

Pregrado

Carrera: Electricidad Asignatura
(UIC):

**Trabajo de titulación previo a la
obtención del Título en:**
Tecnólogo superior en electricidad

Tema:

**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA
ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y
FUERZA EN LA CASA BARRIAL DEL
BARRIO SANTA ISABEL ANTIGUO,
PARROQUIA DE AMAGUAÑA**

Autor/s: Kevin Orlando Criollo

Gualotuña

Tutor metodológico: Andagoya Alba Luis Daniel.

Tutor Técnico: Andagoya Alba Luis Daniel

Sangolquí, febrero del 2025





Kevin Orlando Criollo Gualotuña

Título a obtener: Tecnólogo superior en Electricidad

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: Kevin.criollo@ister.edu.ec



Dirigido por: Andagoya Alba Luis Daniel

Título: Master en Integración de las Energías Renovables en el Sistema Eléctrico/ Ingeniero Eléctrico.

Matriz: Sangolquí -Ecuador

Correo electrónico: luis.andagoya@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 del titular de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libredifusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación al autor

©2024 Tecnológico Universitario

Rumiñahui SANGOLQUÍ –

ECUADOR

Kevin Orlando Criollo Gualotuña

REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA
EN LA CASA BARRIAL DEL BARRIO SANTA ISABEL ANTIGUO, PARROQUIA
DE AMAGUAÑA.



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 14 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, Kevin Orlando Criollo Gualotuña declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y FUERZA EN LA CASA BARRIAL DEL BARRIO SANTA ISABEL ANTIGUO, PARROQUIA DE AMAGUAÑA, 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,

KEVIN ORLANDO CRIOLLO GUALOTUÑA
C.I.: 1723407878

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



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 14 de marzo de 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo KEVIN ORLANDO CRIOLLO GUALOTUÑA, con C.I.: 1723407878 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
Kevin Orlando Criollo Gualotuña
C.I.: 1723407878

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

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

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:
TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRICIDAD
AUTOR /ES:

Kevin Orlando Criollo Gualotuña

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):
LUIS DANIEL ANDAGOYA ALBA

CONTACTO ESTUDIANTE:
0994365804

CORREO ELECTRÓNICO: kevin.criollo@ister.edu.ec

TEMA:
REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y
FUERZA EN LA CASA BARRIAL DEL BARRIO SANTA ISABEL
ANTIGUO, PARROQUIA DE AMAGUAÑA

OPCIÓN DE TITULACIÓN:
PROYECTO DE TITULACION

La electricidad es una de las fuentes de energía más importante en la actualidad ya que es la base primordial de nuestro diario vivir, sin ella no tendríamos iluminación ya que juega un papel muy fundamental para el diseño óptimo del plano eléctrico y así poder brindar un gran impacto el rendimiento, salud, bienestar y seguridad de cada individuo. La iluminación puede presentar fallencias tanto exteriores como interiores ya que los espacios tienden a ser menos importantes y a su vez menos concurridos, esta falla se ve presentada en los espacios comunitarios que requieren atención inmediata.

Este proyecto aborda la repotenciación integral del sistema eléctrico en la casa barrial del barrio Santa Isabel en Amagüaña, Pichincha, enfocándose en la modernización de la iluminación, el sistema de puesta a tierra y el rediseño eléctrico general. La infraestructura actual, con más de 20 años de antigüedad, presenta deficiencias significativas que comprometen la seguridad y funcionalidad del espacio comunitario. El proyecto implementará tecnología LED de alta eficiencia, actualizará el sistema de distribución eléctrica y establecerá un sistema de puesta a tierra conforme a las normativas vigentes. La intervención busca reducir el consumo energético, mejorar la seguridad de las instalaciones y optimizar el uso del espacio comunitario. La metodología incluye una evaluación técnica exhaustiva, diseño luminotécnico especializado, elaboración de planos detallados y la implementación de sistemas según estándares internacionales. Los resultados esperados incluyen mayor seguridad en las instalaciones y una documentación técnica completa para mantenimiento futuro, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la infraestructura comunitaria.

PALABRAS CLAVE:

Electricidad, Iluminación, sistema eléctrico, sistema puesto a tierra, diseño eléctrico.

Electricity is one of the most important energy sources today, as it is the primary basis for our daily lives. Without it, we would have no lighting, as it plays a fundamental role in optimal electrical design, providing a significant impact on the performance, health, well-being, and safety of each individual. Lighting can have shortcomings both outdoors and indoors, as spaces tend to be less important and less crowded. This shortcoming is particularly evident in community spaces that require immediate attention.

This project addresses the comprehensive repowering of the electrical system in the neighborhood house in the Santa Isabel neighborhood in Amaguaña, Pichincha, focusing on the modernization of lighting, the grounding system and the general electrical redesign. The current infrastructure, more than 20 years old, has significant deficiencies that compromise the safety and functionality of the community space. The project will implement high-efficiency LED technology, update the electrical distribution system and establish a grounding system in accordance with current regulations. The intervention seeks to reduce energy consumption, improve the security of the facilities and optimize the use of community space. The methodology includes an exhaustive technical evaluation, specialized lighting design, preparation of detailed plans and the implementation of systems according to international standards. The expected results include a significant reduction in operating costs, greater security at the facilities and complete technical documentation for future maintenance, thus contributing to the sustainable development of community infrastructure.

KEY WORDS:

Electricity, Lighting, Electrical System, Grounding System, Electrical Design.



Firma del Estudiante
Kevin Orlando Criollo Gualotuña
C.I.: 1723407878

DEDICATORIO

Principalmente dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y haberme guiado al igual que mis padres en mi formación profesional, ya que siempre me han confiado en mí y me han apoyado a construir mis metas.

Kevin Orlando Criollo Gualotuña

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a mi familia, amigos y maestros por haber sido una guía primordial en mi vida estudiantil, ya que me han brindado las herramientas adecuadas para poder concluir con esta etapa de mi vida y poder ser mejor persona y un gran profesional.

Kevin Orlando Criollo Gualotuña

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Alcance.....	4
1.4 Objetivos General y Específicos	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2. SISTEMAS ELÉCTRICOS EN CASAS COMUNITARIAS.....	6
2.2 Instalaciones Eléctricas de Bajo Voltaje	11
2.3 Sistemas de Puesta a Tierra.....	16
2.4 Ventajas y Desventajas de la Iluminación LED y Software Especializado para Diseño Eléctrico	20
Algunos de los softwares más utilizados en este ámbito incluyen:.....	22
2.4.3.1. AutoCAD Electrical	22
2.4.3.2. ETAP	22
2.4.3.3. Dialux	22
2.4.3.4. Relux	22
2.5 Normativas y Estándares Técnicos	23
CAPITULO III	28
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	28
3.2. Diseño del sistema de iluminación en DIALUX.....	37
3.3 Diseño del circuito de iluminación y fuerza.....	40
3.3. Puesta a tierra.....	50
CAPITULO IV	61
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
CAPITULO V	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Comparativa Técnica de Sistemas de Iluminación.....	9
Tabla 2.	Componentes Fundamentales en Instalaciones Eléctricas	13
Tabla 3. principal	Mediciones de parámetros eléctricos y nivel de iluminación en el salón	30
Tabla 4. interiores.	Tabla normativa UNE 12464.1 norma europea sobre la iluminación para interiores.	31
Tabla 5.	Tabla normativa UNE. 12464.1 norma europea sobre la iluminación para interiores.	32
Tabla 6.	Características luminarias led	39
Tabla 7.	Factores de Demanda.....	40
Tabla 8.	Carga a Instalar.	42
Tabla 9.	Estudio de carga para selección del conductor eléctrico.....	45
Tabla 10.	Código de colores según normativa NEC.....	45
Tabla 11.	Selección de protecciones eléctricas.	48
Tabla 12.	capacidad de protección.....	49
Tabla 13.	Especificaciones para selección de conductores	50
Tabla 14.	Rangos de resistividad eléctrica del suelo	53
Tabla 15.	Materiales y equipos utilizados para la repotenciación	63
Tabla 16.	Comparación de luxes, antes y después de la implementación	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Iluminación Led	6
Figura 2 Redes eléctricas de bajo voltaje.....	11
Figura 3 Sistema de puesto a tierra+	17
Figura 4 Iluminación del salón principal antes de la implementación	31
Figura 5 Promedio de luxes en el salón principal antes de la implementación.	32
Figura 6 Iluminación en los servicios higiénicos antes de la implementación.	33
Figura 7 Promedio de luxes de los servicios higiénicos antes de la implementación.....	33
Figura 8 Plano inicial salón principal	34
Figura 9 Plano inicial servicios higiénicos	34
Figura 10 Simbología.....	35
Figura 11 Diagrama unifilar	35
Figura 12 Iluminación del salón principal por Dialux	37
Figura 13 Iluminación de los servicios higiénicos por Dialux.....	37
Figura 14 Lampara selección de luminaria para proyecto.	39
Figura 15 Amperaje que soportan los cables de cobre	43
Figura 16 Esquema de conexión a tierra.....	51
Figura 17 Conexión a tierra con barra.	52
Figura 18 Inspección del suelo	54
Figura 19 Medidor en mal estado	55
Figura 20 Breakers de servicios higiénicos en mal estad	56
Figura 21 Rediseño.....	57
Figura 22 Nuevo cableado	57
Figura 23 Nuevo montaje	58
Figura 24 Implementación de nuevas luminarias	59
Figura 25 Puesta a tierra	60
Figura 26 Toma de mediciones.....	61
Figura 27 Toma de luxes	62
Figura 28 Resultado de Repotenciación	62

RESUMEN

La electricidad es una de las fuentes de energía más importante en la actualidad ya que es la base primordial de nuestro diario vivir, sin ella no tendríamos iluminación ya que juega un papel muy fundamental para el diseño óptimo del plano eléctrico y así poder brindar un gran impacto en el rendimiento, salud, bienestar y seguridad de cada individuo. La iluminación puede presentar fallencias tanto exteriores como interiores ya que los espacios tienden a ser menos importantes y a su vez menos concurridos, esta falla se ve presentada en los espacios comunitarios que requieren atención inmediata.

Este proyecto aborda la repotenciación integral del sistema eléctrico en la casa barrial del barrio Santa Isabel en Amagüaña, Pichincha, enfocándose en la modernización de la iluminación, el sistema de puesta a tierra y el rediseño eléctrico general. La infraestructura actual, con más de 20 años de antigüedad, presenta deficiencias significativas que comprometen la seguridad y funcionalidad del espacio comunitario. El proyecto implementará tecnología LED de alta eficiencia, actualizará el sistema de distribución eléctrica y establecerá un sistema de puesta a tierra conforme a las normativas vigentes. La intervención busca reducir el consumo energético, mejorar la seguridad de las instalaciones y optimizar el uso del espacio comunitario. La metodología incluye una evaluación técnica exhaustiva, diseño luminotécnico especializado, elaboración de planos detallados y la implementación de sistemas según estándares internacionales. Los resultados esperados incluyen mayor seguridad en las instalaciones y una documentación técnica completa para mantenimiento futuro, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la infraestructura comunitaria.

PALABRAS CLAVE:

Electricidad, Iluminación, sistema eléctrico, sistema puesto a tierra, diseño eléctrico.

ABSTRACT

Electricity is one of the most important energy sources today, as it is the primary basis for our daily lives. Without it, we would have no lighting, as it plays a fundamental role in optimal electrical design, providing a significant impact on the performance, health, well-being, and safety of each individual. Lighting can have shortcomings both outdoors and indoors, as spaces tend to be less important and less crowded. This shortcoming is particularly evident in community spaces that require immediate attention.

This project addresses the comprehensive repowering of the electrical system in the neighborhood house in the Santa Isabel neighborhood in Amaguaña, Pichincha, focusing on the modernization of lighting, the grounding system and the general electrical redesign. The current infrastructure, more than 20 years old, has significant deficiencies that compromise the safety and functionality of the community space. The project will implement high-efficiency LED technology, update the electrical distribution system and establish a grounding system in accordance with current regulations. The intervention seeks to reduce energy consumption, improve the security of the facilities and optimize the use of community space. The methodology includes an exhaustive technical evaluation, specialized lighting design, preparation of detailed plans and the implementation of systems according to international standards. The expected results include a significant reduction in operating costs, greater security at the facilities and complete technical documentation for future maintenance, thus contributing to the sustainable development of community infrastructure.

KEY WORDS:

Electricity, Lighting, Electrical System, Grounding System, Electrical Design

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Este proyecto aborda la repotenciación integral del sistema eléctrico en la casa barrial del barrio Santa Isabel en Amaguaña, Pichincha, enfocándose en la modernización de la iluminación, el sistema de puesta a tierra y el rediseño eléctrico general. La infraestructura actual, con más de 20 años de antigüedad, presenta deficiencias significativas que comprometen la seguridad y funcionalidad del espacio comunitario.

El proyecto implementará tecnología LED de alta eficiencia, actualizará el sistema de distribución eléctrica y establecerá un sistema de puesta a tierra conforme a las normativas vigentes. La intervención busca reducir el consumo energético, mejorar la seguridad de las instalaciones y optimizar el uso del espacio comunitario. La metodología incluye una evaluación técnica exhaustiva, diseño luminotécnico especializado, elaboración de planos detallados y la implementación de sistemas según estándares internacionales. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa en costos operativos, mayor seguridad en las instalaciones y una documentación técnica completa para mantenimiento futuro, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la infraestructura comunitaria.

1.1. Planteamiento del Problema

La casa barrial del barrio Santa Isabel Amaguaña, Pichincha, presenta problemas con su iluminación, sistema de puesta a tierra (SPA) y diseño eléctrico. Estos problemas contienen, falta de alumbrado, cableado defectuoso y falta de mantenimiento preventivo. Así mismo podemos encontrar que la casa barrial presenta diversos problemas en su sistema eléctrico:

Causas:

- Instalaciones eléctricas con más de 20 años de antigüedad (Torres & Méndez, 2023)
- Ausencia de mantenimiento preventivo documentado desde 2018
- Cumplimiento de normativas NEC actualizadas en 2021
- Sobrecarga en circuitos por aumento de demanda eléctrica
- Deterioro natural de componentes por exposición ambiental.

Consecuencias:

- Riesgo elevado de cortocircuitos e incendios eléctricos
- Pérdidas energéticas del 25-30% según mediciones preliminares
- Imposibilidad de implementar nuevos equipos tecnológicos
- Limitación en el uso nocturno del espacio
- Costos operativos elevados por ineficiencia energética
- Incumplimiento de normativas de seguridad vigentes
- Deterioro acelerado de equipos conectados

1.2 Justificación

La repotenciación del sistema eléctrico en la casa barrial del barrio Santa Isabel, Amaguaña, constituye una intervención técnica fundamental que responde a múltiples necesidades críticas identificadas en la infraestructura actual. La implementación de este proyecto se justifica primordialmente en la necesidad de garantizar la seguridad de los usuarios mediante la actualización de las instalaciones eléctricas que, según los estudios preliminares, presentan deterioro significativo y no cumplen con las normativas vigentes establecidas en el Código Eléctrico Ecuatoriano (CEE).). La modernización del sistema eléctrico permitirá una reducción en el consumo energético a través de la implementación de tecnología LED de alta eficiencia, lo que se traduce en un beneficio económico directo para la administración del espacio comunitario. Además, la intervención contempla la optimización de la distribución de cargas y la implementación de protecciones eléctricas modernas que garantizarán la integridad de los equipos conectados y la seguridad de los usuarios. El proyecto se alinea con las directrices establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y los estándares internacionales de eficiencia energética, lo que asegura su viabilidad técnica y cumplimiento normativo. La mejora en la calidad de iluminación impactará positivamente en el desarrollo de actividades comunitarias, permitiendo un uso más efectivo del espacio en horarios extendidos y contribuyendo al fortalecimiento del tejido social del barrio Santa Isabel. La documentación técnica actualizada que se generará durante el proceso servirá como referencia para futuros mantenimientos y ampliaciones, asegurando la sostenibilidad a largo plazo de la intervención.

1.3 Alcance

El alcance de este proyecto abarca la repotenciación integral del sistema eléctrico de la casa barrial del barrio Santa Isabel cuenta con una dimensión de 12 x 8 más dos baños de 3x3m c/u, que incluye el rediseño y actualización completa de la red de iluminación y el sistema de fuerza de bajo voltaje. Se iniciará con un análisis técnico exhaustivo de la situación actual mediante una inspección detallada que evaluará el estado de todos los componentes eléctricos existentes. El proyecto contempla la renovación total del sistema de iluminación con tecnología LED de alta eficiencia, incluyendo el cálculo y diseño de la distribución lumínica óptima para cada espacio según su uso específico. Se realizará la actualización del sistema de fuerza que comprende la instalación de nuevos circuitos eléctricos, tomacorrientes con puesta a tierra, y un nuevo tablero de distribución principal con sus respectivas protecciones según la normativa vigente. Se implementará un sistema de puesta a tierra adecuado para garantizar la seguridad de las instalaciones y usuarios. El proyecto incluye la elaboración de planos eléctricos detallados utilizando AutoCAD, simulaciones de iluminación con el software DIALux, cálculos de carga eléctrica, dimensionamiento de conductores y protecciones, y la documentación técnica completa. Se realizará el etiquetado y señalización de todos los circuitos y elementos eléctricos para facilitar el mantenimiento futuro. Como parte del alcance, se proporcionará un manual de operación y mantenimiento de las instalaciones, así como la capacitación básica al personal encargado del manejo de las instalaciones. Todo el trabajo se ejecutará cumpliendo estrictamente con las normativas NEC (Código Nacional), NFPA 70, y demás regulaciones vigentes en Ecuador, garantizando así la seguridad y confiabilidad de las instalaciones eléctricas renovadas.

Además, se implementará el sistema de puesta a tierra (SPT), ya que, es fundamental para la seguridad eléctrica en edificaciones comunitarias. Según la IEEE Std 142-2007, un SPT adecuado reduce el riesgo de descargas eléctricas, protege equipos sensibles y garantiza el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección. Estudios realizados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2023) indican que solo el 45% de las edificaciones comunitarias cuentan con SPT que cumplen con los estándares actuales.

1.4 Objetivos General y Específicos

Objetivo General:

Repotenciar el sistema del suministro de iluminación y fuerza interno de la casa barrial del barrio Santa Isabel, utilizando la normativa NEC actual del Ecuador, para mejorar el entorno social entre moradores y representantes del sector.

Objetivos Específicos:

- Realizar una evaluación técnica exhaustiva mediante protocolos IEEE para diagnóstico de instalaciones eléctricas.
- Desarrollar el diseño luminotécnico utilizando DIALux, considerando las normas ISO 8995
- Elaborar planos eléctricos detallados en AutoCAD según normativa IEC 60364
- Determinar el presupuesto detallado incluyendo análisis de retorno de inversión
- Implementar y verificar el sistema según protocolos IEC 60364-6
- Generar los entregable que sean necesarios para la obtención de un proyecto exitos

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2. SISTEMAS ELÉCTRICOS EN CASAS COMUNITARIAS

2.1 Sistemas de Iluminación LED en Edificaciones Comunitarias

La tecnología LED (Diodo Emisor de Luz) ha revolucionado la industria de la iluminación, especialmente en edificaciones comunitarias, debido a su alta eficiencia energética y bajo impacto ambiental. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos (2023), el uso de sistemas LED puede reducir el consumo energético en hasta un 75% en comparación con tecnologías convencionales de iluminación (U.S. Department of Energy, 2023).

2.1.1 Fundamentación Conceptual de Iluminación LED

Los sistemas LED se basan en el proceso de **electroluminiscencia**, un fenómeno donde los electrones atraviesan un material semiconductor, emitiendo fotones al liberar energía. Este proceso permite la conversión eficiente de la energía eléctrica en luz, con una baja generación de calor. Según (Dewesoft, 2021), las bombillas LED son más eficientes energéticamente que las bombillas incandescentes, pero también tienen algunas desventajas, como la introducción de ruido en la red eléctrica debido a su carga no lineal.

Figura 1 Iluminación Led



Fuente. (ARQA, 2019)

Los LED son componentes electrónicos que generan luz mediante electroluminiscencia, un fenómeno donde los materiales semiconductores emiten fotones al ser atravesados por una corriente eléctrica. Esta tecnología se caracteriza por:

- Alta eficiencia luminosa
- Mínima generación de calor
- Durabilidad extendida
- Bajo consumo energético

2.1.2 Tipos de Sistemas LED

Existen varios tipos de sistemas LED utilizados en edificaciones comunitarias, clasificados principalmente como direccionales, omnidireccionales y de color variable. Según un artículo de (BuyLED, 2018), los sistemas LED direccionales, que concentran el flujo luminoso en un ángulo reducido, son ideales para aplicaciones que requieren una iluminación focalizada, como las áreas de lectura o espacios de trabajo específicos.

Los sistemas LED omnidireccionales, que distribuyen la luz en múltiples direcciones, son adecuados para iluminación general, ofreciendo una eficiencia similar a las bombillas tradicionales, pero con una mayor durabilidad y bajo consumo (BuyLED, 2018).

A continuación, detallamos sobre los sistemas LED existentes:

1. Sistema LED Direccional

Sistema de iluminación que concentra el flujo luminoso en un ángulo específico, ideal para iluminación focal y dirigida.

Características:

- Ángulo de apertura reducido (10-30 grados)
- Alta precisión en direccionamiento
- Eficiencia energética superior al 85%

Aplicaciones:

- Iluminación de espacios específicos
- Destacar elementos arquitectónicos
- Iluminación de seguridad

2. Sistema LED Omnidireccional

Sistema que distribuye la luz de manera uniforme en múltiples direcciones, similar a las bombillas tradicionales.

Características:

- Ángulo de apertura amplio (360 grados)
- Distribución lumínica homogénea
- Diseño similar a luminarias convencionales

Aplicaciones:

- Iluminación general de espacios
- Reemplazo directo de luminarias tradicionales
- Áreas que requieren luz difusa

3. Sistema LED de Color Variable

Luminarias con capacidad de modificar temperatura de color y tonalidad.

Características:

- Control de temperatura de color (2700K-6500K)
- Programación mediante dispositivos inteligentes

- Eficiencia energética modulable

Aplicaciones:

- Diseño de ambientes
- Iluminación adaptativa
- Ahorro energético mediante control

2.1.3 Eficiencia Energética en Iluminación LED

La eficiencia energética de los sistemas LED es uno de los principales beneficios que ha motivado su adopción en edificaciones comunitarias. Los sistemas de iluminación LED requieren menos energía para producir la misma cantidad de luz que las bombillas tradicionales.

Según el autor (Diego Chatellier-Lorentzen, 2024) argumentan que: Los sistemas LED pueden reducir el consumo de electricidad en hasta un 75% en comparación con las bombillas incandescentes, lo que se traduce en un ahorro significativo para los propietarios y administradores de edificios comunitarios.

Adicionalmente, la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023) reporta que la adopción de iluminación LED en edificios puede contribuir a la reducción de emisiones de CO₂, un paso importante hacia la sostenibilidad ambiental en las ciudades.

Tabla 1. Comparativa Técnica de Sistemas de Iluminación

Tecnología	Eficacia Luminosa (lm/W)	Vida Útil (horas)	Consumo Energético
Incandescente	10-15	1,000	Alto
Fluorescente	40-60	8,000-10,000	Medio
LED	80-120	50,000-100,000	Bajo

Nota: El grafico representa la comparación de diferentes tecnologías.

2.1.4 Normativas de Iluminación

Los sistemas de iluminación LED deben cumplir con normativas y estándares internacionales para garantizar su seguridad, eficiencia y compatibilidad. Entre las normativas más relevantes se incluyen:

- Norma IEC 62722: Esta norma, elaborada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, 2023), establece los requisitos técnicos para las luminarias LED, abarcando aspectos como rendimiento lumínico, seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.
- Norma UNE-EN 15193: Esta norma de la Asociación Española de Normalización (UNE, 2023) proporciona los requisitos de eficiencia energética para la iluminación en edificios, asegurando que las instalaciones de iluminación cumplan con los estándares de bajo consumo y alto rendimiento.
- Normativa IEEE 1789: El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), en su normativa 1789, establece las mejores prácticas para la implementación de iluminación LED, incluyendo tensiones seguras y protocolos de instalación para garantizar que los sistemas sean seguros y eficientes

2.1.4.1 Cálculos Luminotécnicos

Los cálculos luminotécnicos son fundamentales para garantizar una iluminación adecuada y eficiente:

$$E_m = (\Phi * \eta * f_m)/(S) \quad (Ec. 1)$$

Donde:

- E_m = Iluminancia media (lux)
- Φ = Flujo luminoso total (lúmenes)
- η = Factor de utilización
- f_m = Factor de mantenimiento
- S = Superficie del local (m^2)

2.2 Instalaciones Eléctricas de Bajo Voltaje

2.2.1 Fundamentos Conceptuales

Las instalaciones eléctricas de bajo voltaje constituyen una parte fundamental en la infraestructura de edificaciones comunitarias, abarcando sistemas con tensiones nominales de hasta 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua. Según la (IEC 60364-1), estos sistemas incluyen las redes de distribución que garantizan un suministro energético eficiente y seguro de estos sistemas ha evolucionado gracias a la incorporación de nuevas tecnologías.

Figura 2 Redes eléctricas de bajo voltaje



Nota. El gráfico representa que los cableados no representan un riesgo para la población y pueden ser manipulados y modificados con mucha mayor soltura y simple. Tomado de (VARIPLAST, 2022)

Clasificación de Sistemas:

- Sistemas Monofásicos: Hasta 240V
- Sistemas Trifásicos: Hasta 480V
- Sistemas de Control: Inferior a 50V

Las instalaciones eléctricas de bajo voltaje comprenden diversos elementos fundamentales:

Tableros de Distribución

- Centro de control y protección
- Organización de circuitos
- Facilidad de mantenimiento

Conductores Eléctricos

- Materiales: cobre y aluminio
- Aislamiento según aplicación
- Capacidad de corriente normalizada

2.2.2 Componentes Principales

Los componentes fundamentales en instalaciones de bajo voltaje incluyen:

- Tableros de Distribución Actúan como centros de control y protección, organizando los circuitos y facilitando el mantenimiento del sistema. Los tableros modernos integran tecnologías de monitoreo y control, permitiendo detectar anomalías en tiempo real.
- Conductores E Los conductores eléctricos, fabricados en cobre o aluminio, son responsables de la transmisión de energía. El dimensionamiento adecuado reduce las pérdidas por efecto Joule hasta un 40%

- Sistemas de Protección en:
 Interruptores Termomagnéticos: Protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. Interruptores Diferenciales: Detectan fugas de corriente y previenen accidentes eléctricos.

Tabla 2. Componentes Fundamentales en Instalaciones Eléctricas

Componente	Función	Características Técnicas
Tablero Principal	Distribución energética	Protección general
Breakers	Protección circuitos	Corte automático
Conductores	Transmisión energética	Aislamiento específico
Conexiones	Unión de componentes	Garantía de continuidad

Nota: Elaboración propia con base en normativas IEEE (2023)

2.2.2 Dimensionamiento de Conductores

El dimensionamiento adecuado de conductores considera múltiples factores:

- Corriente nominal
- Caída de tensión
- Factores de corrección por:
 - Temperatura ambiente
 - Agrupamiento
 - Tipo de instalación

La sección del conductor se calcula mediante:

$$S = (2 * L * I * \cos \varphi) / (\gamma * \Delta V * V) \quad (Ec. 2)$$

Donde:

- S = Sección del conductor (mm^2)
- L = Longitud del circuito (m)
- I = Corriente nominal (A)

- $\cos \varphi = \text{Factor de potencia}$
- $\gamma = \text{Conductividad del material}$
- $\Delta V = \text{Caída de tensión permitida (V)}$
- $V = \text{Tensión nominal (V)}$

2.2.3 Protecciones Eléctricas

Las protecciones aseguran la seguridad y confiabilidad de las instalaciones. Estas incluyen:

Interruptores Termomagnéticos

- Protegen contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Curvas características: B, C, D.

Interruptores Diferenciales

- Detectan fugas de corriente.
- Sensibilidades de 10, 30, 300 y 500 mA.

Es decir, la protección eléctrica se puede emplear para salvaguardar el establecimiento, así como también la vida de las personas, además la correcta selección y coordinación de estas protecciones garantiza el seguro de las instalaciones eléctricas.

2.2.4 Innovaciones en Sistemas de Distribución

En el ámbito de las instalaciones eléctricas de bajo voltaje, las innovaciones en sistemas de distribución han transformado la manera en que se gestiona y utiliza la energía en edificaciones comunitarias. Estas mejoras no solo han incrementado la eficiencia energética, sino que también han permitido una mayor seguridad y sostenibilidad (Schneider Electric, 2022).

1. Sistemas Inteligentes de Monitoreo y Control

Los sistemas inteligentes integran tecnología avanzada para monitorear en tiempo real el consumo eléctrico y ajustar automáticamente la distribución de energía en función de la demanda.

Esto se logra mediante:

Medidores inteligentes que registran el consumo eléctrico y envían datos a un sistema centralizado para su análisis (U.S. Department of Energy, 2023).

Controladores automatizados que optimizan la energía, reduciendo el desperdicio y asegurando un suministro constante (IEC, 2023).

2. Uso de Tecnologías Renovables Integradas

La incorporación de energías renovables en los sistemas de distribución es una de las innovaciones más destacadas.

Ejemplos de estas tecnologías incluyen:

Paneles solares fotovoltaicos que generan energía limpia y reducen la dependencia de fuentes tradicionales (Enel X, 2022).

Baterías de almacenamiento que acumulan energía para ser utilizada durante periodos de alta demanda o interrupciones del suministro (Schneider Electric, 2022).

3. Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grids)

Las redes eléctricas inteligentes permiten una mejor interacción entre los sistemas de generación y consumo de electricidad.

Estas redes son capaces de:

Detectar fallas en tiempo real y redirigir la energía para minimizar interrupciones (U.S. Department of Energy, 2023).

Fomentar un consumo energético más equilibrado y sostenible, adaptándose a las necesidades específicas de cada edificio o comunidad (IEC, 2023).

4. Distribución Modular

Los sistemas de distribución modular facilitan la expansión y actualización de las instalaciones eléctricas sin necesidad de realizar grandes modificaciones. Este enfoque es especialmente útil en edificaciones comunitarias, ya que permite:

Agregar nuevos circuitos o equipos sin afectar el sistema general.

Reducir los costos y tiempos de instalación (Schneider Electric, 2022).

5. Beneficios de las Innovaciones en Distribución

Eficiencia energética mejorada: La implementación de estas tecnologías reduce las pérdidas de energía.

Reducción de costos operativos: Al disminuir el consumo y optimizar la distribución, las facturas eléctricas se reducen significativamente (U.S. Department of Energy, 2023).

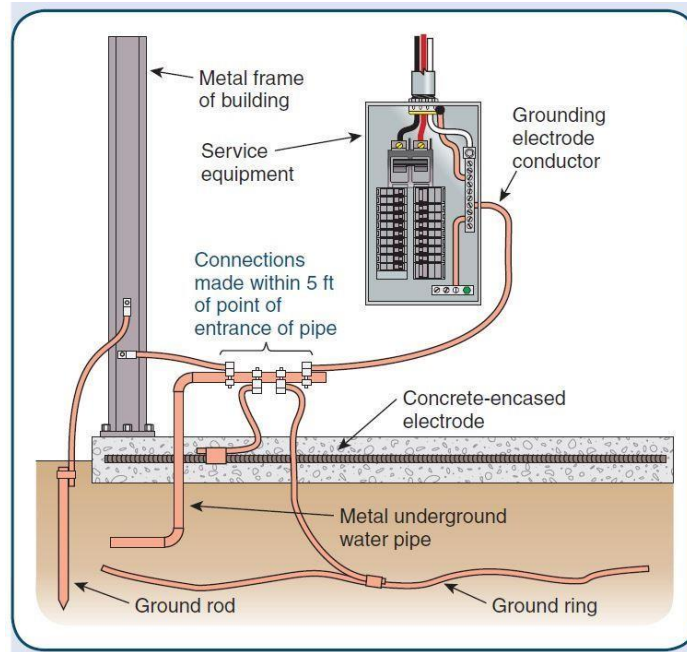
Mayor seguridad: Los sistemas inteligentes detectan y previenen fallos eléctricos de manera más efectiva (IEC, 2023).

2.3 Sistemas de Puesta a Tierra

2.3.1 Conceptualización Técnica

Los sistemas de puesta a tierra son una parte esencial en las instalaciones eléctricas de edificaciones comunitarias, ya que permiten desviar las corrientes de falla hacia el suelo, garantizando la seguridad de los usuarios y protegiendo los equipos eléctricos. Estos sistemas aseguran que, en caso de una fuga de corriente, el riesgo de electrocución sea mínimo. Según la Comisión Electrotécnica Internacional IEC, la puesta a tierra es fundamental para proteger a las personas y prevenir daños en equipos al ofrecer un camino de baja resistencia para las corrientes de fuga (IEC, 2023).

Figura 3 Sistema de puesto a tierra



Nota: La protección de un sistema eléctrico debe fundamentarse en una correcta puesta a tierra. Tomado de (IngenieríaEléctrica, 2019)

2.3.2 Tipos de Sistemas de Puesta a Tierra

Existen varios tipos de sistemas de puesta a tierra, que se utilizan según el tipo de instalación: Sistema TT (Tierra-Tierra)

En este sistema, el neutro de la red está conectado a tierra, y cada equipo eléctrico tiene su propia conexión a tierra. Es común en instalaciones residenciales y pequeñas comunidades.

Sistema TN (Tierra-Neutro)

El neutro de la red y las masas de los equipos eléctricos están conectados a una única toma de tierra. Se divide en:

- TN-C: El neutro y tierra comparten un conductor.
- TN-S: El neutro y tierra son separados.

Sistema IT (Aislado-Tierra)

En este sistema, el neutro está aislado de la tierra, pero las masas de los equipos eléctricos están conectadas a tierra. Este sistema se utiliza en hospitales y entornos sensibles donde la continuidad del servicio es crítica.

2.3.3 Componentes Principales del Sistema de Puesta a Tierra

Los sistemas de puesta a tierra incluyen varios componentes fundamentales:

Electrodo de Puesta a Tierra

Es el conductor metálico enterrado que dispersa la corriente hacia el suelo.

El cobre y el acero galvanizado son materiales comunes debido a su alta conductividad y resistencia a la corrosión. Según Schneider Electric (2022), los electrodos de cobre son preferidos por su baja resistencia al paso de corriente y su durabilidad.

Conductores de Tierra

Los conductores de tierra conectan los dispositivos eléctricos con el electrodo de puesta a tierra.

La selección adecuada de su dimensión es crucial para evitar sobrecalentamientos y garantizar una buena conductividad. De acuerdo con (ABB,2023), estos conductores deben ser suficientemente gruesos para soportar la corriente de falla sin sobrecalentarse.

Barra de Distribución de Tierra

Centraliza todas las conexiones a tierra y facilita la inspección y mantenimiento del sistema.

2.3.4. Importancia del Diseño y Mantenimiento

Un diseño y mantenimiento adecuados son fundamentales para garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de los sistemas de puesta a tierra. Un sistema mal diseñado o sin mantenimiento puede ocasionar fallas graves o accidentes eléctricos. La medición periódica de la resistencia de puesta a tierra es un aspecto clave para

asegurar su funcionamiento. Según la normativa NOM-001-SEDE-2012, la resistencia no debe superar los 5 ohmios en instalaciones de baja tensión, para asegurar su efectividad (Gobierno de México, 2023)

El mantenimiento de estos sistemas debe incluir:

- Inspección regular de los electrodos.
- Verificación de las conexiones para evitar corrosión.
- Medición de la resistencia de tierra para comprobar que se mantenga dentro de los valores adecuados.

2.3.5 Métodos de Medición y Verificación

Los sistemas de puesta a tierra deben ser verificados periódicamente para asegurar que siguen funcionando de manera eficaz. Los principales métodos de medición de la resistencia de puesta a tierra son:

Método de Caída de Potencial

Consiste en medir el voltaje en dos puntos de la instalación y calcular la resistencia mediante la fórmula de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \quad (Ec. 3)$$

Donde V es la caída de voltaje y I es la corriente aplicada. Este método es ampliamente utilizado para sistemas de puesta a tierra de baja tensión y es recomendado por la IEC 60364-5-54 (IEC, 2023).

Método de Pinzas de Medición

Utiliza pinzas de corriente de fuga para medir la resistencia sin necesidad de desconectar los sistemas eléctricos. Este método es ideal para sistemas que no pueden interrumpir su funcionamiento, como en entornos industriales o hospitalarios.

2.4 Ventajas y Desventajas de la Iluminación LED y Software

Especializado para Diseño Eléctrico

2.4.1 Ventajas de los Sistemas de Iluminación LED en Edificaciones Comunitarias

La iluminación LED se ha establecido como una de las mejores alternativas para la iluminación eficiente en edificaciones comunitarias debido a sus múltiples ventajas, que incluyen:

Eficiencia Energética

Los sistemas LED consumen hasta un 75% menos de energía que las tecnologías tradicionales de iluminación. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos (2023), las bombillas LED no solo son más eficientes, sino que también producen más luz por vatio, lo que optimiza el consumo energético y reduce las facturas de electricidad en edificios comunitarios (U.S. Department of Energy, 2023).

Larga Vida Útil

La vida útil de las bombillas LED es considerablemente más larga que la de las bombillas incandescentes o fluorescentes. Según (Schneider Electric, 2022), los sistemas LED pueden durar hasta 25,000 horas, lo que reduce significativamente los costos de mantenimiento y reemplazo en edificaciones comunitarias (Schneider Electric, 2022).

Mejora en la Calidad de la Iluminación

Los sistemas LED proporcionan una luz más uniforme y brillante, lo que mejora la visibilidad y seguridad en los espacios comunes de los edificios. Además, pueden adaptarse a diferentes necesidades de iluminación mediante el ajuste de la temperatura de color, mejorando la comodidad de los residentes en distintas áreas del edificio, como pasillos y áreas de recreo (Enel X, 2022).

2.4.2 Desventajas de los Sistemas de Iluminación LED

Aunque los sistemas LED presentan muchas ventajas, también tienen algunas desventajas que deben tenerse en cuenta:

Costo Inicial Alto

Una de las principales desventajas de los sistemas de iluminación LED es su costo inicial elevado. Las bombillas LED y sus sistemas de instalación suelen ser más caros que las bombillas tradicionales, lo que puede ser un desincentivo para algunos usuarios o administradores de edificios. Sin embargo, este costo se recupera rápidamente gracias al ahorro energético y la larga vida útil de los sistemas LED.

Sensibilidad a Fluctuaciones de Voltaje

Los sistemas LED son más sensibles a las fluctuaciones de voltaje, lo que puede afectar su rendimiento y vida útil. Un voltaje inestable o muy alto puede causar fallos prematuros en las luminarias LED si no están protegidas adecuadamente con dispositivos de regulación de voltaje (Energías Renovables, 2021).

Problemas con la Calidad de la Luz

Aunque los sistemas LED ofrecen una excelente calidad de luz en general, en algunos casos pueden generar luz demasiado fría o blanca, lo que puede ser incómodo para ciertos espacios. Según (González et al, 2023), la temperatura de color de los LED no siempre se ajusta de manera óptima a todos los ambientes, lo que puede afectar la atmósfera o la comodidad en algunos casos.

2.4.3 Software Especializado para Diseño Eléctrico

El software especializado para diseño eléctrico es una herramienta clave para optimizar los procesos de diseño, análisis y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, incluidos los sistemas de iluminación LED. Este tipo de software facilita tareas complejas como el dimensionamiento de cables, la simulación de cargas eléctricas y la integración de sistemas de energía renovable en los diseños eléctricos.

Algunos de los softwares más utilizados en este ámbito incluyen:

2.4.3.1. AutoCAD Electrical

Es una herramienta de diseño eléctrico ampliamente utilizada para la creación de diagramas y esquemas de instalaciones eléctricas, incluyendo sistemas de iluminación LED. Según (AutoDesk, 2023), este software permite diseñar sistemas eléctricos con alta precisión y eficiencia, mejorando la productividad y reduciendo errores en el proceso de instalación.

2.4.3.2. ETAP

ETAP es un software de simulación y análisis de sistemas eléctricos que permite realizar simulaciones de carga y optimizar el diseño de sistemas de distribución de energía, incluidos los de iluminación LED. Según (ETAP,2023), este software ayuda a prever el comportamiento del sistema eléctrico bajo distintas condiciones, asegurando que las instalaciones sean seguras y eficientes.

2.4.3.3. Dialux

Este software es específico para el diseño de iluminación y es utilizado para realizar cálculos precisos sobre la distribución de la luz en interiores y exteriores. Según (Dialux, 2023), este programa es ideal para diseñar sistemas de iluminación LED en edificios comunitarios, optimizando la distribución lumínica y asegurando que los espacios sean adecuadamente iluminados mientras se maximiza la eficiencia energética.

2.4.3.4. Relux

Al igual que Dialux, Relux se especializa en la planificación y simulación de sistemas de iluminación LED. Este software permite realizar simulaciones en 3D y obtener una visualización detallada de los resultados, facilitando la optimización de la luz en edificios y reduciendo el consumo energético (Relux, 2023).

2.4.4 Integración y Gestión de Datos

La integración y gestión de datos es crucial para optimizar la eficiencia energética en sistemas de iluminación LED. Los softwares especializados permiten recopilar y analizar datos de consumo energético y rendimiento de las luminarias en tiempo real.

Plataformas de Gestión Energética

Según (Schneider Electric, 2022), las plataformas de gestión energética permiten monitorizar el rendimiento de los sistemas de iluminación, ajustando la iluminación según las necesidades reales del espacio y optimizando el consumo. Esto puede incluir sensores de ocupación que ajustan automáticamente la luz en función de la presencia de personas, contribuyendo aún más al ahorro energético.

Análisis de Datos en Tiempo Real

La recopilación de datos sobre el consumo de energía y la inteligencia artificial permite predecir y ajustar el uso de la energía en tiempo real. Esta gestión inteligente de los datos ayuda a mantener los costos operativos bajos y a optimizar la vida útil de las luminarias LED.

Smart Building Systems

El uso de sistemas de edificios inteligentes (smart buildings) que integran la iluminación con otros sistemas (HVAC, seguridad, etc.) es clave para mejorar la eficiencia energética. La (ETAP, 2023) proporciona herramientas para integrar estos sistemas y garantizar su funcionamiento óptimo.

2.5 Normativas y Estándares Técnicos

Las normativas internacionales establecen las directrices y especificaciones necesarias para garantizar que las instalaciones eléctricas sean seguras, eficientes y cumplan con los estándares internacionales. Algunas de las normativas más

relevantes son:

IEC 60364 - Instalaciones eléctricas de baja tensión

La IEC 60364 establece los requisitos para el diseño, instalación y verificación de las instalaciones eléctricas en edificaciones de baja tensión. La normativa cubre aspectos como la protección contra choques eléctricos, la selección de materiales y la distribución de energía. Según la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, 2023), esta normativa tiene como objetivo garantizar la seguridad de las instalaciones y el uso eficiente de la energía.

NFPA 70 (National Electrical Code - NEC)

El NEC es una normativa ampliamente utilizada en los Estados Unidos que cubre la instalación de equipos eléctricos en edificaciones, incluyendo aspectos de protección, diseño y seguridad. La última edición de esta norma, NFPA 70-2023, establece que las instalaciones deben cumplir con los **mínimos estándares de seguridad** para prevenir incendios, descargas eléctricas y otros riesgos relacionados con sistemas eléctricos (NFPA, 2023).

NOM-001-SEDE-2012 (México)

En México, la NOM-001-SEDE-2012 regula las instalaciones eléctricas de baja tensión en edificaciones. Esta normativa establece los criterios técnicos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos, con el fin de garantizar su eficiencia energética y seguridad. Es crucial para que las instalaciones cumplan con los estándares nacionales (Gobierno de México, 2023).

2.5.1 Tipos de Normativas para Sistemas Eléctricos

Existen diversos tipos de normativas que guían el diseño y mantenimiento de los sistemas eléctricos, las cuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

Normativas Técnicas

Estas normativas especifican los requisitos técnicos necesarios para el diseño, instalación y operación de sistemas eléctricos. Por ejemplo, la IEC 60364 establece los estándares para las instalaciones de baja tensión, mientras que la NFPA 70 cubre los requisitos para la instalación de equipos eléctricos en entornos residenciales e industriales. Estas normas aseguran que las instalaciones sean seguras, fiables y eficientes.

Normativas de Seguridad

Se centran en minimizar los riesgos asociados con el uso de sistemas eléctricos. Estas normativas incluyen la protección contra incendios, la protección de los usuarios frente a descargas eléctricas y el mantenimiento adecuado de las instalaciones. El NEC (NFPA 70) y la IEC 61557 son ejemplos de normativas que definen los requisitos de seguridad en sistemas eléctricos.

Normativas Ambientales

Las normativas ambientales se enfocan en reducir el impacto ambiental de las instalaciones eléctricas, promoviendo el uso de tecnologías eficientes y sostenibles. Ejemplos incluyen la ISO 50001, que establece requisitos para la gestión de la energía y la reducción del consumo de recursos energéticos en edificaciones, y la ISO 14001, que regula los sistemas de gestión ambiental en empresas y edificaciones.

2.5.2 Estándares Técnicos en Diseño Eléctrico

Los estándares técnicos son fundamentales para asegurar que los sistemas eléctricos sean funcionales, seguros y eficientes. Estos estándares proporcionan las especificaciones técnicas para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos en edificaciones comunitarias.

IEC 61557 - Seguridad en instalaciones eléctricas

La IEC 61557 regula los requisitos de seguridad en sistemas eléctricos, incluyendo la medición de la resistencia de puesta a tierra, la protección contra sobrecorrientes y la verificación de la eficacia de las protecciones. Según la (IEC, 2023), esta normativa es esencial para reducir los riesgos eléctricos y mejorar la seguridad de las instalaciones en edificaciones comerciales y residenciales.

IEEE 142 (Grounding of Industrial and Commercial Power Systems)

El estándar IEEE 142 establece las prácticas recomendadas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos en entornos industriales y comerciales. Este estándar proporciona directrices para evitar fallos en el sistema eléctrico y proteger tanto a las personas como a los equipos de corrientes de fuga y sobretensiones. El Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE, 2023) resalta la importancia de estos estándares para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas eléctricos.

ISO 50001 - Sistema de Gestión Energética

El estándar ISO 50001 proporciona un marco para la gestión de la energía en edificaciones, incluyendo la planificación y mejora continua del uso energético. Esta norma se centra en la optimización del consumo energético mediante la implementación de prácticas que promuevan la eficiencia y el ahorro de energía. Según International Organization for Standardization (ISO, 2023), la ISO 50001 es vital para integrar las energías renovables y gestionar eficientemente el consumo de energía en edificios comunitarios.

2.5.3 Aplicación de Normativas y Estándares en Proyectos Eléctricos

La correcta aplicación de normativas y estándares técnicos es esencial para garantizar la seguridad, la eficiencia energética y el cumplimiento de las regulaciones en el diseño, instalación y operación de sistemas eléctricos en edificaciones comunitarias. Los diseñadores y contratistas deben cumplir con estos requisitos al planificar y ejecutar proyectos eléctricos, incluyendo:

- Verificación de cumplimiento con las normativas locales e internacionales.
- Uso de materiales aprobados por las normativas.
- Revisión periódica de las instalaciones para asegurar que continúan cumpliendo con los estándares de seguridad y eficiencia.

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Estudio de carga instalada

Este análisis preliminar tiene como objetivo identificar las necesidades específicas del sistema eléctrico, evaluar los recursos disponibles y detectar posibles restricciones que puedan afectar la ejecución del proyecto. A través de una evaluación detallada, se busca establecer una base sólida que permita una planificación precisa y una implementación eficiente, garantizando que todas las etapas del proyecto se desarrollen conforme a los estándares establecidos.

El estudio de carga se enfocó en determinar la capacidad actual del sistema eléctrico, identificando sus limitaciones y restricciones que podrían impactar su desempeño. Se consideraron los siguientes aspectos clave:

- Demanda máxima y carga instalada
- Condiciones de la infraestructura eléctrica existente
- Eficiencia energética
- Seguridad y confiabilidad del sistema

Durante la inspección de la infraestructura eléctrica y el levantamiento técnico en diversas áreas, se evidenció que la instalación no cumple con la normativa NEC o, en su defecto, no se encuentra dentro de los parámetros adecuados.

Se identificó la presencia de dos tableros eléctricos en las distintas áreas, cada uno con inconvenientes particulares. Por ejemplo, los conductores de alimentación de los tableros no están correctamente dimensionados para la carga actual, lo que podría comprometer tanto la seguridad como la eficiencia del sistema. Además, se detectó que los tableros comparten circuitos de iluminación y fuerza, lo que

contradice la normativa NEC, que exige la separación de estos sistemas y establece un límite en la cantidad de lámparas o tomacorrientes por circuito. Asimismo, se constató la ausencia de un sistema de puesta a tierra en los tableros, lo cual representa un riesgo significativo para la seguridad de la instalación.

El sistema de iluminación presenta deficiencias evidentes, con luminarias fuera de servicio o deterioradas. También se identificaron interruptores en mal estado o que no reciben la alimentación eléctrica adecuada, afectando la fase y el retorno y generando fallos operativos. En cuanto a las protecciones de los tableros, se encontró que están sobredimensionadas; por ejemplo, en uno de ellos se registró una protección de 20A para los circuitos de iluminación y fuerza. Además, se identificaron cables sueltos en los cajetines, lo que incrementa el riesgo de cortocircuito.

Es evidente la necesidad de una intervención urgente para adecuar el sistema eléctrico a la normativa vigente, mejorar la seguridad y optimizar su funcionamiento. La correcta separación de circuitos, la implementación de un sistema de puesta a tierra y la revisión de las protecciones son medidas esenciales para prevenir fallos y garantizar la operatividad del sistema eléctrico.

3.1.2. Levantamientos de información

La situación actual representa un riesgo para la comunidad, ya que podría generarse un cortocircuito que interrumpa el suministro eléctrico dentro de la casa barrial. El análisis de la carga eléctrica existente muestra que, si bien el sistema sigue operativo, está cerca de su capacidad máxima. Se han identificado varias deficiencias en la infraestructura que limitan una futura expansión del sistema eléctrico, entre ellas:

- Conductores eléctricos obsoletos
- Interruptores en mal estado

- Tomas de corriente dañadas o fuera de servicio
- Cables en tableros con dimensionamiento incorrecto
- Luminarias defectuosas o en mal estado

A continuación, se presentan las mediciones de carga en cada tablero, junto con los niveles de iluminación en las diferentes áreas.

Tabla 3. *Mediciones de parámetros eléctricos y nivel de iluminación en el salón principal*

Tablero A	Salón principal
Voltaje (V) total por tablero	240,5 V
Intensidad (I) total por tablero	0,56 A
Potencia (W)	136.68 W
# Conductor	8 AWGTHHN
Luxes	68,67 Lx

Tabla 4 *Mediciones del nivel de iluminación en los servicios higiénicos*

Tablero B	Parámetros eléctricos
Voltaje (V) total por tablero	124,5 V
Intensidad (I) total por tablero	1,16 A
Potencia (W)	144,42 W
# Conductor	CABLE GEMELO 10

Área	Luxes
Servicio higiénico 1	140 Lx
Servicio higiénico 2	144 Lx

Se evidenció la presencia de cables sueltos, empalmes en mal estado y mal realizados, además no están aislados, lo que representa un riesgo potencial; por ello tomamos en cuenta la siguiente normativa:

Tabla 4. Tabla normativa UNE 12464.1 norma europea sobre la iluminación para interiores.

TABLA DE LUGARES DE PÚBLICA CONCURRENCIA

1. ÁREAS COMUNES					
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E_m lux	UGR _L	R _a	OBSERVACIONES
1.1	HALLS DE ENTRADA	100	22	80	UGR sólo si es aplicable.
1.2	GUARDARROPAS	200	25	80	
1.3	SALONES	200	22	80	
1.4	OFICINAS DE TAQUILLAS	300	22	80	

Nota: Tabla del nivel de iluminación 200 luxes (Jiménez et al., 2021).

En primera instancia se logró evidenciar que el sistema eléctrico de iluminación actual no cumple con la normativa antes mencionada. Adjunto las ilustraciones.

Figura 4 Iluminación del salón principal antes de la implementación



Nota: Elaboración propia

Figura 5 Promedio de luxes en el salón principal antes de la implementación.



Tabla 5. Tabla normativa UNE. 12464.1 norma europea sobre la iluminación para interiores.

TABLA DE ESTABLECIMIENTOS SANITARIOS

1. SALAS PARA USO GENERAL					
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m, lux}$	UGR_L	R_a	OBSERVACIONES
1.1	OFICINA PERSONAL	500	19	80	todas las iluminancias a nivel de suelo
1.2	SALAS DE ESPERA, PERSONAL Y PASILLOS	200	22	80	
1.3	PASILLOS DURANTE LA NOCHE	50	22	80	
1.4	SALAS DE PERSONAL	300	19	80	
2. SALAS DE GUARDIA Y MATERNIDAD					
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m, lux}$	UGR_L	R_a	OBSERVACIONES
2.1	ALUMBRADO DE LECTURA	300	19	80	Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes.
2.2	ALUMBRADO GENERAL	100	22	80	
2.3	EXÁMENES SIMPLES	300	19	80	
2.4	EXÁMEN Y TRATAMIENTO	1.000	19	80	
2.5	CUARTOS DE BAÑO Y SERVICIOS	200	22	80	Iluminancia a nivel del suelo.

Nota: Tabla del nivel de iluminación 200 luxes (Jiménez et al., 2021).

Figura 6 Iluminación en los servicios higiénicos antes de la implementación.



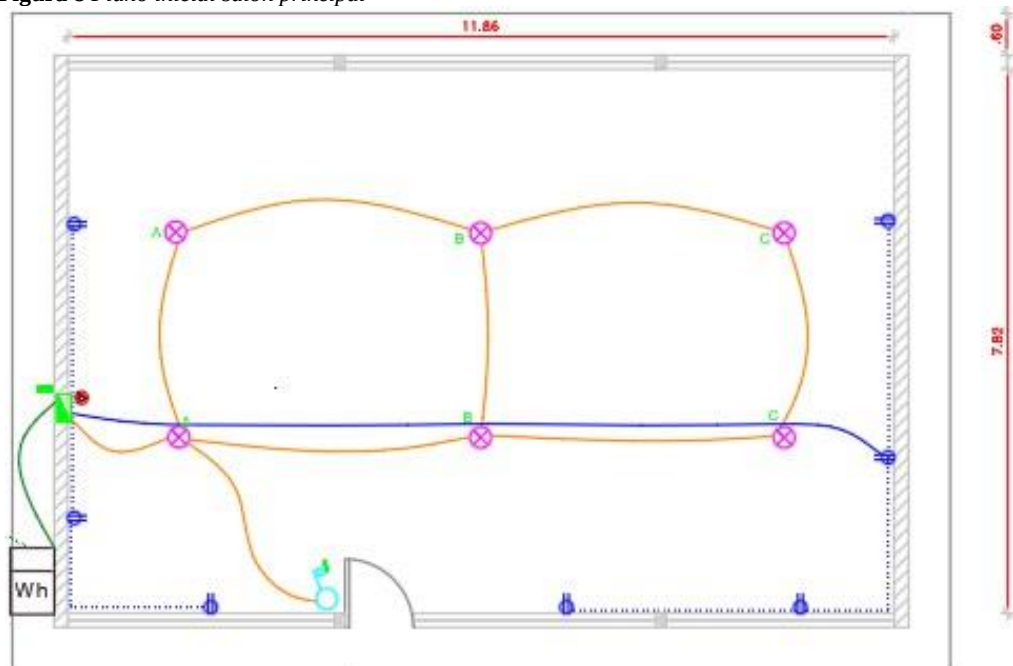
Nota: Elaboración propia

Figura 7 Promedio de luxes de los servicios higiénicos antes de la implementación.



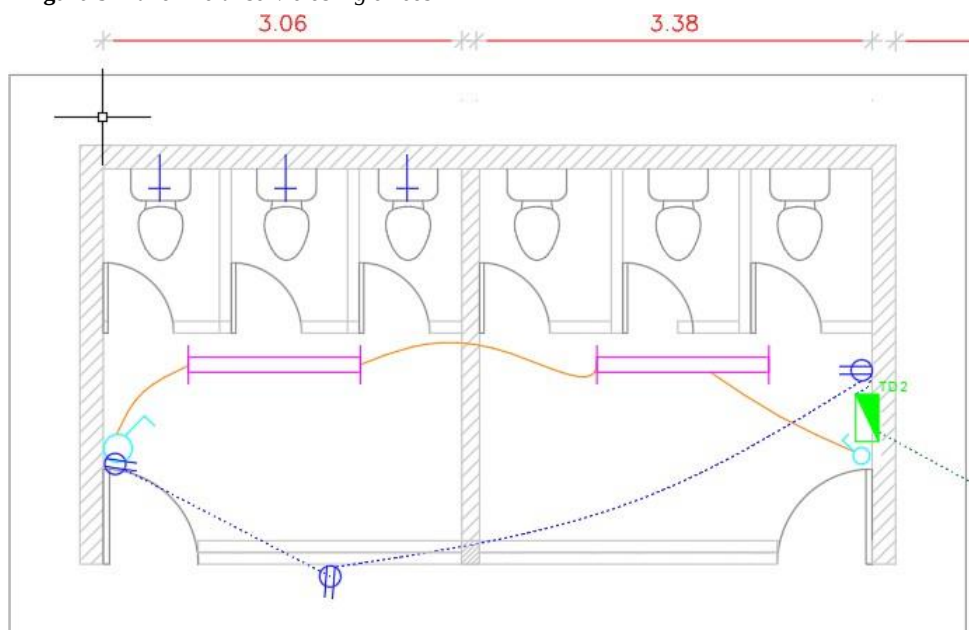
Se realizó un modelo 2D en AutoCAD basado en las dimensiones actuales de la casa barrial, estableciendo las siguientes características presentes en los siguientes planos

Figura 8 Plano inicial salón principal



Nota: Elaboración propia

Figura 9 Plano inicial servicios higiénicos



Nota: Elaboración propia

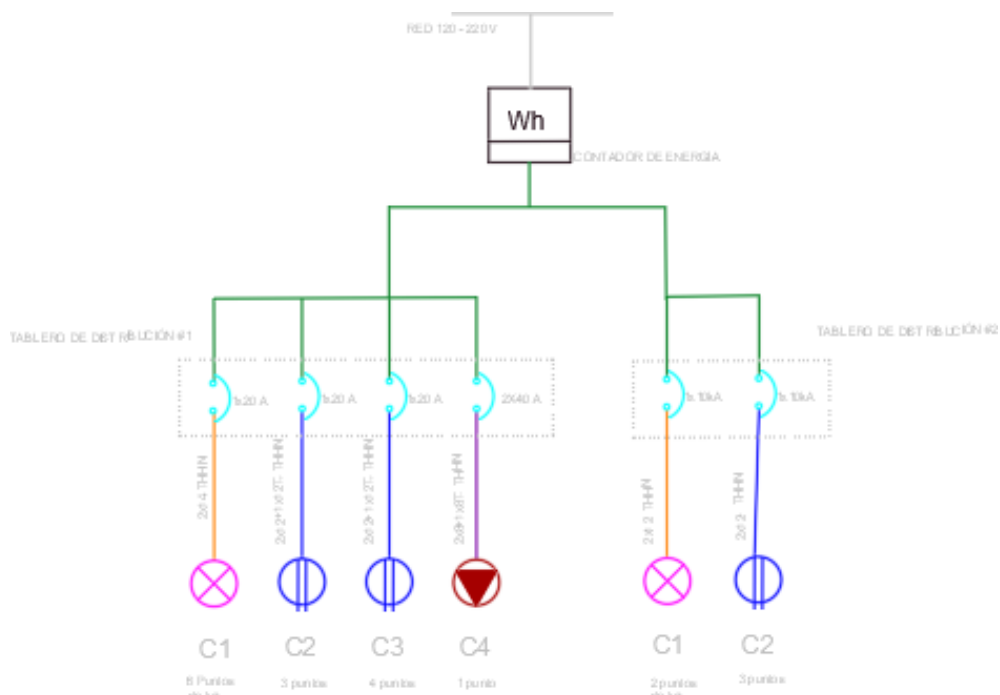
Figura 10 Simbología

SÍMBOLO	DETALLE
	Caja de distribución
	Luminaria Fluorescente Doble
	Punto de luz con foco de Focos 9w
	Tomacorrientes
	Tomacorriente Especial
	Interruptor Triple
	Interruptor Simple
	Circuito Iluminación, 2x14 AWG THHN
	Circuito Tomacorriente por piso, 2x12+1x12T AWG THHN
	Circuito Tomacorriente, 2x12+1x12T AWG THHN
	Circuito Tomacorriente Especial, 3x8 AWG THHN
	Acometida Eléctrica por piso, Cable Gemelo 2x12 AWG
	Acometida Eléctrica por aire, 3x8 AWG THHN
	Contador de Energía

Nota: Elaboración propia

Luego se procede a elaborar un diagrama unifilar, para de esta manera poder determinar el número de circuitos que cuenta la casa barrial de Santa Isabel.

Figura 11 Diagrama unifilar antes de la implementación



Nota: Elaboración propia

En esta imagen se muestra los circuitos actuales en la casa barrial:

1. Dos tableros de distribución

- Tablero salón principal
 - Tres circuitos de iluminación, los cuales son preservados por un interruptor termomagnético de 20 A.
 - Dos circuitos de tomacorrientes, el primer circuito con 3 salidas y el segundo con 4 salidas, cada circuito es preservado con un interruptor termomagnético de 20 A.
 - Un circuito tomacorriente especial 220 V ac preservado por un interruptor termomagnético de 40 A.
- Tablero baños
 - Dos circuitos de iluminación, los cuales son preservados por un interruptor termomagnético de 20 A.
 - Un circuito de tomacorrientes, preservado por un interruptor termomagnético de 20 A.

3.2. Diseño del sistema de iluminación en DIALUX

Para la repotenciación del sistema de iluminación en la casa barrial de Santa Isabel, se utilizó el software DIALux para realizar un diseño lumínico eficiente, basado en los planos estructurales existentes.

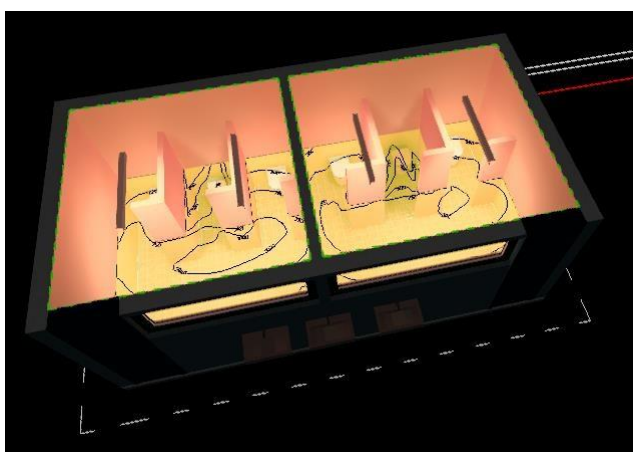
Se llevó a cabo un levantamiento detallado de la estructura arquitectónica, permitiendo una modelación tridimensional precisa. Este proceso facilitó la evaluación de la interacción de la luz con el entorno, optimizando la distribución de las luminarias.

Figura 12 Iluminación del salón principal por Dialux



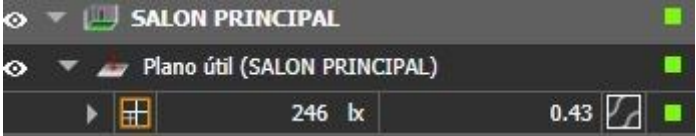
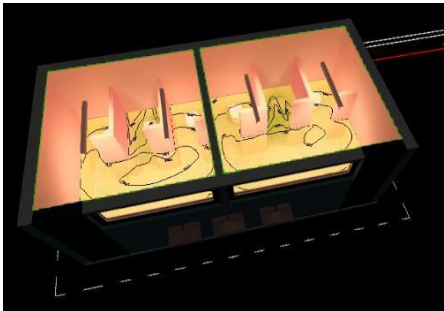
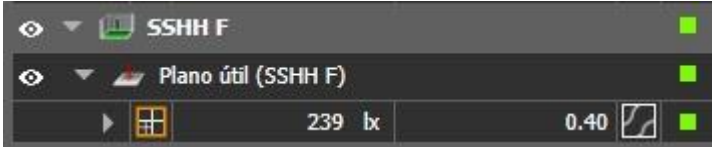
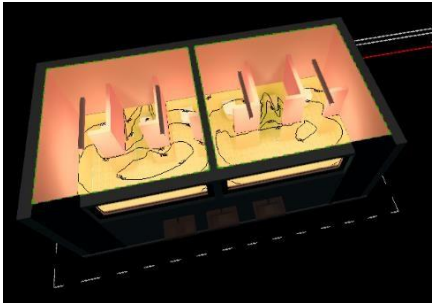
Nota: Elaboración propia

Figura 13 Iluminación de los servicios higiénicos por Dialux



Nota: Elaboración propia

Tabla 6. Cumplimiento de los parámetros establecidos por Dialux.

Área de la casa barrial	Cantidad adecuada de iluminarias
	
	
	

Nota: Elaboración propia

3.2.1 Selección de luminarias

Se evaluaron diversas luminarias considerando eficiencia energética, temperatura de color y distribución lumínica, seleccionando aquellas que favorecen un ambiente adecuado y acogedor en la casa barrial.

Figura 14 Lampara selección de luminaria para proyecto.



Tabla 6. Características luminarias led

Tipo de Montaje Montaje en techo, Montaje en pared	Eléctrico - Potencia: 18 W - Clases de aislamiento: I
Forma y medidas - Longitud: 608 mm - Anchura: 166 mm - Altura ajustable: 63 mm - Peso: 1,5 kg	Protección - IP: 44 - IK: 08 - Certificados: CE, ENEC
Ajustabilidad Fijo	Otros números operativos Intervalo de temperatura ambiente: -20...40 °C
Diseño Impresión de Material Acero inoxidable	
Color de carcasa Blanco	

3.3 Diseño del circuito de iluminación y fuerza

3.3.1 Factores de demanda para iluminación y tomacorrientes de uso general

En la planificación y diseño de sistemas eléctricos para edificaciones, es crucial aplicar los factores de demanda con el fin de calcular la capacidad real que debe soportar el sistema. Estos valores se determinan en función del tipo de instalación y permiten establecer la carga esperada, evitando un sobredimensionamiento innecesario y garantizando eficiencia y seguridad.

Tabla 7. Factores de Demanda

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

Nota. Factor de demanda según National Electrical Code (Arévalo & Fernando, 2021).

Cálculo del calibre del conductor

La determinación del calibre adecuado del conductor es un proceso esencial para asegurar tanto la seguridad como el rendimiento eficiente del sistema eléctrico. Este procedimiento implica diversos factores, desde la evaluación de la carga total por circuito hasta la aplicación de coeficientes de corrección.

De acuerdo con la normativa NEC-SB para instalaciones eléctricas, se deben considerar las siguientes condiciones:

- Los circuitos de iluminación deben estar diseñados para un máximo de 15 puntos de iluminación, con una carga máxima de 15 / 16 amperios.
- Los circuitos destinados a tomacorrientes deben estar diseñados para soportar una carga de hasta 20 amperios por circuito, con un máximo de 10 salidas,

- asegurando que las conexiones estén correctamente polarizadas (fase, neutro y tierra).
- La capacidad de corriente del conductor debe cumplir con el requisito de soportar al menos el 125% de la corriente de protección del circuito, conforme a la normativa aplicable.
- Con base en el diseño del sistema de iluminación y siguiendo las regulaciones establecidas en la normativa NEC, se ha definido el siguiente cuadro de cargas como resultado del proceso de diseño.

Tabla 8. Carga a Instalar.

DESCRIPCION	CANT	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	FACTOR DE DEMANDA F. D	MAX DEMANDA MD (W)	VOLTAJE
CIRCUITO 1 FUERZA	9	200	1800	0,5	900	125,4
CIRCUITO 2 FUERZA	4	200	800	0,5	400	125,4
CIRCUITO TOMA ESPECIAL	1	1600	1600	0,3	480	250,5
CIRCUITO 1 ILUMINACION	12	18	216	0,7	151,2	125,4
CIRCUITO 2 ILUMINACION	4	18	72	0,7	50,4	125,4
T O T A L E S					1981,6	

Nota. Carga a instalar como resultado del diseño realizado (Propio).

Para el circuito de iluminación 1, se considera una carga de **216 W** con un voltaje de **125,4 V**, lo que implica una potencia de demanda de **151,2 W**.

La fórmula para calcular la corriente es: Potencia

de demanda es de 151,2 (W)

$$I = \frac{P_D}{V_{in} * f_d * f_p} \quad (Ec. 4)$$

$$I = \frac{216W}{125.4V * 0.7 * 0.9}$$

$$I = 2.73 A$$

Ha esto se debe considerar la corriente Max.

De acuerdo con la normativa **NTC2050** y **NEC**, se debe incrementar el dimensionamiento en un **125%** para garantizar la seguridad del sistema eléctrico:

$$I = 2.73 A * 125\%$$

$$I = 3.42A$$

Mediante los cálculos realizados tenemos una intensidad de 3,42 A para el Circuito 1 de iluminación por lo tanto el calibre del conductor para dicho circuito será 18 AWG, pero de acuerdo con la normativa NEC en circuitos de iluminación se utiliza un conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 2,5 mm² (14 AWG) para la fase, el neutro y conductor de tierra.

Figura 15 Amperaje que soportan los cables de cobre

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

Para el circuito de Fuerza 1, se considera una carga de 1800 W con un voltaje de 125,4 V, lo que implica una potencia de demanda de 900 W.

La fórmula para calcular la corriente es:

Potencia de demanda es de 900 (W)

$$I = \frac{P_D}{V_{in} * fd * fp} \quad (Ec. 5)$$

$$I = \frac{900 \text{ W}}{125,4 * 0,5 * 0,9}$$

$$I = 15,95 \text{ A}$$

Ha esto se debe considerar la corriente Max.

De acuerdo con la normativa NTC2050 y NEC, se debe incrementar el dimensionamiento en un 125% para garantizar la seguridad del sistema eléctrico:

$$I = 15,95 \text{ A} * 125\%$$

$$I = 19.94 \text{ A}$$

De acuerdo con la normativa NEC, en los circuitos de tomacorrientes, se utiliza un conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 4 mm² (12 AWG) para la fase y el neutro.

Para circuitos de cargas especiales se utiliza un conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección mínima de 5,26 mm² (10 AWG) para las fases, esto de acuerdo a la normativa NEC.

En la siguiente tabla se determina el calibre del conductor para cada circuito establecido, tomando en cuenta las cargas a instalar antes mencionadas.

Tabla 9. Estudio de carga para selección del conductor eléctrico.

DESCRIPCIÓN	CANT.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	VOLT AJE	FAC. POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	CORRIENTE MAX 125% (AMP) NEC	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG	CALIBRE DE CONDUCTOR
CIRCUITO 1 FUERZA	9	200	1800	125,4	0,9	12,91	16,15	12	12+12+14THHN
CIRCUITO 2 FUERZA	4	200	800	125,4	0,9	5,74	7,18	12	12+12+14THHN
CIRCUITO TOMA ESPECIAL	1	1600	1600	250,5	0,9	5,75	7,18	10	10+10+12THHN
CIRCUITO 1 ILUMINACIÓN	12	18	216	125,4	0,9	1,55	1,93	14	14+14THHN
CIRCUITO 2 ILUMINACIÓN	4	18	72	125,4	0,9	0,52	0,65	14	14+14THHN
TOTALES			4488			26,47	33,09		

Nota. Estudio de carga para selección del conductor eléctrico (Propio)

Código de colores para cables eléctricos

Para la correcta identificación de los conductores en el sistema eléctrico, se debe seguir el código de colores estipulado por la normativa NEC:

Tabla 10. Código de colores según normativa NEC

CODIGO DE COLORES

CONDUCTOR	COLOR
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja naranja
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo o cualquier otro color diferente a neutro y tierra

Nota. Carga a instalar como resultado del diseño realizado (Pallo et al., 2023).

Cálculo de alimentador principal.

Para determinar la capacidad del alimentador principal, se calcula la carga total instalada mediante la ecuación:

$$C = \sum cargas \quad (Ec. 6)$$
$$C = 4488W$$

Aplicamos el factor de potencia, para obtener la potencia de demanda
PD= carga instalada * factor de demanda para diferentes áreas

$$C = (CI * FD) \quad (Ec. 7)$$
$$C = 3141.6 W$$

Dado que se trata de un **sistema bifásico 2Φ,1N,1T**, el cálculo de la protección principal se realiza con la fórmula: Cálculo de protección principal

$$I = \frac{PD}{V_{LN} * f_d * f_p} \quad (Ec. 8)$$

$$I = \frac{3141.6}{125.4 * 0.7 * 0.9}$$

$$I = 39.76 A$$

Siguiendo la normativa **NEC**, se incrementa el factor de seguridad en un **125%**:

$$I = 39,76 A * 125\%$$

$$I = 49,71 A \approx 50 A$$

Según el calibre para este alimentador, desde el medidor hasta el tablero de distribución único es de N°8 AWG de cobre aislado tipo THNN al como se muestra en la tabla descrita por la normativa NEC:

Sección Transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW, UF	Tipos FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH*, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW*, UF*	Tipos RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS, SA, SIS, THHN*, THW-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH*, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm2		COBRE		ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,3	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	150	85	100	115	1

Caídas de voltaje

La caída de tensión en una instalación eléctrica ocurre debido a la resistencia inherente de los conductores, lo que provoca una reducción del voltaje a medida que la corriente fluye a través de ellos. Para garantizar la eficiencia y seguridad del sistema, es fundamental calcular correctamente este parámetro.

El cálculo de la caída de tensión se realiza con la siguiente ecuación:

$$Vd = \frac{2 * L * I}{Vff * s} \quad (Ec. 9)$$

Donde:

- Vd = Caída de tensión (en voltios)
- L = Longitud del conductor (en metros)
- I = Corriente que fluye a través del conductor (en amperios)
- R= Resistencia del conductor (en ohmios por kilómetro)

Según la normativa vigente, los límites aceptables de caída de tensión en una

instalación eléctrica son:

- **3%** para circuitos alimentadores
- **2%** para circuitos derivados
- **Máximo 5%** en toda la instalación

Según la siguiente fórmula para el estudio de la caída de tensión para tablero A

$$e = \frac{2 * L * I}{Vff * s}$$

$$e = \frac{2 * 12 * 20}{250.5 * 13.29}$$

$$e = 0.14\%$$

$$\mu = \frac{0.14 * 250.5}{100}$$

$$\mu = 0.3507 V$$

Selección de protecciones

Las protecciones eléctricas son esenciales para prevenir sobrecargas y garantizar la seguridad del sistema. Según Schneider Electric (2020), la selección de protecciones debe realizarse en función de la corriente máxima del circuito tal cual se muestra a continuación la siguiente tabla para seleccionar las protecciones eléctricas.

Tabla 11. Selección de protecciones eléctricas.

MONOPOLAR POLO x AMPERIOS	BIPOLAR POLO x AMPERIOS	TRIPOLAR POLO x AMPERIOS
1x15	2x15	3x15
1x20	2x20	3x20
1x30	2x30	3x30
1x40	2x40	3x40
1x50	2x50	3x50
1x60	2x60	3x60
	2x70	3x70
		3x100

Nota. Protecciones eléctricas (Pallo et al., 2023).

Según la normativa NEC para la capacidad de protección de acuerdo con el calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125 % del valor de la corriente de la protección del circuito como se muestra en la tabla:

Tabla 12. *capacidad de protección*

DESCRIPCIÓN	CAN T.	Potencia Nom. (W)	Potencia total consumida (W)	VOLT AJE	FAC. POT EN CIA	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	CORRIENTE MAX 125% (AMP) NEC	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG	PROTECCIÓN PARA UTILIZAR
CIRCUITO 1 FUERZA	9	200	1800	125,4	0,9	12,91	16,15	12	1P-20 A
CIRCUITO 2 FUERZA	4	200	800	125,4	0,9	5,74	7,18	12	1P-20 A
CIRCUITO TOMA ESPECIAL	1	1600	1600	250,5	0,9	5,75	7,18	10	2P-30 / 32 A
CIRCUITO 1 ILUMINACIÓN	12	18	216	125,4	0,9	1,55	1,93	14	1P-15 / 16 A
CIRCUITO 2 ILUMINACIÓN	4	18	72	125,4	0,9	0,52	0,65	14	1P-15 / 16 A
TOTAL ES			4488			26,47	33,09		

3.3. Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra tiene como finalidad principal garantizar la seguridad de las personas y la protección de los equipos eléctricos, disipando de manera efectiva las corrientes de falla. Para su correcta implementación, es imprescindible cumplir con normativas internacionales como la **IEEE** y la **IEC**, además de considerar las características del suelo para mejorar la conductividad del sistema.

Si bien la resistencia óptima de una puesta a tierra es **0 ohmios**, en la práctica, alcanzar este valor es prácticamente imposible. Diversas instituciones, como la **NFPA** y la **IEEE**, recomiendan que la resistencia del sistema no supere los **5 ohmios**, especialmente en instalaciones que albergan equipos sensibles. Por su parte, el **NEC** establece un límite máximo de **25 ohmios** para la impedancia de tierra (según la norma NEC 250.56), aunque sugiere reducir este valor en instalaciones críticas para mejorar la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico.

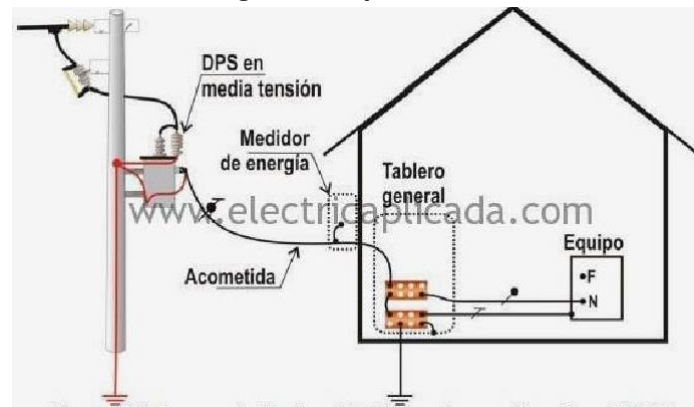
De acuerdo con la **Tabla 250-122** de la **NEC**, la elección del conductor de puesta a tierra depende de la corriente de carga. En este caso, considerando una corriente de **61.5 A**, se establecen las siguientes especificaciones para la instalación:

Tabla 13. Especificaciones para selección de conductores

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de: Amperes	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0

Nota. Tabla 250-122 puesta a tierra (Pallo et al., 2023).

Figura 16 Esquema de conexión a tierra.

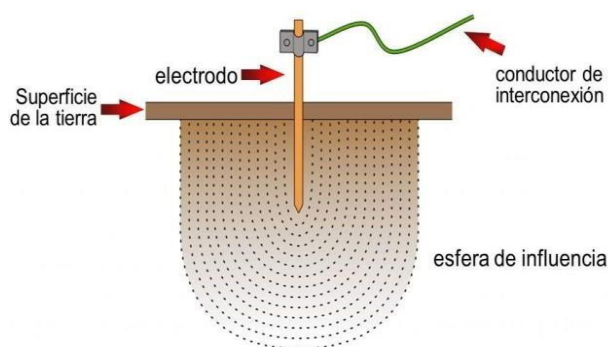


Nota. Imagen de muestra SPT según TN-C-S (Electricaplicada, 2021).

Para la correcta implementación del sistema de puesta a tierra, se deben emplear los siguientes materiales:

- **Electrodos de tierra (jabalinas):** Barras de cobre o acero revestido de cobre de 5/8" de diámetro y 2.4 m de longitud, instaladas verticalmente en el terreno.
- **Conductor de cobre desnudo:** De calibre 6 AWG o superior, utilizado para conectar los electrodos con la barra de tierra del tablero eléctrico
- **Cámara de conexión a tierra:** Espacio destinado a proteger las uniones y facilitar el acceso para futuras mediciones y mantenimientos.
- **Conectores y soldadura exotérmica:** Elementos que aseguran una conexión firme y de baja resistencia eléctrica entre los componentes del sistema.
- **Aditivos para mejorar la conductividad del suelo:** Sustancias como bentonita o sales especiales que reducen la resistencia de la puesta a tierra en suelos de baja conductividad.

Figura 17 Conexión a tierra con barra.



Nota. Funcionamiento de una barra de cobre (Norte, 2018)

3.3.1. Conductores de Puesta a Tierra

El conductor de puesta a tierra debe ser de cobre, pudiendo ser sólido o trenzado, y contar con aislamiento adecuado. Su sección mínima debe estar en concordancia con la capacidad de la acometida o del alimentador principal.

Según la **normativa NEC**, las recomendaciones para la selección del calibre del conductor de puesta a tierra son las siguientes:

Tamaño de la Acometida	Calibre Requerido del Conductor de Puesta a Tierra (AWG)
Hasta No. 2 AWG	No. 8 AWG
De No. 1 AWG a 1/0 AWG	No. 6 AWG
De No. 2/0 AWG a 3/0 AWG	No. 4 AWG

En instalaciones de viviendas de interés social o edificaciones suburbanas, se recomienda un conductor de puesta a tierra de **No. 8 AWG CU** como mínimo.

La correcta implementación de la puesta a tierra en la casa barrial del barrio Santa Isabel en Amaguaña garantiza la protección contra sobrecargas eléctricas y descargas

atmosféricas, además de proporcionar estabilidad al sistema eléctrico. Para asegurar su correcto funcionamiento, se recomienda realizar mediciones periódicas de la resistencia del sistema con un telurómetro y aplicar mejoras si la resistencia supera los valores recomendados.

En caso de que la resistencia del sistema sea superior a los límites establecidos, se pueden tomar las siguientes medidas correctivas:

- Incrementar la cantidad de electrodos de puesta a tierra para mejorar la disipación de corriente.
- Utilizar aditivos conductivos en suelos con alta resistividad para optimizar la conductividad eléctrica.
- Revisar y reforzar las conexiones para reducir pérdidas y asegurar una baja impedancia.

Con la implementación de un sistema de puesta a tierra adecuado, se mejorará la seguridad eléctrica del edificio, protegiendo tanto a los usuarios como a los equipos conectados a la red

3.3.2. Cálculo de la puesta a tierra

3.3.2.1. Tabla de rangos de resistividad eléctrica según el tipo de suelos.

La información, descrita en la tabla adjunta, evidencia un rango específico que ilustra las variaciones identificadas en las muestras recolectadas durante una investigación.

Tabla 14. Rangos de resistividad eléctrica del suelo

Tipo de Suelo	Rango de Resistividad Eléctrica
Arcillas	4- 40
Limos	4- 22
Arenas	15- 75
Gravas	150- 1800

Nota. Clasificación de las partículas del suelo según diferentes Organizaciones (Pillajo,2001)

Figura 18 Inspección del suelo



Nota. Suelo arena limosa

Basándonos en la tabla y haciendo la comparación del tipo del suelo en la figura anterior, se debe utilizar una varilla de acero recubierta de cobre con las siguientes dimensiones: 16 milímetros de diámetro y con una longitud de 1,80 metros

3.3.2.1. Cálculo de resistividad de la puesta a tierra

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1 \right) \quad (\text{Ec. 10})$$

- R = Resistencia a tierra (Ω)
- L = Longitud enterrada de la varilla (m)
- a = Radio de la varilla (m)
- ρ = Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)
- $\ln$ = Logaritmo natural

$$R = \frac{22}{2\pi(1.80)} \left(\ln\left(\frac{4(1.80)}{0.016}\right) - 1 \right)$$

$$R = (1,9452)(5,1092)$$

$$R = 9.9385 \Omega$$

De acuerdo a los cálculos realizados y basándonos en la normativa NEC 250.56, el valor obtenido de 9.9385 Ohm, se encuentra dentro del rango.

3.4. Implementación

En la casa barrial de santa Isabel antiguo se procede a realizar la implementación de circuitos de iluminación, circuitos de fuerza, acometidas eléctricas y puesta a tierra.

En donde se realizó por fases que a continuación se detallará.

Diagnóstico inicial:

Se realizó una inspección visual y medición, de esta manera se verificaba el estado actual de las instalaciones, en donde en el salón principal de acuerdo con la figura se puede observar que está en mal estado los circuitos de iluminación, circuitos de fuerza y acometidas eléctricas, empalmes sin aislantes y conexión puesta a tierra no adecuada.

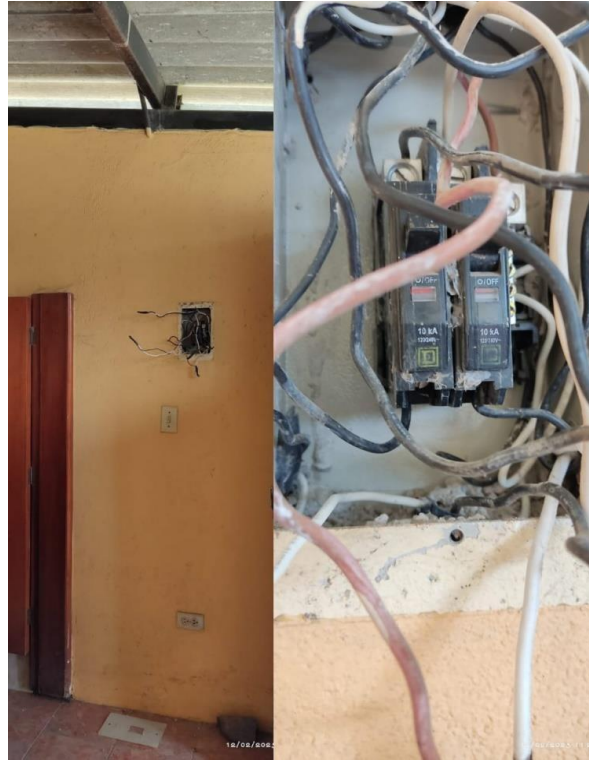
Figura 19 Medidor en mal estado



Nota: elaboración propia

Así mismo podemos observar en la figura que en los servicios higiénicos se encontró con una acometida con cables no adecuados, breakers sobredimensionados, al igual que los cables de iluminación.

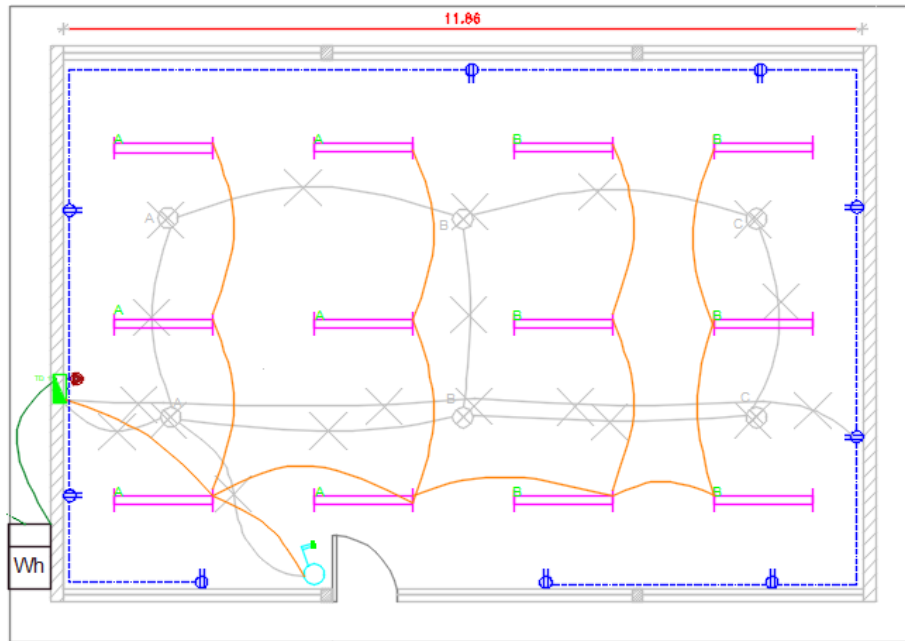
Figura 20 Breakers y cableado eléctrico de servicios higiénicos sobredimensionados



Nota: elaboración propia

Con esta inspección se pudo evaluar que no cumplen con las normativas vigentes, lo cual en cualquier momento podría provocar riegos eléctricos, por lo cual con a ayuda de programas se pudo realizar un rediseño como se muestra en la figura para poder realizar una nueva implementación de manera correcta.

Figura 21 Rediseño



Nota: elaboración propia

Ejecución de trabajos:

1. Se realizó el desmontaje de todas las instalaciones obsoletas que se encontraban en el salón principal y en los servicios higiénicos.
2. Instalación del nuevo cableado conforme a las normativas establecidas. Se adjunta figuras para su verificación.

Figura 22 Nuevo cableado



Nota: Elaboración propia

3. Nuevo montaje de tablero eléctrico, interruptores, tomacorrientes y dispositivos de protección de acuerdo con la imagen:

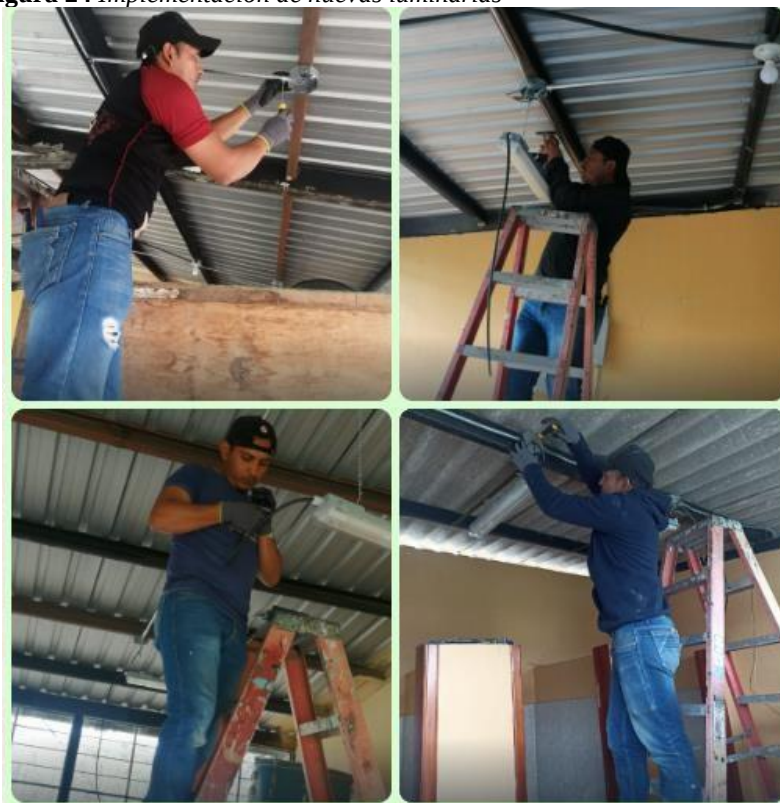
Figura 23 *Nuevo montaje*



Nota: Elaboración propia

4. Instalación de las nuevas luminarias en el salón principal y en los servicios higiénicos, para evidenciar se presenta imágenes:

Figura 24 *Implementación de nuevas luminarias*



Nota: Elaboración propia

5. Nueva implementación de punto a tierra, para evidenciar el trabajo se adjunta imágenes:

Figura 25 *Puesta a tierra*



Nota: Elaboración propia

CAPITULO IV

PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas y verificación

Luego de realizar toda la implementación de manera adecuada de acuerdo con la normativa vigente se realizó la medición de corrientes en el tablero principal, el voltaje en él toma corriente más lejano, dando como resultado valores bajos en corriente y estables en voltaje de operación.

Figura 26 Toma de mediciones



Nota: Elaboración propia

La verificación de los luxes tanto en el salón principal como en los servicios higiénicos, se acercan bastante a los valores dados por el Dialux, cumpliendo así con los estándares que establece la normativa UNE.

Figura 27 Toma de luxes



Nota: Elaboración propia

Al finalizar la implementación se puede observar que los espacios intervenidos tienen la iluminación adecuada.

Figura 28 Resultado de Repotenciación



Nota: Elaboración propia

Materiales y Equipos utilizados para la repotenciación

Tabla 15. *Materiales y equipos utilizados para la repotenciación*

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PU	TOTAL	CAJA DE PASO 10X10 ARIS TROQ TWIN BOX	U	2.00	\$ 2.50	\$ 5.00
CAJA TERMICA SDA 12P QOL12	U	1.00	\$ 57.00	\$ 57.00	TOMA DOBLE PLARI VETO PLATA	U	6.00	\$ 1.90	\$ 11.40
CAJETIN HERMETICO RECTANGULAR FS 1/2	U	12.00	\$ 3.20	\$ 38.40	CONECTOR PERNO HENDIDO #4	U	5.00	\$ 3.70	\$ 18.50
CAJETIN OCTOGONAL GALVA GRANDE	U	13.00	\$ 0.85	\$ 11.05	VARILLA	U	1.00	\$ 11.30	\$ 11.30
TAPA REDONDA GALVANIZADA	U	21.00	\$ 0.50	\$ 10.50	COOPERGUEL 5/8X1.80 CONECTOR				
TUBO CONDUIT 1/2"	U	31.00	\$ 2.80	\$ 86.80	CONECTOR PARA VARILLA COOPERGUEL	U	2.00	\$ 1.80	\$ 3.60
ABRAZADERAS CONDUIT 1/2"	U	50.00	\$ 0.08	\$ 4.00	TUBO BX CON PVC DE 1/2"	M	3.00	\$ 1.98	\$ 5.94
UNION CONDUIT 1/2"	U	15.00	\$ 0.30	\$ 4.50	CONECTORES BXC/PVC RECTO 1/2"	U	2.00	\$ 0.90	\$ 1.80
CONECTOR CONDUIT ACERADO 1/2"	U	60.00	\$ 0.35	\$ 21.00	ROLLO DE TAIPE NEGRO 3M	U	3.00	\$ 1.30	\$ 3.90
JUEGO DE DESARMADORES 6PZ ESTANLEY	U	1.00	\$ 8.90	\$ 8.90	BOQUILLA PLAFON VETO PLATA	U	1.00	\$ 1.60	\$ 1.60
ALICATE IRWIN 8" VISA GRIP	U	1.00	\$ 13.80	\$ 13.80	BRCA COBALTO5/32"	U	2.00	\$ 2.12	\$ 4.24
CAJETIN DE 10X10 GALVANIZADO	U	1.00	\$ 1.10	\$ 1.10	BRCA MULTICONSTRUCCION 3/16"	U	2.00	\$ 2.84	\$ 5.68
TUBO BX CON PVC DE 3/4"	M	12.00	\$ 2.70	\$ 32.40	NIVEL TORPEDO 8" STANLEY	U	1.00	\$ 5.08	\$ 5.08
TAPA 10X10 GALVANIZADA	U	1.00	\$ 0.50	\$ 0.50	CAJA DE HERRAMIENTAS	U	1.00	\$ 3.26	\$ 3.26
CONECTORES BXC/PVC RECTO 3/4"	U	8.00	\$ 1.10	\$ 8.80	DOBLADORA TUBO CONDUIT 1/2"	U	1.00	\$ 9.50	\$ 9.50
CAJETIN HERMETICO RECTANGULAR FS 3/4	U	1.00	\$ 3.50	\$ 3.50	LLAVE MISTA 8MM	U	1.00	\$ 2.02	\$ 2.02
CABLE FLEXIBLE #14	M	170.00	\$ 0.35	\$ 59.50	KIT 3PZ ADITIVO	U	1.00	\$ 5.83	\$ 5.83
CABLE FLEXIBLE #12	M	100.00	\$ 0.51	\$ 51.00	BUNTA COPA MAGNETICA 5/16"	U	2.00	\$ 2.53	\$ 5.06
ABRAZADERAS CONDUIT 1"	U	10.00	\$ 0.17	\$ 1.70	ARANDELA PLANA DELGADA 5/32"	U	5.00	\$ 0.35	\$ 1.75
CABLE SUCRE 2X14AWG	M	20.00	\$ 1.40	\$ 28.00	TORNILLO TRIPA PATO	U	1.00	\$ 6.41	\$ 6.41
CABLE FLEXIBLE 8 7 HILOS	M	54.00	\$ 1.53	\$ 82.62	AUTO PERFORANTE HEXAGONAL	U	1.00	\$ 3.35	\$ 3.35
CABLE FLEXIBLE #10	M	10.00	\$ 0.90	\$ 9.00	CADENA GALVANIZADA	U	30.00	\$ 0.85	\$ 25.57
INTERRUPTOR DOBLE VETO PLATA	U	1.00	\$ 2.60	\$ 2.60	LUMINARIA HERMETICA 2X9W	U	16.00	\$ 10.58	\$ 169.32
TOMACORRIENTE TRIFASICO 20 AMP COOPER C/PLACA 805V-BOX	U	1.00	\$ 4.80	\$ 4.80	TUBO LED VIDRIO 9W	U	32.00	\$ 1.87	\$ 59.83
INTERRUPTOR SIMPLE VETO PLATA	U	1.00	\$ 1.80	\$ 1.80	NIVEL LASER LINEAL	U	1.00	\$ 190.00	\$ 190.00
TOAMCORRIENTE DOBLE VETO PLATA	U	1.00	\$ 2.60	\$ 2.60	TOTAL				\$ 1,105.80

Nota: Elaboración propia

A continuación, se realiza una tabla de comparación del antes y después de la implementación, así como también el promedio mínimo de luxes que establece la normativa con la que se trabajó.

Tabla 16. Comparación de luxes, antes y después de la implementación

lugar	Luxes antes de la implementación	Luxes después de la implementación	Normativa a UNE
Salón principal			200 Lx
Servicios higiénicos de mujeres			200 Lx
Servicios higiénicos de hombres			200 Lx

Nota: Elaboración propia

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con la repotenciación del sistema eléctrico tanto de iluminación y fuerza realizada en la casa barrial ayudo a reducir el consumo de energía, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la infraestructura.
- La implementación de nuevas luminarias LED y la adecuación del sistema de fuerza dentro de la casa barrial ha tenido gran impacto para la comunidad ya que se ha brindado mayor seguridad y ha mejorado aprovechamiento del espacio comunitario.
- Mediante a todos los estudios y levantamientos realizados se pudo realizar el cambio del cableado eléctrico desde el medidor hasta la caja térmica la cual distribuye los circuitos de iluminación y fuerza utilizando los materiales acordes a la normativa vigente.
- Con los resultados obtenidos en el DIALUX se pudo incrementar los luxes y a su vez cambiar las luminarias generando un confort de iluminación adecuado aumentando la productividad de las personas.
- El sistema de fuerza al igual que el sistema de iluminación fue repotenciado con la finalidad de generar puntos de tomas acorde a las necesidades del sector es por ello que se generó también un punto de tomacorriente especial

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un constante monitoreo y mantenimiento al sistema eléctrico de las luminarias y tomacorrientes lo cual nos garantizara un buen funcionamiento y ayudara a reducir fallas inesperadas dentro de la casa barrial.
- El personal a dar mantenimiento se recomienda estar capacitado y a su vez utilizar todos los equipos de protección personal para evitar algún accidente. Esta capacitación es aconsejable que este dentro del programa de monitoreo y mantenimiento.
- Se recomienda concientizar a las personas de la comunidad sobre el ahorro energéticos y no saturar los puntos de conexión para poder asegurar el rendimiento de la repotenciación.

BIBLIOGRAFIA

- ABB. (2023). Sistemas de puesta a tierra: *Soluciones y aplicaciones*.
<https://global.abb> Autodesk. (2023). *AutoCAD Electrical*.
<https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). (2023). IEC 60364-5-54: Low-voltage electrical installations – Earthing arrangements. <https://www.iec.ch>
- Chen, L., & Williams, R. (2023). Advanced omnidirectional LED technology for public spaces. *Energy and Buildings*, 278, 112-124.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778822013309>
- Departamento de Energía de los Estados Unidos. (2023). LED Lighting Facts.
<https://www.energy.gov/eere/ssl/led-lighting-facts>
- Dialux. (2023). Dialux: Software de diseño de iluminación.
<https://www.dialux.com>
- Enel X. (2022). LED Lighting System Improves Energy Efficiency in Buildings and Homes. <https://www.enelx.com/cl/es/historias/2023/06/iluminacion-led-mejora-la-eficiencia-energetica>
- ETAP. (2023). ETAP: Power System Analysis & Design Software.
<https://etap.com> Gobierno de México. (2023). NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones eléctricas (utilización).
<https://www.gob.mx>

Gobierno de México. (2023). NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones eléctricas (utilización). <https://www.gob.mx>

IEEE. (2023). IEEE 142: Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. <https://www.ieee.org>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2023). IEC 62722: Luminaires – General Requirements. <https://www.iec.ch>

International Organization for Standardization (ISO). (2023). ISO 50001: Energy management systems. <https://www.iso.org>

Lawrence Berkeley National Laboratory. (2023). Energy efficiency in commercial buildings report. Lawrence Berkeley National Laboratory. <https://buildings.lbl.gov/publications/2023-energy-efficiency-report>

NFPA. (2023). NFPA 70: National Electrical Code (NEC). <https://www.nfpa.org>

Relux. (2023). Relux: Diseño de iluminación profesional.

Recuperado de <https://www.relux.com>

Schneider Electric. (2022). *Guía de sistemas de puesta a tierra para edificaciones comunitarias*. <https://www.se.com>

U.S. Department of Energy. (2023). *Renewable Energy Integration in Distribution Systems*. <https://www.energy.gov>