

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL DE TIPO TRIFÁSICO 220V DE 125kVA PARA LA EMPRESA STERILIZE SERVICE S.A.S. EN EL MUNICIPIO DE SANDONÁ-NARIÑO

*Autores: Ronaldo Cupacan Quiñonez
Código: 23551823874*

*Correo: Rcupacan53@uan.edu.co
Wilson Fernando Unigarro
Código: 23551825493*

*Correo: Wunigarro35@uan.edu.co
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial
Universidad Antonio Nariño
Sede: Pasto Nariño*

Asesor: Luis Enrique Arteaga Noguera

RESUMEN: Se requiere realizar un diseño eléctrico industrial e implementación del mismo, con una potencia de 125kVA de sistema trifásico para la empresa Sterilize Service. La instalación se realizará en el casco urbano del municipio de Sandoná-Nariño efectuándose el concepto de obra nueva, según los criterios del reglamento técnico instalaciones eléctricas (RETIE) y la NTC 2050, la cual es de carácter obligatorio para toda obra eléctrica. Según el ministerio de minas y energía.

El proyecto beneficiará a la empresa al garantizar la continuidad de la producción, evitando paros imprevistos por fallas eléctricas internas; también mejorará la seguridad de los equipos y de los trabajadores. Dentro del plan de instalación no se realizará el montaje del transformador ya que esta actividad fue asumida por otra empresa.

PALABRAS CLAVE: Sistema eléctrico industrial, Sterilize Service, Empresa.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar una instalación eléctrica industrial para la empresa Sterilize Service en el municipio de Sandoná-Nariño, la actividad principal de Sterilize Service es mantenimiento y producción de prótesis e implantes, el diseño se realizara de acuerdo con los criterios técnicos del reglamento técnico RETIE como base principal, para esto los materiales a utilizarse serán nuevos, de marcas que acrediten su calidad en el mercado nacional, preferiblemente calificadas en las relaciones de materiales eléctricos altamente certificados.

El sistema eléctrico industrial se caracteriza por utilizar una corriente mayor de 50A. Este tipo de instalaciones están reguladas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) del Ministerio de Minas y Energía. En este reglamento se pueden encontrar los parámetros importantes que son de carácter obligatorio para toda obra eléctrica que deben ser tenidos en cuenta al momento de

diseñar, construir, mantener y modificar una instalación eléctrica de la manera más segura. [1]

Teniendo en cuenta que las instalaciones eléctricas industriales representan el conjunto de equipos, conductores y aparatos que conforman los circuitos eléctricos necesarios para la transformación, control y distribución de la energía eléctrica en una industria; se abordarán dentro del presente diseño las diferentes necesidades de alimentación eléctrica que se requieren en las distintas áreas de producción, así como también las caídas de tensión que se pueden presentar, observando las disposiciones mínimas de seguridad y salud impuestas por las normativas de aplicación nacionales. [2]

➤ ¿Para qué sirve el reglamento RETIE?

Este reglamento busca garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y uso final cumplan con los siguientes objetivos legítimos:

- La protección de la vida y la salud humana.
- La protección de la vida animal y vegetal.
- La preservación del medio ambiente.
- La preservación de práctica que puedan inducir a error al usuario.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para un adecuado proceso de producción es necesario contar con un sistema eléctrico que garantice la disponibilidad de energía y un buen desempeño de los componentes que conforman el proceso de producción. Una buena instalación mitiga los riesgos producidos por orígenes eléctricos como: riesgo de incendio, riesgo de explosión y riesgo de electrocución. Esta situación se presenta por malas conexiones de cableado, las cuales

pueden afectar la integridad de los trabajadores y puedan dañar la maquinaria, y los equipos de la empresa, cuando hay malas conexiones, podemos observar casos como: rompimiento de cable o fundición de piezas plásticas que componen los equipos que se encuentren conectados a la red eléctrica.

Para evitar este tipo de situaciones podemos contar con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Expedido por el ministerio de Minas y Energía, este nos muestra los parámetros más importantes que deben ser tenidos en cuenta al momento de diseñar, construir, mantener y modificar una instalación eléctrica en Colombia de la manera más segura posible (algunos le conocen como reglamento de electricidad en Colombia), si bien este **RETIE** es un reglamento que busca garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica, cumplan con los siguientes objetivos legítimos: la protección de la vida y salud humana, la preservación del medio ambiente y la prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario para esto es importante tener en cuenta que este es de **“OBLIGATORIO”** cumplimiento en este país.

Este reglamento debe ser aplicado a toda nueva instalación, ampliación o remodelación, en los procesos de Generación, Trasmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica.

También aplica a las instalaciones eléctricas, a los productos utilizados en ellas y a las personas que las intervienen.

Para efectos de este reglamento, se consideran como instalaciones eléctricas los circuitos eléctricos con sus componentes, tales como, conductores, equipos, máquinas y aparatos que conforman un sistema eléctrico y que se utilizan para la generación, transmisión, transformación, distribución o uso final de la energía eléctrica; sean públicas o privadas y estén dentro de los límites de tensión y frecuencia aquí establecidos, es decir, tensión nominal mayor o igual a 24 V en corriente continua (c.c.) o más de 25 V en corriente alterna (c.a.) con frecuencia de servicio nominal inferior a 1000 Hz. [3]

III. JUSTIFICACIÓN

Es necesario analizar la Resolución 90708 de agosto 30 de 2013, por la cual se expide el Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (RETIE), en vista que la misma contiene los requisitos que garanticen los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico, así como la aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En vista que la empresa Sterilize Service se dedica al mantenimiento de equipos biomédicos, eléctricos o mecánicos, es beneficioso implementar un sistema eléctrico que cumpla con el reglamento RETIE, ya que contará con: i) Una instalación eléctrica más segura para las personas y los equipos, que minimice los riesgos de origen eléctrico y la electrocución; ii) Cubrirá las necesidades médicas en cada área especializada con la instalación adecuada; iii) Obtendrá un servicio ininterrumpido de energía a todas las áreas en las cuales pueda ocasionarse una eventual suspensión del servicio; iv). Les brindará la posibilidad de ampliar el portafolio de los equipos médicos a los cuales se les realizará mantenimiento preventivo y correctivo; v) Mejorar la calidad en la prestación de los servicios. [4]

En ese orden de ideas, se evidencia la necesidad que la instalación cuente con todos los requerimientos que expide la normativa en cuanto a los materiales y demás complementos requeridos, así como la correcta distribución eléctrica, basada en los cálculos pertinentes al caso y en el área biomédica en la cual se requiere instalar el sistema eléctrico industrial, para la que se diseñará un sistema de campo eléctrico con un mejor desempeño de los equipos y maquinaria conectada a la red eléctrica.

Entre los beneficios destacables que brinda este tipo de instalación se aprecia la disponibilidad y confiabilidad en el sistema, así como el mejor desempeño en las actividades laborales que garantiza la seguridad de los trabajadores y de los equipos al momento de realizar sus procedimientos, disminuyendo los riesgos eléctricos que puedan afectar la salud.

Desde el punto de vista económico, la empresa se verá beneficiada debido a que la instalación permitirá extender su capacidad en cumplimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Además, con esta instalación se busca reducir los impactos ambientales, para lo cual se pretende reciclar y clasificar todos los residuos generados en la instalación del sistema eléctrico, y así poder entregarlos a las entidades competentes para que le den su correcto manejo.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema eléctrico industrial para la empresa Sterilize Service en el municipio de Sandoná – Nariño.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Identificar los requerimientos que deben cumplirse para el diseño e implementación del sistema eléctrico, conforme al Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas (RETIE) y su aplicación en el sistema eléctrico para la empresa Sterilize Service.

- 2) Diseñar el sistema eléctrico para la empresa Sterilize Service, de acuerdo con el requerimiento del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y las necesidades del usuario.
- 3) Implementar el sistema eléctrico en la empresa Sterilize Service y evaluar los resultados obtenidos.

V. ALCANCE

- A. Tiempo: se contó con el tiempo necesario para realizar este proyecto, dentro de los dos meses a partir del mes de febrero de 2021.
- B. Recursos Económicos: El uso de estos recursos se dedujo a partir de un presupuesto por medio de la empresa Sterilize Service donde se detalla cada componente, material, y mano de obra.
- C. Espacio: cuenta con una fábrica de prótesis espaciosa, en donde se realizará la instalación eléctrica con el material apropiado y en donde se pueda utilizar las herramientas por el trabajador.
- D. Conocimientos: cuenta con todos los conocimientos pertinentes para la instalación e implementación, los cuales fueron adquiridos durante la carrera de Tecnología Electromecánica

VI. METODOLOGÍA

El presente artículo fue realizado en aplicación de un análisis descriptivo, con la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, con la empresa Sterilize Service. Teniendo como instrumentos de recolección de la información el análisis y la revisión documental y la observación. [5].

Se documentarán las diferentes actividades y criterios técnicos para la implementación del sistema eléctrico industrial en la empresa Sterilize Service, según los requerimientos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Para ello, se desarrollarán las siguientes fases:

Fase 1

- Estudio y análisis de los requerimientos que deben cumplirse para el diseño e implementación del sistema eléctrico, conforme al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Estudio del Proceso Metodológico para el Diseño Detallado de las Instalaciones Eléctricas Según el artículo 10, 10.1 del RETIE.
- Determinación de las competencias y responsabilidades de las personas que intervienen en las instalaciones eléctricas.

Fase 2. Diseño del sistema eléctrico, de acuerdo con el requerimiento RETIE.

- Elaborar el plano o esquema eléctrico con el fin de tener una orientación plena de cómo van a ser distribuidos los puntos eléctricos dentro de toda el área de la fábrica y así saber la correspondencia de cada uno de los circuitos. Para ello, se utilizará el software de diseño AUTO CAD, según los lineamientos del reglamento (RETIE).
- Determinar qué tipo de materiales se va a usar en relación a los requerimientos, de calidad y certificación y costos presupuestados.
- Elaborar los cálculos de conductores y cálculos de protecciones.
- Determinar el tipo de iluminación LED que se va a implementar en el lugar.
- Evaluar las cargas en general para poder determinar la capacidad de la acometida principal.

Fase 3 Implementación del sistema eléctrico y evaluación de resultados.

- Preparación de las herramientas, equipos y materiales necesarios para realizar el trabajo.
- Verificar que los materiales con los cuales se va a trabajar sean los adecuados para este tipo de instalación eléctrica, considerando las influencias externas del medio ambiente, condiciones climáticas, corrosión, altitud, radiación UV, temperatura, etc. Las exigencias y condiciones del lugar donde se va a elaborar la instalación. Para este tipo de instalación industrial se utilizó material estándar, utilizando productos con certificado [6].
- Realizar la instalación eléctrica con personal competente y autorizado, y con pleno conocimiento del área eléctrica según Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
- Verificar, que la instalación eléctrica se realice con materiales expuestos a la vista, con el uso de referencias como tubería EMT, bandeja porta cables, cable libre de alógeno, etc. Es así que facilitarán las instalaciones y garantizarán el fácil acceso a las actividades de mantenimiento, ya sean preventivos o correctivos. [7]
- Verificar el sistema eléctrico propuesto cumpliendo con los estándares de calidad y de seguridad en el trabajo.
- Verificación y pruebas de la instalación antes de la entrega al cliente.

VII. RESULTADOS ESPERADOS

A. Triangulación de la información

Análisis del reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas (RETIE).

En el cumplimiento del Artículo 2 de la Constitución colombiana, le corresponde al estado proteger a los bienes jurídicos de su población, tales como su vida, honra, etc. [8]. En tal sentido el Ministerio de Minas y Energías como máxima autoridad de materia energética, adopta el reglamento técnico orientados a garantizar la protección de la vida de las personas contra los riesgos que pueden provenir de los bienes y servicios relacionados (Art1.RETIE), expide el reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas (RETIE), a partir del cual se analizará lo siguiente:

Art 2. Campo de aplicación

- Instalaciones
- Personas
- Productos de la instalación.

Art 10.1 Competencias y responsabilidades de las personas que intervienen en las instalaciones eléctricas:

Toda actividad relacionada con el diseño, construcción, ampliación, modificación, remodelación e inspección de toda instalación eléctrica, así como el mantenimiento y cualquier intervención o manipulación de los componentes eléctricos, según la ley colombiana. Tales actividades corresponden a los profesionales quienes responderán por los efectos resultantes de su participación en la instalación.

- a) Ingenieros electricistas, electromecánicos de distribución y redes eléctricas de conformidad con las leyes 51 de 1986 y 842 de 2003, Ingenieros electrónicos, ingenieros de control, ingenieros físicos y otras ingenierías especializadas en actividades relacionadas con instalaciones eléctricas, solo podrán intervenir en lo que corresponda a su especialización
- b) Tecnólogos en electricidad o en electromecánica, tecnólogos en sistemas eléctricos de media y baja tensión, tecnólogos en mantenimiento eléctrico de acuerdo con la ley 842 de 2003 y en lo relacionado con su consejo profesional se registrará por la ley 392 de 1997 de conformidad con lo establecido en la sentencia C-570 de 2004.
- c) Técnicos electricistas conforme a las leyes 19 de 1990 y 1264 de 2008 en el de su matrícula profesional para el ejercicio de la profesión de nivel medio de forma autónoma o como auxiliar del ingeniero [9].

Art 10.2 Diseño de la instalación eléctrica

Debe contemplar la evaluación de los ítems:

- a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos; b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección; c. Cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y

armónicos. d. Coordinación de aislamiento eléctrico; e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra; e. Nivel de tensión óptima respecto de tensiones disponibles; f. Sistema de puesta a tierra; g. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía; h. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de equipos, incluye bandejas porta cables; i). Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canaletas y electro ductos), bandejas porta cables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.); j). Planos y esquemas eléctricos para construcción; k). Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares: l) Justificación técnica de desviación normativa cuando sea estrictamente necesaria, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación. [9]

Art 10.3 Productos usados en la instalación

Los requisitos generales para la selección e instalación de productos o materiales usados en las instalaciones eléctricas, debe hacerse en función de la seguridad, del uso y del entorno, con los siguientes criterios básicos: a. Utilizar productos con certificado de conformidad con el reglamento técnico de productos que para el efecto establezca el Ministerio; b. Cumplir los requisitos de instalación exigidos en el presente Anexo General y los señalados por el fabricante. c. Que aseguren la compatibilidad de los materiales, es decir, que no causen deterioro a otros materiales, al medio ambiente ni a las instalaciones eléctricas adyacentes. d. Que soporten las corrientes de cortocircuito previstas durante el tiempo de disparo de las protecciones, las cuales deben despejar la falla en el tiempo y condiciones que no causen peligro a las personas. e. Asegurar que la corriente y tensión de operación no exceda la nominal del equipo, f. Disponer de los espacios adecuados y seguros para la operación y mantenimiento de la instalación y de los equipos. g. Tener en cuenta la frecuencia de servicio cuando influya en las características de los materiales, que para Colombia es de 60 Hz. h. Que soporten las influencias externas (medio ambiente, condiciones climáticas, corrosión, altitud, radiación UV, temperatura, etc.) y estar atentos a los nuevos desarrollos de productos para atender las problemáticas ambientales. i. Considerar otros parámetros eléctricos o mecánicos que puedan influir en el comportamiento del producto, tales como el factor de potencia, tipo de corriente, conductividad eléctrica y térmica etc. [9].

Art 10.4. Protecciones de las instalaciones eléctricas

Deben cumplir los siguientes requisitos: a. Toda instalación eléctrica debe disponer de los elementos de protección adecuados, que proporcionen seguridad y confiabilidad. b. Cuando las protecciones actúen en cascada deben ser debidamente coordinadas. Estas deben proteger y aislar la zona fallada. c. La selección y coordinación de las protecciones internas se deben tener en cuenta los principios: (• Sensibilidad; • Velocidad • Confiabilidad). d. De la instalación y coordinación de protecciones se debe dejar registros que podrán ser consultados por inspectores y

autoridades de control y vigilancia. e. Los operadores de centrales de generación, líneas de transmisión, subestaciones de uso general y redes de distribución, deben establecer planes de mantenimiento, verificación de la funcionalidad y coordinación y reposición de las protecciones. [9].

B. Diseño Eléctrico

El diseño de la instalación, contará con un profesional legalmente competente, con productos adecuados, y con el espacio disponible que fue concebido de acuerdo al y la distribución de los equipos que componen el sistema de producción de la fábrica abarcando todas las demandas de energía requeridas por los equipos eléctricos y electrónicos [10]. En cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad establecidos por el Art.10.2 de la norma (RETIE).

Para la realización del diseño eléctrico fue necesario contar con la opinión del gerente de la fábrica, quien expresó sus necesidades en cuanto a la demanda de energía que presentaría la fábrica en pleno proceso de producción, aclarando la disponibilidad de energía requerida para su funcionamiento, siendo de 125kVA sistema trifásico. De ahí se parte por especificar los componentes necesarios de la instalación que puedan suplir la necesidad de su funcionamiento.

NOTA: Según el artículo 10.2 de la norma (RETIE) las instalaciones que conllevan mayores riesgos o alta complejidad deben contar con un diseño que sirva de mecanismo para prevenir o minimizar tales riesgos, el diseño también debe ser un instrumento de planeación de la construcción, operación y mantenimiento de la misma instalación eléctrica. **Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas RETIE [9].**

Dentro del diseño de la planta de Sterilize Service se contempla la utilización de distintas máquinas que estarán alimentadas de la red a instalar el cual cada equipo tendrá su circuito de alimentación independiente y una protección adecuada de acuerdo a su consumo de corriente nominal a continuación se mostrará un cuadro de cargas del tablero general que brinda distintos datos como consumo en amperios y protección termo magnética de cada circuito y un equilibrio de las fases del sistema trifásico 220V.

A continuación, en la (figura 1) muestra el plano eléctrico y la distribución de planta de la fábrica Sterilize Service. En ella se puede apreciar la ubicación de las luminarias y la distribución de cada circuito que alimentará a la maquinaria y demás sistema eléctrico para su correcto funcionamiento.

Para instalaciones individuales de uso final catalogadas como básica el esquema constructivo debe señalar los distintos componentes regido en el RETIE, artículo 6 **Tabla 6.1**, el cual nos manifiesta de carácter obligatorio representar gráficamente los distintos componentes eléctricos del diseño con los símbolos que esta contiene.

Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general

Tabla 1. Principales símbolos gráficos extraída el art. 6, tabla 6.1.

A continuación, en la (figura 2) muestra el plano eléctrico y la distribución de planta de la fábrica Sterilize Service. En ella se puede apreciar la ubicación de las luminarias y la distribución de cada circuito que alimentará a la maquinaria y demás sistemas eléctricos para su correcto funcionamiento.

Para instalaciones individuales de uso final catalogadas como básica el esquema constructivo debe señalar lo siguiente:

- Ubicación de la puesta tierra incluyendo la longitud y material del electrodo, calibre y tipo del conductor.
- Ubicación del sistema de media
- Ubicación del tablero general y de distribución
- Ubicación de las canalizaciones y encerramientos (tubos, canaletas y cajas) así como los diámetros de tuberías o ancho y profundidad de canaletas
- Número y calibres de conductores en cada tramo de tubo o canaleta (fase, neutro, tierra)
- Ubicación de los aparatos (interruptores, tomas, timbres, protecciones diferenciales) y puntos de iluminación.

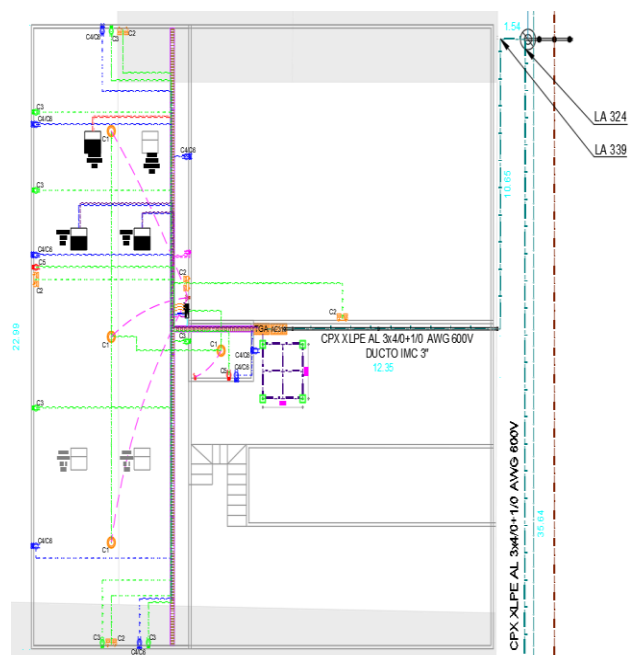


Figura 1. Plano eléctrico de la instalación.

➤ Códigos de colores

Código de colores: Para la alambrada general se deberá tener en cuenta la utilización de conductores con los siguientes colores:

- Conductor de puesta a tierra Verde
- Conductor neutro Blanco
- Conductores de fases Amarillo, Azul, Rojo y Negro

La totalidad de los cables que conforman las acometidas tanto de alumbrado como de fuerza motriz, deberán ser plenamente identificados dentro del tablero general con la nomenclatura señalada en los planos. Para este propósito el Contratista presentará para aprobación de la interventoría, muestra de rótulos en material aislante que se proponga utilizar. [12]

Se exige la instalación de un neutro por circuito, debidamente identificado con el circuito al que pertenece. Se exige la instalación de un conductor de tierra por circuito, debidamente identificado con el circuito al que pertenece.

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480 - 440	Más de 1000 V	Más de 1000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Tabla 2. Código de colores para conductores C.A, extraída de Art 6.3, tabla 6.5.

TABLERO GENERAL -TG- 3Φ, 4H, 18 CTOS 208/120 V															
CTOS.	LUMINARIAS			TOMAS		FACT OR DE POTE NCIA	CARG A (Y.A)	AMPERIOS			PROTECCION		COND UCTOR	TUBER IA	USO
	LED 1X100V	LED 2X7V	DESIGN OIA	120V	208V			R	S	T	I	ICC			
1															
2															
3															
5															
7															
9															
11															
13															
15															
17															
19															
21															
23															
2															
4															
6															
8															
10	9														
12	9														
14															
16															
18															
20															
22															
24															
TOTAL						132007 w		386,6	386,6	386,6					

Tabla 3. Tabla de cargas.

Todos los circuitos deben poseer una codificación de colores distintos según los colores antes descritos. Ningún cable deberá ser introducido dentro de la tubería, hasta que no esté completamente limpia, seca y sellada. El tamaño del conductor más pequeño que se permitirá será el AWG #14. Solo en el caso de alambrado de interruptores y tierra de salidas de iluminación (RETIE artículo 6.3).

Aparatos: Todos los aparatos deberán quedar nivelados. Los conductores que terminan en ellos se conectarán en forma rígida de tal manera que se evite el aflojamiento y las desconexiones de los mismos o recalentamiento en los puntos de contacto cada uno de ellos deberán estar aterrizado a una conexión a tierra en su carcasa que garantice el retorno a la fuente en caso de corrientes de sobre carga. [11]

EQUILIBRIO DE FASES

Se equilibrará cuidadosamente la carga eléctrica de las fases, cuando se conecte los circuitos de los tableros. El desequilibrio total no podrá exceder de un 10% a plena carga, como se ha calculado en este diseño. En el diagrama unifilar fig. 2, se indica la fase a la cual será conectado cada equipo que compone la instalación.

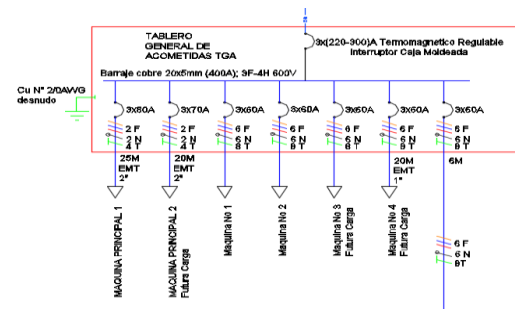


Figura 2. Diagrama unifilar.

VERIFICACIÓN DE LA CAÍDA DE TENSIÓN:

El cumplimiento de la verificación por caída de tensión en los conductores de la instalación tiene como objetivo garantizar un nivel de tensión aceptable en condiciones de servicio en toda la instalación para evitar daños en los equipos. Los niveles máximos de caída de tensión admisibles son: Para circuitos terminales, de uso general o especial y específico, 3%. Para circuitos de uso específico que alimentan solo motores, 5% en régimen y 15% durante el arranque.

CÁLCULOS ELÉCTRICOS:

Para determinar el calibre del conductor de la acometida principal, es necesario realiza los siguientes cálculos eléctricos, para esto pasamos los kVA a W incluyendo la caída de tensión por la distancia recorrida desde la fuente hasta la carga.

125kVA → I (corriente)

$$\frac{kVA * 1000}{1.73 * V} = \frac{125kVA * 1000}{1.73 * 220V} = 328A \text{ Corriente disponible}$$

- Cálculo de la corriente de la acometida principal a 220V.

$328 * 1.25 = 410$ A el conductor en cobre que nos soporta esta corriente es el 600 KCM el cual resiste 420A.

- Cálculo acometido de la máquina principal.

Los cálculos del consumo de corriente necesario para la operación de la máquina que realiza las operaciones de producción dentro de la empresa lo obtuvimos de su ficha técnica como se muestra en la (figura 3). Cálculo de corriente y caída de tensión.

$$S = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I}{\Delta V}$$

$$= \frac{1.73 * 0.021 * 70m * 70A}{6.6} = 26.97mm^2 \sim 35mm^2$$

Máquina principal

El conductor apropiado con las características nombradas anteriormente es el calibre 2wg en cobre. El cual resiste hasta 115. Se ha incluido su caída de tensión producida por la distancia de recorrido.

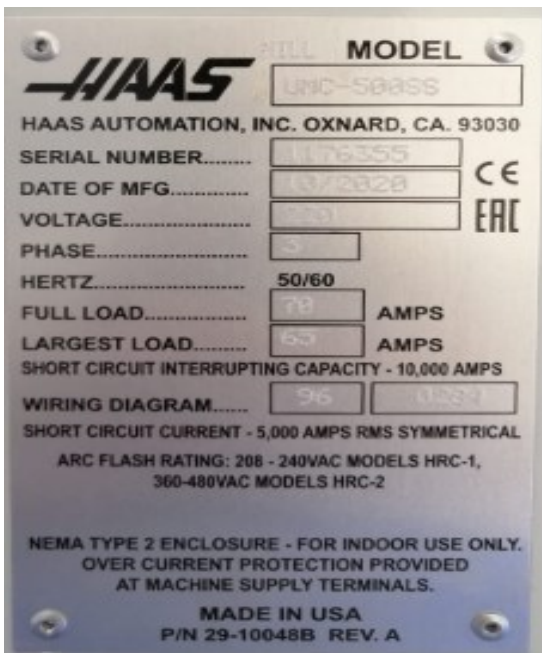


Figura 3. Características de la máquina.

- Cálculo de acometida trifásica de tablero secundario circuitos ramales

$$\frac{1.73 * 0.021 * 25M * 60 A}{6.6} = 4.12mm^2$$

- Instalación de sistema de iluminación:

Para la implementación de la iluminación se realizó las salidas en conductores de calibre 12, con tomacorriente como mejor punto de conexión y se suspendieron las lámparas de 100w a una altura de 4.5m.

Para ello fue necesario contar con todos los elementos de trabajo seguro en alturas y hacer uso de andamios que permitan llegar hasta la altura necesitada, dentro de la instalación fue necesario instalar tres luminarias tipo haiback como se muestra la figura 4.



Figura 4. Instalación de luminarias tipo haiback.

- Cálculo de toma corrientes 110v normalizada.

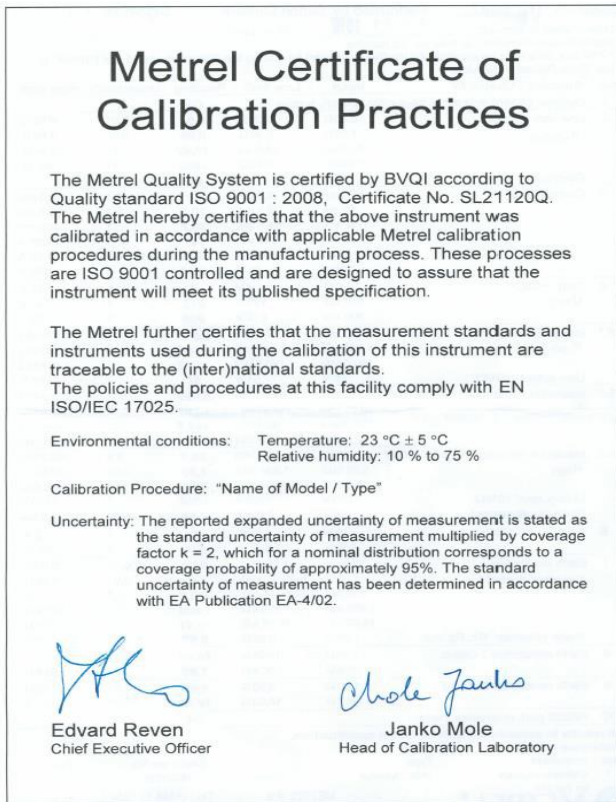
El circuito de toma corrientes está compuesto por 6 unidades que son de reserva el cual tienen una disponibilidad de 10A en todo el circuito con una distancia recorrida de 50 m, distribuidos en por distintos sectores de la fábrica.

$$\frac{1.73 * 0.021 * 50M * 10 A}{6.6} = 2.75mm^2$$

Este valor es aproximado a $4. mm^2$ que equivale a un calibre 12wg cobre y soporta una corriente de 20A al igual su protección termo-magnética será de 20 A.

- Cálculo de sistema de puesta a tierra.

Se realizó la medición de la resistividad del terreno con un TELUROMETRO MARCA METREL – MI-2088, serie No. 16020247 en suelo limo arcilloso. El informe y certificado de calibración es el siguiente:



Anexo 1. Certificado de prácticas de calibración

➤ Por medio del método Wenner

Este método es el más reconocido en el medio y se resume en tomar los cuatro electrodos, C1, P1, de emisión y P2, C2 de medición, dispuestos en línea recta, cada electrodo está separado una distancia “a” igual entre electrodos adyacentes.

Los dos terminales extremos son de inyección de corriente de medida y los otros dos (los centrales) son los electrodos P2 y C2 se mide la diferencia de potencial resultante de la inyección de la corriente anterior. Con estos datos se puede calcular la resistividad del terreno a una profundidad (b).

Las medidas realizadas se observan en la tabla 31. Para encontrar la resistividad del terreno, usamos la fórmula de Wenner. [13]

Medida de la resistividad dependiendo la distancia

RESISTIVIDAD DEL TERRENO		
EDIFICACION	CENTRO DE SALUD	
Distancia(m)	Resistencia (Ω)	Resistividad (Ω/m)
1	4.15	26.1
2	2.41	30.4
3	2.69	50.7
4	1.84	46.2
PROMEDIO		39.85

Anexo 2. Resistividad del terreno.

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}}$$

Donde:

- ρ = Resistividad en Ω·m.
- A = Separación entre electrodos adyacentes en m o bien en cm.
- B = Profundidad de los electrodos en m o en cm.
- R = Lectura del medidor en Ω.

$$\rho = \frac{4\pi * 1 * 4.15}{1 + \frac{2 * 1}{\sqrt{(1^2 + 4 * 0.15^2)}} - \frac{1}{\sqrt{(1^2 + 0.15^2)}}} = 28.13 \Omega * m$$

$$\rho = \frac{4\pi * 2 * 2.41}{1 + \frac{2 * 2}{\sqrt{(2^2 + 4 * 0.15^2)}} - \frac{2}{\sqrt{(2^2 + 0.15^2)}}} = 30.91 \Omega * m$$

$$\rho = \frac{4\pi * 3 * 2.69}{1 + \frac{2 * 3}{\sqrt{(3^2 + 4 * 0.15^2)}} - \frac{3}{\sqrt{(3^2 + 0.15^2)}}} = 51.18 \Omega * m$$

$$\rho = \frac{4\pi * 4 * 1.84}{1 + \frac{2 * 4}{\sqrt{(4^2 + 4 * 0.15^2)}} - \frac{4}{\sqrt{(4^2 + 0.15^2)}}} = 46.49 \Omega * m$$

El estudio de la malla a tierra se realizó, dando una medida de Resistividad del Terreno Promedio: 39.85 Ω*m.

Realizadas las medidas de la resistividad del terreno, se procede a realizar el diseño del Sistema de Puesta a Tierra con base al estándar IEEE 80 – 2015 para la subestación eléctrica de 112.5 kVA.

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA
IEEE - 80

Datos del Suelo

ρ^s: 39.85 Ohm/m (resistividad del suelo)
 ρ_s: 5000 Ohm/m (resistividad superficial)
 h_s: 0.15 m (Profundidad de la capa superficial)

Geometría de la malla Ver Diagrama

Largo (X): 3 m Cantidad de varillas: 6
 Ancho (Y): 3 m Largo: 2.4 m
 Área: 9 m²
 Espacio Vertical (E_v): 1 m } D LR: 14.4 m
 Espacio Horizontal (E_h): 1 m }
 Conductores verticales: 4
 Conductores Horizontales: 4
 Lc: 24 m (Longitud total de la malla) Lm: 56.26 m
 h: 0.50 m (Profundidad de la malla) Lt: 38.40 m

Parámetros eléctricos

T_s: 0.05 s (Tiempo de duración de la falla)
 3I: 3.14 kA (3xI0 Corriente de falla) [Calcular](#)

Conductor de la malla

Tipo: Cobre Puro

Conductividad: 100 % respecto al cobre puro

Factor ar: 0.00393 @20°C [1°C]

K0 a 0°C: 234

Tm: 1083 [°C] (Temperatura de fusión)

pr a 20°C: 1.72 [μΩ cm]

TCAP: 3.42 [J/cm³ °C] Capacidad termica

} IEEE 80-2015
Sec 11.3 Tabla 1
Con temperatura de referencia 20°C

Tipo de Union: Soldada

Temp Max de la Union: 450 °C

Ta: 20 °C (temperatura ambiente)

Alcmmil: 0.00 kcmil

Area minima: 0.00 mm²

Diámetro mínimo: 0.0001 mm

} Características mínimas del conductor de tierra

Conductor de diseño: 2/0 AWG

área: 67.42 mm²

diámetro: 0.0093 mm

Factores de paso y contacto

K: -0.98 (factor de reflexión)

Cs: 0.77 (factor de reducción)

Peso de la persona: 50 kg

Ep: 12518.96 V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)

Et: 3518.81 V (Voltaje de contacto Max)

Resistencia de la malla

Rg: 5.71 Ω (Resistencia de la malla)

Corriente de Malla

IG: 1.05 kA [Calcular](#)

Incremento de potencial

GPR: 5979.30 V (Incremento de potencial en la malla)

Tension de Contacto

Em: 468.97 V (Voltaje de la malla en falla)

Tension de paso

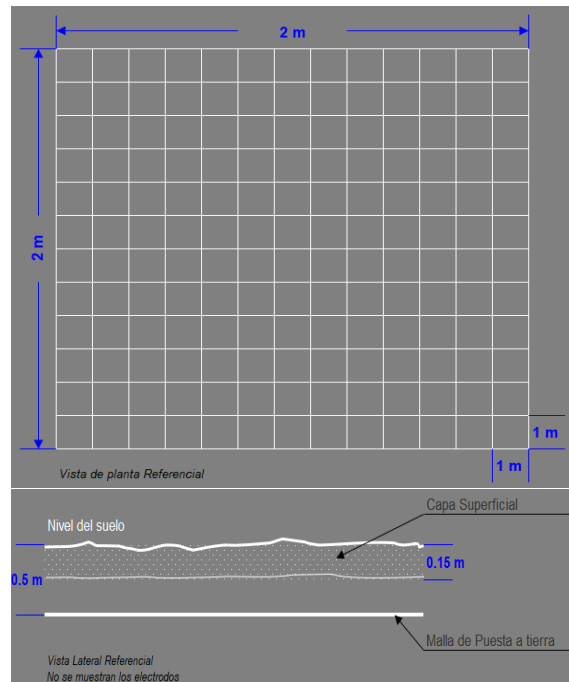
Es: 1333.31 V

El diseño cumple con la norma

Anexo 3. Cálculo de malla puesta tierra.

El tiempo de despeje de la falla según el estudio de coordinación de protecciones del apartado 3.M nos entrega un valor de 0.04 segundos (**40** milisegundos), observando la tabla 15.1 del RETIE observamos que para un despeje de falla de 50 milisegundos la máxima tensión de contacto admisible para personas de 50kg según IEEE es de 518Voltios. Es decir que nuestra malla de puesta a tierra cumple con las condiciones exigidas con el RETIE ya que se obtuvo una tensión de contacto de **468.97** Voltios.

Se instala la malla de puesta a tierra cuadrada de 3x3m, con seis varillas de 2,4 mtsx5/8" Cu, malla enterrada a una profundidad de 0.5m como se observa en las siguientes imágenes.



Anexo 4. Malla puesta tierra.

➤ **Calculo de tomacorrientes 220v**

Los tomacorrientes 220v son 4 que están divididos cada uno con un circuito independiente y específico para un solo toma, estos están distribuidos en sitios estratégicos dentro de la fábrica abarcando distancias hasta de 25m, de recorrido de su cableado desde el tablero de brecks hasta su salida final con una disponibilidad de corriente de 30 A.

$$\frac{1.73 * 0.021 * 25M * 30 A}{6.6} = 4.12mm^2$$

Este valor es aproximado a **6mm²**, equivalente a un calibre 10awg cobre que soporta corrientes hasta de 30A de igual manera su protección termo-magnética será de 30 A.

➤ **Circuito de lámparas de emergencia**

El circuito de lámparas de emergencia está constituido por 4 equipos y su función es encender una luz que indique la ruta de evacuación en cuanto se ausente la red eléctrica en la zona. Estas lámparas se encuentran instaladas a una altura de 1.80 metros y la capacidad de cada lámpara es de 30W su circuito es cableado en cable de calibre 12awg cobre y su protección termo-magnética es de 15 A.

➤ **Instalación acometida**

Para la instalación de la cometida para llegar hasta el tablero principal de totalizadores fue necesario hacer excavaciones subterráneas utilizando como ducto de tubería PVC de 3" como se muestra en la **(figura 5)**.



Figura 5. Instalación de acometida

Después de haber realizado la excavación se realizó la puesta de la tubería PVC contando con dos tubos independientes que recorren la ruta desde el transformador hasta el tablero general (**figura 6**).



Figura 6. Instalación de tubería PVC

➤ Instalación de bandeja porta cables

Se realizó la instalación de dichos elementos que conducirán todos los circuitos incluidos dentro del diseño eléctrico donde inicia su recorrido desde el tablero general de totalizadoras conectando con un tablero trifásico de 12 circuitos y luego distribuye por todos los circuitos ramales como toma corriente, salidas de iluminación y lámparas de emergencia hasta ciertos puntos, luego se debe terminar de hacer el recorrido de los ductos utilizando tubería emt galvanizada de $\frac{3}{4}$. Como muestra en la (**figura 7**).



Figura 7. Instalación bandejas porta cables

➤ Instalación de gabinete general de totalizadores

Se implementó la instalación de un gabinete de totalizadores con unas características de 80cm de alto por 60cm de ancho con 40cm de fondo el cual controla principalmente todas las cargas de la fábrica incluido las protecciones por medio de totalizadores trifásicos que están asignados a cada acometida.

El gabinete está compuesto por seis totalizadores el principal de 320A y uno de 80A que controla la corriente de la máquina principal, uno de 60A que controla la corriente del tablero trifásico secundario de los circuitos ramales los otros cuatro totalizadores tiene una capacidad de 40A y serán dejados como reserva para una posible ampliación de los equipos de la fábrica.

Las barras de cobre que componen las fases del tablero tiene una capacidad de carga de 400A al igual que las barras de neutro y tierra el cual nos permiten conectar hasta 80 salidas de neutros y tierras como se muestra en la (**Figura 8**).

A continuación, se muestra en la imagen la certificación RETIE que garantiza la calidad y confianza en este tipo de artículos de uso eléctrico.



Certificación RETIE.

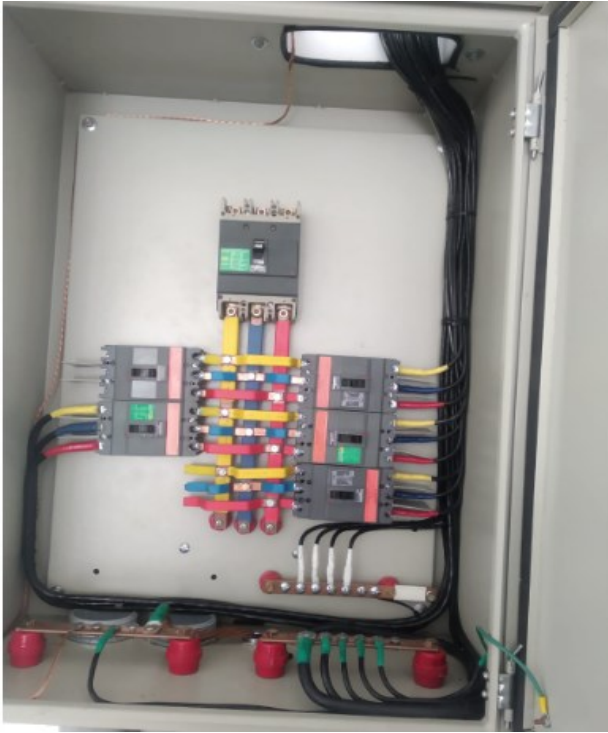


Figura 8

➤ Instalación de tubería emt para circuitos ramales

Se vio la necesidad de instalar tubería emt de $\frac{3}{4}$ para la salida de los circuitos ramales como tomas, iluminación y lámparas de emergencia todo esto orientado a garantizar la durabilidad de la instalación ya que la tubería emt es de material acero galvanizado resistente a la corrosión y demás impactos negativos que le podría generar el entorno. Para la instalación de esta tubería en alturas fue necesario contar con la utilización de andamios y equipos de trabajo seguro en alturas como muestra en la (Figura 9).



➤ **Figura 9. Instalación de tubería emt, circuitos ramales**

➤ instalación de tablero trifásico de circuitos ramales

Este tablero tiene la función de alimentar todos los circuitos ramales como iluminación, toma corrientes y lámparas de emergencia. Este tablero es alimentado con una acometida trifásica en Calibre #8 y soporta una carga de 80ª como muestra en la (figura10).

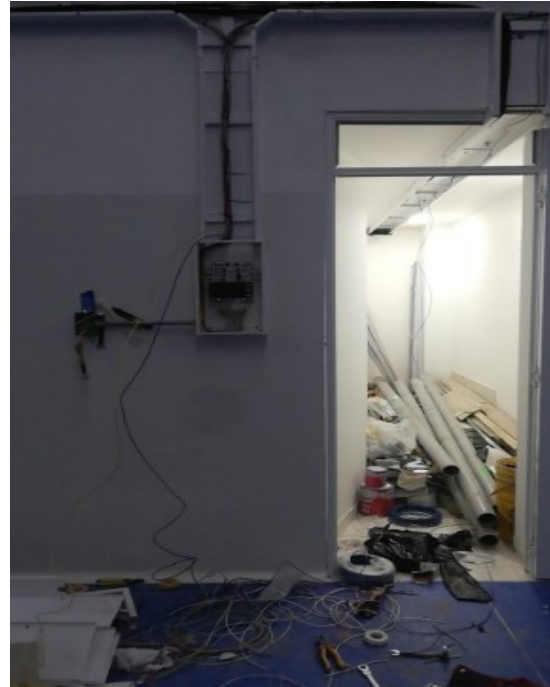


Figura 10. Talero trifásico, circuitos ramales.

Para la instalación de este sistema fue necesario realizar excavaciones en la tierra con una profundidad de 1.20 m para luego anclar las varillas en la tierra y fue necesario lubricar la tierra con un compuesto llamado hidrogel con el fin de reducir la resistiva del terreno.

➤ Instalación de sistema puesta tierra

Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Toda instalación eléctrica objeto del RETIE, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un sistema puesta tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior de la edificación, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano, cuando se presente una falla.

La exigencia de puesta a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras metálicas que, ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

El objetivo del sistema puesta tierra nos ayuda con la seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Para la instalación de este sistema fue necesario realizar excavaciones en la tierra con una profundidad de 1.20m para luego anclar las varillas en la tierra y fue necesario lubricar la tierra con un compuesto llamado hidrogel con el fin de reducir la resistiva del terreno como se muestra en las (figuras 11-12)



Figura 11. Sistemas puesta tierra.



Figura 12. Hidrogel, Sistema puesta tierra.

Para unir la varilla puesta tierra con el cable desnudo 1/0 se realizó soldaduras isotérmicas que consiste en encapsular la varilla y el cable a soldar en un dado de granito donde se le altera la temperatura por medio de pólvora el cual permite la función entre varilla y cable.

Herramientas que se utilizaron durante la instalación eléctrica:

- 1 pulidora
- 1 dobladora de tubo emt de $\frac{3}{4}$
- 1 extensión como toma de corriente temporal
- 2 taladros percutores para la sujeción de los elementos
- 4 cuerpos de andamios y sus rodachinas
- 4 alicates y destornilladores
- 1 pinza voltiamperimétrica
- 1 ponchadora neumática
- 1 Flexo metro

VII. VERIFICACIÓN Y PRUEBAS ANTES DE ENTREGAR AL CLIENTE DICHA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una vez terminadas las varias fases de la obra o cuando sea posible durante la marcha de los trabajos se verifican y se ensayan las instalaciones hechas por el Contratista, como se indica a continuación.

La instalación de las redes eléctricas, los ensayos y verificaciones se ejecutarán con personal capacitado debidamente matriculado como profesional en su ramo con su tarjeta, suministrado por el Contratista, bajo la dirección del interventor.

Los ensayos se harán con las debidas precauciones para proteger el personal y el equipo. El contratista también suministrará todo el equipo o instrumentos necesarios para llevar a cabo las pruebas.

Las verificaciones y pruebas a hacerse, incluirán, pero no se limitarán a las siguientes:

Verificaciones de continuidad de todos los conductores de alumbrado y fuerza.

Verificación de la instalación organizada de los conductores y de la utilización del código de colores.

Se llevarán anotaciones de estas pruebas y se entregaran copias de ellas al Interventor, tales medidas se ajustarán a normas que lo reglamenten.

Verificación de la polaridad y secuencia de las fases.

Verificación de todos los circuitos de control para determinar la presencia accidental de corto circuitos o de conexiones a tierra.

Verificación del ajuste mecánico de los tableros y aparatos, de su estado de secado y limpieza para asegurarse de su funcionamiento sin obstrucciones, que esté con la debida lubricación y con todas sus conexiones interiores firmes y apropiadamente hechas.

Comprobar el funcionamiento eléctrico de todos los interruptores y contactares desde su dispositivo de control.

La interventoría se reserva el derecho de exigir cualquier otra prueba que estime conveniente para el correcto funcionamiento de la instalación.

Cuando se haya recibido la notificación escrita del contratista de que ha concluido el trabajo, incluyendo los ensayos que aquí se especifican, el interventor hará una inspección minuciosa de toda la obra eléctrica con los planos record presentados por el contratista. Todos los defectos u omisiones que se encuentren serán corregidos por cuenta del Contratista.

Respecto de la persona designada para realizar las obras eléctricas, esta debe ser un Electricista, con matrícula; en cumplimiento con la Ley 51 de 1986, Ley 392 de 1997 y Ley 19 de 1990.

A los quince (15) días de firmada el acta de iniciación, el contratista debe suministrar catálogos o muestras de los equipos que instalará como lámparas, tomacorrientes, tubería y demás materiales a utilizar, para la aprobación por parte de la interventoría. Ningún equipo debe ser llevado a la obra sin esta aprobación.

VIII. CONCLUSIONES

La aplicación del reglamento RETIE, resulta ser la más pertinente en este tipo de empresas dedicadas al mantenimiento de equipos biomédicos, ya que esta se destaca por la seguridad que ofrece al personal que este en contacto con la instalación o que requieran del servicio que brindan los mismos.

El **diseño eléctrico** e implementación del sistema eléctrico industrial para la empresa Sterilize Service, se caracterizó por utilizar una corriente mayor a 50A, el diseño se realizó utilizando AUTO CAD, este software nos ayudó a diseñar y a construir el plano eléctrico de forma compleja y segura para que al momento de realizar la instalación eléctrica obtengamos muy buenos resultados como la visibilidad y orientación de cada punto eléctrico.

Los **cálculos eléctricos** son un factor muy importante de acuerdo a la utilización del sistema que brinda garantías de seguridad y confiabilidad en el sistema eléctrico siguiendo los requerimientos asociados al reglamento RETIE que a su vez se complementa con la norma NTC 2050.

Para la implementación **del sistema eléctrico** es muy importante contar con el personal correspondiente, preparado para desarrollar las actividades de instalación teniendo en cuenta los parámetros de seguridad en el trabajo y el correcto uso de las herramientas dispuestas para dicha actividad.

IX. RECOMENDACIONES

- Contar con mayor disponibilidad de personal.
- Contar con herramienta necesaria para obtener una buena labor.
- Calcular con precisión el material a utilizar para que así no se retrase con mayor tiempo la instalación.
- Contar con la asesoría de un certificador de norma RETIE.
- Darle un buen uso al sistema eléctrico.
- Disminuir los riesgos de accidentes de tipo eléctrico.
- Uso de materiales adecuados y de calidad garantizada en la instalación, para reducir la probabilidad de fallas en los equipos eléctricos y personal de trabajo.

- Garantizar la confiabilidad de la instalación eléctrica para esto se debe realizar un buen diseño eléctrico.

IX. ANEXOS

<i>Certificado de prácticas de calibración</i>	<i>Anexo 1.</i>
<i>Resistividad del terreno</i>	<i>Anexo 2.</i>
<i>Cálculo de malla puesta tierra.</i>	<i>Anexo 3.</i>
<i>Malla puesta tierra.</i>	<i>Anexo 4.</i>

REFERENCIAS

- [1] Enerca SA. (junio de 2017) Norma de construcción de redes de media y baja tensión. <https://www.enerca.com.co/media/e04of14w/ma-mde-pse-01-norma-de-construcci%C3%B3n-de-redes-de-media-y-baja-tensi%C3%B3n.pdf>
- [2] Structuralia Industria, Energía y Medioambiente (2021). Diseño de instalaciones eléctricas industriales de baja tensión. <https://blog.structuralia.com/instalaciones-electricas-industriales>
- [3] RIG (2020). ¿Qué es el RETIE?, y porque es obligatoria la NTC 2050, importancia en instalaciones eléctricas. <https://www.retieingenieriaygestion.com/que-es-el-retie/>
- [4] Acosta, A (2007). Estudio de Diseño de Las Instalaciones Eléctricas del Hospital San Rafael De Leticia Mediante La Aplicación Del RETIE. [Universidad de La Salle]. Bogotá
- [5] Vera, J & Meza, C (2009). Metodología para el diseño de instalaciones eléctricas de acuerdo con el reglamento de instalaciones eléctricas (RETIE), en la clínica de salud mental Villa Maria Sab Gil Santander del Sur [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. http://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/2955/0_054055.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [6] Orduz, J (2014). Instructivo para cumplimiento RETIE en obras eléctricas de uso final para grupo eléctrico colombiano. Grupo Eléctrico Colombiano
- [7] Lopera, H (Diseño, construcción y certificación de tableros eléctricos con base en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)). [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/12162/1/GonzalezHector_2019_ReglamentoTecnicoInstalacionesElectricas.pdf
- [8] Constitución política de Colombia [Const.] (1991) 2da Ed. Legis
- [9] Ministerio de Minas y Energía (30 DE AGOSTO DE 2013). Resolución Número 90708 por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE. https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/23965915/310118_borrador_proy_RETIE_productos.pdf/09a5f5d0-58a8-44ef-a591-64386de276d2
- [10] Idárriga, J (2019). Diseño y ejecución de proyectos eléctricos bajo la normativa RETIE. [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica de Antioquia]. http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15721/1/IdarrigaJose_2020_Dise%C3%B1oEjecucionProyectos.pdf
- [11] Dirección de Ingenieros (2005) Especificaciones técnicas de construcción. Documento interno de la dirección de ingenieros. <https://www.agencialogistica.gov.co/wp-content/uploads/especificacioneselectricasinternas.pdf>
- [12] Secretaría de cultura, recreación y deporte Alcaldía de Bogotá y FONDECUN (2019). Ejecución de estudios y diseños arquitectónicos, de ingeniería y complementarios, del equipamiento cultural ubicado en el parque el indio, de la localidad de suba, en la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C. <https://community.secop.gov.co>
- [14] Arpi, F & Marca, J (2011). Implementación de un instrumento para prospección geo eléctrica mediante el método de Werner-OFFSER. [Universidad de Cuenca]. Ecuador: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/710/1/te304.pdf>