

Guía para el Desarrollo de los Ítems del Diseño Detallado de Instalaciones Eléctricas

Freily Jacome Angarita y Johan Hadderth Jerez Naranjo

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Electricista

Director

Rolando Andrés Rincón Saravia Especialista

En Gerencia De Proyectos

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor En Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías

Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2024

### **Dedicatoria**

Primeramente, quiero agradecer a Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mis abuelos, quienes siempre me han brindado su amor y me han apoyado incondicionalmente, a mi hermano Santiago que siempre ha sido uno de mis pilares y me ha motivado en todo momento para seguir adelante, a mis padres Gilberto y Milena, a quienes con su apoyo incondicional hicieron de mi la persona que soy ahora, gracias por las enseñanzas y por siempre haber estado presente. Los amo.

-Johan

Quiero dedicarle este nuevo logro a Fredy y Liliana, mis padres, quienes han sido motor y razón del logro de este y todos mis objetivos. Gracias infinitas por su amor presente, su apoyo incondicional y el constante aliento que han hecho de mí lo que he aprendido con su esfuerzo y sacrificio.

A mis hermanos, Jhonatan, Sneider y Sebastián, por haber compartido conmigo su alegría y resiliencia en los momentos de desafío, por celebrar mis aciertos, apoyarme, aconsejarme y ser fiel compañía en cada paso de mi trayectoria.

Gracias a mis abuelos, tíos y primos por creer en mis proyectos e impulsarme a lo largo de toda mi vida.

Gracias a todos por ser luz en mi camino y mi fuente de inspiración constante.

-Freily

### **Agradecimientos**

Agradecemos a nuestro director de proyecto Rolando Rincón, a el profesor Oscar Quiroga por su orientación en este proyecto y a nuestros profesores de la E3T quienes nos han orientado y brindado los conocimientos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

**Tabla de Contenido**

1. Generalidades para el Diseño de Instalaciones Eléctricas	13
1.1. Documentación Destacada	13
2. Software y Normativa	17
2.1. Software de Apoyo	17
2.2. Normativa Aplicable	36
3. Diseño del Contenido de la Guía	38
3.1. A. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	38
3.2. B. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.	43
3.3. C. Análisis de cortocircuito y falla a tierra	46
3.4. D. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	49
3.5. E. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	53
3.6. F. Análisis del nivel tensión requerido.	55
3.7. G. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.	57
3.8. H. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga	59
3.9. I. Cálculo del sistema de puesta a tierra	63
3.10. J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas,	

GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	5
las cargas resultantes y los costos de la energía	68
3.11. K. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.	71
3.12. L. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos	74
3.13. M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.	77
3.14. N. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).	80
3.15. O. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	84
3.16. P. Cálculos de regulación.	87
3.17. Q. Clasificación de Áreas.	89
3.18. R. Elaboración de diagramas unifilares.	93
3.19. S. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	95
3.20. T. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	97
3.21. U. Establecer las distancias de seguridad requeridas.	101
3.22. V. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	103
3.23. W. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura	

GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6
operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	105
4. Conclusiones	109
Referencias Bibliográficas	111
Apéndices	118

GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

7

**Lista de Apéndices**

**Apéndice a**

67

## Resumen

**Título:** Guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas. \*

**Autor:** Freily Jacome Angarita, Johan Hadderth Jerez Naranjo. \*\*

**Palabras Clave:** Artículo 10.1 del RETIE, IEC 60909, IEEE 242, IEC 60947-2, NTC 2050, NTC 4552, diseño de las instalaciones eléctricas

**Descripción:** a pesar de que hay muchas fuentes de información sobre el diseño de instalaciones eléctricas, algunas se encuentran dispersas o no se centran en una herramienta fácil de usar, lo que dificulta la tarea de realizar los diseños y cumplir con plazos cortos de entrega.

En este documento se desglosa cada ítem del artículo 10.1 del RETIE, con el fin de afianzar la información necesaria para el cumplimiento de cada uno y brindar confiabilidad al lector para servir como apoyo al momento de realizar su respectivo diseño, garantizando una operación segura, confiable, y para proteger a las personas, los equipos y la infraestructura contra los riesgos eléctricos; para ello se darán a conocer software especializados que con sus amplias funcionalidades sirven como herramienta para el desarrollo de cada ítem, así como también, se presenta la normativa aplicable que comprende cada uno y algunas recomendaciones que permitan comprender de una manera sencilla los puntos más importantes de dichas normas.

Finalmente se elabora una guía en formato digital donde se organiza cada elemento del libro, reforzando la información necesaria para el cumplimiento de cada elemento y proporcionar confiabilidad al lector para ayudarlo a realizar y asegurando una operación segura y confiable y protegiendo a las personas, los equipos y la infraestructura contra los riesgos eléctricos.

---

\* Trabajo de grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Rolando Andrés Rincón Saravia. Especialista en Gerencia de Proyectos. Codirector: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga. Doctor en Ingeniería Eléctrica.

**Abstract**

**Title:** Guide for the development of detailed design items for electrical installations.\*

**Author:** Freily Jacome Angarita, Johan Hadderth Jerez Naranjo.\*\*

**Key Words:** Article 10.1 of the RETIE, IEC 60909, IEEE 242, IEC 60947-2, NTC 2050, NTC 4552, design of electrical installations.

**Description:** although there are many sources for electrical design information, some are scattered or do not focus on one easy-to-use tool, making it difficult to design and meet short lead times.

This document breaks down each item of article 10.1 of the RETIE, in order to consolidate the necessary information for compliance with each one and provide reliability to the reader to serve as support when carrying out their respective design, guaranteeing a safe, reliable operation, and to protect people, equipment and infrastructure against electrical risks; For this, specialized software will be released that with its extensive functionalities serve as a tool for the development of each item, as well as the applicable regulations that each one includes and some recommendations that allow an easy understanding of the most important points of said standards. Finally, a guide is prepared in digital format where each element of the book is organized, reinforcing the necessary information for compliance with each element and providing reliability to the reader to help him carry out and ensuring a safe and reliable operation and protecting people, equipment and infrastructure against electrical risks.

---

\* Degree Work.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Rolando Andres Rincón Saravia. Specialist in project managing. Co-director: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga. PhD in Electrical Engineering

## **Introducción**

El diseño de instalaciones eléctricas es una parte fundamental en la planificación y construcción de proyectos aplicados a uso final. La correcta planificación y ejecución de estas instalaciones garantiza un suministro de energía seguro, eficiente y confiable para el funcionamiento de los equipos y sistemas eléctricos. El artículo 10.1 del RETIE establece las condiciones para el diseño de estas instalaciones, incluyendo las medidas necesarias para prevenir y mitigar los riesgos asociados a los incidentes y fallos eléctricos. Si bien se puede encontrar muchas fuentes de información sobre el diseño de instalaciones eléctricas, éstas se encuentran dispersas o no están concentradas en una herramienta, complicando la tarea de realizar los diseños para entrega en plazos muy cortos, este proyecto se centra específicamente en este problema.

Durante el desarrollo de esta investigación, se llevó a cabo un exhaustivo estudio de artículos relacionados en el campo de la ingeniería eléctrica, con el fin de comprender y resumir cada uno de los artículos relacionados con el diseño de instalaciones eléctricas según lo establecido en el artículo 10.1 del RETIE. Este enfoque permite obtener una visión global de los requerimientos técnicos, las normas y los aspectos fundamentales para tener en cuenta en el proceso de diseño de dichas instalaciones.

En este documento se desglosa cada ítem, con el fin de afianzar la información necesaria para el cumplimiento de cada ítem y brindar la confiabilidad al lector para servir como apoyo al momento de realizar su respectivo diseño eléctrico, para ello se darán a conocer software especializados que con sus amplias funcionalidades sirven como

herramienta para el desarrollo de cada ítem, así como también, se presenta la normativa aplicable que comprende cada ítem y algunas recomendaciones que permitan comprender de una manera sencilla los puntos más importantes de dichas normas.

Finalmente se elabora una guía en formato digital, que se espera sea una herramienta útil y práctica para los profesionales y estudiantes de ingeniería eléctrica, así como para todas aquellas personas involucradas en el diseño y la implementación de instalaciones eléctricas, brindando una referencia clara y accesible para lograr proyectos seguros y eficientes.

## **1. Generalidades para el Diseño de Instalaciones Eléctricas**

En este capítulo se presenta la investigación realizada de los documentos y libros destacados que se relacionan al diseño de instalaciones eléctricas y que cumplen con los requerimientos mínimos exigidos por el artículo 10.1 del RETIE, que comprende ítems de la “a” a la “w”.

### **1.1. Documentación Destacada**

Cada documento y libro se basa en experiencia de instalaciones realizadas y con certificación RETIE obtenida, a los cuales, se le dará un breve resumen a cada uno de los artículos seleccionados como los más acordes al tema.

#### ***1.1.1. Instalaciones Eléctricas***

Según Henao (2019), este libro contiene datos actuales, incorpora las modificaciones más recientes y sirve como referencia para este trabajo. Incluye material de diseño por computadora y anotaciones sobre procedimientos de contratación que pueden ser requeridos de acuerdo con los criterios y disposiciones generales de la ley colombiana.

El objetivo de este documento es mostrar y brindar pautas generales para el diseño de instalaciones eléctricas que satisfagan todas las necesidades actuales.

#### ***1.1.2. Diseño de las memorias de cálculo en Excel para proyectos eléctricos en baja tensión***

Se proporciona un resumen del proyecto de Hincapié y López (2018) que explica cómo crear memorias de cálculo en Excel para proyectos de baja tensión eléctrica. Se explican las ventajas de usar Microsoft Excel para crear memorias de cálculo y se proporcionan instrucciones sobre cómo organizar correctamente los cálculos. Proporciona información sobre las fórmulas y funciones más útiles de Microsoft Excel para proyectos de baja tensión. El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE también se menciona como una fuente importante a tener en cuenta durante el

diseño. Además, se proporcionan instrucciones sobre cómo presentar los resultados finales del proyecto en forma de gráficos e imágenes.

### ***1.1.3. Guía de memorias de cálculo eléctrico para instalaciones de uso final en baja tensión***

La guía de Paniagua (2020) incluye instrucciones detalladas sobre cómo realizar el diseño de una instalación que requiere diseño detallado, explicando cada ítem desde la letra “a” hasta la letra “w” y analizando cuándo se aplica y cuándo no. Se hace un resumen de los métodos y mecanismos utilizados para resolver cada uno de ellos. Esta guía muestra de una forma no tan compacta las normas y los software que se pueden utilizar con la información correspondiente para el desarrollo de cada ítem, pero muestra una buena referencia para este proyecto.

### ***1.1.4. Instructivo para cumplimiento RETIE en obras eléctricas de uso final para grupo eléctrico colombiano.***

El autor Orduz (2019) describe un instructivo que tiene como objetivo simplificar el proceso de certificación RETIE, producir trabajos de alta calidad que aseguren la satisfacción del cliente final y mejorar las políticas de salud y seguridad del Grupo Eléctrico Colombiano. Se prevé la creación de un modelo que facilite la evaluación de una instalación eléctrica llevada a cabo por Grupo Eléctrico Colombiano de acuerdo con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

### ***1.1.5. Elaboración e implementación de una metodología para el diseño de instalaciones eléctricas conforme al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE en el edificio Santana de la ciudad de Santa Marta***

El objetivo del proyecto de Castillo (2017) es desarrollar una estrategia de diseño de instalaciones eléctricas que cumpla con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas del edificio Santana de Santa Marta. Esta metodología optimiza el tiempo requerido para desarrollar la memoria de cálculo que apoya el proyecto escrito de la instalación eléctrica, que generalmente se presenta a varios operadores de red. Este documento es bastante útil para ingenieros eléctricos que buscan cumplir con los reglamentos técnicos en sus diseños porque presenta una guía útil para diseñar instalaciones eléctricas detalladas y básicas según RETIE y NTC 2050 utilizando Excel.

***1.1.6. Evaluación del cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) en las instalaciones eléctricas de 440 V y 220 V aplicado a seis fincas, de la empresa comercializadora internacional SUNSHINE BOUQUET S.A.S.***

Según Bernal y Toloza (2017), el objetivo principal de la evaluación fue evaluar el cumplimiento del RETIE en las instalaciones eléctricas de Sunshine Bouquet S.A.S. y sugerir soluciones en caso de que se descubrieran incumplimientos. Además, se buscó establecer un estándar para que la empresa cumpliera con los requisitos de la norma para exportar sus productos.

***1.1.7. Manual Metodológico para ingenieros inspectores del RETIE en uso final***

El objetivo principal de Ávila, García y López (2017) en el manual es crear una metodología organizada que contenga toda la información necesaria para los ingenieros inspectores RETIE para su uso final. Los objetivos específicos incluyen establecer una metodología de trabajo para los ingenieros inspectores, identificar la información más importante que se debe tener en cuenta en un proceso de inspección RETIE en uso final y su distribución, y establecer los problemas más comunes que enfrentan los ingenieros inspectores desde la primera visita a la obra hasta la presentación de las pruebas de inspección en el organismo de inspección. El manual incluye

herramientas y recursos útiles para ayudar a los inspectores en su trabajo diario, como un glosario con definiciones de los términos más comunes en las tareas de inspección RETIE en uso final. Además, se proporciona una descripción detallada de cada uno de los ítems y secciones del manual junto con las metodologías sugeridas para cada capítulo.

***1.1.8. Planteamiento de posibles soluciones a las instalaciones eléctricas de la empresa SACS consultores SAS Colombia a partir del diagnóstico de su estado actual basado en el reglamento eléctrico vigente y el análisis de su eficiencia energética.***

En este informe, Gutiérrez (2020) da una descripción detallada del procedimiento completo utilizado para revisar y mejorar las instalaciones eléctricas de cada sede de SACS Consultores SAS. Para garantizar un ambiente seguro y eficiente, se utilizaron normas específicas y una lista detallada que sirve de apoyo para futuras referencias.

## **2. Software y Normativa**

En este capítulo, se presentan las normas y se analizan Software relevantes para el diseño y la implementación de sistemas eléctricos. Estos software ofrecen herramientas y soluciones para facilitar el diseño, investigación, la simulación y la gestión de los sistemas eléctricos, mientras que las normas proporcionan pautas y requisitos para garantizar la seguridad, la eficiencia y la confiabilidad de las instalaciones eléctricas.

### **2.1. Software de Apoyo**

#### ***2.1.1. Ansys software de simulación***

Es un software de simulación y análisis de ingeniería, es conocido principalmente por su uso en el análisis estructural y de flujo de fluidos, también ofrece herramientas y módulos específicos para el análisis de instalaciones eléctricas.

En el contexto de las instalaciones eléctricas, ANSYS se utiliza para realizar simulaciones y análisis de diversos aspectos, como la distribución de corriente, la resistencia eléctrica, la capacitancia, la inductancia y el flujo de potencia. Algunas de las aplicaciones comunes del software ANSYS en este campo incluyen:

- Análisis de caída de tensión.
- Estudio de campos electromagnéticos.
- Análisis de transitorios electromagnéticos.
- Diseño y análisis de transformadores.
- Análisis térmico de componentes eléctricos.
- Análisis de sistemas de potencia.

Este software requiere tener una licencia.

#### ***2.1.2. AutoCAD Electrical***

El software AutoCAD es una herramienta ampliamente utilizada en ingeniería eléctrica para el

diseño, dibujo y documentación de proyecto, es un programa con arquitectura abierta, lo cual significa que permite al usuario desarrollar múltiples utilidades y programas para distintas aplicaciones, es decir, librerías que contengan los símbolos y convenciones utilizados en los planos y diagramas eléctricos.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Diseño de planos eléctricos.
- Dimensionamiento de sistemas eléctricos.
- Integración con software de análisis eléctricos y/o hojas de cálculo.
- Documentación técnica.
- Informes automáticos.
- Colaboración y coordinación de proyectos.

Este software requiere tener una licencia.

### ***2.1.3. Autodesk Robot Structural Analysis Professional***

El software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (también conocido como Robot Structural Analysis) se utiliza principalmente en ingeniería estructural para el análisis y diseño de estructuras. Aunque su enfoque principal es la ingeniería estructural, se puede utilizar en ciertas aplicaciones relacionadas con la ingeniería eléctrica.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Diseño de soportes y estructuras para equipos eléctricos.
- Análisis de carga sísmica.
- Diseño de soportes para cables y conductores.
- Evaluación de estructuras existentes.

Este software requiere tener una licencia.

### ***2.1.4. COMSOL AC/DC***

El software COMSOL AC/DC es una herramienta de simulación y análisis electromagnético

utilizada para estudiar y resolver problemas relacionados con el comportamiento de campos electromagnéticos en sistemas de corriente alterna y corriente continua.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Análisis de campos electromagnéticos.
- Optimización.
- Estudios de interferencia electromagnética.
- Diseño de sistemas de energía y distribución.

Este software requiere tener una licencia.

#### ***2.1.5. CPT – Análisis de riesgo***

Este software proporciona el estado de los niveles de riesgo de pérdida de vidas humanas, pérdida de servicio público, pérdida de patrimonio cultural y pérdida de valor económico analizando diferentes parámetros de entrada que son proporcionados de la instalación o la estructura que se encuentra en riesgo de una descarga eléctrica atmosférica.

Algunas de las principales aplicaciones y funcionalidades que contiene este software son:

- Evaluación de riesgos eléctricos.
- Análisis de confiabilidad y disponibilidad.
- Evaluación de riesgos de arco eléctrico.
- Recomendaciones y mitigación de riesgos.
- Análisis de cortocircuito y sobrecarga.

Este software es de libre acceso.

#### ***2.1.6. CST Studio Suite***

El software CST Studio Suite es una herramienta de simulación electromagnética ampliamente utilizada en el campo de la ingeniería eléctrica y de comunicaciones. CST Studio Suite se utiliza para modelar y analizar diversas instalaciones eléctricas y componentes electromagnéticos. Su funcionalidad y capacidades avanzadas de simulación electromagnética brindan a los ingenieros

eléctricos una poderosa herramienta para el diseño, análisis y optimización de sistemas y componentes eléctricos y electromagnéticos. A continuación, se mencionan algunas de las aplicaciones comunes de CST Studio Suite en el ámbito de las instalaciones eléctricas:

- Protección electromagnética.
- Dispositivos y componentes electromagnéticos.
- Análisis de campos electromagnéticos.

Este software requiere tener una licencia.

#### ***2.1.7. CYPELEC***

Este software es una herramienta utilizada en el campo de la ingeniería eléctrica para el diseño y cálculo de instalaciones eléctricas de baja tensión. CYPELEC proporciona funcionalidades específicas para realizar proyectos de electricidad en edificios y permite realizar cálculos, dimensionamientos y generación de documentación técnica relacionada con las instalaciones eléctricas. Es una aplicación diseñada para asistir al proyectista de instalaciones eléctricas en baja tensión.

Algunas de las principales aplicaciones y funcionalidades que contiene este software son:

- Diseño de instalaciones eléctricas.
- Cálculos eléctricos.
- Dimensionamiento de componentes.
- Generación de documentación técnica.
- Cumplimiento de normativas y estándares.
- Diseño de diagramas unifilares.
- Análisis de regulación de tensión.
- Análisis de coordinación de aislamiento.

Este software es de libre acceso.

#### ***2.1.8. CYMGRD***

Es un software especializado en sistemas de distribución eléctrica que brinda herramientas y análisis avanzados para ayudar en el diseño, análisis y optimización de instalaciones eléctricas de distribución de energía. Facilita la toma de decisiones informadas, mejora la eficiencia y la confiabilidad del sistema, y permite cumplir con los estándares y requisitos reglamentarios aplicables. Algunas de las principales funciones y usos del software CYMGRD son:

- Análisis de la malla de tierra.
- Análisis de tensión.
- Modelado de sistemas de distribución.
- Cálculo de flujo de carga.
- Análisis de cortocircuito.
- Estudios de coordinación de protecciones.
- Cálculo de la evaluación de la seguridad para las tensiones máximas admisibles de paso y contacto basado en la norma IEEE 80-2000.
- Análisis de calidad de energía

Este software es de libre acceso.

### **2.1.9. DGSYS**

DGSYS es una aplicación diseñada para facilitar las fases iniciales del diseño y evaluación de sistemas de puesta a tierra que involucran conductores cilíndricos posicionados en diversas orientaciones espaciales, ya sea de forma horizontal, vertical o inclinada con respecto al nivel del suelo. Además, incorpora una función adicional que permite calcular un modelo de terreno de dos capas basado en mediciones de resistividad obtenidas mediante el método Wenner.

- Algunas de sus funcionalidades principales son las siguientes:
- Análisis de sistema de puesta a tierra.
- Cálculo de coordinación de protecciones.

- Simulación de electrodos.
- Modelado de malla a tierra.

Este software es de libre acceso.

#### ***2.1.10. Dialux***

El software Dialux es una herramienta utilizada en ingeniería eléctrica y diseño de iluminación para la planificación, cálculo y visualización de proyectos de iluminación. El software es ampliamente utilizado por profesionales en la industria de la iluminación y diseño arquitectónico.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Diseño de iluminación interior y exterior.
- Simulación y visualización.
- Análisis energético.
- Cálculos de iluminación.
- Análisis de las distancias mínimas.

Este software es de libre acceso.

#### ***2.1.11. Ecodial***

El software Ecodial es una herramienta utilizada en ingeniería eléctrica para el diseño y cálculo de sistemas de distribución de energía. Se utiliza para realizar cálculos eléctricos y seleccionar componentes adecuados para garantizar la seguridad y eficiencia de los sistemas eléctricos.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Cálculos de cortocircuito.
- Cálculos de coordinación de aislamiento.
- Análisis de protecciones.
- Dimensionamiento de cables y conductores.
- Evaluación de la selectividad y calidad del suministro eléctrico.

- Diseño de diagramas unifilares.

Este software es de libre acceso.

### **2.1.12. EMTP**

Esta aplicación es una herramienta de simulación y análisis de transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos. EMTP es utilizado por ingenieros y profesionales de la ingeniería eléctrica para estudiar y comprender el comportamiento transitorio de los sistemas de energía eléctrica, así como para evaluar el impacto de eventos como cortocircuitos, maniobras de conmutación, análisis de armónicos, sobretensiones y fenómenos electromagnéticos en los sistemas eléctricos.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Análisis de transitorios electromagnéticos.
- Estudio de cortocircuitos y fallas.
- Análisis de sistemas de alta tensión.
- Evaluación de sistemas de protección.
- Análisis de calidad de la energía.
- Investigación y desarrollo de sistemas eléctricos.
- Flujos de potencia.
- Coordinación de aislamiento.

Este software requiere tener una licencia.

### **2.1.13. ETABS**

Es una herramienta de análisis y diseño estructural ampliamente utilizada en la ingeniería civil y estructural. Aunque ETABS se enfoca principalmente en el análisis de estructuras de edificios, no es específicamente un software para instalaciones eléctricas. Su funcionalidad principal se centra en el análisis de la respuesta estructural de edificios y no está diseñado específicamente para el diseño de sistemas eléctricos.

Sin embargo, en el contexto de las instalaciones eléctricas en edificios, ETABS puede ser utilizado para proporcionar información relevante para su diseño. Algunas de las aplicaciones donde ETABS puede ser útil en relación con las instalaciones eléctricas son:

- Distribución de cargas estructurales.
- Determinación de rutas de cables.
- Evaluación de la seguridad contra incendios.

Este software requiere tener una licencia.

#### **2.1.14. ETAP**

El software ETAP (Electrical Transient and Analysis Program) es una herramienta de simulación y análisis de sistemas eléctricos de potencia. ETAP es utilizado por ingenieros y profesionales de la ingeniería eléctrica para el diseño, análisis, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos en diversos sectores, como la generación de energía, la distribución de energía, la industria, los edificios y la infraestructura.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Estudios de cortocircuito.
- Estudio de protecciones.
- Coordinación de aislamiento.
- Análisis de calidad de la energía.
- Puesta a tierra.
- Sistema de cables.
- Dimensionamiento y optimización de transformadores.
- Calidad de la energía.

Este software requiere tener una licencia.

#### **2.1.15. Excel**

El software Excel es una herramienta ampliamente utilizada en ingeniería eléctrica debido a su

capacidad para realizar cálculos, análisis de datos y generación de informes.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Estimación y presupuesto de proyectos.
- Análisis de datos.
- Cálculos eléctricos.
- Creación de plantillas.
- Creación de informes técnicos.

Este software requiere tener una licencia.

#### ***2.1.16. IEC Risk Assessment Calculator***

El software Risk Assessment Calculator en ingeniería eléctrica tiene como objetivo ayudar a los ingenieros eléctricos a evaluar y gestionar los riesgos asociados con los sistemas eléctricos y las actividades relacionadas, una vez que se identifican todos los posibles riesgos, la calculadora te guiará a través del proceso de evaluar cada riesgo y determinar su gravedad y probabilidad. Basado en este análisis, la calculadora proporcionará recomendaciones para estrategias de gestión y mitigación de riesgos que pueden ayudar a reducir la probabilidad de resultados negativos.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Análisis de riesgo en proyectos eléctricos.
- Evaluación de riesgo en instalaciones eléctricas.
- Estudios de seguridad de sistemas eléctricos.

Este software requiere tener una licencia.

#### ***2.1.17. IPI2WIN***

El software IPI2win es una herramienta esencial que facilita la evaluación y el análisis de los resultados de medición de resistividades aparentes en estudios relacionados con puesta a tierra y protección catódica, lo que contribuye a la toma de decisiones fundamentadas en la ingeniería eléctrica y la protección de instalaciones eléctricas.

Algunas de sus principales aplicaciones y funcionalidades que contiene este software son:

- Procesamiento de Datos de Medición.
- Evaluación de resistividad.
- Análisis de sistemas de puesta a tierra.

Este software es de libre acceso.

#### ***2.1.18. LSPS***

El software LSPS de LG desempeña un papel fundamental en el ámbito de la ingeniería eléctrica, específicamente en el análisis de cortocircuito y la coordinación de protecciones. Su utilidad radica en su capacidad para simplificar y agilizar la tarea de calcular cortocircuitos, coordinar dispositivos de protección y generar informes detallados.

Las principales características que contiene este software son las siguientes:

- Realizar Análisis de Cortocircuito.
- Coordinar Protecciones.
- Visualizar Curvas Termomagnéticas.

Este software es de libre acceso

#### ***2.1.19. MELSHORT 2***

El software MELSHORT 2 es una herramienta especializada para el diseño de instalaciones eléctricas que se enfoca en el análisis de cortocircuitos y la selección de dispositivos de protección. Proporciona información precisa sobre las corrientes de cortocircuito, ayuda a evaluar la capacidad de los dispositivos de protección y facilita la selección y configuración adecuada de estos dispositivos.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Análisis de cortocircuitos.
- Evaluación de la capacidad de los dispositivos de protección.

- Selección de dispositivos de protección.
- Análisis de coordinación de protecciones y aislamiento.

Este software es de libre acceso

#### **2.1.20. REVIT MEP**

Sirve el modelado y diseño asistido por computadora (CAD) que se utiliza en el campo de la ingeniería para la planificación, diseño y documentación de instalaciones eléctricas, así como de sistemas mecánicos y de fontanería en edificios y proyectos de construcción. Facilita el modelado 3D, la coordinación multidisciplinaria, la generación de documentación técnica y la optimización de la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas.

A continuación, se presentan algunos de los usos y funciones principales del software Revit para Ingeniería MEP en relación con las instalaciones eléctricas:

- Modelado 3D de instalaciones eléctricas.
- Análisis y cálculos eléctricos.
- Coordinación multidisciplinaria.
- Documentación técnica y planos.

Este software requiere tener una licencia.

#### **2.1.21. SOLIDWORKS**

Aunque SOLIDWORKS no es un software específicamente diseñado para instalaciones eléctricas, puede ser utilizado como una herramienta integral en el diseño de dichas instalaciones. Proporciona funcionalidades para el diseño de gabinetes y paneles eléctricos, enrutamiento de cables, colaboración multidisciplinaria y análisis de interferencias, lo que contribuye al diseño eficiente y preciso de las instalaciones eléctricas.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Modelado y diseño de instalaciones eléctricas.
- Coordinación multidisciplinaria.

- Cálculos y dimensionamiento.
- Calculo y diseño mecánico de estructuras.

Este software requiere tener una licencia.

### ***2.1.22. STAAD***

El software STAAD es una herramienta fundamental en el campo de la ingeniería estructural y civil. Se especializa en el análisis estructural y diseño de edificios, puentes, torres y otras estructuras civiles, centrándose en la resistencia, estabilidad y seguridad de estas construcciones, Aunque este en sí mismo no se utiliza para diseñar sistemas eléctricos, proporciona información crucial sobre la resistencia de la estructura que alojará los componentes eléctricos.

- Análisis estructural y diseño de edificios y estructuras civiles.
- Evaluación de la resistencia y estabilidad de las estructuras.
- Modelado tridimensional de sistemas estructurales.
- Generación de informes detallados de análisis y diseño estructural

Este software requiere tener una licencia.

### ***2.1.23. Solutions Electrical***

Es La empresa Solutions Electrical ha diseñado una gama de software altamente beneficiosos en el ámbito de las instalaciones eléctricas. Entre estos programas destacados se encuentran:

- Instalation Optimizer: Esta herramienta es fundamental en el proceso de diseño eléctrico, ya que ofrece una asistencia valiosa en la selección adecuada de cables, cálculo de caída de tensión, determinación de cortocircuitos, y otros aspectos críticos para garantizar el rendimiento óptimo de las instalaciones eléctricas.
- Cable Calculation: Este software se especializa en el dimensionamiento preciso de cables, lo que resulta esencial para elegir los tamaños adecuados y calcular las caídas de tensión de manera efectiva, tanto en condiciones normales como en situaciones de

fallo. Además, proporciona una ayuda para el análisis de protecciones.

- **Power Factor Correction:** Este programa se centra en la corrección del factor de potencia. Permite identificar y abordar problemas relacionados con el factor de potencia, contribuyendo así a la mejora de la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones.

Este software requiere tener una licencia.

#### **2.1.24. Volts**

El software de diseño eléctrico Volts es una herramienta utilizada para el diseño y análisis de sistemas eléctricos. Proporciona funcionalidades y características específicas para ayudar a los ingenieros eléctricos y diseñadores a crear y visualizar diagramas eléctricos, calcular y dimensionar componentes eléctricos, y realizar análisis de circuitos y sistemas, este software es destacado por dar cumplimiento a los requerimientos normativos establecidos en la NEC en todos los cálculos y simulaciones ofrecidos.

Algunas de sus principales características y funcionalidades son:

- Dimensionamiento de componentes.
- Simulación de sistemas eléctricos.
- Creación de cuadros de carga.
- Diseño de diagramas unifilares.
- Canalizaciones y tuberías.
- Modulo para corrección de potencia y compensación.
- Dimensionamiento de transformadores.

Este software requiere tener una licencia.

#### **2.1.25. Word**

La importancia de Microsoft Word en el contexto del diseño de instalaciones eléctricas radica en su utilidad para documentar y presentar información relacionada con proyectos eléctricos.

Aunque no realiza cálculos ni modelados eléctricos directos, desempeña un papel crucial en la comunicación y el intercambio de información en el campo de la ingeniería eléctrica de las siguientes maneras:

- Documentación de Proyectos.
- Generación de Informes.
- Planos y Diagramas.
- Comunicación y Colaboración.

Este software requiere tener una licencia.

## **2.2. Normativa Aplicable**

La investigación examina y analiza una variedad de normas técnicas pertinentes para el diseño y la implementación de sistemas eléctricos. La selección y calibración del equipo eléctrico, la protección contra sobrecorrientes y sobretensiones, los requisitos de cableado y conductores, los sistemas de puesta a tierra, la seguridad eléctrica y otros aspectos son parte de estas normas nacionales e internacionales aplicables:

- GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA (GTC) 221.
- IEC 61082
- IEEE 242
- IEEE 519
- IEEE STD 80 – 2013
- LA NORMA ANSI/IEEE C57.12.00
- LA NORMA IEC 60909
- NORMA ANSI/IEEE 519.
- NORMA IEC 60071
- NORMA IEC TR 60909

- NORMA NFPA 101
- NORMA NTC 276: 2012
- NORMA NTC-ISO 1996: 2019
- NSR-10 NORMA
- NTC 1329
- NTC 1340
- NTC 2050
- NTC 2135
- NTC 4552
- NTC 5019
- NTC 618
- NTC 818
- RESOLUCIÓN NO. 038 DE 2014 CÓDIGO DE MEDIDA.
- RETIE
- RETILAP

### **3. Diseño del Contenido de la Guía**

En este nuevo capítulo, se desarrollaron los ítems que son clave para comprender y aplicar de manera efectiva los conceptos y principios fundamentales del artículo 10.1 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Con un enfoque práctico y detallado, se explora cada uno de estos ítems para brindar la información investigada en los capítulos anteriores.

#### **3.1. A. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.**

Para iniciar un diseño de instalaciones eléctricas es fundamental el cuadro de cargas, el cual desempeña un papel crucial en cómo se distribuye y se controla la energía eléctrica. En él se encuentra un resumen detallado del tipo, ubicación y la cantidad de circuitos que se encuentran instalados. Por lo tanto, el cuadro de cargas es crítico para el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

El análisis de factor de potencia se refiere a la relación entre la energía activa (Watts) y la energía aparente (VA) consumida por los dispositivos eléctricos. Un bajo factor de potencia indica que hay una carga mayormente reactiva en la instalación eléctrica, lo que puede afectar la eficiencia energética y aumentar los costos de energía.

El estudio de armónicos se enfoca en la identificación de señales eléctricas no lineales presentes en la forma de onda de la corriente eléctrica de una instalación. La presencia de armónicos puede provocar alteraciones en la forma de onda de la corriente, lo que a su vez puede tener consecuencias graves, como sobrecalentamiento de los dispositivos eléctricos, mal funcionamiento de los equipos y disminución de la eficiencia energética. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo un análisis de armónicos para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente de las instalaciones eléctricas.

Los resultados del análisis de factor de potencia y armónicos permiten identificar y corregir problemas de calidad de energía en la instalación eléctrica para mejorar la eficiencia energética y prolongar la vida útil de los equipos eléctricos.

### ***3.1.1. Software de Apoyo***

- EXCEL
- ETAP
- VOLTS

### ***3.1.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 4, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.1.3. Normativa Aplicable***

#### **3.1.3.1. Norma NTC 2050 Sección 220. Cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas.**

Esta Sección, según ICONTEC (2020) trata de los requisitos para establecer el número de circuitos ramales necesarios y para calcular las cargas del alimentador, de los circuitos ramales y de las acometidas.

#### **3.1.3.2. Norma NTC 2050 artículo 310. Conductores para alambrado en general.**

ICONTEC (2020) plantea que esta sección trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, rótulos, etiquetas, resistencia mecánica, capacidad de corriente nominal y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos como motores, controladores de motores y similares, ni a los conductores específicamente tratados en otras Partes de este Código.

#### **3.1.3.3. Norma NTC 2050 artículo 430. Motores, circuitos de motores y controladores.**

Esta sección trata de los motores, de los conductores de los alimentadores y circuitos ramales y de su protección, de la protección de los motores contra sobrecargas, de los circuitos de control de motores, de los controladores de motores y de los centros de control de motores. ICONTEC (2020)

#### **3.1.3.4. Norma ANSI/IEEE 519. Práctica recomendada y requisitos de IEEE para el control de armónicos en sistemas de energía eléctrica.**

Según ICONTEC (2020), esta práctica recomendada establece objetivos para el diseño de sistemas eléctricos que incluyen cargas tanto lineales como no lineales.

#### **3.2. B. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.**

El propósito de este análisis consiste en verificar si el sistema de aislamiento eléctrico es capaz de resistir de manera adecuada los niveles de tensión y corriente que se presentan en la instalación eléctrica sin experimentar daños o disfunciones. Es esencial llevar a cabo este análisis para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico, lo que implica la implementación de medidas preventivas y correctivas en caso de detectar algún problema en el sistema de aislamiento, teniendo como objetivo final asegurar la integridad del sistema eléctrico y proteger la seguridad de las personas y los equipos conectados a él.

El análisis de coordinación de aislamiento eléctrico implica la evaluación de los niveles de voltaje y corriente presentes en una instalación eléctrica con el fin de identificar los puntos críticos que requieren un nivel de aislamiento eléctrico más alto. Este análisis es fundamental para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. Una vez identificados los puntos críticos, se seleccionan y diseñan los materiales de aislamiento eléctrico adecuados para cada uno de ellos, de manera que cumplan con los requisitos de resistencia dieléctrica y rigidez eléctrica necesarios para la instalación. Así, se garantiza que la coordinación de aislamiento eléctrico sea efectiva en todo momento y que el sistema eléctrico funcione de manera segura y eficiente.

### **3.2.1. Software de Apoyo**

- EMTP
- EXCEL

### **3.2.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 8, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### **3.2.3. Normativa Aplicable**

#### **3.2.3.1. Norma IEC 60071 parte 1. Definiciones, principios y reblas.**

En esta primera parte de la norma IEC 60071 se especifica el procedimiento para la elección de tensiones soportadas normalizadas para el aislamiento fase-tierra, el aislamiento entre fases y el aislamiento longitudinal del material e instalaciones de estas redes. IEC (2014)

#### **3.2.3.2. Norma IEC 60071 parte 2. Directrices de aplicación.**

En esta segunda parte de la norma IEC 60071 se constituyen pautas de aplicación y se ocupa de la selección de los niveles de aislamiento de los equipos o instalaciones para los sistemas eléctricos trifásicos. Su objetivo es dar una guía para la determinación de las tensiones soportadas nominales de las gamas I y II. IEC (2014)

#### **RETIE Artículo 20.1. Aisladores eléctricos.**

En este artículo se encontrarán los aisladores requeridos para ser usados en las líneas de transmisión, redes de distribución, subestaciones y barrajes equipotenciales de tensión superior a 100 V. Ministerio de Minas y Energía (2013)

### **3.3. C. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.**

El análisis de cortocircuito es un proceso de evaluación que se realiza en una instalación eléctrica con el fin de determinar su capacidad para soportar un flujo repentino de corriente

eléctrica ocasionado por un cortocircuito. Un cortocircuito puede generar una corriente eléctrica extremadamente alta, lo que puede dañar los equipos eléctricos y poner en riesgo la seguridad de las personas. Por ello, es esencial llevar a cabo este análisis para detectar cualquier deficiencia en la capacidad de la instalación eléctrica para soportar un cortocircuito, de manera que se puedan implementar medidas preventivas y correctivas que garanticen la seguridad de las personas y los equipos, y un funcionamiento eficiente y sostenible de la instalación eléctrica.

Por otro lado, una falla a tierra se produce cuando hay una conexión accidental de un conductor activo a tierra, lo que puede provocar el flujo de una corriente eléctrica a través de la tierra. Esta situación puede dañar los equipos eléctricos y, además, poner en riesgo la seguridad de las personas. Por tanto, es esencial llevar a cabo este análisis para detectar cualquier deficiencia en la capacidad de la instalación eléctrica para soportar una falla a tierra, de manera que se puedan implementar medidas preventivas y correctivas que garanticen la seguridad de las personas y los equipos, y un funcionamiento eficiente y sostenible de la instalación eléctrica.

### ***3.3.1. Software de Apoyo***

- ETAP
- LSPS

### ***3.3.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 10, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.3.3. Normativa Aplicable***

#### **3.3.3.1. La norma ANSI/IEEE C57.12.00 capítulo 7. Características de cortocircuito.**

Según la IEEE (2016), los cortocircuitos externos deben incluir fallas trifásicas, de línea a tierra simple, de línea a tierra doble y de línea a línea en cualquier conjunto de terminales a la vez.

### **3.3.3.2. La norma IEC 60909-0 capítulo 4. Cálculo de corrientes de cortocircuito.**

Los cortocircuitos externos deben incluir fallas trifásicas, de línea a tierra simple, de línea a tierra doble y de línea a línea en cualquier conjunto de terminales a la vez. ICONTEC Internacional (2016)

### **3.3.3.3. La norma IEC TR 60909-4. Ejemplos para el cálculo de corrientes de cortocircuito.**

Esta norma, según la IEC (2021), es un informe técnico que pretende ayudar a la aplicación de la norma IEC 60909-0 para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas de CA trifásicos de 50 Hz o 60 Hz.

## **3.4. D. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.**

El análisis de nivel de riesgo por rayos implica evaluar la probabilidad de que la instalación eléctrica sea impactada directa o indirectamente por rayos y los riesgos asociados. Este análisis se realiza mediante el uso de modelos matemáticos que toman en cuenta las características geográficas y climáticas de la zona, así como la actividad de rayos registrada en la zona. De esta manera, se puede determinar el nivel de riesgo y tomar medidas preventivas adecuadas para minimizar los posibles daños a la instalación y garantizar la seguridad de las personas. Estas medidas pueden incluir la instalación de pararrayos, el diseño de sistemas de puesta a tierra adecuados, la instalación de sistemas de protección contra sobretensiones, y la evaluación de los riesgos de interrupción del suministro eléctrico.

### **3.4.1. Software de Apoyo**

- EXCEL
- CPT – ANALISIS DE RIESGO.
- IEC RISK ASSESSMENT CALCULATOR

- MELSHORT 2

### ***3.4.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 13, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.4.3. Normativa Aplicable***

#### **3.4.3.1. Norma NTC 4552 parte 1. Principios generales.**

Esta primera parte de la NTC 4552 presenta los principios generales que deben seguirse en las protecciones eléctricas contra rayos estructuras, instalaciones, servicios y personas que entran a la estructura. ICONTEC (2022)

#### **3.4.3.2. Norma NTC 4552 parte 2. Manejo del riesgo.**

Esta parte de la serie de normas de la NTC 4552 aplica a la evaluación de riesgo en una estructura o en sus acometidas de servicio debido a descargas de rayos a tierra. ICONTEC (2023)

#### **3.4.3.3. Norma NTC 4552 parte 3. Daños físicos a estructuras y amenaza a la vida.**

Esta parte de la NTC 4552 está relacionada con la protección, dentro y fuera de la estructura contra el daño y lesiones a los seres vivientes debido a tensiones de toque y de paso. ICONTEC (2008)

### **3.5. E. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.**

El análisis de riesgos de origen eléctrico se realiza para identificar y evaluar los posibles riesgos relacionados con el funcionamiento y uso de las instalaciones eléctricas. Su objetivo principal es

garantizar la seguridad de las personas, las propiedades y el medio ambiente, mientras se cumple con las regulaciones y estándares aplicables para la operación y uso de instalaciones eléctricas. Se busca determinar las medidas necesarias para mitigar o reducir los riesgos identificados a través del análisis, a fin de evitar posibles daños y pérdidas materiales y humanas.

### ***3.5.1. Software de Apoyo***

- EXCEL

### ***3.5.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 17, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.5.3. Normativa Aplicable***

#### **3.5.2.1 RETIE - artículo 9°. Análisis de riesgos de origen eléctrico.**

Esta parte del RETIE tiene como principal objetivo crear conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad o se tengan elementos energizados. Ministerio de Minas y Energía (2013)

### **3.6. F. Análisis del nivel tensión requerido.**

El análisis del nivel de tensión requerido se utiliza para determinar la tensión eléctrica necesaria para satisfacer las necesidades de una instalación eléctrica en particular. Para ello, se consideran las cargas eléctricas de la instalación y las características del sistema. En este proceso, se lleva a cabo un análisis detallado de la carga eléctrica y las necesidades de tensión para determinar la mejor configuración del sistema eléctrico y la tensión adecuada que permita el funcionamiento eficiente y seguro de la instalación.

### ***3.6.1. Software de Apoyo***

- EXCEL

### ***3.6.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 19, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.6.3. Normativa Aplicable***

#### **3.6.3.1. Norma NTC 2050 Subsección 220.5. Cálculos.**

Si no se especifican otras tensiones para el cálculo de cargas del alimentador y los circuitos ramales, se deben aplicar las tensiones nominales. ICONTEC (2020)

#### **3.6.3.2. Norma NTC 1340 Subsección 220.5. Cálculos.**

Según ICONTEC 8"013, esta norma establece los valores nominales y rangos permisibles que caracterizan la tensión de alimentación suministrada en cuanto a amplitud y frecuencia.

### **3.7. G. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1.**

El análisis de los campos electromagnéticos es fundamental para asegurar que los campos generados por una instalación eléctrica no presenten un riesgo para la salud de las personas. Si los campos electromagnéticos superan los límites de exposición establecidos en la Tabla 14.1, podrían causar efectos nocivos en la salud, ya que estos límites se basan en los estándares internacionales de seguridad eléctrica y se definen en términos de la densidad de potencia, así como del campo eléctrico y magnético. El cálculo de estos campos se realiza para garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y proteger la salud de las personas.

El cálculo de campos electromagnéticos se realiza utilizando modelos matemáticos y software de simulación para determinar la intensidad de los campos electromagnéticos generados por la instalación eléctrica en diferentes puntos de medición

#### ***3.7.1. Software de Apoyo***

- EMTP

- COMSOL AC/DC

### **3.7.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 21, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### **3.7.3. Normativa Aplicable**

#### **3.7.3.1. RETIE - artículo 14. Campos electromagnéticos.**

El presente reglamento, según el Ministerio de Minas y Energía (2013) establece valores de máxima intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético en baja frecuencia, para las zonas donde puedan permanecer personas, independientemente del tiempo de permanencia.

### **3.8. H. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.**

El cálculo de transformadores con la consideración de los efectos de los armónicos y el factor de potencia en la carga. Este cálculo implica una evaluación detallada de la carga eléctrica para determinar la presencia de armónicos y el factor de potencia. Para ello, se pueden utilizar herramientas de software de simulación que permiten modelar la carga y evaluar los efectos de los armónicos y el factor de potencia en el rendimiento del transformador, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro de la instalación eléctrica.

Con esta información, se puede determinar la capacidad adecuada del transformador para manejar la carga eléctrica de manera eficiente y segura, y se pueden tomar medidas para mitigar los efectos de los armónicos y mejorar el factor de potencia.

#### **3.8.1. Software de Apoyo**

- EXCEL
- ETAP
- VOLTS

### ***3.8.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 23, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.8.3. Normativa Aplicable***

#### **3.8.3.1. Norma NTC 618. Transformadores eléctricos - Placa de características.**

Esta norma especifica la información que debe aparecer en la placa de características de los transformadores de potencia y distribución. ICONTEC (2020)

#### **3.8.3.2. Norma NTC 5019. Selección de equipos de medición de energía eléctrica.**

El propósito de esta norma, según ICONTEC (2018) es establecer las características adecuadas de los equipos utilizados para medición de energía eléctrica (medidores, transformadores para instrumentos de medida, equipos auxiliares de medida, etc.).

#### **3.8.3.3. Norma IEEE 519. Estándar para armónicos.**

Esta norma titulada “las prácticas recomendadas y requisitos de límites para la distorsión armónica en sistemas de suministro de energía eléctrica”, establece directrices y límites para controlar la distorsión armónica generada por equipos eléctricos y sistemas de suministro de energía eléctrica. IEEE (2014)

#### **3.8.3.4. Norma NTC 818. Electrotecnia. Transformadores monofásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corrientes sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito.**

Esta norma, según ICONTEC (2019) establece los valores máximos declarados, admisibles, de corriente sin carga, tensión de cortocircuito y establece los valores mínimos de eficiencia, para transformadores monofásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido refrigerante.

### **3.9. I. Cálculo del sistema de puesta a tierra.**

El cálculo del sistema de puesta a tierra es un procedimiento que busca determinar los parámetros necesarios para diseñar un sistema que garantice la conexión eléctrica segura y efectiva

de los equipos y estructuras de una instalación a la tierra. Este proceso se realiza con el objetivo de proteger a las personas y los equipos de los peligros eléctricos, y mejorar la calidad del suministro eléctrico. En el cálculo se deben determinar la resistencia de la tierra y la corriente de falla máxima que puede fluir a través del sistema, para que puedan ser utilizados en el diseño de los componentes adecuados, como conductores, electrodos, conexiones, entre otros.

### ***3.9.1. Software de Apoyo***

- LSPS
- IPI2WIN
- ETAP
- DGSYS
- GYMGRD
- CYPELEC GROUNDING IEC

### ***3.9.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 26, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.9.3. Normativa Aplicable***

#### **3.9.3.1. NTC 4552 parte 3: Sección 5. Sistema de protección externo (SPE).**

Esta sección de la norma trata de la protección externa que se compone por tres partes fundamentales: el sistema de captación, los conductores bajantes y el sistema de puesta a tierra. ICONTEC (2008)

#### **3.9.3.2. IEEE std 80 – 2013. Guía para la seguridad en el aterrizamiento de subestaciones de AC.**

Esta guía se encarga de proporcionar orientación e información pertinente a las prácticas de puesta a tierra seguras en el diseño de subestaciones de corriente alterna. IEEE (2015)

### **3.9.3.3. RETIE - Artículo 15. Artículo 15 Sistemas de puesta a tierra.**

Esta parte del RETIE, como expone el Ministerio de Minas y Energía (2013), muestra los valores máximos de resistencia de puesta a tierra según su aplicación, las funciones, los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) y las funciones de este.

### **3.9.3.4. Norma NTC 2050 artículo 250. Puesta a tierra y conexión equipotencial.**

En esta parte de la norma NTC 2050 tratan de los requisitos generales de puesta a tierra y de conexiones equipotenciales de las instalaciones eléctricas. ICONTEC (2020)

## **3.10. J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.**

Para calcular los conductores eléctricos adecuados en una instalación, es importante determinar el tamaño para lograr una eficiencia óptima y reducir los costos. Este proceso de cálculo económico implica considerar diversos factores, como las cargas que se aplicarán a los conductores, la temperatura ambiente y la corriente máxima admisible. Además, es necesario evaluar los costos de energía a largo plazo y las pérdidas asociadas con la conducción de la electricidad a través de los conductores. El objetivo final es encontrar un equilibrio entre el tamaño de los conductores y los costos de energía para minimizar los costos totales de la instalación.

### **3.10.1. Software de Apoyo**

- EXCEL
- CABLE CALCULATIONS
- ETAP
- VOLTS
- INSTALLATION OPTIMIZER

### **3.10.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas

en la página 30, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.10.3. Normativa Aplicable***

#### **3.10.3.1. Guía Técnica Colombiana (GTC) 221 Cables eléctricos. Cálculo de la corriente admisible. Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.**

Esta guía proporciona un método para la selección de una sección de cable teniendo en cuenta la inversión inicial y el costo futuro de las pérdidas de energía durante la vida económica del cable. ICONTEC (2019)

#### **3.11. K. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.**

En este proceso se determinan si los conductores cumplen con los requisitos técnicos aplicables para la capacidad de corriente y protección contra cortocircuitos en una instalación eléctrica. Para ello, se deben evaluar varios factores, con el objetivo de garantizar la seguridad y fiabilidad de la instalación eléctrica. Esto incluye la evaluación de los requisitos técnicos aplicables y la verificación de que los conductores cumplan con ellos. Es esencial llevar a cabo este proceso para garantizar la seguridad de la instalación eléctrica y evitar problemas en el futuro.

##### ***3.11.1. Software de Apoyo***

- EXCEL
- INSTALLATION OPTIMIZER
- CABLE CALCULATIONS

##### ***3.11.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 32, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.11.3. Normativa Aplicable***

#### **3.11.3.1. Norma IEC 60909-0. Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.**

Esta parte de la norma IEC 60909 es aplicable al cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna de baja y alta tensión operando con frecuencia nominal de 50 Hz o 60 Hz. ICONTEC Internacional (2016)

#### **3.11.3.2. Norma IEEE 242 capítulo 9. Protección de conductores.**

Este capítulo trata sobre la protección del cable de alimentación aislado, así como también sobre la protección de electroductos. Las consideraciones principales se presentan junto con algunos métodos de aplicación. IEEE (2013)

#### **3.11.3.3. RETIE artículo 20.2. Alambres y cables de uso eléctrico.**

Según el Ministerio de Minas y Energía (2013), en esta parte del RETIE se presentan los alambres y cables, usados como conductores eléctricos de control y sistemas de puesta a tierra de las instalaciones eléctricas.

### **3.12. L. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.**

Para garantizar la seguridad y fiabilidad de una instalación eléctrica, se debe determinar la resistencia mecánica de las estructuras y elementos que sostienen los equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos. El cálculo mecánico implica evaluar factores como la carga máxima que puede soportar la estructura, la resistencia de los materiales utilizados, el tipo de unión y el diseño de la estructura o elemento de sujeción. El propósito del cálculo mecánico es asegurar que las estructuras y elementos de sujeción sean capaces de soportar las cargas mecánicas y vibraciones generadas por los equipos, así como las condiciones ambientales y de operación, minimizando el riesgo de fallas mecánicas y daños a los equipos y las personas.

#### ***3.12.1. Software de Apoyo***

- EXCEL
- REDLIN – SOFTWARE
- ETABS
- AUTODESK ROBOR STRUCTURAL ANALYSIS PROFESIONAL

### ***3.12.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 36, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.12.3. Normativa Aplicable***

#### **RETIE artículo 20.4. Subestaciones tipo poste.**

En esta parte del RETIE se pueden encontrar los requisitos que deben cumplir las subestaciones que tengan el transformador montado sobre postes. Ministerio de Minas y Energía (2013)

#### **RETIE artículo 25.4. Estructuras de soporte.**

En esta parte del RETIE se pueden encontrar los requisitos que deben cumplir las subestaciones que tengan el transformador montado sobre postes. Ministerio de Minas y Energía (2013)

#### **RETIE artículo 25.5. Estructuras de soporte.**

En esta parte del RETIE se pueden encontrar los requisitos que deben cumplir los postes, torres o torrecillas que sirven como soporte para las redes de distribución. Ministerio de Minas y Energía (2013)

### **3.13. M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.**

Para garantizar la seguridad de la instalación eléctrica y proteger los equipos y las personas de los daños eléctricos, es necesario realizar un cálculo de coordinación de protecciones. Este cálculo implica determinar la corriente de falla en cada punto del sistema eléctrico considerando la

impedancia de los componentes y las cargas conectadas. Luego, se seleccionan y ajustan los dispositivos de protección eléctrica para que el dispositivo más cercano a la falla se active en caso de una sobrecarga o cortocircuito, limitando la corriente eléctrica y evitando que otros dispositivos de protección se activen en otros puntos del sistema eléctrico. De esta manera, se minimiza el impacto de la falla y se reduce el tiempo de inactividad del sistema eléctrico.

### ***3.13.1. Software de Apoyo***

- LSPS
- ETAP
- ECODIAL
- INSTALLATION OPTIMIZER
- CST STUDIO SUITE

### ***3.13.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 39, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.13.3. Normativa aplicable***

**Norma NTC 2050 artículo 210. Circuitos ramales. Subsección 210.20. Protección contra sobrecorriente.**

Esta parte de la norma NTC 2050 trata de los dispositivos contra sobrecorriente para proteger los conductores de los circuitos ramales con una capacidad de corriente nominal o ajuste. ICONTEC (2020)

**Norma NTC 2050 Artículo 240. Protección contra sobrecorriente.**

Este artículo la NTC 2050 trata de los requisitos generales de la protección contra sobrecorriente y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de no más de 600V nominales y de más de 600V nominales. ICONTEC (2020)

### **3.14. N. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).**

El cálculo de canalizaciones se refiere a la evaluación de los conductos eléctricos utilizados para proteger y alojar los cables y alambres en una instalación eléctrica. Estos conductos pueden ser tubos, ductos, canaletas o electroductos, y pueden estar ubicados en paredes, techos o suelos. El objetivo del cálculo es determinar el tamaño, la capacidad de los conductos para garantizar la protección de los cables y alambres eléctricos, así como la seguridad y fiabilidad de la instalación.

Por otro lado, el cálculo del volumen de encerramientos se refiere a la evaluación de las cajas, tableros y conduletas que se utilizan para alojar y proteger los componentes eléctricos en la instalación eléctrica. El cálculo se realiza en función del tamaño y cantidad de los componentes eléctricos utilizados, así como de las regulaciones específicas que se aplican a la instalación. El objetivo es garantizar que los componentes eléctricos estén protegidos y alojados de manera adecuada y segura en la instalación eléctrica.

#### ***3.14.1. Software de Apoyo***

- EXCEL
- VOLTS

#### ***3.14.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 42, que se encuentra en el anexo a de este libro.

#### ***3.14.3. Normativa Aplicable***

##### **RETIE artículo 20.6. Canalizaciones.**

Este artículo del RETIE presenta los requisitos generales que deben cumplir las canalizaciones para cada uno de sus tipos. Ministerio de Minas y Energía (2013)

##### **3.14.3.1. NTC 2050 artículo 386. Canalizaciones superficiales metálicas.**

Según ICONTEC (2020) en este artículo de la NTC 2050 se encuentran las descripciones, usos, generalidades y requisitos que deben tener los diferentes tipos de canalizaciones superficiales metálicas y los accesorios asociados.

#### **3.14.3.2. NTC 2050 artículo 388. Canalizaciones superficiales no metálicas.**

Este artículo de la NTC 2050 se encuentran las descripciones, usos, generalidades y requisitos que deben tener los diferentes tipos de canalizaciones superficiales no metálicas y los accesorios asociados. ICONTEC (2020)

#### **3.14.3.3. NTC 2050 artículo 390. Canalizaciones bajo el piso.**

En este artículo de la NTC 2050 trata de los requisitos de uso e instalación para las canalizaciones bajo el piso. ICONTEC (2020)

### **3.15. O. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.**

El cálculo de pérdidas de energía es una técnica utilizada para analizar las pérdidas de energía en un sistema eléctrico debido a diversos factores, como la resistencia del cableado y otros componentes eléctricos, la longitud de los cables, el tamaño de los conductores, la corriente que fluye a través de ellos, la temperatura ambiente y otros factores ambientales. Además, la presencia de armónicos y un bajo factor de potencia también puede contribuir a las pérdidas de energía en el sistema. El objetivo de este cálculo es minimizar las pérdidas de energía y mejorar la eficiencia energética del sistema eléctrico.

#### **3.15.1. Software de Apoyo**

- EXCEL
- POER FACTOR CORRECTION
- VOLTS

### **3.15.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 45, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### **3.15.3. Normativa Aplicable**

#### **RETIE artículo 10.7. Perdidas técnicas aceptadas.**

En esta parte del RETIE, según el Ministerio de Minas y Energía (2013), se encuentra un requerimiento para el diseño de instalaciones eléctricas, establece que para instalaciones eléctricas mayores a 15 kVA de carga instalable, se debe proceder a realizar un estudio del conductor más económico tanto en acometida como en alimentadores, considerando el valor de las pérdidas de energía en su vida útil, teniendo en cuenta las cargas estimadas, los tiempos de ocurrencia, las perdidas adicionales por armónicos y los costos de energía proyectando el valor actual en la vida útil de la instalación.

#### **3.15.3.1. Norma NTC 2135. Electrotecnia. Transformadores. Guía de fórmulas de evaluación de perdidas.**

Esta norma establece el procedimiento y la formulación matemática para cuantificar el valor económico de las pérdidas de energía eléctrica en transformadores de distribución y de potencia. ICONTEC (2018)

### **3.16. P. Cálculos de regulación.**

La regulación eléctrica es esencial para asegurar que el voltaje entregado a los usuarios finales sea estable y esté dentro de los límites aceptables, lo que es fundamental para proteger los equipos y dispositivos eléctricos de daños y mejorar la eficiencia energética. En el cálculo de la regulación eléctrica, se tienen en cuenta factores como la longitud y el diámetro de los conductores, la resistencia, inductancia y capacitancia de los componentes del sistema, la carga conectada al sistema y las condiciones de operación. Estos cálculos son necesarios para asegurarse de que el

sistema tenga la capacidad de suministrar la energía requerida a los usuarios finales con un voltaje estable y dentro de los límites permitidos.

### ***3.16.1. Software de Apoyo***

- EXCEL
- VOLTS
- ETAP

### ***3.16.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 47, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### ***3.16.3. Normativa Aplicable***

#### **3.16.3.1. Norma NTC 2050 artículo 210. Circuitos ramales.**

“Este Artículo proporciona los requisitos generales para los circuitos ramales.” ICONTEC (2020)

#### **3.16.3.2. Norma NTC 2050 artículo 215. Circuitos ramales.**

Este Artículo trata de los requisitos de instalación, requisitos de protección contra sobrecorriente, calibre mínimo y capacidad de corriente (ampacity) de los conductores para alimentadores. ICONTEC (2020)

#### **3.16.3.3. Norma NTC 2050 capítulo 9. Tablas.**

Esta Sección, tal y como expone ICONTEC (2020) trata de los motores, de los conductores de los alimentadores y circuitos ramales y de su protección, de la protección de los motores contra sobrecargas, de los circuitos de control de motores, de los controladores de motores y de los centros de control de motores

#### **3.16.3.4. RETIE artículo 27°. Requisitos generales para las instalaciones de uso final.**

Según el Ministerio de Minas y Energías (2013), si en una instalación eléctrica para uso final están integrados circuitos o elementos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión y para los cuales este capítulo no señala un requisito específico, se deben cumplir en ella las prescripciones técnicas y de seguridad de media o alta tensión.

### **3.17. Q. Clasificación de Áreas.**

Se refiere a la identificación y clasificación de las áreas de una instalación eléctrica en función del riesgo de explosión o incendio que puedan presentar. La clasificación de las áreas según el nivel de riesgo es importante para determinar los requisitos de seguridad y las medidas de protección que deben aplicarse en cada zona. Estos requisitos y medidas de protección deben ser adecuados para prevenir y reducir el riesgo de explosión o incendio en cada área de la instalación eléctrica.

#### **3.17.1. Software de Apoyo**

- EXCEL

#### **3.17.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 49, que se encuentra en el anexo a de este libro.

#### **3.17.3. Normativa Aplicable**

##### **3.17.3.1. RETIE artículo 28. Requisitos específicos según el tipo de instalación.**

Este artículo del RETIE presenta los requisitos específicos para cada tipo de instalación.

Ministerio de Minas y Energía (2013)

##### **3.17.3.2. Norma NTC 2050 capítulo 5.**

Según ICONTEC (2020), esta norma trata de los requisitos del alambrado y equipos eléctricos y electrónicos a cualquier tensión, instalados en lugares Clase I, Divisiones 1 y 2, Clase II, Divisiones 1 y 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2 en donde puede existir riesgo de explosión debido a

la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas combustibles.

### **3.18. R. Elaboración de diagramas unifilares.**

La elaboración de diagramas unifilares es una representación gráfica de una instalación eléctrica que muestra la distribución y conexión de los componentes de el mismo en un solo trazo. Este tipo de diagrama se utiliza para proporcionar información detallada sobre la configuración de la instalación eléctrica, incluyendo la ubicación y la conexión de los componentes, la disposición de los conductores, los puntos de conexión a tierra, los dispositivos de protección, entre otros elementos.

Además, en el diagrama unifilar se muestra el flujo de energía eléctrica, las conexiones entre los distintos componentes y la ubicación de los dispositivos de protección. Es una herramienta esencial para el diseño y la planificación de la instalación eléctrica, y también se utiliza en la identificación de fallas o problemas en la misma. Por lo tanto, el diagrama unifilar debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas y reglamentaciones aplicables a la instalación eléctrica en cuestión.

#### ***3.18.1. Software de Apoyo***

- AUTOCAD ELECTRICAL
- CYPELEC CORE
- VOLTS

#### ***3.18.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 52, que se encuentra en el anexo a de este libro.

#### ***3.18.3. Normativa Aplicable***

##### **3.18.3.1. RETIE Artículo 6. Simbología y señalización.**

En esta sección del RETIE se encuentran los símbolos gráficos que son de obligatoria aplicación, tomados de las normas unificadas IEC 60617, ANSI Y32, CSA Z99 e IEEE 315, los cuales guardan mayor relación con la seguridad eléctrica. Ministerio de Minas y Energía (2013)

### **3.19. S. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.**

La elaboración de planos y esquemas eléctricos es una etapa fundamental en la construcción de una instalación eléctrica. Estos documentos gráficos representan todas las especificaciones técnicas y cálculos realizados durante la fase de diseño, lo que permite a los constructores y operarios entender claramente cómo funciona la instalación. Para lograr un trabajo preciso y de calidad, es necesario contar con conocimientos de dibujo técnico y normativas y estándares de diseño eléctrico, como el RETIE. Además, se emplean herramientas informáticas especializadas en dibujo y diseño eléctrico para simplificar el proceso de elaboración de los planos y esquemas eléctricos.

#### ***3.19.1. Software de Apoyo***

- AUTOCAD ELECTRICAL
- REVIT MEP
- CYPELEC CORE
- SOLIDWORKS

#### ***3.19.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 54, que se encuentra en el anexo a de este libro.

#### ***3.19.3. Normativa Aplicable***

##### **3.19.3.1. Norma IEC 61082.**

Esta norma establece reglas y pautas generales para la presentación de documentos, y reglas específicas para diagramas, dibujos y tablas.

### **3.20. T. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.**

Las especificaciones técnicas, son un documento complementario a los planos y esquemas eléctricos que describen las características técnicas de los materiales, equipos y dispositivos a utilizar en la construcción de una instalación eléctrica, así como las condiciones específicas que deben cumplir. Estas especificaciones son importantes para asegurar que los materiales y equipos sean adecuados para el funcionamiento de la instalación y cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos por el RETIE y otras normativas aplicables. Además, las especificaciones técnicas también pueden incluir requisitos para el mantenimiento y operación de la instalación.

#### ***3.20.1. Software de Apoyo***

- EXCEL
- WORD

#### ***3.20.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 56, que se encuentra en el anexo a de este libro.

#### ***3.20.3. Normativa Aplicable***

**RETIE artículo 20.2. Alambres y cables de uso eléctrico. Sección 20.2.9. Requisitos de instalación. Literal G.**

El Ministerio de Minas y Energía establece que, en los edificios o lugares con alta concentración de personas, tales como los listados en la sección 518 de la NTC 2050, se deben utilizar conductores eléctricos con aislamiento o recubrimiento de muy bajo contenido de halógenos, no propagadores de llama y baja emisión de humos opacos, certificados según las normas IEC 60754-1-2, IEC 601034-2, IEC 331, IEC 332-1, IEC 332-3 o equivalentes.

#### **3.20.3.1. Resolución No. 038 de 2014 Código de medida.**

En esta resolución se establecen las condiciones técnicas y procedimientos que se aplican a la medición de energía.

**RETIE Sección 20.6.1. Tubos y tuberías. Subsección 20.6.2. Requisitos de instalación.**

**Literal H.**

El Ministerio de Minas y Energía (2013) plantea que no se deben instalar tuberías no metálicas livianas (Tipo A), expuestas ni en cielos falsos; solo se admiten si van embebidas en concreto o en materiales resistentes al fuego mínimo de 15 minutos.

**3.20.3.2. RETIE Artículo 20.12.**

En este artículo del RETIE trata de los requisitos que deben cumplir los conectores, empalmes y terminales usados como elementos de unión, conexión o fijación de conductores o para el control del par galvánico en las uniones de conductores, terminales o bornes que el contacto pueda generar corrosión adaptados a la norma UL 486. Ministerio de Minas y Energía (2013)

**RETIE Artículo 20.28. Productos utilizados en instalaciones especiales.**

El Ministerio de Minas y Energía (2013) plantea que para verificar si un producto es el apropiado para las condiciones especiales, el inspector de la instalación debe comprobarlo, comparando el alcance de la norma técnica en la cual se soporta el Certificado de Conformidad de Producto, con las condiciones especiales en las cuales operará la instalación.

**3.21. U. Establecer las distancias de seguridad requeridas.**

Establece las distancias de seguridad que deben respetarse en una instalación eléctrica para prevenir riesgos de electrocución, incendios y explosiones. Estas distancias se refieren a las distancias mínimas que deben existir entre los diferentes elementos de la instalación eléctrica, como los conductores, los equipos y las personas, y se determinan en función del nivel de voltaje y la probabilidad de contacto accidental.

### **3.21.1. Software de Apoyo**

- EXCEL
- WORD
- AUTOCAD ELECTRICAL

### **3.21.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 59, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### **3.21.3. Normativa Aplicable**

#### **3.21.3.1. RETIE artículo 13. Distancias de seguridad.**

En este apartado, tal y como plantea el Ministerio de Minas y Energía (2013), se fijan las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas o redes eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificaciones, piso del terreno destinado a sembrados, pastos o bosques, etc.), con el objeto de evitar contactos accidentales.

#### **3.21.3.2. Norma NTC 2050. Sección 110. Requisitos de las instalaciones eléctricas.**

Este artículo aborda los criterios generales que se deben tener en cuenta al evaluar y aprobar, instalar y utilizar conductores y equipos eléctricos, así como al proporcionar acceso a ellos y definir los espacios circundantes. También se consideran las estructuras destinadas para permitir el ingreso del personal y las instalaciones en túneles. ( ICONTEC, 2020)

### **3.22. V. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.**

Se refiere a la posibilidad de justificar técnicamente la desviación de la norma técnica NTC 2050, en aquellos casos en que se considere necesario, siempre y cuando se garantice la seguridad de las personas y de la instalación eléctrica. Esto significa que, en ciertas situaciones, se puede proponer una solución alternativa que no cumpla con los requisitos de la NTC 2050, pero que se

ajuste a las necesidades específicas de la instalación, siempre y cuando se justifique técnicamente y se garantice que no se compromete la seguridad.

### **3.22.1. Software de Apoyo**

- Para este ítem se usarán los softwares mencionados en cada uno de los ítems para realizar el estudio del por qué la solución dada por el ingeniero se desvía del NTC 2050.

### **3.22.2. Ejemplo**

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 62, que se encuentra en el anexo a de este libro.

### **3.22.3. Normativa Aplicable.**

#### **RETIE Artículo 27.1. Aplicaciones de normas técnicas.**

En este artículo del RETIE se presentan los capítulos de obligatorio cumplimiento, así mismo presenta las normas que encajan dentro del enfoque del reglamento técnico. Ministerio de Minas y Energía (2013)

#### **3.22.3.1. RETIE artículo 32. Mecanismos de evaluación de conformidad.**

El Ministerio de Minas y Energía (2013) plantea que como mecanismo de verificación del cumplimiento del RETIE y de apoyo al control y vigilancia ejercida por el Estado, se recurre a instancias establecidas en el Subsistema Nacional de la Calidad, utilizando organismos de evaluación de la conformidad debidamente acreditados, mediante mecanismos como la certificación de productos, la certificación de personas, la realización de pruebas y ensayos en laboratorios y la inspección de las instalaciones.

#### **3.22.3.2. RETIE artículo 34.**

En este artículo del RETIE se encuentran los requisitos para asegurar que las instalaciones eléctricas mantengan la seguridad durante su vida útil. Ministerio de Minas y Energía (2013)

#### **RETIE artículo 35. Revisión de las instalaciones.**

En este artículo del RETIE se encuentran los requisitos para asegurar que las instalaciones eléctricas mantengan la seguridad durante su vida útil. Ministerio de Minas y Energía (2013)

### **3.23. W. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.**

Se refiere a todos aquellos estudios adicionales que se deben realizar para asegurar el correcto y seguro funcionamiento de una instalación eléctrica. Esto puede incluir análisis de condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas, dependiendo del tipo de instalación y las condiciones específicas en las que se encuentre. El objetivo de estos estudios es identificar y mitigar cualquier riesgo potencial que pueda afectar la seguridad de las personas o la operación de la instalación.

#### ***3.23.1. Software de Apoyo***

- ANSYS SOFTWARE DE SIMULACIÓN
- COMSOL AC/DC
- ETABS
- RISK ASSESMENT CALCULATOR
- STAAD
- DIALUX

#### ***3.23.2. Ejemplo***

Nota: ver la guía para el desarrollo de los ítems del diseño detallado de instalaciones eléctricas en la página 64, que se encuentra en el anexo a de este libro.

#### ***3.23.3. Normativa Aplicable***

##### **3.23.3.1. Norma NFPA 101 capítulo 7. Medios de egreso.**

Se usa para edificios nuevo o ya existentes.

##### **NSR-10 Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente.**

Pueden establecer los criterios y métodos de diseño adecuados para garantizar la seguridad de

las instalaciones eléctricas en áreas sujetas a sismos.

**Norma NTC-ISO 1996:2019. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental.**

Según ICONTEC (2019), Esta parte de la norma NTC-ISO 1996 define las cantidades básicas que van a usarse para la descripción del ruido en ambientes comunitarios y describe los procedimientos esenciales de evaluación. También especifica los métodos para evaluar el ruido ambiental y ofrece una guía sobre la predicción de la respuesta de perturbación (molestia) potencial de una comunidad a la exposición a largo plazo a varios tipos de ruidos ambientales. Las fuentes sonoras pueden estar separadas o en diferentes combinaciones. La aplicación del método para predecir la respuesta de molestia se limita a las áreas donde vive la gente y a usos relacionados del suelo a largo plazo

**Norma NTC 276:2012. Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica.**

Esta norma hace distinción entre las clases térmicas para los sistemas de aislamiento eléctrico y los materiales aislantes eléctricos. Establece los criterios para la evaluación de la capacidad térmica de los materiales eléctricos. ICONTEC (2012)

**RETILAP-Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.**

Según el Ministerio de Minas y Energía (2010), el objeto fundamental del reglamento es establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

#### **4. Conclusiones**

Al tener en cuenta las experiencias pasadas en el desarrollo de proyectos de ingeniería, contribuye a una mejor comprensión de los requisitos técnicos y facilita el diseño de las instalaciones eléctricas, minimizando riesgos y asegurando el cumplimiento normativo. La consideración de estos aspectos asegura una guía coherente, brindando información clara y precisa para los profesionales del sector, mejorando la calidad de los proyectos y protegiendo tanto a los usuarios finales como a los involucrados en su elaboración y mantenimiento.

La incorporación de los criterios reglamentarios y normativos es esencial para garantizar que la guía cumpla con los estándares y requisitos establecidos por las autoridades competentes. Al desarrollar el contenido de los ítems de la guía, se ha tenido en cuenta la normativa vigente y se han incluido los aspectos relevantes y necesarios para asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos y legales. Este enfoque riguroso garantiza que los profesionales del sector cuenten con un recurso confiable y actualizado, que les brinde orientación clara sobre los requisitos reglamentarios aplicables en sus proyectos. Además, al considerar los criterios normativos, se promueve la seguridad, calidad y eficiencia

Al implementar la guía en formato digital, se ha aprovechado el potencial de las tecnologías actuales para proporcionar un recurso accesible y fácilmente distribuible a los profesionales del sector. Esto permite una mayor difusión y utilización de la guía, facilitando su consulta y aplicación en proyectos de ingeniería eléctrica. Se pudo evidenciar que existen una gran variedad de herramientas que facilitan y guían a la hora de realizar el correcto desarrollo de cada ítem del artículo 10.1 del RETIE, sin embargo, algunas de estas no son comúnmente conocidas o algunas de estas son pagas, con el cual se cumplió con el objetivo de exponerlas de una manera unificada

cada una de las opciones para que así los diferentes diseñadores de estas instalaciones tengan opciones a elegir y poder hacer uso de estas para un desarrollo más sólido

El proyecto de grado proporciona a los profesionales de la ingeniería eléctrica una herramienta práctica para comprender los requisitos del RETIE. A través de investigaciones exhaustivas y consultas, se ha desarrollado una guía que aborda todos los aspectos relevantes del proceso, con el objetivo de orientar de manera efectiva el proceso de desarrollo de los ítems necesarios en el diseño de las instalaciones eléctricas. Además, la guía incluye recomendaciones de software especializado que pueden ser utilizados para agilizar y optimizar las tareas asociadas al desarrollo de instalaciones eléctricas, brindando a los profesionales herramientas adicionales para mejorar su eficiencia y precisión en el trabajo.

Unas recomendaciones futuras a los profesionales de la ingeniería eléctrica es realizar una investigación exhaustiva de cada software mencionado, con el fin de comprender a fondo sus capacidades y funcionalidades. Además, sería beneficioso incluir ejemplos específicos que demuestren cómo aplicar estos Software en cada uno de los ítems. Por último, se propone desarrollar una aplicación interactiva de la guía, lo cual permitirá una experiencia más dinámica e involucrará al profesional de manera activa en el proceso del diseño.

### Referencias Bibliográficas

- ICONTEC. (30 de 04 de 2020). *Código eléctrico colombiano*. Tienda virtual ICONTEC: <https://tienda.icontec.org>.
- Ávila Bermúdez, S., García Miranda, D. S., & López Quintero, J. (2017). *Manual Metodológico para ingenieros inspectores del RETIE en uso final*.
- Bernal Amaya, J. L., & Toloza Caro, Y. D. (2017). *Evaluación del cumplimiento del reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) en las instalaciones eléctricas de 440 v y 220 v aplicado a seis fincas, de la Empresa Comercializadora internacional Sunshine Bouquet SAS*. Duitama.
- Castillo, G. (2017). *Elaboración e implementación de una metodología para el diseño de instalaciones eléctricas conforme al reglamento técnico de instalaciones eléctricas–RETIE en el edificio Santana de la Ciudad de Santa Marta (Doctoral dissertation, Ingeniería Eléctrica)*. Barranquilla.
- Cepeda Mateus, & Alvarez Barragan. (2018). *Diseño De instalaciones eléctricas industriales para la empresa R&M Soluciones Integrales*.
- Gutiérrez, V. K. (2020). *Planteamiento de posibles soluciones a las instalaciones eléctricas de la Empresa SACS Consultores SAS, Colombia a partir del diagnóstico de su estado actual basado en el reglamento eléctrico vigente y el análisis de su eficiencia energética*. Bogotá.
- Henao, C. M. (2019). *Instalaciones Eléctricas*. Medellín: L. Vieco S.A.S.
- Hincapié López, Bajonero Montoya, & Celis Gallego. (2018). *Diseño de las memorias de cálculo en Excel para proyectos eléctricos en baja tensión*. Medellín.
- ICONTEC . (21 de 03 de 2012). *Aislamiento eléctrico. Evaluación y designación térmica*. ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=1974>
- ICONTEC . (27 de 08 de 2019). *Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de presión sonora*. ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=76202>
- ICONTEC . (26 de 04 de 2019). *Cables eléctricos. Cálculo de la corriente admisible. Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de*

- potencia.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=75896>
- ICONTEC. (10 de 12 de 2008). *Proteccion contra descargas electricas atmosfericas (rayos). Parte 3: Daños fisicos a estructuras y amenazas a la vida.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=3666>
- ICONTEC. (20 de 02 de 2013). *Electrotecnia. Tensiones y frecuencias nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=651>
- ICONTEC. (19 de 09 de 2018). *Electrotecnia. Transformadores. Guia para formulas de evaluacion de perdidas.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=1380>
- ICONTEC. (25 de 07 de 2018). *Selección de componentes del sistema de medición de energía eléctrica.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=74812>
- ICONTEC. (29 de 05 de 2019). *Electrotecnia. Transformadores monofásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=75957>
- ICONTEC. (09 de 09 de 2020). *Transformadores eléctricos. Placa de características.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=79188>
- ICONTEC. (14 de 12 de 2022). *Protección contra el rayo. Parte 1: Principios generales.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=103063>
- ICONTEC. (15 de 03 de 2023). *Protección contra el rayo. Parte 2: Evaluación del riesgo.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=103742>
- ICONTEC Internacional. (28 de 01 de 2016). *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents.* ecollection-icontec: <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=61010>
- IEC. (24 de 10 de 2014). *Insulation co-ordination - ALL PARTS.* ICONTEC Internacional: <https://ecollection->

icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=59578

IEC. (24 de 10 de 2014). *Insulation co-ordination - ALL PARTS*. ecollection-icontec: [https://ecollection-](https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=59578)

icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=59578

IEC. (24 de 06 de 2021). *Short-circuit currents in three-phase AC systems - Part 4: Examples for the calculation of short-circuit currents*. ICONTEC Internacional: [https://ecollection-icontec-](https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=100974)

org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/normavw.aspx?ID=100974

IEEE. (06 de 03 de 2013). *C37.242-2013 - IEEE Guide for Synchronization, Calibration, Testing, and Installation of Phasor Measurement Units (PMUs) for Power System Protection and Control*. IEEE

Xplore: [https://ieeexplore-ieee-](https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/6475134)

IEEE. (11 de 06 de 2014). *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric*

*Power Systems*. IEEE Xplore: [https://ieeexplore-ieee-](https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/6826459)

org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/6826459

IEEE. (11 de 06 de 2014). *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric*

*Power Systems*. IEEE Xplore: [https://ieeexplore-ieee-](https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/6826459/)

org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/6826459/

IEEE. (11 de 06 de 2014). *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*. IEEE Xplore: 10.1109/IEEESTD.2014.6826459.

IEEE. (15 de 05 de 2015). *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. IEEE Xplore:

<https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/7109078>

IEEE. (15 de 05 de 2015). *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. IEEE Xplore:

<https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/servlet/opac?punumber=7109076>

IEEE. (12 de 05 de 2016). *IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers*. IEEE Xplore: [https://ieeexplore-ieee-](https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/7469278)

org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/document/7469278

IEEE. (24 de 11 de 2020). *IEEE Standard for General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers*. IEEE Xplore: [https://ieeexplore-ieee-](https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/servlet/opac?punumber=9269793)

org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/servlet/opac?punumber=9269793

López Ramírez, O. J., & Rey Martínez, D. C. (21 de 02 de 2018). *Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD*. <http://hdl.handle.net/11349/7920>.

Ministerio de Minas y Energía. (30 de 03 de 2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP*. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público: <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-iluminaci%C3%B3n-y-alumbrado-p%C3%BAblico-retilap/>

Ministerio de Minas y Energía. (30 de 08 de 2013). *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)* . Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo\\_General\\_del\\_RETIE\\_vigente\\_actualizado\\_a\\_2015-1.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf)

Orduz Moreno, J. D. (2019). *Instructivo para el cumplimiento RETIE en obras eléctricas de uso final para el grupo eléctrico colombiano*.

Paniagua Quintero, J. D. (2020). *Guía de memorias de cálculo eléctrico para instalaciones de uso final en baja tensión*. Medellín.

Zuluaga, S. S. (21 de 01 de 2020). *Protecciones Sobrecorriente en Digsilent Power Factory [Captura de pantalla]*. YouTube: [https://www.youtube.com/watch?v=SXM7dHRuPUc&ab\\_channel=SergioSaldarriagaZuluaga](https://www.youtube.com/watch?v=SXM7dHRuPUc&ab_channel=SergioSaldarriagaZuluaga)

## Apéndices

### Apéndices a.

*Link y QR guía.*

A continuación, se presentará el link y el QR de “OneDrive” en el cual encuentra la guía.

Link:

[https://correouisedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/freily2182213\\_correo\\_uis\\_edu\\_co/EtQ7wrIL\\_DZGg6hILCdatYIBacv6xuKyB7\\_QGSb7NW9NyA?e=9tiN1k](https://correouisedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/freily2182213_correo_uis_edu_co/EtQ7wrIL_DZGg6hILCdatYIBacv6xuKyB7_QGSb7NW9NyA?e=9tiN1k)

QR:

