1.25	2.25	10 A
5	Aula de 7mo	8	3.23	1.25	5.16	10 A
	Cocina	3	0.90	1.25		
6	Baños de la planta baja	5	1.66	1.25	2.08	10 A
7	Aula de 3ro	6	1.80	1.25	2.25	10 A
8	Aula de 1ro	9	2.70	1.25	3.37	10 A
9	Aula de 6to	9	2.70	1.25	3.37	10 A
10	Aula de 8vo	8	2.40	1.25	3.00	10 A
10	Aula de 4to	6	1.80	1.25	4.50	10 A
	Aula de 5to	6	1.80	1.25		
11	Aula de 10mo	6	1.80	1.25	4.50	10 A
	Aula de 9no	6	1.80	1.25		
12	Aula de 2do	9	2.70	1.25	3.37	10 A

13	Sala de profesores de la planta alta	2	0.60	1.25	0.92	10 A
	Bodega de la planta alta	1	0.16	1.25		

En la tabla 9, se encuentra los valores para la protección de cada una de los circuitos que se va a intervenir.

Determinación de ductos.

Ya que se haya obtenido resultado de cuál es el diámetro del conductor, es crucial establecer el tamaño adecuado de la tubería a utilizar, de acuerdo con la Norma INEN 19:2001 – Capítulo 9 – Tabla C2, que establece el "número máximo de conductores en tuberías eléctricas metálicas tipo E.M.T" (Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, 2001), se pueden determinar las capacidades de los diferentes diámetros de tubería. A continuación, se presenta una tabla que muestra el número máximo de conductores y el tamaño comercial correspondiente en pulgadas:

Tabla 10. Número de conductores por diámetro de tubería

Tipo de conductores	Sección transversal del conductor (mm ²)	AWG	Tubería de 1/2"	Tubería de 3/4"	Tubería de 1"	Tubería de 1 1/2"	Tubería de 2"
THHN, THWN, THWN-2	2,05	14	10	18	32	58	80

De acuerdo con la información de la Tabla 10, según la norma INEN 19:2001, en una tubería metálica E.M.T de 1/2 pulgada pueden pasar hasta 10 cables de calibre 14 AWG tipo THHN. En el diseño de la instalación, el número máximo de cables que se utilizará en un tramo de tubería es de 5 cables. Por lo tanto, se selecciona tubería metálica E.M.T de 1/2 pulgada para la instalación, lo que asegura una correcta distribución de los conductores sin sobrecargar la capacidad del sistema.

Plano

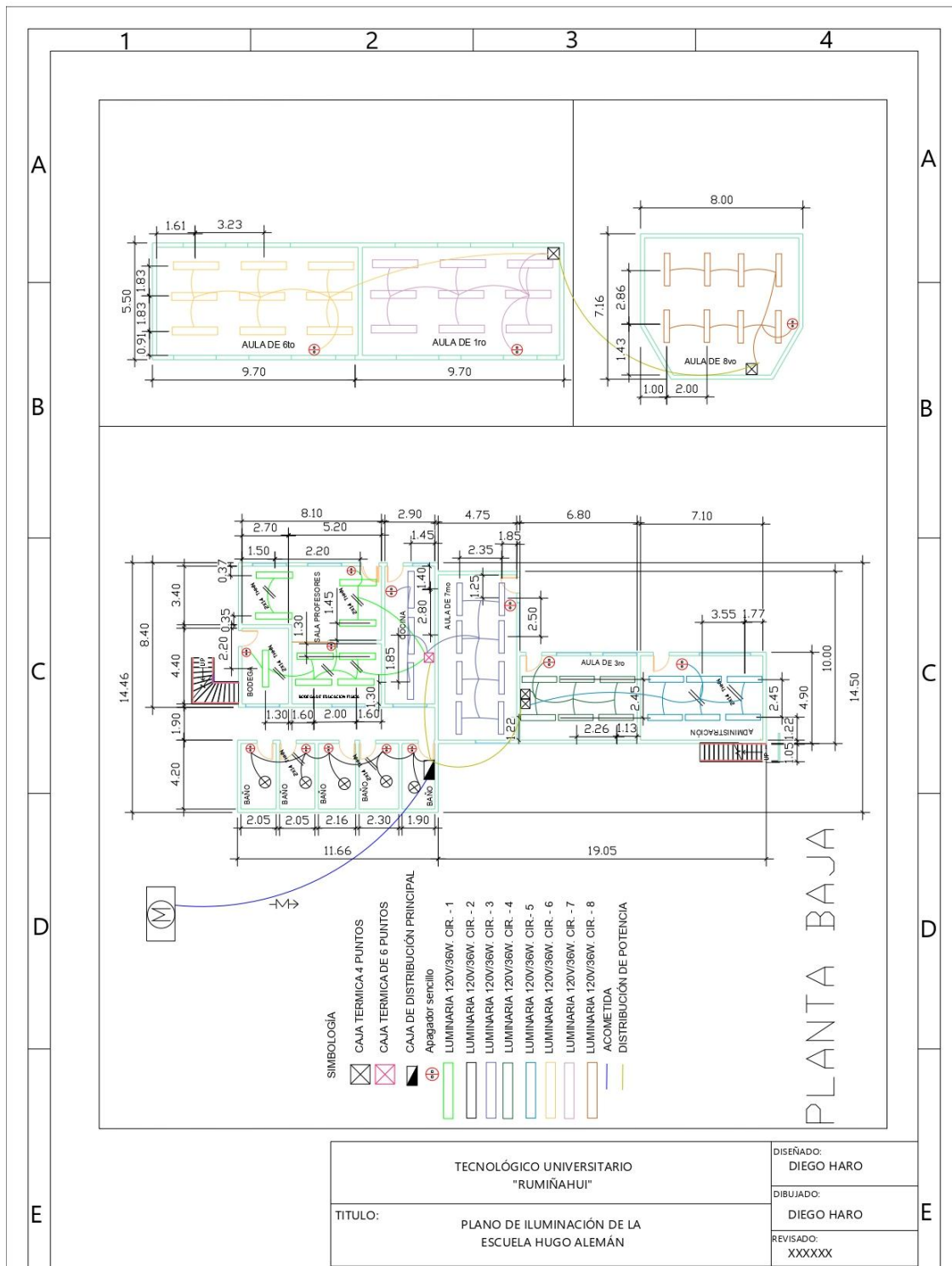


Figura 64. Plano de la distribución de las luminarias de toda la institución
Fuente: Elaboración propio

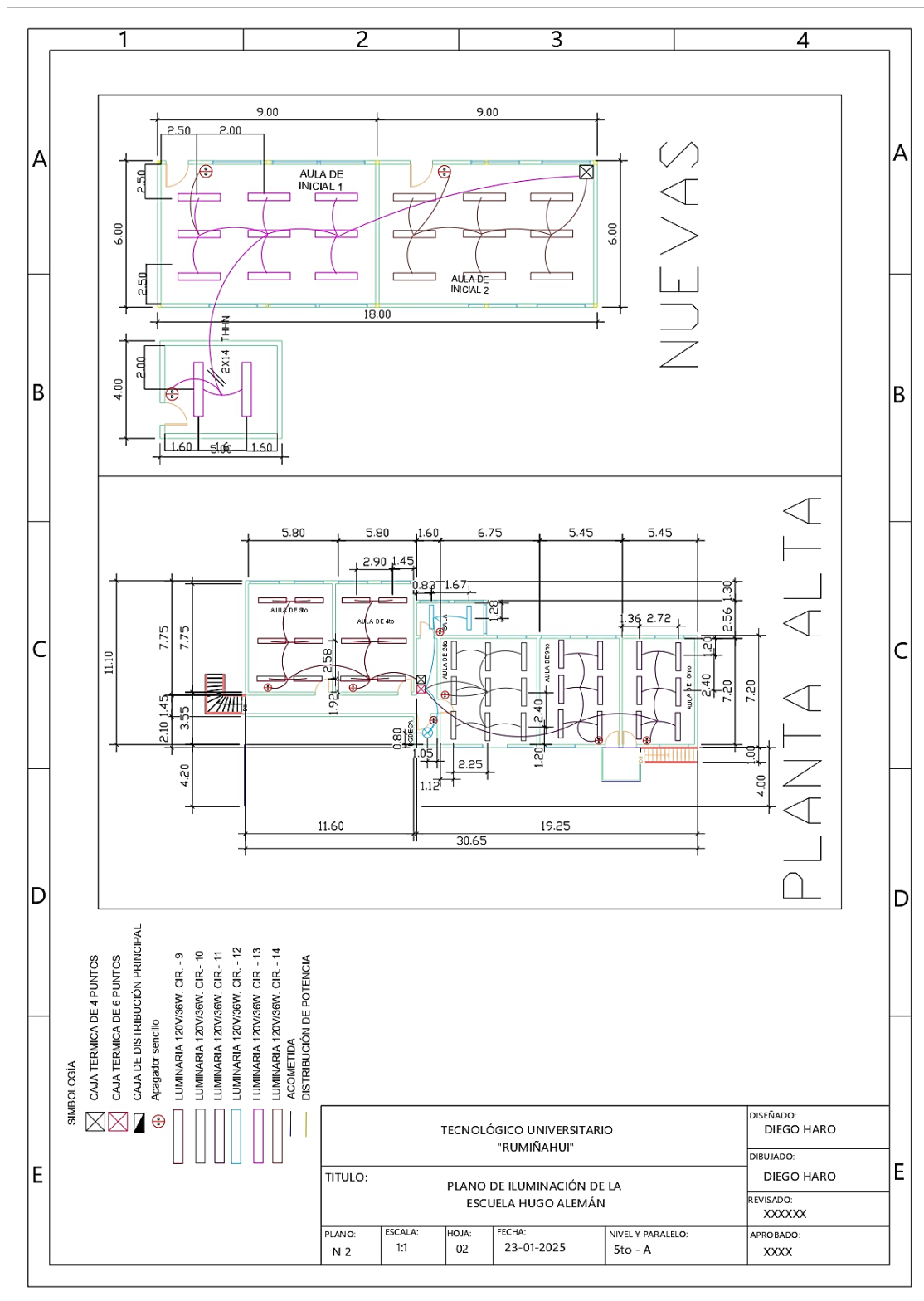


Figura 65. Plano de la distribución de las luminarias de toda la institución
Fuente: Elaboración propio

3.6.2. Fuerza

Cálculos

En la norma NEC, 2018, en el inciso 4.2, establece que los circuitos de tomacorrientes deben tener salidas polarizadas, no exceder una corriente máxima de 20 A y no superar las 10 salidas por circuito. Además, en el inciso 5.3 se indica que el conductor neutro debe tener el mismo calibre que el conductor de la fase y el conductor debe ser del tipo THHN, con un tamaño mínimo de número 12 para la línea activa, el conductor neutro y el cable de tierra, siguiendo las especificaciones de la tabla de conductores para tierra en canalizaciones y equipos (Sandoya, 2018).

Tabla 11. Potencia proyectada por cada circuito a intervenir

Proyección de cargas en circuito de fuerza						
Circuito	Áreas	Equipo	Cantidad	P/Unidad (W)	Potencia parcial (W)	Potencia total (W)
A	Bodega	Compresor de aire	1	1440	1440	1640
		Tomacorriente multipropósito	1	200	200	
B	Sala de profesores	Computadoras	4	35	140	1140
		Tomacorriente multipropósito	5	200	1000	
	Bodega de educación física	Tomacorriente multipropósito	1	200	200	250
		Bocina	1	50	50	
L	Aula de inicial 1	Proyector	1	500	500	1150
		Tomacorriente multipropósito	3	200	600	
		Bocina	1	50	50	
	Aula de inicial 2	Tomacorriente multipropósito	3	200	200	700
		Proyector	1	500	500	
	Baño de inicial	S/N	0	0	0	
E	Administración	Computadoras	1	50	50	650
		Tomacorriente multipropósito	3	200	600	
C	Aula de 7mo	Tomacorriente multipropósito	3	200	600	1000
	Cocina	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	
D	Aula de 3ro	Tomacorriente multipropósito	3	200	600	600

G	Aula de 8vo	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	400
F	Aula de 6to	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	800
	Aula de 1ro	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	
H	Aula de 5to	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	800
	Aula de 4to	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	
I	Sala de profesores de la planta alta	Tomacorriente multipropósito	3	200	600	705
		Computadoras	3	35	105	
J	Aula de 2do	Tomacorriente multipropósito	4	200	800	800
k	Aula de 9no	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	800
	Aula de 10mo	Tomacorriente multipropósito	2	200	400	

En la tabla 11, se observa la potencia instalada en el sistema de fuerza en cada circuito de todas las áreas de la institución educativa.

Cálculo de corriente por circuito de fuerza.

Para esto se toma en cuenta las áreas a intervenir de acuerdo a su circuito ya establecido en la tabla 9, que para este cálculo se utilizara la siguiente formula:

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

Tabla 12. Cálculo de cargas en cada circuito de la institución

Circuito	Áreas	Equipo	Potencia total, por circuito (W)	Corriente por circuito (A)	Incremento del 1.25%	Corriente total, por circuito (A)
A	Bodega	Compresor de aire	1640	13.66	1.25	17.08
		Tomacorriente multipropósito				
B	Sala de profesores	Computadoras	1140	11.58	1.25	14.47
		Tomacorriente multipropósito				

	Bodega de educación física	Tomacorriente multipropósito	250			
		Bocina				
L	Aula de inicial 1	Proyector	1150	15.41	1.25	19.27
		Tomacorriente multipropósito				
		Bocina				
	Aula de inicial 2	Tomacorriente multipropósito	700			
		Proyector				
Baño de inicial	S/N					
E	Administración	Computadoras	650	5.41	1.25	6.70
		Tomacorriente multipropósito				
C	Aula de 7mo	Tomacorriente multipropósito	1000	8.33	1.25	10.41
	Cocina	Tomacorriente multipropósito				
D	Aula de 3ro	Tomacorriente multipropósito	600	5	1.25	6.25
G	Aula de 8vo	Tomacorriente multipropósito	400	3.33	1.25	4.16
F	Aula de 6to	Tomacorriente multipropósito	800	6.66	1.25	7.91
	Aula de 1ro	Tomacorriente multipropósito				
H	Aula de 5to	Tomacorriente multipropósito	800	6.66	1.25	7.91
	Aula de 4to	Tomacorriente multipropósito				
I	Sala de profesores de la planta alta	Tomacorriente multipropósito	705	5.87	1.25	7.34
		Computadoras				
J	Aula de 2do	Tomacorriente multipropósito	800	6.66	1.25	7.91
k	Aula de 9no	Tomacorriente multipropósito	800	6.66	1.25	7.91
	Aula de 10mo	Tomacorriente multipropósito				

En la tabla 12, se observa el total de corriente (A) ya incluido el incremento para el dimensionamiento para poder soportar el 125% de carga máxima a servir que este sería el factor de seguridad que tiene el circuito.

Determinación de conductores por circuito de fuerza.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente sobre la norma NEC, se establece que el conductor para los de tomacorrientes debe ser de cobre, tipo THHN, con calibre “12”, asimismo, para la línea de tierra en conforme lo establecido en la tabla número 6 de la norma NEC, 2018.

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm2 (AWG o kcmil)	
(A)	Conductor de cobre	Conductor de aluminio
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)

Figura 66. Tamaño de conductores de puesta a tierra y equipos

Fuente: Obtenido de NEC (Sandoya, 2018)

Protección para los circuitos de fuerza

La norma NEC, 2002, en su apartado 5.1 de capacidad de corriente, establece que la capacidad del interruptor debe seleccionarse según el tamaño del conductor, además, el tamaño del conductor se pondrá el 12 AWG, para proporcionar una protección adecuada en cada circuito.

A continuación, en la tabla se presentan las protecciones para cada circuito.

Tabla 13. Protecciones por circuito de fuerza de la institución

Circuito	Áreas	Potencia Total (W)	Intensidad por circuito (A)	Incremento del 1.25%	Intensidad total (A)	Protecciones (A)
A	Bodega	1640	13.66	1.25	17.08	20 A
B	Sala de profesores	1390	11.58	1.25	14.47	20 A
	Bodega de educación física					

L	Aula de inicial 1	1850	15.41	1.25	19.27	20 A
	Aula de inicial 2					
	Baño de inicial					
E	Administración	650	5.41	1.25	6.70	10 A
C	Aula de 7mo	1000	8.33	1.25	10.41	20 A
	Cocina					
D	Aula de 3ro	600	5	1.25	6.25	10 A
G	Aula de 8vo	400	3.33	1.25	4.16	10 A
F	Aula de 6to	800	6.66	1.25	7.91	10 A
	Aula de 1ro					
H	Aula de 5to	800	6.66	1.25	7.91	10 A
	Aula de 4to					
I	Sala de profesores de la planta alta	705	5.87	1.25	7.34	10 A
J	Aula de 2do	800	6.66	1.25	7.91	10 A
k	Aula de 9no	800	6.66	1.25	7.91	10 A
	Aula de 10mo					

Planos

En la figura 67, se muestra la distribución de los tomacorrientes en las diferentes áreas que están diferenciados por colores, además se utilizaran los mismos cajetines ya que están empotrado en la pared en la institución.

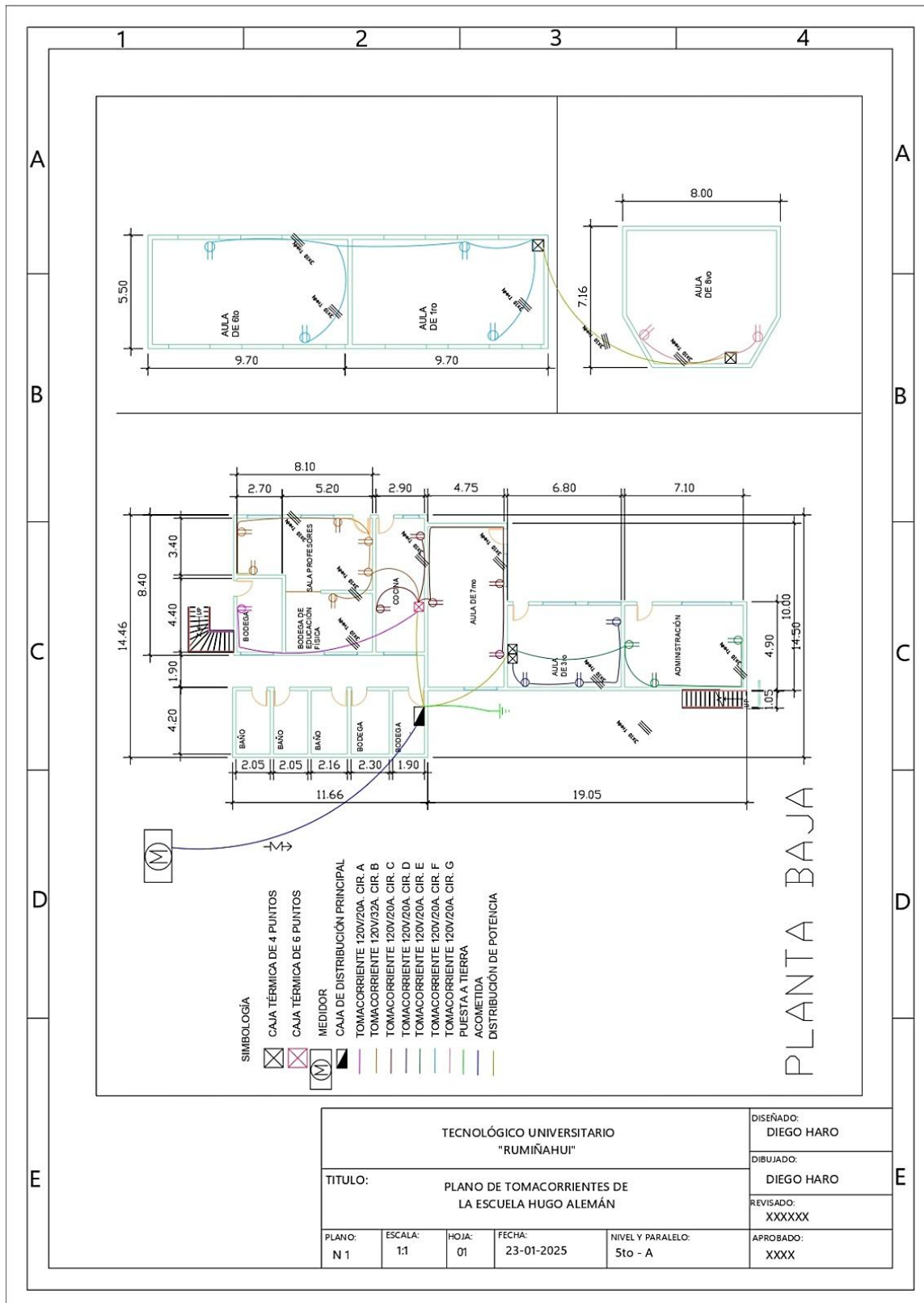


Figura 67. Plano de fuerza/ tomacorrientes
Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD 2024)

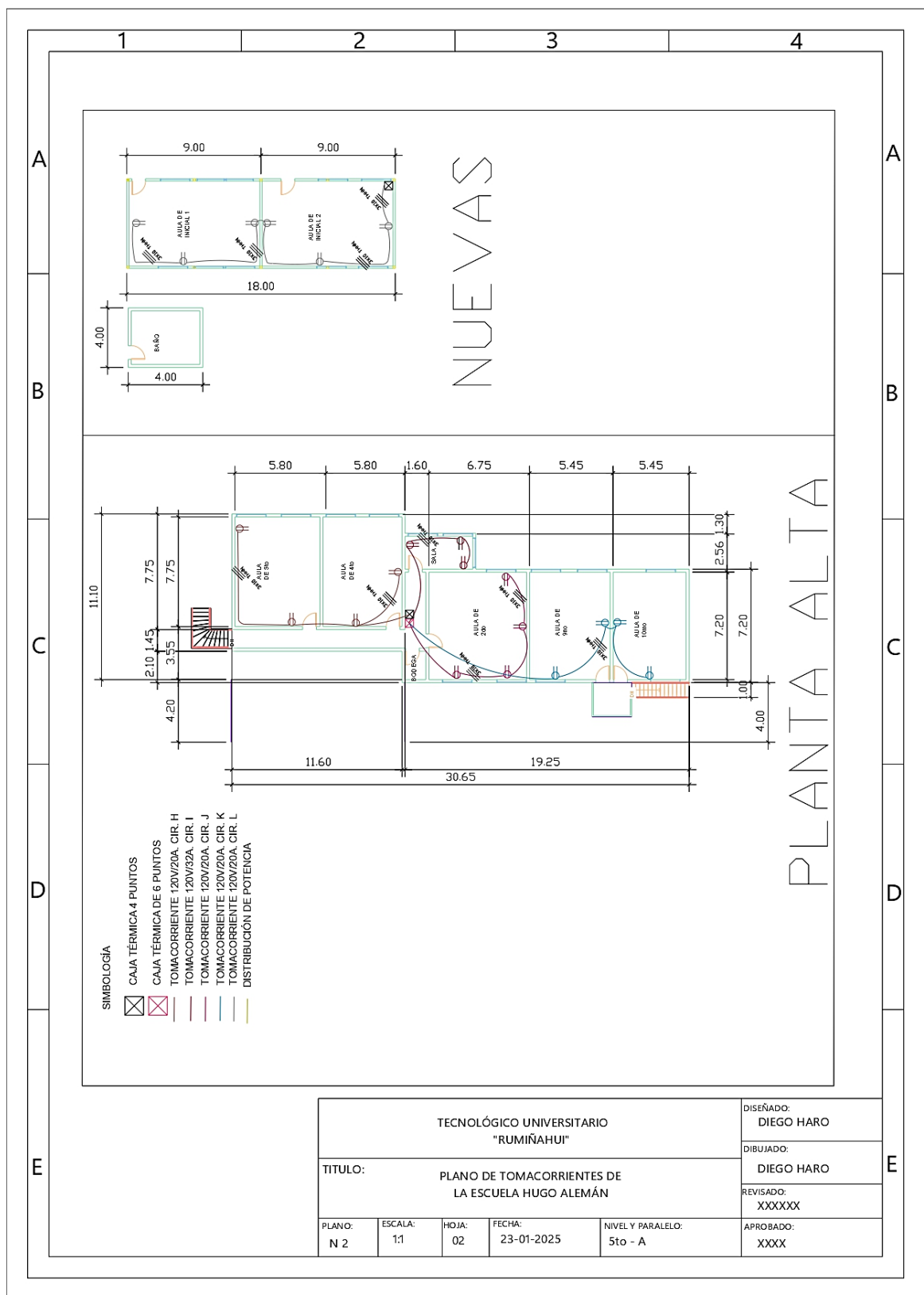


Figura 68. Plano de fuerza/ tomacorrientes
Fuente: Elaboración Propia (AutoCAD 2024)

3.6.3. Diagrama Unifilar de todo el sistema eléctrico implementado.

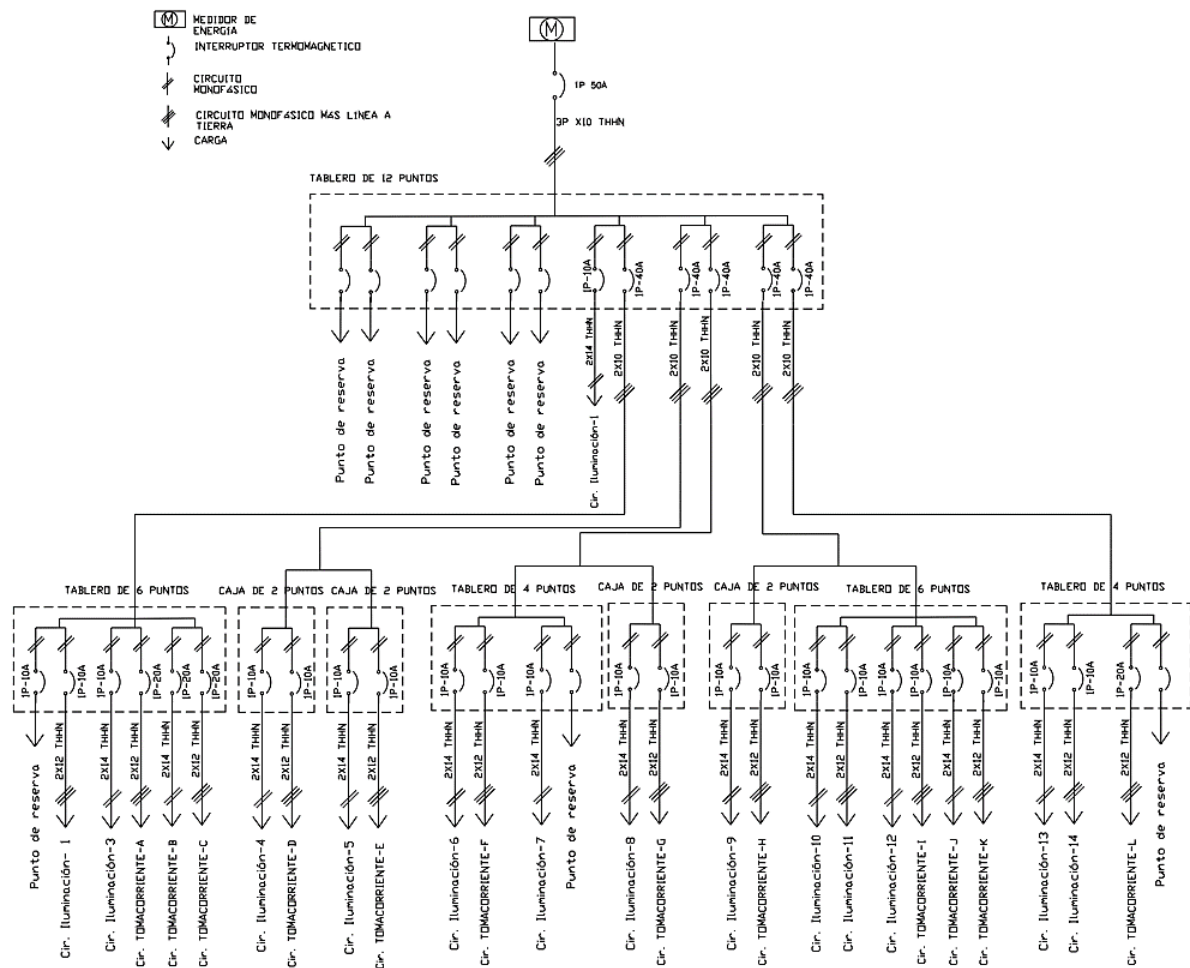


Figura 69. Diagrama unifilar del proyecto
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 47, se mira el diagrama unifilar de los dos circuitos a implementar, además se deja un espacio de reserva de acuerdo a la normativa en el tablero de 4 puntos.

3.7. Caída de tensión

La caída de tensión en un circuito destinado a alimentar cualquier tipo de carga, ya sea de iluminación, fuerza o calefacción, no debe superar el 3% hasta el punto más alejado del circuito. Asimismo, la caída de tensión total, considerando tanto el alimentador como el circuito derivado, debe mantenerse por debajo del 5% (Sandoya, 2018).

Fórmula para el cálculo de la pérdida de tensión en los conductores es la siguiente:

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

Donde:

2 = constante

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

L= longitud (m)

I= intensidad (A)

$\cos \theta$ = factor de potencia

ΔU = caída de tensión (V)

S = sección del conductor (mm²)

Fórmula para el cálculo de la intensidad en el circuito es la siguiente:

$$I = \frac{P}{2 \times V \times n \times fp}$$

Cálculo de la acometida principal.

$$I = \frac{P}{2 \times V \times n \times fp}$$

$$I = \frac{11435}{2 \times 240 \times 1 \times 1}$$

$$I = 23.82 A$$

Se aplica el factor de sobredimensionamiento a la intensidad.

$$I = 23.82 \times 1.25 = 29.77 A$$

Basándose en la norma es recomendable implementar cable conductor mínimo del No 6 AWG de cobre recubrimiento tipo THHN del medidor al tablero de distribución (Sandoya, 2018).

Pero sin embargo se decide bajo la norma instalar un calibre 8 (8.36 mm²) de cobre aislado THHN.

$$\Delta U = \frac{2 \times p \times L \times I \times \cos \theta}{S}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times 0.0175 \times 45 \times 29.77 \times 1}{8.36}$$

$$\Delta U = 5.60V$$

Cálculo de caída de tensión en diferentes circuitos de la Escuela.

Para estos cálculos se los realizan en los puntos de conexión más lejanos

Tabla 14. Valores de caída calculados

CIRCUITO	Constante	Resistividad del cobre	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección conductora (m ²)	Caída de tensión (V)
Acometida principal	2	0,0175	45	26.91	8.36	5.60
Circ. Iluminación #13	2	0,0175	35	7.11	2.08	3.18
Circ. Toma corriente- L	2	0,0175	35	9.62	3.31	3.56

En la tabla 14, se observa que la acometida principal cumple con los requisitos de la normativa, ya que la caída de tensión se mantiene dentro de los límites establecidos al operar a 240V. En cuanto a los demás circuitos, también cumplen con las especificaciones de caída de tensión, ya que los resultados obtenidos están dentro de los porcentajes permitidos por la norma NEC, garantizando un desempeño seguro y eficiente del sistema eléctrico.

3.8. Puesta a tierra

Resistencia del suelo.

Para garantizar la seguridad eléctrica del sistema, se realizó una medición de la resistencia de la puesta a tierra utilizando un medidor de resistencia a una distancia de 3 metros del electrodo, que se obtuvo un valor de 287 ohmios, lo cual muestra una alta resistividad del terreno por lo cual se optó por aplicar una maya. A continuación, se presenta la imagen correspondiente a la medición realizada.



Figura 70. Medición con el Telurómetro
Fuente: Elaboración propia

Para este caso de alta resistividad al suelo de 287 la mejor opción es aplicar la malla de un cuadrado con varillar electrodos ya que en esta configuración es la más efectiva en suelos de alta resistividad porque tiende a distribuir la corriente de manera más uniforme.

De acuerdo con la Sección 250.56 de la NEC (National Electrical Code), para instalaciones residenciales, la resistencia de la puesta a tierra debe ser menor a 25 Ω , ya que se clasifica como

una instalación residencial el cual ayuda a mitigar riesgos asociados con fallas eléctricas, descargas atmosféricas y perturbaciones electromagnéticas, asegurando un ambiente seguro para los estudiantes, docentes y personal administrativo.

Ecuación para la malla de un cuadrado con varillas electrodo

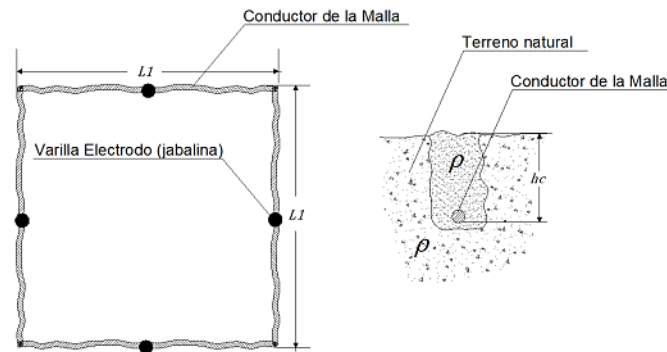


Figura 71. Malla de un cuadrado con varillas electrodo
Fuente: Obtenido de (Martinez, 2022)

Ecuación

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

Donde:

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

- h_c : Profundidad de enterramiento de la malla (m)..

Calculo.

Datos:

- $\rho = 287 \Omega$.
- $L_1 = 4\text{m}$ (malla de 4 m x 4 m).
- $n = 4$ (4 varillas).
- $L_e = 1.8\text{m}$.
- $h_c = 0.5\text{m}$.

$$R = 287 \left(\frac{1}{4 \cdot 4 + 4 \cdot 1.8} + \frac{1}{20 \cdot 4^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0.5}{4}}} \right)$$

$$R = 287 \left(\frac{1}{16 + 7.2} + \frac{1}{320} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 0.125}} \right)$$

$$R = 287 \left(\frac{1}{23.2} + \frac{1}{320} \cdot \frac{1}{1.06} \right)$$

$$R = 287(0.0431 \cdot 0.0028)$$

$$R = 287 \cdot 0.0459 \approx 13.18 \Omega$$

Con una malla de 4 m x 4 m, 4 varillas de 1.8 m y una profundidad de enterramiento de 0.5 m, la resistencia total sería de aproximadamente 13.18Ω , lo cual es un valor excelente para suelos de alta resistividad.

3.9. Implementación

3.9.1. Áreas a Intervenir

Las áreas a intervenir incluyen la bodega, sala de profesores, bodega de educación física, Cocina, administración, aula de inicial 1, aula de inicial 2 y baño de inicial A continuación, se muestran los planos de las zonas que se va a intervenir.

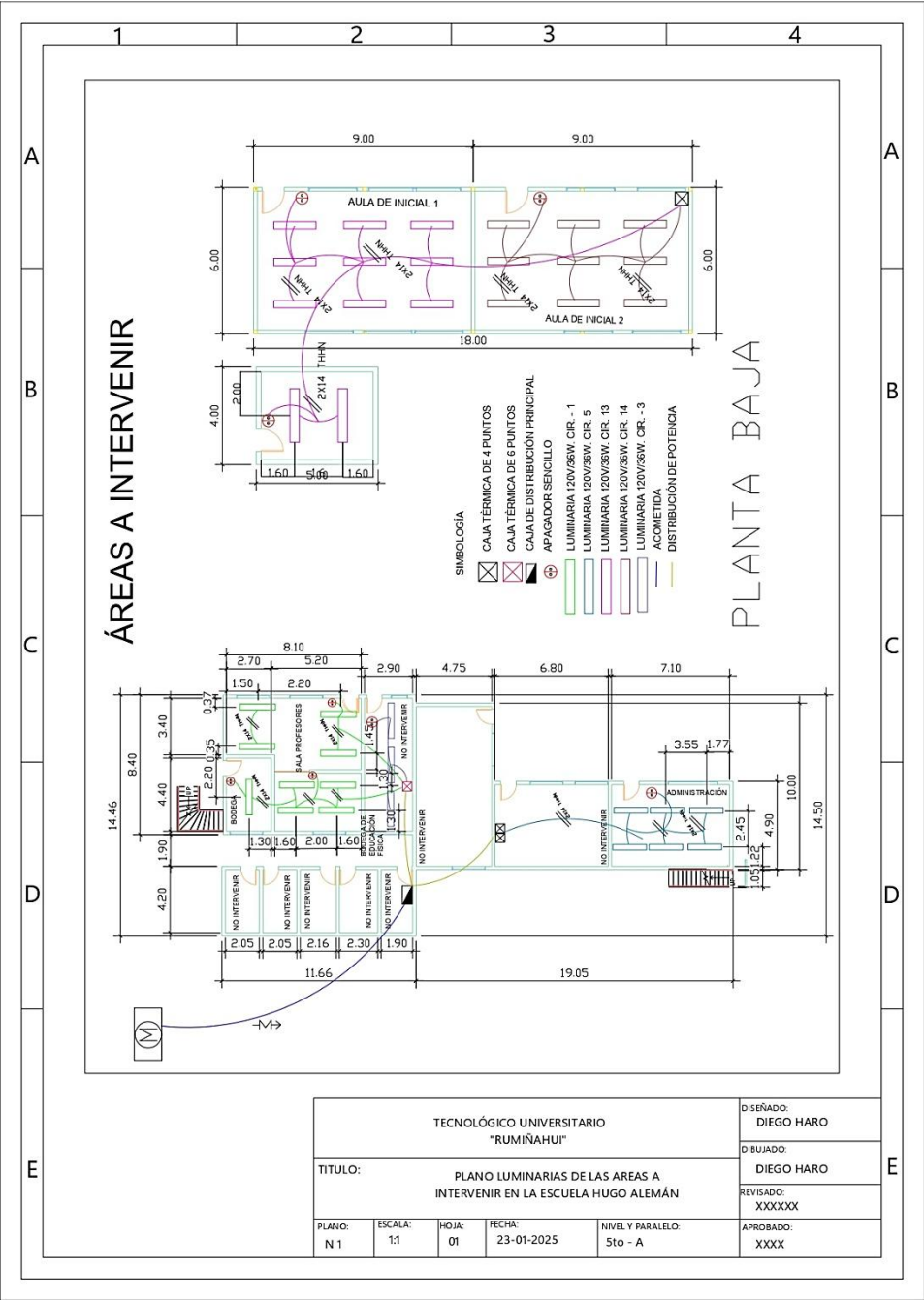


Figura 72. Plano de la distribución de las luminarias de las áreas a intervenir
Fuente: Elaboración propio

3.9.2. Lista de Materiales

Cant	Articulo	P. Unit	P. Total
30	Lampara led Baten 32w, 110V SYLVANIA	6.69	200.85
10	Tomacorrientes BL 110V	1.65	16.57
5	Interruptores simples BL	1.48	7.44
2	Interruptores dobles BL	2.56	5.14
4	Breaker enchufable 1P x 16 A SQD.	4.60	18.43
4	Breaker enchufable 1P x 40 A SQD.	5.00	20.00
4	Varilla 5/8 x 1.80cm Coperweld	4.68	18.73
4	Conector para varilla coperweld	0.96	3.84
1	Caja térmica de 4 puntos bifásica SQD	14.73	14.73
35	Mt. Cable aluminio 3x6 AWG AAC 600V	1.16	40.63
100	Mt, cable flexible THHN # 12, blanco	0.45	45.05
100	Mt, cable flexible THHN # 12, negro	0.43	43.74
100	Mt, cable flexible THHN # 14, negro	0.30	30.00
100	Mt, cable flexible THHN # 14, blanco	0.29	29.17
100	Mt, cable flexible THHN # 14, verde	0.29	29.17
100	Mt, cable flexible THHN # 14, azul	0.29	29.17
10	Mt, cable desnudo #6-7 hilos	1.77	17.72
3	Pinza templadora de cable	1.96	5.90
100	Mt manguera pvc anillada ½"	0.23	23.00
4	Cinta taípe negro	1.00	4.00
1	Amarra plástica 25cm	3.99	4.00
6	Canaleta lisa 20x12 C/A	2.03	12.20
50	Taco Fisher F-6	0.013	0.66
50	Tornillo 8x1 ¼" MDF	0.011	0.59
50	Abrazadera EMT 1/2"	0.066	3.31
2	Libra de alambre Galv #18, 20 kilos	1.00	2.00
8	Cajetín rectangular 32mm	1.24	10.00
6	Cajetín octogonal prof plastidor	0.35	2.10
1	Caja térmica 12 PTS Bifásica SQD	46.23	46.23
10	Tubo conductor EMT 1/2" x 3 MT 1.25mm TW	2.02	20.22
18	Conectores EMT ½ TW	0.19	3.59
10	Unión EMT ½" TW	0.18	1.80
TOTAL			816.59

3.9.3. *Instalación*

De acuerdo con las áreas identificadas para la intervención, se llevará a cabo la instalación de un sistema eléctrico mejorado que garantice un suministro seguro y eficiente que esto incluye la colocación de nuevas luminarias en espacios con deficiencia de iluminación, la instalación de tomacorrientes en áreas que lo requieran y la implementación de protecciones adecuadas en los circuitos eléctricos. Todo el proceso se ejecutará conforme a la normativa vigente, asegurando un óptimo funcionamiento y mejorando las condiciones de uso de cada espacio intervenido.

A continuación, se muestra las fotografías de la instalación.

Tablero principal.

El tablero principal presenta diversas deficiencias, como la falta de etiquetas, ausencia de tapa cobertura y una distribución desordenada del cableado, además, los cables se encuentran en mal estado y las protecciones eléctricas no garantizan un funcionamiento seguro. En la Figura 74, se evidencia el estado inicial del tablero antes de la intervención.

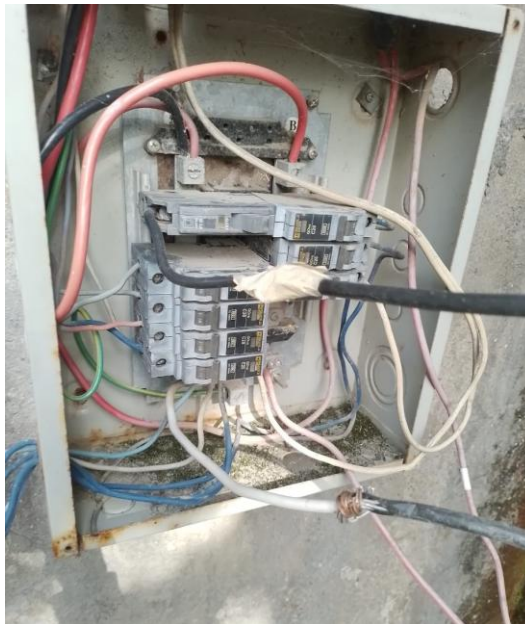
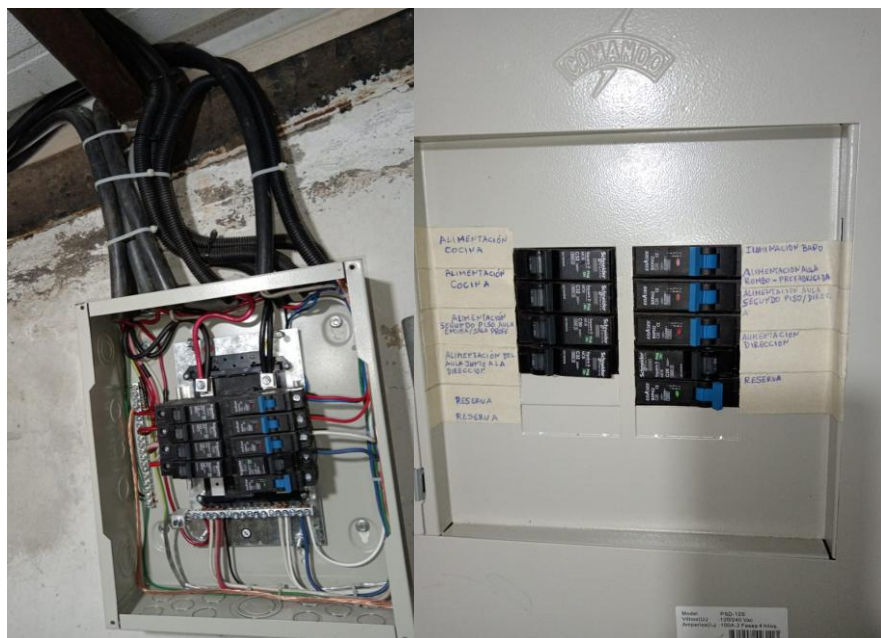


Figura 74. Tablero principal antes.
Fuente: Fotografía propia.



Tableros secundarios.

Durante la instalación, se evidenciaron múltiples deficiencias en los tableros secundarios, como protecciones inadecuadas y conexiones en mal estado, tal como se observa en la Figura 76, con la intervención, se mejoraron estos tableros mediante la instalación de protecciones nuevas y conexiones seguras, garantizando un sistema eléctrico más seguro y eficiente como se observa en la figura 77.





Figura 77. Tablero de 4 puntos después de la intervención.
Fuente: Fotografía propia.

Tablero secundario bifásico.

El tablero secundario, encargado de alimentar dos aulas, presentaba deficiencias significativas en su instalación al no contar con protecciones adecuadas, lo que representaba un riesgo para la seguridad eléctrica, y el cable utilizado no era el apropiado para la carga demandada. En la Figura 78, se observa el estado inicial del tablero antes de la intervención y, tras la mejora, el cambio a una caja bifásica, equipada con protecciones adecuadas y cableado correcto, garantizando así una instalación más segura y eficaz como se evidencia en la figura 79.



Figura 78. Tablero secundario antes de la intervención.
Fuente: Fotografía propia.

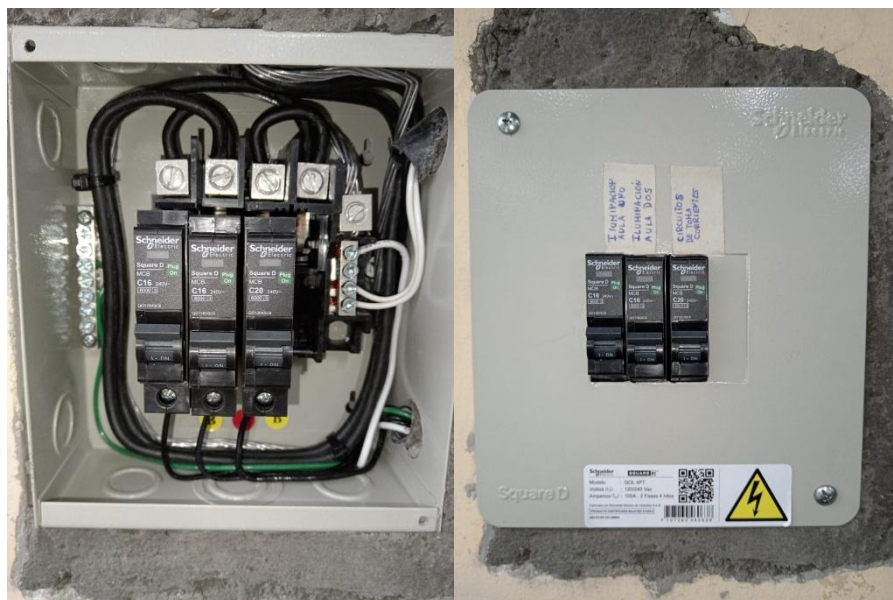


Figura 79. Tablero secundario bifásico después de la intervención.
Fuente: Fotografía propia.

Luminarias.

Durante la instalación de las luminarias, se identificó que la iluminación existente era insuficiente para garantizar un ambiente adecuado en las distintas áreas intervenidas, con la implementación de nuevas luminarias, se logró mejorar significativamente la distribución y calidad de la luz, asegurando niveles óptimos de iluminación y cumpliendo con los estándares recomendados para cada espacio.



Figura 80. Luminarias antes de la intervención
Fuente: Fotografía propia.



Figura 81. Administración después de la implementación.
Fuente: Fotografía propia.

Tomacorrientes.

Se observa en la figura 78, que los tomacorrientes presentaban deficiencias en su instalación, con conexiones deterioradas y sin una distribución adecuada. Tras la intervención, como se muestra en la figura 79, se reemplazaron y reorganizaron los tomacorrientes, asegurando su correcto funcionamiento y mejorando la seguridad eléctrica en las áreas intervenidas.



Figura 82. Tomacorrientes antes de la intervención.
Fuente: Fotografía propia.



Figura 83. Tomacorrientes después de la intervención.
Fuente: Fotografía propia.

Interruptores.

Se evidenció en la figura 80 que los interruptores presentaban deficiencias en su funcionamiento y distribución, lo que podía comprometer la seguridad y operatividad del sistema eléctrico. Tras la intervención, como se muestra en la figura 81, se instalaron nuevos interruptores adecuados, garantizando un control eficiente y seguro de la energía en cada área.

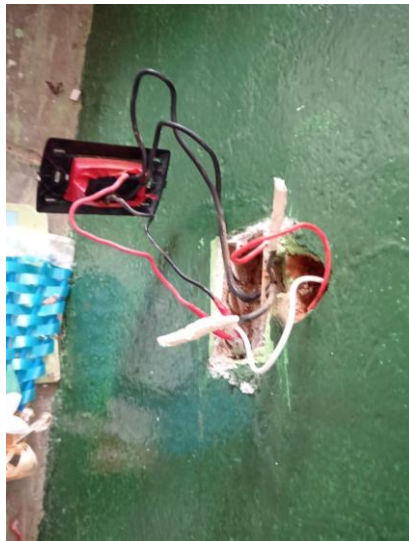


Figura 84. Interruptor antes de la intervención.
Figura: Fotografía propia.



Figura 85. Interruptores después de la intervención

Figura: Fotografía propia.

Puesta a tierra.

En la Figura 86, se muestra las fotografías del proceso de puesta a tierra, donde se evidencia la instalación de los electrodos y la correcta conexión del sistema, garantizando el cumplimiento de las normativas de seguridad eléctrica.



Figura 86. Realización de la puesta a tierra con sus materiales.

Figura: Fotografía propia.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Pruebas de funcionamiento

Se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar el correcto desempeño del sistema eléctrico instalado, además se midieron los niveles de voltaje en los tomacorrientes, la continuidad de los circuitos, la resistencia del sistema de puesta a tierra y el encendido de las luminarias. A continuación, se muestra imágenes que evidencian el proceso de verificación.

Funcionamiento de las luminarias.



Figura 88. Funcionamiento de la dirección.
Figura: Fotografía propia.

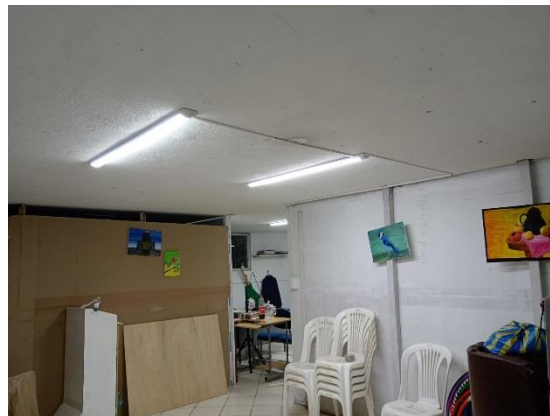


Figura 87. Funcionamiento de la luminaria de la bodega de educación física
Figura: Fotografía propia.



Figura 89. Funcionamiento de la luminaria del baño
Figura: Fotografía propia.

Funcionamiento de la puesta a tierra.

La medición del sistema de conexión a tierra se realizó utilizando un telurímetro, obteniendo un valor final de 10.5 ohmios, lo que representa una mejora significativa respecto a la medición inicial de 287 ohmios con este resultado se encuentra dentro de los parámetros adecuados para garantizar la seguridad eléctrica, asegurando una correcta disipación de corrientes de falla. Además, el valor obtenido es cercano al cálculo teórico de 13.18 ohmios, lo que valida la correcta implementación del sistema y su eficiencia en la protección de las instalaciones y usuarios.

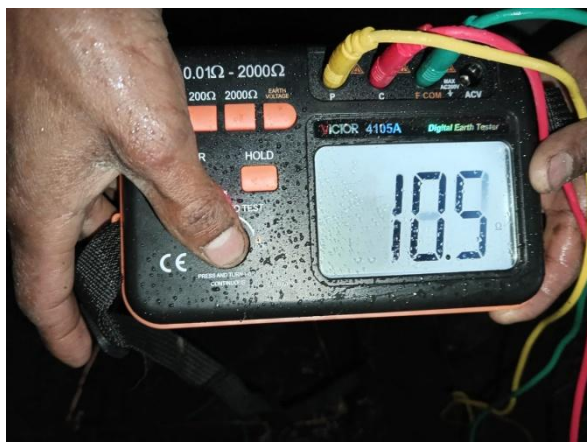


Figura 90. Medición de la puesta a tierra después de la implementación.
Figura: Fotografía propia.

4.2. Niveles de iluminación

Se realizó la medición de los niveles de luminosidad en las zonas intervenidas para asegurar que se ajusta con los estándares recomendados, tras la instalación de las nuevas luminarias, se obtuvo una mejora considerable en la distribución y calidad de la luz, garantizando un entorno propicio para el desarrollo de las actividades. Como se evidencia en la tabla 15, los valores registrados después de la intervención muestran un incremento en la intensidad lumínica, optimizando así las condiciones visuales en cada espacio.

Tabla 15. Medición de luxes

Área	Valor inicial lux	Valor norma UNE lux	Valor medido lux	Observación
Sala de profesores	183	300	952	Cumple el nivel requerido
Bodega de educación física	27	300	611	Cumple el nivel requerido
Bodega	10	100	476	Cumple el nivel requerido
Administración	91	300	802	Cumple el nivel requerido
Cocina	55	300	662	Cumple el nivel requerido
Aula de inicial #1	90	300	458	Cumple el nivel requerido
Aula de inicial #2	98	300	505	Cumple el nivel requerido
Baño	12	100	335	Cumple el nivel requerido

Medición con el luxómetro de la administración.

En la figura 82, se evidencia del antes donde la cantidad de luz no es el adecuado para un área estudiantil mientras que después de la intervención en la administración, donde se realizaron mediciones con el luxómetro los resultados indican una mejora considerable en los niveles de iluminación, garantizando un entorno más apropiado para el desarrollo de las actividades.

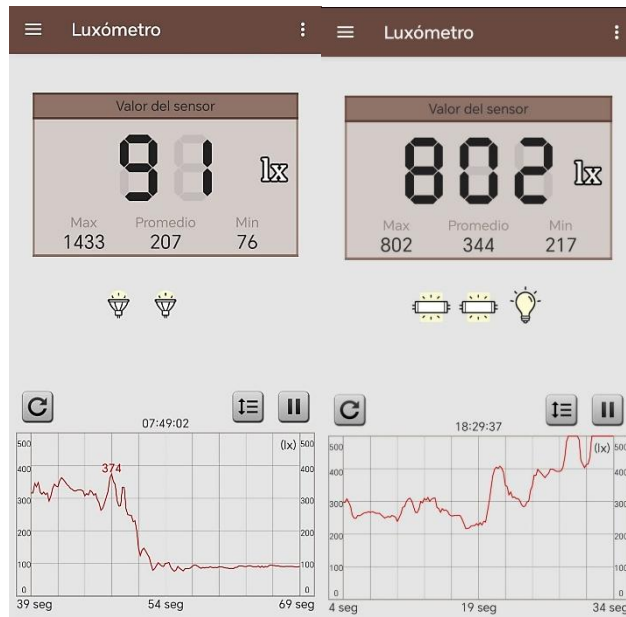


Figura 91. Medición antes y después de la instalación
Fuente: Captura de pantalla del programa luminex

Medición con el luxómetro de la Sala de profesores.

En las siguientes figuras se presenta la medición con el luxómetro de nivel de iluminación que existía previo a la implementación y después de la implementación de las luminarias.



Figura 92. Medición antes y después de la instalación.
Fuente: Captura de pantalla del programa luminex

Medición con el luxómetro de la Cocina.

En las siguientes figuras se muestra la medición con el luxómetro del nivel de iluminación en la cocina, evidenciando la diferencia antes y después de la instalación de las nuevas luminarias, lo que garantiza una mejor visibilidad y condiciones óptimas en el área.

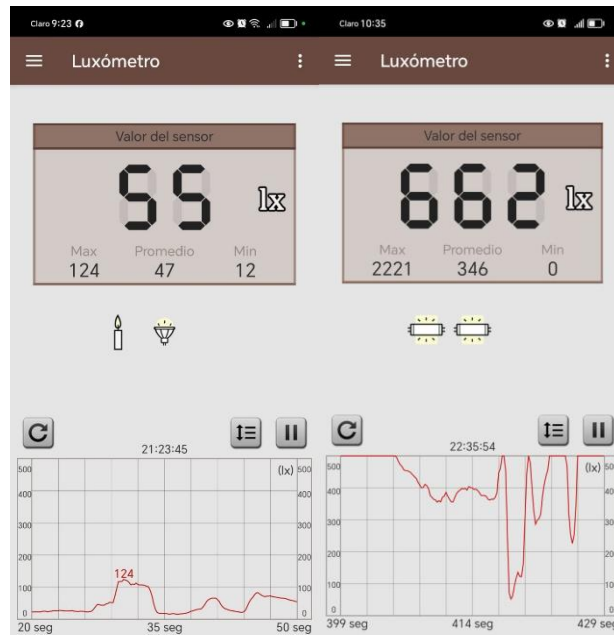


Figura 93. Mediciones del antes y después.
Fuente: Captura de pantalla del programa luminex

4.3. Caída de voltaje

En la tabla 16, se evidencia la caída de voltaje medida en el sistema eléctrico después de la intervención así como los cálculos previos estimaban una caída de 5.60V en la acometida principal y de 3.56V en el circuito de tomacorriente-L que mediante las mediciones realizadas confirmaron valores dentro de los rangos esperados, asegurando un suministro eléctrico estable y eficiente en toda la instalación.

Tabla 16. Medición de caída de tensión en los circuitos

Circuito	Valor calculado (V)	Valor medido (V)	Observación
Acometida principal	5.60	238.5	Valor medido en el medidor 240
Cir. Tomacorriente-L	3.56	117.5	Valor medido en el medidor es de 118.8

Las mediciones de caída de voltaje indican valores dentro de los límites aceptables. En la acometida, se registró una caída de 5.60 V, con 238.5 V medidos frente a los 240 V del medidor principal. En el circuito de tomacorrientes a 45 metros, la caída fue de 3.56 V, con 117.5 V medidos en el tablero frente a 118.5 V en el tablero principal. Estos valores confirman una distribución eficiente y segura de la energía eléctrica.



Figura 94. Medición de la acometida
Figura: Fotografía propia.



Figura 95. Medición del Cir. Tomacorriente-L.
Figura: Fotografía propia.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La instalación eléctrica se ejecutó conforme a los estándares y códigos de seguridad establecidos, reduciendo significativamente los riesgos de accidentes, fallos y posibles incendios también se verificó que todos los componentes cumplen con los requerimientos normativos, garantizando un sistema seguro y confiable.

- El diseño de la instalación permitió optimizar el uso de la energía, minimizando pérdidas y asegurando un consumo eficiente que la disminución de voltaje registrada en la acometida principal fue de 4V, y en los puntos más alejados, como el circuito L, de 2V, valores aceptables que confirman un correcto dimensionamiento del sistema.

- Se instalaron los interruptores automáticos y fusibles adecuados, garantizando una desconexión inmediata en caso de fallos con esto no solo protege la integridad del sistema eléctrico, sino también la protección de los trabajadores y los dispositivos, previniendo sobrecargas y cortocircuitos.

- La puesta a tierra de la institución se implementó correctamente, obteniendo una resistencia de 14 ohmios, valor cercano al calculado de 13.18 ohmios, lo que confirma la efectividad del sistema y su cumplimiento con la normativa NEC-SB-IE.

- Tras finalizar la instalación, se comprobó el correcto funcionamiento de todos los elementos eléctricos, incluyendo luminarias, tomacorrientes y protecciones, asegurando que la infraestructura cumple con los requerimientos de la organización y los requerimientos de los usuarios.

- Se diseñaron planos eléctricos conforme a la normativa IEC 60617, permitiendo que futuras revisiones, mantenimientos o modificaciones se realicen con mayor facilidad, favoreciendo la conservación y extensión de la duración del sistema

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la viabilidad de instalar luminarias LED con sensores de movimiento en áreas de bajo tránsito, como bodegas y baños, para disminuir el gasto de energía y mejorar la eficiencia del alumbrado.
- Considerar la implementación de un sistema de energía solar con paneles fotovoltaicos Para minimizar la dependencia del suministro eléctrico convencional y reducir los costos operativos a largo plazo.
- En futuras ampliaciones del sistema, considerar el uso de canalizaciones más amplias y con mayor capacidad para facilitar la instalación de nuevos circuitos sin comprometer la seguridad ni la operatividad del sistema eléctrico existente.
- Establecer un protocolo de inspección regular del estado de los conductores, conexiones y tableros eléctricos para detectar posibles desgastes o fallas antes de que se conviertan en un problema mayor.
- Evaluar la posibilidad de instalar un sistema de baterías o un generador eléctrico para mantener el abastecimiento energético en situaciones de fallos imprevistos.

6. BIBLIOGRAFIA

- DIAL GmbH. (17 de Diciembre de 2024). *DIALux*. <https://www.dialux.com/es-ES/dialux>
- Amores Sánchez, F. (Febrero de 2016). *Monografias*. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/terminos-puesta-tierra/terminos-puesta-tierra>
- Armando, L. (s.f.). *La pantalla*. <https://www.la-pantalla.com.ar/factor-de-utilizacion-lamparas-led/>
- Beltrán Molina, J. J., & Merchán Arévalo, C. E. (2013). *Niveles de iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados de una ips de bogotá*. *Movimiento científico*. <https://doi.org/10.33881/2011-7191.%x>
- Benitez, M. (17 de Julio de 2023). *Pleus*. <https://pleus.energy/iluminacion-industrial/iluminacion-industrial-caracteristicas-y-beneficios/>
- Cajamarca, C. A., & Morales, Z. S. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de iluminación exterior programable, para la casona principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos*. Quito, 2018.: EPN. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19702>
- Carlos, F. (Enero de 2013). *Picuino*. <https://www.picuino.com/es/electric-circuito.html>
- Felipe. (3 de Abril de 2023). *GEO Constructor*. <https://geoconstructor.cl/instalacion-electrica-aprende-a-seleccionar-cables-electricos-para-tus-proyectos/>
- Garcia, P. (28 de Junio de 2021). *EMAC*. <https://emacstores.com/como-funcionan-los-interruptores-termomagneticos/>
- Gurmendi, P. (2020). *Instalaciones Electricas*. UPC.EDU. <https://es.slideshare.net/slideshow/alumbrado-interior-y-publico-metodo-por-lumenes/225127328#42>
- Loor, M. (27 de Noviembre de 2017). *Estructuras de Carga Electrica*. <https://estructurasdecargaelectrica.blogspot.com/2017/11/4-sencillas-formas-de-conexiones-de-un.html>
- Martinez, J. (30 de Noviembre de 2022). *ECUACIONES PARA EL CALCULO DE RESISTENCIA DE*.

Paredes, M., & Aries, A. (2018). *Influencia del tipo y distribución de luminarias en el sistema de iluminación en aulas y talleres de SENATI*. Chimbote 2016.
<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3224>

Sandoya, A. D. (2018). *NEC, Instalaciones electricas*. Quito: MIDUVI.

SYLVANIA. (28 de Enero de 2020). <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2020/04/P23531-WATERPROOF-BATTEN-LED-36W-6500K-100-240V.pdf>

Tierra, J. I. (12 de Julio de 2023). *SIMON ELECTRIC*. <https://www.simonelectric.com/blog/tipos-de-iluminacion>

Urgo, F. (4 de Diciembre de 2024). *Worldstandards*.
<https://www.worldstandards.eu/es/electricidad/tipos-de-enchufes/>