



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DIAGNÓSTICO DE GABINETES ELÉCTRICOS DE LA
PLANTA DE COLANTA JENARO PÉREZ GUTIÉRREZ Y
ZONAS ALEDAÑAS PARA CUMPLIMIENTO DE RETIE Y
NTC 2050**

Autor(es)

Juan Diego Arroyave Aguirre

Universidad de Antioquia

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica**

Medellín, Colombia

2021



DIAGNÓSTICO DE GABINETES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE COLANTA
JENARO PÉREZ GUTIÉRREZ Y ZONAS ALEDAÑAS PARA CUMPLIMIENTO DE
RETIE Y NTC 2050

Juan Diego Arroyave Aguirre

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electricista

Asesores:

Edwin García Quintero. Ingeniero Electricista

Álvaro Pérez Silva. Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica
Medellín, Colombia
2021

1. Tabla de contenido

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Resumen..... | 1 |
| 2. | Introducción | 2 |
| 3. | Objetivos | 3 |
| 3.1 | General | 3 |
| 3.2 | Específicos..... | 3 |
| 4. | Marco Teórico..... | 3 |
| 4.1 | Tablero eléctrico | 3 |
| 4.2 | Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE | 4 |
| 4.3 | NTC 2050-Norma Técnica Colombiana 2050..... | 5 |
| 4.4 | Lista de chequeo | 5 |
| 4.5 | Estudio de cortocircuito..... | 12 |
| 4.6 | Estudio de coordinación de protecciones | 13 |
| 4.7 | Estudio de arco eléctrico | 13 |
| 4.8 | Selectividad de las protecciones | 13 |
| 5. | Metodología..... | 14 |
| 5.1 | Análisis de estudios de corto circuito, coordinación de protecciones y arco eléctrico realizado por una empresa contratista. | 14 |
| 5.2 | Validación de ítems plasmados en la lista de chequeo conforme lo establecido por cada norma. | 14 |
| 5.3 | Revisión de matriz de chequeo de gabinetes eléctricos correspondiente a la última inspección realizada por el personal de la cooperativa Colanta | 15 |
| 5.4 | Identificación en sitio de todos los gabinetes eléctricos y elaboración de listas de chequeo para los 52 gabinetes eléctricos identificados | 15 |
| 5.5 | Reuniones y/o diálogos con el jefe inmediato para avances del proyecto, dudas y aprobación de pedido de materiales | 16 |
| 5.6 | Trabajo en medios digitales y electrónicos..... | 16 |
| 6. | Resultados y análisis | 16 |
| 6.1 | Análisis de estudio de corto circuito..... | 16 |
| 6.2 | Análisis de estudio de coordinación de protecciones | 18 |
| 6.3 | Análisis de estudio de arco eléctrico | 19 |
| 6.4 | Estudio de inspección de tableros eléctricos realizado anteriormente | 21 |
| 6.5 | Elaboración de listas de chequeo de gabinetes eléctricos | 25 |
| 6.6 | Levantamiento de diagramas unifilares..... | 32 |
| 6.7 | Pedido de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) | 34 |

| | | |
|------|---|----|
| 6.8 | Matriz de chequeo con la evaluación de todos los gabinetes eléctricos | 35 |
| 6.9 | Comparación entre inspección de tableros eléctricos actual y previa.... | 38 |
| 6.10 | Asocio de archivos de gabinetes eléctricos al SIMAF | 41 |
| 6.11 | Plano 2D con ubicación de tableros eléctricos | 42 |
| 7. | Conclusiones | 43 |
| 8. | Referencias Bibliográficas | 44 |
| 9. | Anexos | 45 |

Listado de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Gabinete eléctrico..... | 4 |
| Figura 2. Interfaz del SIMAF..... | 10 |
| Figura 3. Ejemplo de diagrama unifilar..... | 11 |
| Figura 4. DPS para tablero eléctrico..... | 12 |
| Figura 5. DPS para tablero eléctrico..... | 14 |
| Figura 6. Corriente de corto circuito en breaker industrial..... | 18 |
| Figura 7. Coordinación entre el totalizador del tablero principal de 220 V (Schneider Electric NW40H1), la protección del circuito del tablero UHT (Merlin Gerin NS100N) y el totalizador del tablero UHT (Merlin Gerin NB600N)..... | 19 |
| Figura 8. Etiqueta de arco eléctrico o de seguridad..... | 20 |
| Figura 9. Gabinete al que se le cambió la etiqueta de arco debido al deterioro que presentaba..... | 21 |
| Figura 10. Actividades asociadas a los gabinetes eléctricos..... | 21 |
| Figura 11. Calificación de los 51 gabinetes inspeccionados previamente..... | 24 |
| Figura 12. Calificación por ítem de lista de chequeo de los 51 gabinetes inspeccionados previamente..... | 25 |
| Figura 13. Diagrama unifilar de gabinete principal aire acondicionado banco | 33 |
| Figura 14. Diagrama unifilar de gabinete principal bombas amoníaco..... | 33 |
| Figura 15. Calificación de los 52 gabinetes inspeccionados actualmente..... | 37 |
| Figura 16. Calificación por ítem de lista de chequeo de los 52 gabinetes inspeccionados actualmente..... | 38 |
| Figura 17. Asocio de archivos a gabinete de calderas..... | 41 |
| Figura 18. Asocio de archivos a gabinete de puertas automáticas..... | 42 |

Listado de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Lista de chequeo de gabinetes eléctricos..... | 5 |
| Tabla 2. Verificación en campo de interruptores que no cumplen con el nivel de corto circuito. | 17 |
| Tabla 3. Elementos de protección personal a utilizar según la categoría del tablero eléctrico..... | 19 |
| Tabla 4. Matriz de chequeo realizada anteriormente por personal técnico de Colanta..... | 23 |
| Tabla 5. Lista de chequeo para gabinete principal bombas agua recirculación. . | 25 |
| Tabla 6. Fotos tomadas en la inspección del gabinete principal bombas agua helada recirculación. | 31 |
| Tabla 7. Gabinetes a los que se le levantó el diagrama unifilar. | 32 |
| Tabla 8. Pedido de DPS para tableros de zona de servicios | 34 |
| Tabla 9. Pedido de breaker para cada DPS. | 35 |
| Tabla 10. Matriz de chequeo realizada actualmente para tableros eléctricos..... | 36 |
| Tabla 11. Comparación de inspecciones en tableros eléctricos en dos periodos diferentes..... | 38 |

DIAGNÓSTICO DE GABINETES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE COLANTA JENARO PÉREZ GUTIÉRREZ Y ZONAS ALEDAÑAS PARA CUMPLIMIENTO DE RETIE Y NTC 2050

1. Resumen

La cooperativa Colanta estableció un sistema de gestión de activos el cual su objetivo principal fue sacar el máximo provecho y rendimiento a todos sus bienes y activos. Para lograr ello, se debió establecer actividades de mantenimiento a cada activo para así prolongar su vida útil y lograr el mejor rendimiento posible. De manera más específica, este proyecto se centró en el activo de gabinetes eléctricos el cual es un elemento demasiado importante para el sistema eléctrico, ya que en él se sitúan los dispositivos de protección, medida, maniobra y control del sistema a alimentar. Para entender la gran función e importancia que tiene estos elementos en el sistema eléctrico, se estudió un informe acerca de los estudios de corto circuito, coordinación de protecciones y arco eléctrico para los tableros de la planta Medellín de Colanta.

Una de las actividades que se le asoció a los tableros eléctricos fue la inspección frente al RETIE cada 6 meses. Esta actividad consistió en llenar una lista de chequeo ya realizada y protocolizada en años anteriores para 52 tableros eléctricos ubicados en la planta Jenaro Pérez Gutiérrez y edificio Tulio Ospina y con ello, se pudo analizar cuales ítems, aspectos o temas eran los que presentaban mayor violación frente a los reglamentos del RETIE y de la NTC 2050. Una vez se identificaron estos baches de incumplimiento, se procedió a intervenir en 2 ítems plasmados en la lista de chequeo los cuales fueron el levantamiento de diagramas unifilares e instalación de DPS. Una vez intervenidos estos ítems, se hizo una comparación del diagnóstico realizado actualmente frente a un diagnóstico realizado anteriormente y se pudo observar de manera en general que se obtuvieron resultados y calificaciones mayores en la inspección reciente. Además, se logró ubicar la posición de los tableros inspeccionados en un plano en planta.

2. Introducción

La energía eléctrica es una necesidad diaria del ser humano, pues con ella se lleva a cabo el proceso de evolución y desarrollo económico del mundo entero. Es de vital importancia, ya que, es la base del funcionamiento de las industrias que a su vez se traduce en generación de empleo y crecimiento económico.

La cooperativa Colanta es una empresa procesadora de productos alimenticios y donde la producción de estos insumos alimenticios dependen primordialmente del correcto funcionamiento de la planta industrial que se traduce a su vez, en la operación continua del suministro de energía eléctrica. Para garantizar la operación ininterrumpida de los procesos industriales, se requiere tener una buena planeación en los mantenimientos preventivos de las máquinas, equipos y elementos y además, cumplir con las normativas eléctricas y de seguridad para así garantizar el correcto funcionamiento de la planta, la integridad de la vida humana, animal, vegetal y preservación del medio ambiente.

Es por esto que es importante tener una inspección y revisión periódica, es decir, con una frecuencia determinada, de todos los elementos que hacen parte de la instalación eléctrica, debido a que al pasar el tiempo, estos elementos se pueden ver sometidos a situaciones o ambientes no deseados que pueden desgastar o deteriorar dichos componentes llegando a tener funcionamientos erróneos que pueden causar accidentes graves y grandes pérdidas económicas para la empresa y/o clientes. En este proyecto en específico se realizó una revisión exhaustiva de los gabinetes eléctricos que se encuentran en la planta de Caribe-Medellín llamada como Planta Jenaro Pérez Gutiérrez y también se hará la intervención de los gabinetes que se encuentran en los edificios aledaños que de la misma manera son propiedad de Colanta, como lo es el edificio Tulio Ospina.

El objetivo fundamental de este proyecto es realizar una lista de chequeo con los ítems respectivos frente al tema de gabinetes y tableros eléctricos conforme lo establece la normativa nacional vigente como lo es el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y la NTC 2050 (Norma Técnica Colombiana). Los gabinetes eléctricos son elementos vitales en el sistema eléctrico, puesto que en ellos se sitúan los dispositivos de protección, medida y maniobra de la instalación de energía. La elaboración de estas listas de chequeo se realizan con el fin de validar el estado actual de 52 gabinetes eléctricos existente en la planta, validar cuales ítem se están infringiendo y programar las intervenciones electromecánicas necesarias para cumplir con lo que rige las normativas

3. Objetivos

3.1 General

- Garantizar el cumplimiento de la normatividad nacional vigente para los tableros eléctricos presentes en la planta Jenaro Pérez Gutiérrez y zonas aledañas.

3.2 Específicos

- Estudiar las normativas nacionales que rigen la instalación y funcionamiento de los tableros eléctricos.
- Validar los ítems de la lista de chequeo frente a lo que establece el RETIE y la NTC 2050.
- Identificar ubicación de gabinetes eléctricos en la planta.
- Implementar listas de chequeo para 52 gabinetes existentes en la planta Caribe y zonas aledañas.
- Determinar los ítems que infringen la norma para así programar las mejoras electromecánicas en los gabinetes.

4. Marco Teórico

4.1 Tablero eléctrico

Un tablero eléctrico es un gabinete que contiene dispositivos de conexión, medición, maniobra, protección, alarma y señalización, que cuenta con sus cubiertas y canalizaciones correspondientes, para cumplir una función específica y adecuada dentro del sistema eléctrico al que está conectado [1].



Figura 1. Gabinete eléctrico.

En una instalación eléctrica, los tableros o gabinetes eléctricos son la parte principal, ya que, es donde residen los dispositivos de protección y los mecanismos de maniobra de dicha instalación.

Como se mencionó anteriormente, los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan en los tableros eléctricos, y su fabricación y montaje deben cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su correcto funcionamiento una vez sean energizados, garantizando tanto la seguridad de los operarios como la de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados [1].

Las normativas que rigen o abarcan la instalación de los tableros eléctricos en Colombia son el RETIE y la NTC 2050.

4.2 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE

El RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) es un documento técnico-legal que rige en Colombia el cual fue expedido por el ministerio de Minas y Energía [2], [3].

En el RETIE se encuentran los parámetros más importantes que deben ser tenidos en cuenta al momento de diseñar, construir, mantener y modificar una instalación eléctrica residente en Colombia de la manera más segura posible. Es importante

tener en cuenta que este reglamento técnico es de obligatorio cumplimiento en este país [2].

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

4.3 NTC 2050-Norma Técnica Colombiana 2050

El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad. Vale la pena resaltar el invaluable valor agregado que representa para el país el Código Eléctrico Colombiano, dado que es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas [4]. Por otro lado, propenden por la racionalización de la energía, obedeciendo a la necesidad imperiosa de preservar sus fuentes, como uno de los objetivos medioambientales que se deben lograr para evitar su agotamiento.

4.4 Lista de chequeo

Una lista de chequeo es un formato el cual se crea para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvide de nada importante [5].

La lista de chequeo existente para el diagnóstico de los tableros eléctricos se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Lista de chequeo de gabinetes eléctricos.

| 1. | REQUISITOS | CRITERIO | | CALIFICACIÓN |
|-----|--|----------|----------|--------------|
| | | RETIE | NTC 2050 | |
| 1.1 | Los gabinetes cuentan con plan de mantenimiento preventivo y | | | |

| | | | | |
|-----|---|----------------------------------|--|--|
| | predictivo (lista de actividades asociadas). | | | |
| 1.2 | Se dispone de planos eléctricos actualizados en los gabinetes (Diagrama unifilar actualizado). | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | |
| 1.3 | Verificar que los gabinetes de distribución tengan adherida de manera clara, permanente y visible, por lo menos la siguiente información: * Tensión(es) nominal(es) de operación. * Corriente nominal de operación. * Número de fases. * Número de hilos (incluyendo tierras y neutros). * Marca registrada del fabricante. * El símbolo de riesgo eléctrico. * Cuadro para identificar los circuitos. | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | |
| 1.4 | El gabinete cuenta con placa de identificación (nombre, código activo). | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | |
| 1.5 | El gabinete está fabricado de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles (cuentan con frente muerto) y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla. | Artículo 20 Numeral 23.1.1 | | |
| 1.6 | La acometida de entrada y salida de la protección principal está identificada de acuerdo al código de colores especificado en la reglamentación legal. | Artículo 6 Tabla 6.5 | | |

| | | | | |
|------|---|--|------------------------------|--|
| 1.7 | El cableado de entradas y salidas de los elementos de potencia y control están rotulados. | Artículo 6 Numeral 3 - Tabla 6.5 | | |
| 1.8 | Los elementos de potencia y circuitos eléctricos del gabinete cuentan con sticker de identificación. | Artículo 20 Numeral 23.4 (o) | | |
| 1.9 | El cableado se observa ordenado o canalizado. | Artículo 20 Numeral 23.4 (n) | | |
| 1.10 | Las canalizaciones de los conductores de potencia y control cuentan con cubierta de protección y son suficientes. | | Sección 362 Numeral 1 | |
| 1.11 | Las tuberías y canalizaciones se encuentran identificadas por los colores establecidos en las normas internas. | Artículo 20 Numeral 23 1.3 (f) | Sección 110 Numeral 21 | |
| 1.12 | Las puertas y tapas de los gabinetes disponen de seguros y chapas para permanecer cerrados. | Artículo 20 Numeral 23.3 (f) | | |
| 1.13 | Se verifica que el equipo se encuentra en posición vertical en un lugar seco y ventilado, protegido de la lluvia, temperaturas extremas y el polvo. | Artículo 20 Numeral 23.4 (b) | | |
| 1.14 | Los dispositivos de ventilación se encuentran en operación. | Artículo 20 Numeral 23.4 (o) | Sección 110 Numeral 13 | |
| 1.15 | Los filtros de los dispositivos de ventilación se encuentran limpios. | Artículo 20 Numeral 23.4 (o) | Sección 110 Numeral 13 | |
| 1.16 | Los alrededores del gabinete están libres de basura y objetos en desuso que puedan bloquear la apertura de las puertas. | | Sección 110 Numeral 16 | |

| | | | | |
|------|--|---|--------------------------|--|
| 1.17 | Se evidencia la ausencia de sulfatación en los barrajes eléctricos del gabinete. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 (b) | | |
| 1.18 | Se evidencia la ausencia de sulfatación y cambios de color en los puntos de conexión de las borneras del gabinete. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 (b) | | |
| 1.19 | Se evidencia la continuidad de los conductores de tierra de los diferentes circuitos del gabinete en el calibre adecuado. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 h) | | |
| 1.20 | Se verifica que el totalizador sea adecuado de acuerdo a cargas conectadas. | Artículo 20 Numeral 16.2.2 b) | | |
| 1.21 | Se evidencia que los gabinetes se encuentran limpios y libres de objetos extraños. | | | |
| 1.22 | El gabinete cumple con el grado IP y con el material de fabricación según su área de trabajo. | Artículo 20 Numeral 23.3 (a) | | |
| 1.23 | El gabinete está completamente sellado para evitar el ingreso de insectos. | | Sección 373 Numeral 4 | |
| 1.24 | Verificar la existencia DPS adecuado. | Artículo 20 Numeral 14.1 e) Numeral 14.2 j) | | |
| 1.25 | No se encuentra elementos que no estén en uso. | | | |
| 1.26 | Verificar que todas las partes externas del gabinete estén puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales identificados con el símbolo de puesta a tierra. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 (e) | | |

| | | | | |
|------|---|--------------------------------------|---------------------------|--|
| 1.27 | Todos los conductores instalados en el gabinete están conectados a presión o por sujeción de tornillos. | Artículo 20 Numeral 23.1.3 (a) | | |
| 1.28 | En el gabinete se evidencia el barraje de neutro y tierra aislados. | Artículo 20 Numeral 23.1.3 (d) | | |
| 1.29 | En el gabinete se evidencia las instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento. | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | |
| 1.30 | Chequear que las aberturas no usadas estén tapadas. | | Sección 373 Numeral 4 | |
| 1.31 | Verificar el espacio para alambrado y doblado en los gabinetes sea adecuado. | | Sección 373 Numeral 6 | |
| 1.32 | Verificar que los gabinetes sean adecuados y estén instalados adecuadamente en cualquier lugar húmedo o mojado. | | Sección 373 Numeral 2 | |
| 1.33 | El gabinete es de fácil acceso y cuenta con las distancias suficientes para maniobra. | | Sección 110 Numeral 16 | |

Para entender mejor los apartados de la lista de chequeo, se explicarán algunos ítems de ellos.

Los ítems 1.1 y 1.4 presentados en la lista de chequeo (tabla 1) van de la mano, puesto que el área de Montajes y Mantenimiento de Colanta cuenta con una plataforma de gestión de activos propia llamada **SIMAF (Sistema de Información y Mantenimiento de Activos Fijos)**. Esta plataforma de **gestión de activos** se crea con el fin de obtener el máximo rendimiento de los bienes o recursos con los que cuenta la empresa, por lo cual cada activo cuenta con una codificación y se le cargan actividades de mantenimiento preventivo con una frecuencia determinada. En la figura 2 se muestra la plataforma mencionada y creada por la cooperativa.

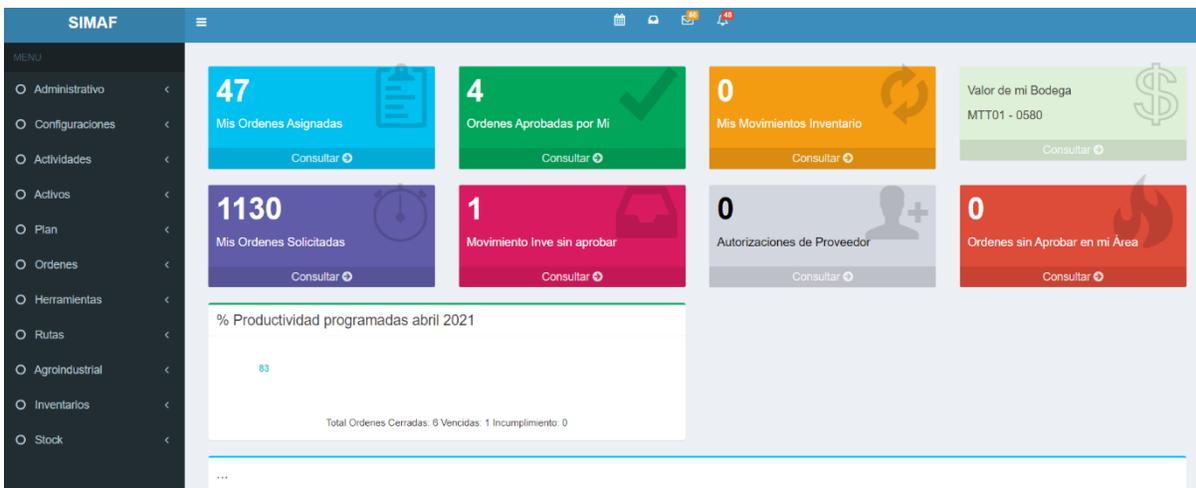


Figura 2. Interfaz del SIMAF.

A continuación se explica las principales opciones del menú con las que cuenta el aplicativo del SIMAF:

- **Opción administrativo:** En esta opción se pueden ver las fichas de todos los activos que cuenta la cooperativa a nivel nacional. Estas fichas de activos contienen: Planta o ciudad donde se encuentra el activo, código de activo, centro de costos, fecha de compra, costo de adquisición, el personal responsable o encargado de dicho activo, las actividades de mantenimiento preventivo programadas y los archivos asociados a este activo (planos, imágenes, fichas, etc). Otra de las opciones que presenta este ítem, es ver los activos que están cargados a nombre propio, como lo puede ser el computador personal, la dotación, el escritorio, etc. Además, también se puede ver una agenda de cada empleado donde se puede visualizar día a día que órdenes de trabajo debe de realizar para ese día y cuales órdenes se aproximan con el fin de no dejarlas vencer.
- **Opción activos:** En esta opción se puede asociar todo tipo de archivos a los activos de la cooperativa. Estos archivos pueden ser: actas de comités, certificados, cotizaciones, informes, imágenes, fichas, planos, etc. Estos

archivos de adjuntan con el fin de llevar una trazabilidad de todos los activos.

- **Opción órdenes:** En este ítem es donde se crean las órdenes de servicios o de trabajo. Una orden de trabajo o de servicio, es un escrito o archivo que debe servir como documento base sobre el que sustentar cualquier actividad operativa. O dicho de otro modo, es el documento base de cualquier trabajo. En esta opción también se pueden consultar órdenes que se han creado anteriormente, darles un cierre definitivo si el trabajo ya se realizó, o si el tiempo establecido en la orden de servicio ya caducó y no se ha culminado el trabajo, se puede concertar la orden con otra fecha establecida y aprobada por el jefe de mantenimiento o coordinador.
- **Opción inventarios:** Por esta opción es por donde se hacen los pedidos de materiales para algún mantenimiento, montaje o proyecto, para que el área de compras continúe con el proceso de adquisición.

El ítem 1.2 trata acerca de la existencia de **planos eléctricos** en los gabinetes (**diagramas unifilares**), por ello es importante definir el concepto de diagrama unifilar. Un diagrama unifilar es el plano eléctrico más común que identifica y suministra información sobre las dimensiones y conexiones de los componentes principales del sistema de alambrado eléctrico y muestra cómo la potencia es distribuida desde la fuente, habitualmente la acometida, hasta el equipo de utilización [6]. En la figura 3 se puede observar un ejemplo de cómo se esquematiza un diagrama unifilar.

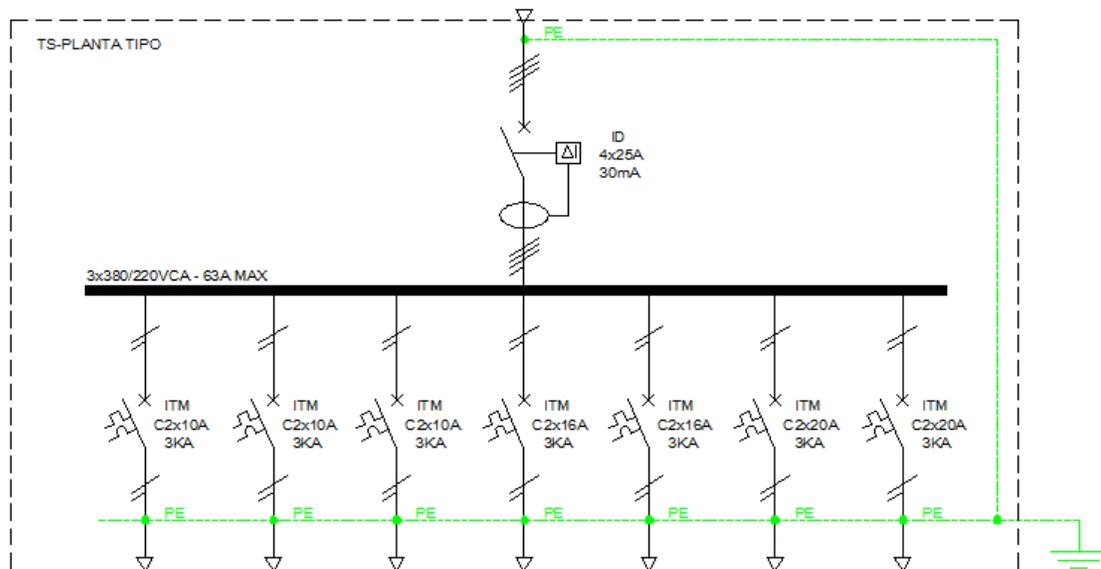


Figura 3. Ejemplo de diagrama unifilar.

El ítem 1.24 presenta el tema de **dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)**. Un protector de sobretensión es un dispositivo diseñado para proteger dispositivos eléctricos de picos de tensión, ya que, gestionan o administran la energía eléctrica de un dispositivo electrónico conectado a este. Este dispositivo intenta regular el voltaje que se aplica a un dispositivo eléctrico bloqueando o enviando a tierra voltajes superiores a un umbral seguro [7].



Figura 4. DPS para tablero eléctrico

Se quiere destacar el ítem 1.20 de la lista de chequeo, ya que, habla acerca del dimensionamiento de los totalizadores de los gabinetes eléctricos, cosa por la cual da origen a un estudio exhaustivo de cortocircuito y coordinación de protecciones para verificar si las protecciones existentes de los gabinetes son las adecuadas. Además, una vez realizado el estudio de corto y coordinación de protecciones, se puede realizar el estudio de arco eléctrico. Vale aclarar que este estudio global se contrató con una empresa de ingeniería.

A continuación se define cada uno de los estudios que se mencionaron anteriormente:

4.5 Estudio de cortocircuito

Un estudio de cortocircuito es un análisis de un sistema eléctrico que determina la magnitud de las corrientes que fluyen durante una falla eléctrica. Comparar esos valores calculados contra las clasificaciones de los equipos es el primer paso para asegurar que el sistema está debidamente protegido. Una vez que las corrientes de cortocircuito esperadas son conocidas, se realiza un estudio de coordinación de protecciones para determinar las características óptimas, clasificaciones y configuración de los dispositivos de protección [8].

4.6 Estudio de coordinación de protecciones

Un estudio de coordinación de protecciones define el comportamiento de los elementos del sistema de protección para buscar la menor afectación de la continuidad de la operación del sistema eléctrico ante el desarrollo de fallas por corto circuito, cuidando la integridad de las personas y los equipos. El estudio da como resultado principal una cédula de ajustes de los parámetros de comportamiento de los elementos de protección que se van a configurar en la planta [9].

4.7 Estudio de arco eléctrico

Los estudios de arco eléctrico tienen por objetivo generar la información técnica que se coloca en las etiquetas de seguridad que se adhieren a los tableros eléctricos, para advertir el nivel de riesgo por quemaduras de arco eléctrico con explosión y por electrocución que se encuentra dentro de los mismos, así como el equipo de protección personal (EPP) requerido para minimizar los riesgos, para todos aquellos electricistas calificados, que desarrollen trabajos con partes vivas expuestas [10].

A partir del estudio de cortocircuito, se efectúa la coordinación de las protecciones, en la cual se debe considerar la selección de ajustes o curvas características de los dispositivos de protección, de tal manera que la operación de éstos se realice selectivamente y con el mínimo tiempo posible.

A raíz de los resultados obtenidos en el estudio de coordinación de protecciones, se establecen los valores de energía incidente frente a fallas en cada punto del sistema de potencia. De acuerdo con los lineamientos de la norma NFPA 70E, se definen las fronteras de acercamiento por el nivel de riesgo que pueda existir ante la ocurrencia de un arco eléctrico. Estas fronteras determinan la calificación que debe tener el personal y la clase de elementos de protección personal que se deben utilizar.

4.8 Selectividad de las protecciones

Una protección es selectiva si es capaz de despejar una falla en su zona de protección y en un tiempo tal que, garantice la no operación de otros dispositivos de protección, y así mismo, la protección de los elementos del sistema (cables, transformadores, motores, etc.). Para ello, se requiere de un apropiado ajuste para detectar todas las fallas y actuar debidamente coordinada.

En la Figura 5 se presenta un ejemplo, donde, para todos los valores de falla, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la distribución es totalmente selectiva si B abre y A permanece cerrado.

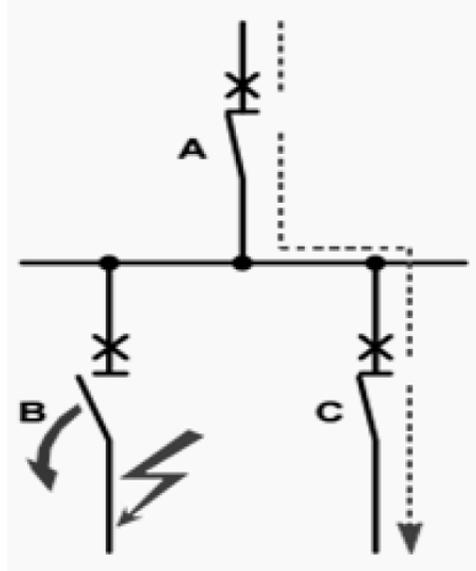


Figura 5. DPS para tablero eléctrico

5. Metodología

El proyecto se llevó a cabo de la siguiente manera:

5.1 Análisis de estudios de corto circuito, coordinación de protecciones y arco eléctrico realizado por una empresa contratista.

Se realizó la lectura y el análisis del informe realizado por la empresa contratista respecto a los temas de estudio de corto circuito, coordinación de protecciones y arco eléctrico. Esto se realizó con el fin de tener claro los valores de cortocircuito en cada barra o tablero, y así verificar en campo que los interruptores si cumplieran con el nivel de corto requerido. También se analizó este estudio con el objetivo de comprobar de que las protecciones con las que cuenta la cooperativa Colanta si estuvieran bien coordinadas y se cumpliera el criterio de la selectividad. Con respecto al tema de arco eléctrico, se analizó este estudio para identificar la categoría que tenían cada tablero y los elementos de protección personal que debía utilizar el personal que interviene dichos gabinetes.

5.2 Validación de ítems plasmados en la lista de chequeo conforme lo establecido por cada norma.

La cooperativa Colanta desde el año 2018 ha venido inculcando y realizando las inspecciones a los tablero eléctricos, por lo cual, fue necesario crear una lista de

chequeo que estuviera protocolizada para que el personal técnico capacitado supiera que temas o aspectos eran los que se van a diagnosticar y revisar en las inspecciones.

Debido a que la elaboración de esta lista de chequeo lleva ya algunos años de creada y como salió una nueva actualización de la norma NTC 2050, se corroboró que todos los ítems aún tuvieran asignado el mismo numeral en la norma, se buscó si habían otros numerales que hablese acerca de los tableros eléctricos pero no se encontró ninguna novedad, motivo por el cual se continuó utilizando este lista de chequeo.

5.3 Revisión de matriz de chequeo de gabinetes eléctricos correspondiente a la última inspección realizada por el personal de la cooperativa Colanta

Como la inspección de los tableros eléctricos se realiza cada 6 meses, es decir, 2 veces por cada año, el personal de mantenimiento contaba con una matriz de chequeo de años anteriores correspondiente a 51 tableros eléctricos diagnosticados, donde se podía observar el porcentaje de cumplimiento de cada uno de los tableros con respecto a las normas del RETIE y de la NTC 2050 y además, se evaluaba el cumplimiento de cada uno de los ítems con los que cuenta la lista de chequeo. Esta matriz de chequeo fue importante, ya que, nos dio información de cuales tableros tenían una calificación más baja (incumplimiento de los reglamentos) y cuales ítems o temas eran los que más se incumplían. Después de analizar de manera detallado esta matriz de chequeo, se coordinó junto con el jefe que se debía levantar el diagrama unifilar y realizar el pedido de los materiales necesarios para que se llevara a cabo la instalación correcta de los DPS de los tableros eléctricos del área de servicios.

5.4 Identificación en sitio de todos los gabinetes eléctricos y elaboración de listas de chequeo para los 52 gabinetes eléctricos identificados

Para ayudar con el medio ambiente y promover el tema del reciclaje, las listas de chequeo que elaboré, se realizaron en las mismas hojas de inspecciones anteriores y luego se pasaron a un documental digital.

Con ayuda del electricista de turno de la planta, se realizaba el recorrido por la planta donde se iba mostrando la ubicación de los tableros eléctricos, se iba llenando la lista de chequeo para cada gabinete y se iban aclarando dudas que surgían en cuestión a algún elemento que no se conociera, el funcionamiento o papel de este y que precauciones debía de tener al momento de estar cerca de estos tableros.

Puesto que el electricista de turno tenía otras labores y no siempre podía quedarse tanto tiempo, se le avisaba a la persona encargada del área de servicios para que estuviera al tanto de las actividades que estaba desarrollando y pudiera brindarme

una compañía y asesoría si así se requería. Fue así entonces como en compañía o del electricista de turno o de la persona encargada del área de servicios, que se levantaron los diagramas unifilares de los tableros de esta zona. Además a medida que se iba identificando el lugar físico donde estaba ubicado el tablero, se rayaba en un plano impreso de toda la planta, la ubicación de estos tableros.

5.5 Reuniones y/o diálogos con el jefe inmediato para avances del proyecto, dudas y aprobación de pedido de materiales

Si se tenía alguna duda técnica específica, se la hacía saber al jefe inmediato con el fin de esclarecer esta. Además, se hacían reuniones para ver los avances del proyecto y sobretodo, para que el jefe inmediato aprobara los materiales (junto con su cantidad) para la instalación de los DPS en la zona de servicios. Además, también se dialogaba sobre las diferentes cotizaciones o propuestas que enviaban los proveedores para los DPS y para el tema de mano de obra (instalación), esto con el fin de realizar un comparativo económico y ser aprobado por la jefa nacional de mantenimiento.

5.6 Trabajo en medios digitales y electrónicos

Una vez se iba realizando cada lista de chequeo a mano, se procedía a pasarla a un archivo de Excel en el computador que facilitó la cooperativa, para así al final poder realizar la matriz de chequeo que se desarrolló. También, en el programa AutoCAD se iba localizando los tableros eléctricos en el plano que se tenía impreso al momento de realizar la inspección.

De esta manera fue que se desarrolló el proyecto de diagnóstico de los tableros eléctricos de la planta Jenaro Pérez Gutiérrez y zonas aledañas (edificio Tulio Ospina).

6. Resultados y análisis

6.1 Análisis de estudio de corto circuito

De acuerdo al informe realizado por la empresa contratista, se muestra los valores simulados de corto circuito monofásico y trifásico en todas las barras del sistema eléctrico de la cooperativa Colanta, con el fin de verificar que las protecciones (interruptores) de los tableros eléctricos soporten dicha intensidad.

El informe muestra cuales interruptores cumplen y cuales no cumplen con el nivel de corto circuito. Con estos datos, se procedió a ir específicamente a cada uno de los tableros que no cumplen con el interruptor adecuado para comprobar si estos ya se cambiaron o aún están mal seleccionados. En la tabla 2 se muestran los resultados de estos tableros.

Tabla 2. Verificación en campo de interruptores que no cumplen con el nivel de corto circuito.

| Equipo que protege el breaker | Marca de breaker | I nominal de breaker | Icc tolerable de breaker actual [kA] | Icc máxima en barraje [kA] | Adecuado | Ubicación breaker |
|---|--------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------|-------------------------------------|
| Circuito ascensor (Z6) | ABB-Smissline | 32 | 6 | 8,8 | No | Tablero principal Tulio Ospina 220V |
| Circuito UPS segundo piso (Z8) | Schneider Electric | 63 | 10 | 8,8 | Si | |
| Circuito sistemas 220 V (Z9) | Merlin Gerin | 40 | 4,5 | 8,8 | No | |
| Circuito hidrolavadora (K1) | Merlin Gerin | 30 | 10 | 13,1 | No | Tablero principal 440V |
| Circuito sala de reuniones edificio 4 (Q25) | Schneider Electric | 50 | 25 | 36,9 | No | Tablero principal 220 V |
| Circuito edificio 4 (Q34) | Schneider Electric | 80 | 25 | 36,9 | No | Tablero transferencia 220 V |

Como se puede observar en la tabla 2, inicialmente 6 interruptores no cumplían con el nivel de corto circuito requerido. Sin embargo, el breaker que alimenta la UPS del segundo piso del tablero principal del edificio Tulio Ospina se cambió, cumpliendo así el nivel requerido de corto circuito. Para saber si el breaker o interruptor es adecuado respecto al nivel de corto, se debe mirar la placa de características que traen los breaker en su frente (ver figura 6) en el cual se puede observar que dependiendo del nivel de tensión de alimentación, se tiene una corriente de corto circuito (I_{cu}) establecida, y para que el interruptor sea adecuado, la corriente de corto de este debe de ser mayor que la corriente que se calcula en esa barra por medio de la simulación.



Figura 6. Corriente de corto circuito en breaker industrial.

6.2 Análisis de estudio de coordinación de protecciones

En el informe realizado por la empresa contratista, se realizaron 18 rutas de coordinación de protecciones y para todas estas rutas se logra comprobar que se cumple con la coordinación y con la selectividad en todas las protecciones instaladas en los tableros de la cooperativa Colanta. A continuación se ilustra una ruta de coordinación en la figura 7.

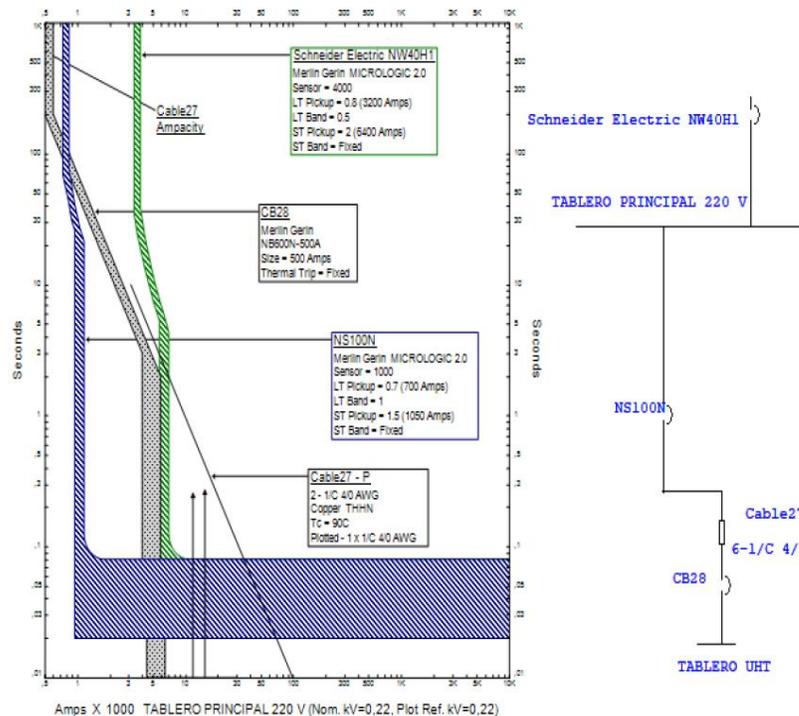


Figura 7. Coordinación entre el totalizador del tablero principal de 220 V (Schneider Electric NW40H1), la protección del circuito del tablero UHT (Merlin Gerin NS100N) y el totalizador del tablero UHT (Merlin Gerin NB600N).

Ante la falla simulada, primero dispara el interruptor Merlin Gerin NB600N, lo cual configura la selectividad en la respuesta de las protecciones.

6.3 Análisis de estudio de arco eléctrico

Según el estudio realizado por la empresa contratista, se analizó la categoría de cada uno de los tableros eléctricos según la energía incidente calculada. Los tableros a los que se le realizó la inspección son de categoría 0 y categoría 1, por lo cual para este tipo de categoría se deben de utilizar los siguientes elementos de protección:

Tabla 3. Elementos de protección personal a utilizar según la categoría del tablero eléctrico.

| Categoría | Energía incidente máxima [cal/cm ²] | Elementos de protección personal (EPP) | Energía mínima requerida por los EPP [cal/cm ²] |
|---------------------|---|---|---|
| 0 | 0-1.19 | Pantalón y camisa manga larga de algodón tratado | N/A |
| | | Gafas de seguridad con filtro UV | |
| | | Protectores auditivos de inserción | |
| | | Guantes dieléctricos | |
| | | Casco dieléctrico | |
| | | Calzado dieléctrico | |
| 1 | 1.2-3.9 | Pantalón y camisa manga larga u overol resistentes al fuego | 4 |
| | | Protector facial resistente al fuego | |
| | | Gafas de seguridad con filtro UV | |
| | | Protectores auditivos de inserción | |
| | | Guantes dieléctricos | |
| | | Casco dieléctrico | |
| Calzado dieléctrico | | | |

Como medida de precaución para advertir sobre los riesgos asociados al arco eléctrico, se deben instalar etiquetas de seguridad en los frentes de los gabinetes eléctricos, las cuales deben contener como mínimo la siguiente información: energía incidente, categoría de los elementos de protección personal requeridos, el límite de protección contra arco y el nivel de tensión del equipo. En la figura 8 se puede observar un ejemplo de la etiqueta de seguridad o de arco eléctrico.

|  PELIGRO | | | |
|--|---|--|--|
| RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO (Calculado según NFPA 70E e IEEE 1584) | | | |
| USO OBLIGATORIO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL CERTIFICADOS | | | |
|  | TRAJE DE ARCO CATEGORÍA | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px; margin: 0 auto;">1</div> |  |
| | | | PANTALLA FACIAL <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">SI</div> |
|  | GUANTES DIELÉCTRICOS | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px; margin: 0 auto;">0</div> |  |
| | | | ESCAFANDRA <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NO</div> |
|  | CASCO DIELÉCTRICO CLASE | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px; margin: 0 auto;">E</div> | LÍMITE DE APROXIMACIÓN POR ARCO ----- 0,7 m ENERGÍA INCIDENTE ----- 2,67 cal/cm² |
|  | CALZADO DIELÉCTRICO | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px; margin: 0 auto;">SI</div> | LÍMITE DE APROXIMACIÓN RESTRINGIDO ----- 0,3 m |
|  | GAFAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN AUDITIVA | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 20px; margin: 0 auto;">SI</div> | CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ----- 22,0 kA |
| TENSIÓN NOMINAL: 220 V Fecha de estudio: 03-08-2018 | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> EQUIPO: GABINETE 19 BOMBAS </div> | |

Figura 8. Etiqueta de arco eléctrico o de seguridad.

Cuando se realizó la inspección de cada uno de los tableros, se miró si los gabinetes contaban con cada una de su etiqueta y si las etiquetas de arco eléctrico estaban en buen estado, sino, se procedían a cambiar. A continuación en la figura 9 se muestra una fotografía del gabinete del condensador del Chiller N°2, donde se cambió la etiqueta de arco eléctrico ya que estaba deteriorada por el ambiente pesado donde se encuentra ubicado este gabinete. Debido a esto se opta por plastificar la etiqueta de arco para que tenga una durabilidad mayor.



Figura 9. Gabinete al que se le cambió la etiqueta de arco debido al deterioro que presentaba.

6.4 Estudio de inspección de tableros eléctricos realizado anteriormente

Como la finalidad de tener un programa de gestión de activos es sacarle el máximo rendimiento a los bienes, a cada activo con la que cuenta la cooperativa Colanta se le asocian unas actividades de mantenimiento preventivo con el fin de que los activos tengan una vida útil duradera y de que el proceso productivo de alimentos siga en marcha. Como el estudio de este informe son como tal los tableros eléctricos, a estos se les asocian las siguientes actividades de mantenimiento en el SIMAF (ver figura 10).

Actividades Asociadas

| Actividad | Descripción | Tipo | Frecuencia (Días) | Fecha Inicio | Generada en Plan |
|-----------|---|------|-------------------|---------------------------|------------------|
| EM0108 | Mantenimiento general a gabinete de potencia | 0 | | 60 5/1/2013 12:00:00 AM | S |
| EM0851 | Inspección frente a norma RETIE de gabinetes eléctricos | 0 | | 180 1/14/2019 12:00:00 AM | S |

Figura 10. Actividades asociadas a los gabinetes eléctricos.

Como se logra observar en la figura 10, una de las actividades asociadas a los gabinetes eléctricos, es la inspección frente a norma RETIE, la cual tiene una frecuencia de 180 días, es decir, se debe de realizar cada 6 meses.

Como esta inspección se realiza cada 6 meses, se toma una matriz de chequeo realizada recientemente y así analizar cuales aspectos son los de más falencia y cuales tableros tienen una calificación menor, es decir, la matriz de chequeo de tableros eléctricos permite observar la calificación de los tableros individualmente y la calificación en general de cumplimiento de cada ítem. En la tabla 4 se muestra esta matriz de chequeo de inspección de gabinetes eléctricos.

En la tabla 4 se puede observar de manera vertical, cada uno de los 33 ítems de la lista de chequeo presentada anteriormente en la tabla 1, y lo que se hace es copiar la evaluación o inspección de cada uno de los gabinetes eléctricos (en este caso fueron 51 tableros) con el objetivo de ver la evaluación por tablero y por ítem.

Para entender mejor la tabla 4, se realiza un gráfico donde se puede observar la evaluación que obtuvo cada tablero. Esto se puede analizar en la figura 11, donde en el eje horizontal se puede observar los 51 tableros analizados, y en el eje vertical la calificación que obtuvo cada tablero la cual va de 0 a 100%. Se puede observar que el tablero que obtuvo una calificación menor es el tablero # 10 el cual corresponde al gabinete de Control Pasteurizador Crema el cual obtuvo una calificación del 15%.

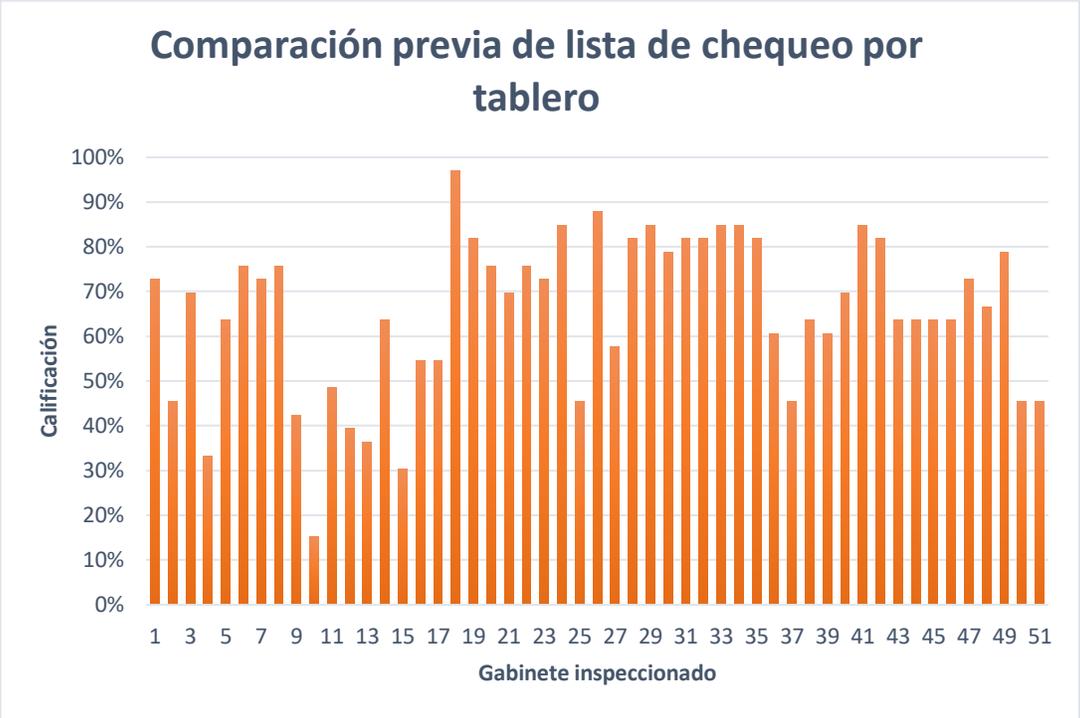


Figura 11. Calificación de los 51 gabinetes inspeccionados previamente.

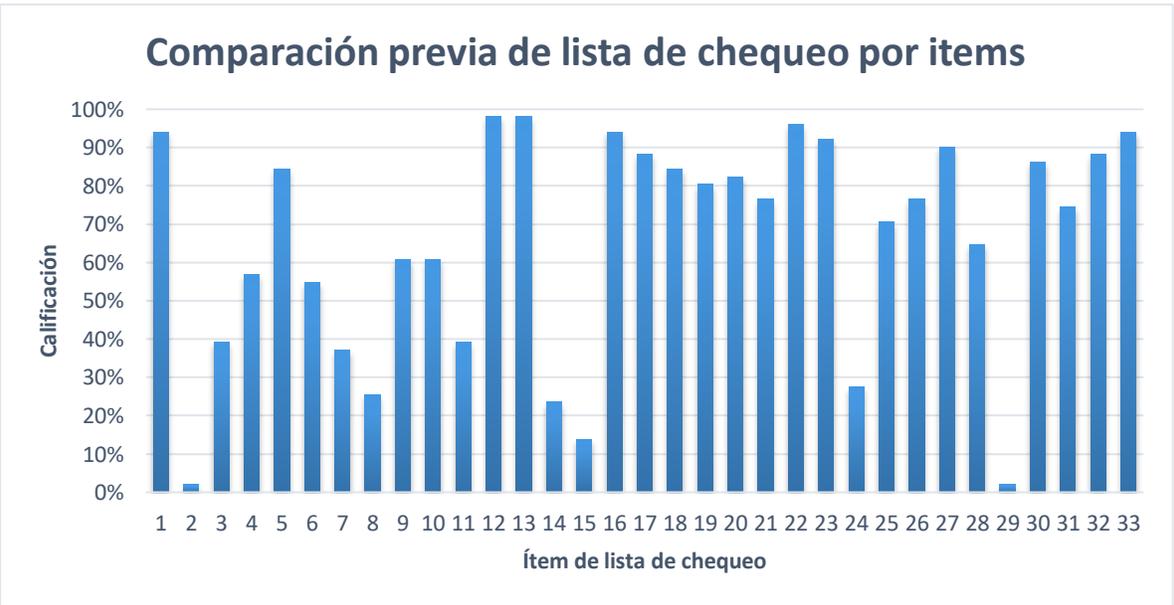


Figura 12. Calificación por ítem de lista de chequeo de los 51 gabinetes inspeccionados previamente.

Además, también se realiza una gráfica para entender de manera más clara, la evaluación que se obtiene por ítem de la lista de chequeo (ver figura 12). En el eje horizontal se puede ver los 33 ítems de la lista de chequeo y en el eje vertical se puede apreciar la calificación de cada ítem. En la figura 12 se puede observar que los ítems que cuentan con una calificación menor son:

- Ítem 2 correspondiente al diagrama unifilar del tablero
- Ítem 8 correspondiente a sticker de identificación de los elementos de los tableros
- Ítem 14 correspondiente al funcionamiento de los dispositivos de ventilación
- Ítem 15 correspondiente a la limpieza de los filtros de ventilación
- Ítem 24 correspondiente a la existencia de DPS adecuado
- Ítem 29 correspondiente a las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento de los tableros eléctricos

Teniendo en cuenta estos resultados previos, se procede a realizar de nuevo la lista de chequeo y se intervienen los ítems 2, y 24 para así obtener al final una calificación mucho mayor en estos ítems.

6.5 Elaboración de listas de chequeo de gabinetes eléctricos

Durante el periodo de prácticas se le realizó la lista de chequeo a 52 tableros o gabinetes eléctricos que se encuentran en la planta de Medellín llamada Jenaro Pérez Gutiérrez y zonas aledañas como lo es el edificio Tulio Ospina.

Una lista de chequeo se puede consultar en el **ANEXO 1** donde se pueden observar todos los ítems, estructura de la lista de chequeo y el registro fotográfico del gabinete eléctrico.

A modo de ejemplo e ilustración, a continuación se muestra en la tabla 5 una lista de chequeo del tablero llamado "gabinete principal bombas agua helada recirculación".

Tabla 5. Lista de chequeo para gabinete principal bombas agua recirculación.

| CALIFICACIÓN: 0= No Cumple, 1= Cumple, N.A.= No aplica | | | | |
|--|------------|----------|--|--|
| 1. | REQUISITOS | CRITERIO | | |
| | | | | |

| | | RETIE | NTC 2050 | CALIFICACIÓN | ACCIONES A TOMAR O RECOMENDACIONES |
|------|---|-------------------------------|----------|--------------|---|
| 1.1 | Los gabinetes cuentan con plan de mantenimiento preventivo y predictivo (lista de actividades asociadas). | | | 1 | |
| 91.2 | Se dispone de planos eléctricos actualizados en los gabinetes (Diagrama unifilar actualizado). | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | 1 | Se levantó el diagrama unifilar |
| 1.3 | Verificar que los gabinetes de distribución tengan adherida de manera clara, permanente y visible, por lo menos la siguiente información: * Tensión(es) nominal(es) de operación. * Corriente nominal de operación. * Número de fases. * Número de hilos (incluyendo tierras y neutros). * Marca registrada del fabricante. * El símbolo de riesgo eléctrico. * Cuadro para identificar los circuitos. | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | 1 | Tiene la etiqueta de arco con su tensión y símbolo de riesgo eléctrico. |
| 1.4 | El gabinete cuenta con placa de identificación (nombre, código activo). | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | 1 | |

| | | | | | |
|------|--|--|--------------------------|----------|--|
| 1.5 | El gabinete está fabricado de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles (cuentan con frente muerto) y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla. | Artículo 20 Numeral 23.1.1 | | 1 | |
| 1.6 | La acometida de entrada y salida de la protección principal está identificada de acuerdo al código de colores especificado en la reglamentación legal. | Artículo 6 Tabla 6.5 | | 1 | |
| 1.7 | El cableado de entradas y salidas de los elementos de potencia y control están rotulados. | Artículo 6 Numeral 3 - Tabla 6.5 | | 1 | |
| 1.8 | Los elementos de potencia y circuitos eléctricos del gabinete cuentan con sticker de identificación. | Artículo 20 Numeral 23.4 (o) | | 1 | |
| 1.9 | El cableado se observa ordenado o canalizado. | Artículo 20 Numeral 23.4 (n) | | 1 | |
| 1.10 | Las canalizaciones de los conductores de potencia y control cuentan con cubierta de protección y son suficientes. | | Sección 362 Numeral 1 | 1 | |

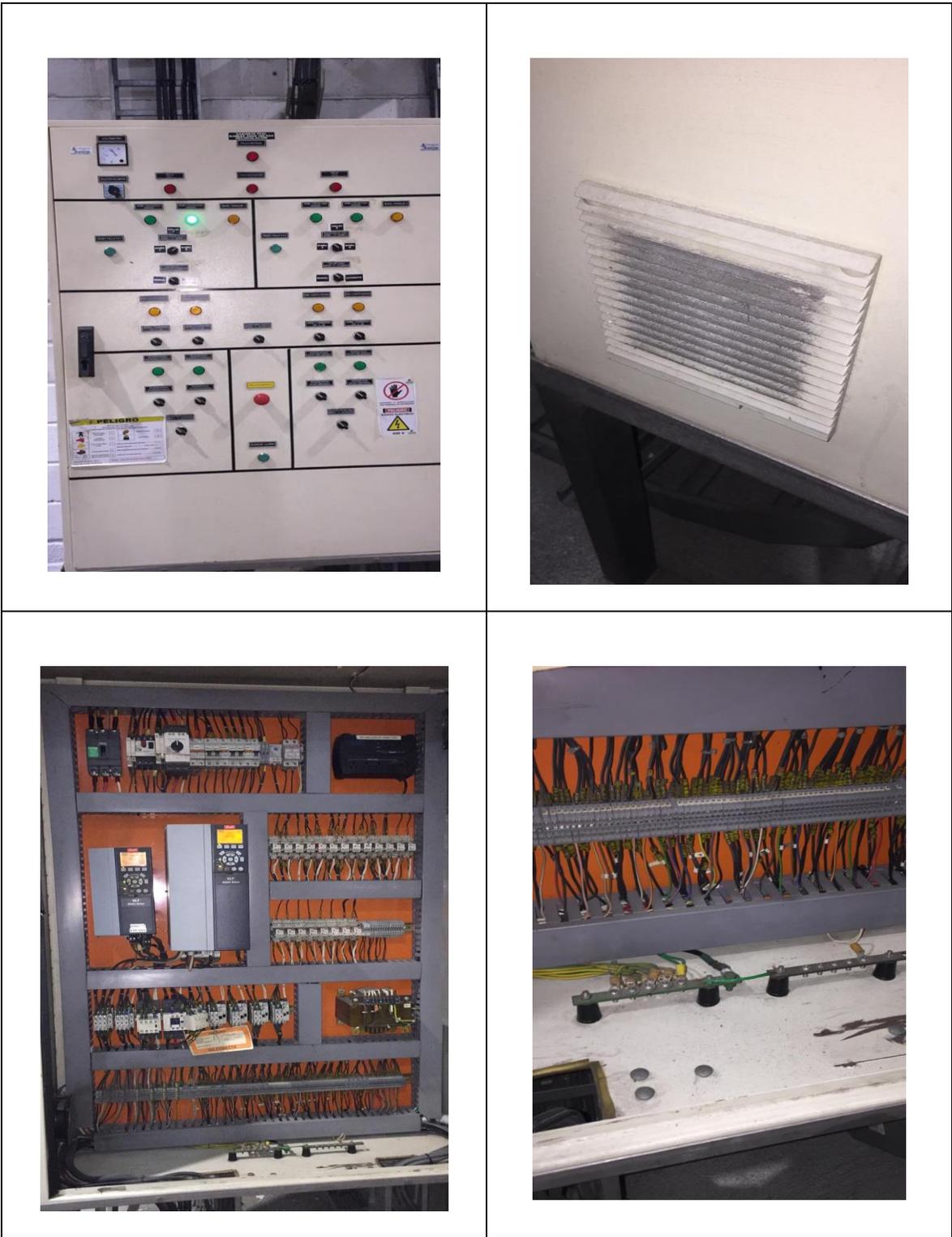
| | | | | | |
|------|---|-----------------------------------|---------------------------|----------|---|
| 1.11 | Las tuberías y canalizaciones se encuentran identificadas por los colores establecidos en las normas internas. | Artículo 20 Numeral 23 1.3 (f) | Sección 110 Numeral 21 | 1 | |
| 1.12 | Las puertas y tapas de los gabinetes disponen de seguros y chapas para permanecer cerrados. | Artículo 20 Numeral 23.3 (f) | | 0 | Aunque las puertas permanecen cerradas, cualquier persona no calificada puede acceder a estos gabinetes. Es por esto que se recomienda mantener las puertas de los gabinetes con seguro |
| 1.13 | Se verifica que el equipo se encuentra en posición vertical en un lugar seco y ventilado, protegido de la lluvia, temperaturas extremas y el polvo. | Artículo 20 Numeral 23.4 (b) | | 1 | |
| 1.14 | Los dispositivos de ventilación se encuentran en operación. | Artículo 20 Numeral 23.4 (o) | Sección 110 Numeral 13 | 1 | |
| 1.15 | Los filtros de los dispositivos de ventilación se encuentran limpios. | Artículo 20 Numeral 23.4 (o) | Sección 110 Numeral 13 | 0 | Limpiar los filtros de ventilación |
| 1.16 | Los alrededores del gabinete están libres de basura y objetos en desuso que puedan bloquear la apertura de las puertas. | | Sección 110 Numeral 16 | 1 | |
| 1.17 | Se evidencia la ausencia de sulfatación en los barrajes eléctricos del gabinete. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 (b) | | 1 | |

| | | | | | |
|------|---|---|--------------------------|----------|---------------------------|
| 1.18 | Se evidencia la ausencia de sulfatación y cambios de color en los puntos de conexión de las borneras del gabinete. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 (b) | | 1 | |
| 1.19 | Se evidencia la continuidad de los conductores de tierra de los diferentes circuitos del gabinete en el calibre adecuado. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 h) | | 1 | |
| 1.20 | Se verifica que el totalizador sea adecuado de acuerdo a cargas conectadas. | Artículo 20 Numeral 16.2.2 b) | | 1 | |
| 1.21 | Se evidencia que los gabinetes se encuentran limpios y libres de objetos extraños. | | | 1 | |
| 1.22 | El gabinete cumple con el grado IP y con el material de fabricación según su área de trabajo. | Artículo 20 Numeral 23.3 (a) | | 1 | |
| 1.23 | El gabinete está completamente sellado para evitar el ingreso de insectos. | | Sección 373 Numeral 4 | 1 | |
| 1.24 | Verificar la existencia DPS adecuado. | Artículo 20 Numeral 14.1 e) Numeral 14.2 j) | | 1 | En proceso de instalación |
| 1.25 | No se encuentra elementos que no estén en uso. | | | 1 | |

| | | | | | |
|------|--|--------------------------------------|---------------------------|----------|---|
| 1.26 | Verificar que todas las partes externas del gabinete estén puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales identificados con el símbolo de puesta a tierra. | Artículo 20 Numeral 23.1.2 (e) | | 1 | |
| 1.27 | Todos los conductores instalados en el gabinete están conectados a presión o por sujeción de tornillos. | Artículo 20 Numeral 23.1.3 (a) | | 1 | |
| 1.28 | En el gabinete se evidencia el barraje de neutro y tierra aislados. | Artículo 20 Numeral 23.1.3 (d) | | 0 | El barraje de neutro está creado a partir del barraje de tierra. Se recomienda quitar el cable equipotencial entre los dos barrajes |
| 1.29 | En el gabinete se evidencia las instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento. | Artículo 20 Numeral 23.1.4 | | 0 | Situar en el gabinete instrucciones para la correcta manipulación de este |
| 1.30 | Chequear que las aberturas no usadas estén tapadas. | | Sección 373 Numeral 4 | 1 | |
| 1.31 | Verificar el espacio para alambrado y doblado en los gabinetes sea adecuado. | | Sección 373 Numeral 6 | 1 | |
| 1.32 | Verificar que los gabinetes sean adecuados y estén instalados adecuadamente en cualquier lugar húmedo o mojado. | | Sección 373 Numeral 2 | 1 | |
| 1.33 | El gabinete es de fácil acceso y cuenta con las distancias suficientes para maniobra. | | Sección 110 Numeral 16 | 1 | |

| | |
|-------|-----|
| TOTAL | 88% |
|-------|-----|

Tabla 6. Fotos tomadas en la inspección del gabinete principal bombas agua helada recirculación.



Al final de la tabla 5, se observa el puntaje total que obtiene este gabinete, el cual es de un 88% de cumplimiento frente a las normas RETIE y NTC 2050. Este puntaje se saca sumando todos los ítems que cumplen dividido por el número total de ítems en la lista de chequeo. Además en la tabla 6 se logra observar varias fotografías del gabinete cuando se realizó esta inspección.

6.6 Levantamiento de diagramas unifilares

A medida que se iba realizando la inspección y la lista de chequeo de cada uno de los tableros, se comprobaba si los gabinetes contaban con plano eléctrico o diagrama unifilar. Si no lo tenían, se analizaba si el levantamiento de este diagrama no era peligroso y si se podía realizar sin necesidad de desenergizar el totalizador del gabinete. Se levantó el diagrama unifilar de toda la zona de servicios. Estos tableros se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Gabinetes a los que se le levantó el diagrama unifilar.

| Item | Nombre de tablero |
|------|--|
| 1 | Gabinete principal Aire Acondicionado banco |
| 2 | Gabinete potencial compresor de aire |
| 3 | Gabinete de distribución 400 V (ELECSTER) |
| 4 | Gabinete de calderas |
| 5 | Gabinete principal bombas agua helada |
| 6 | Gabinete compresor 9 |
| 7 | Gabinete 19 bombas agua fría |
| 8 | Gabinete torre de enfriamiento N°2 |
| 9 | Gabinete principal bombas agua helada recirculación |
| 10 | Gabinete principal bomba agua fría Aire Acondicionado edificio 4 |
| 11 | Gabinete aire acondicionado laboratorio |
| 12 | Gabinete principal bombas agua potable |
| 13 | Gabinete compresor 7 y 8 |
| 14 | Gabinete principal bombas amoníaco |
| 15 | Gabinete compresor Chiller N°2 |
| 16 | Tablero Aire Acondicionado edificio 4 |
| 17 | Tablero de potencia puertas |

A continuación se muestran en la figura 13 y figura 14 dos de los diagramas unifilares levantados.

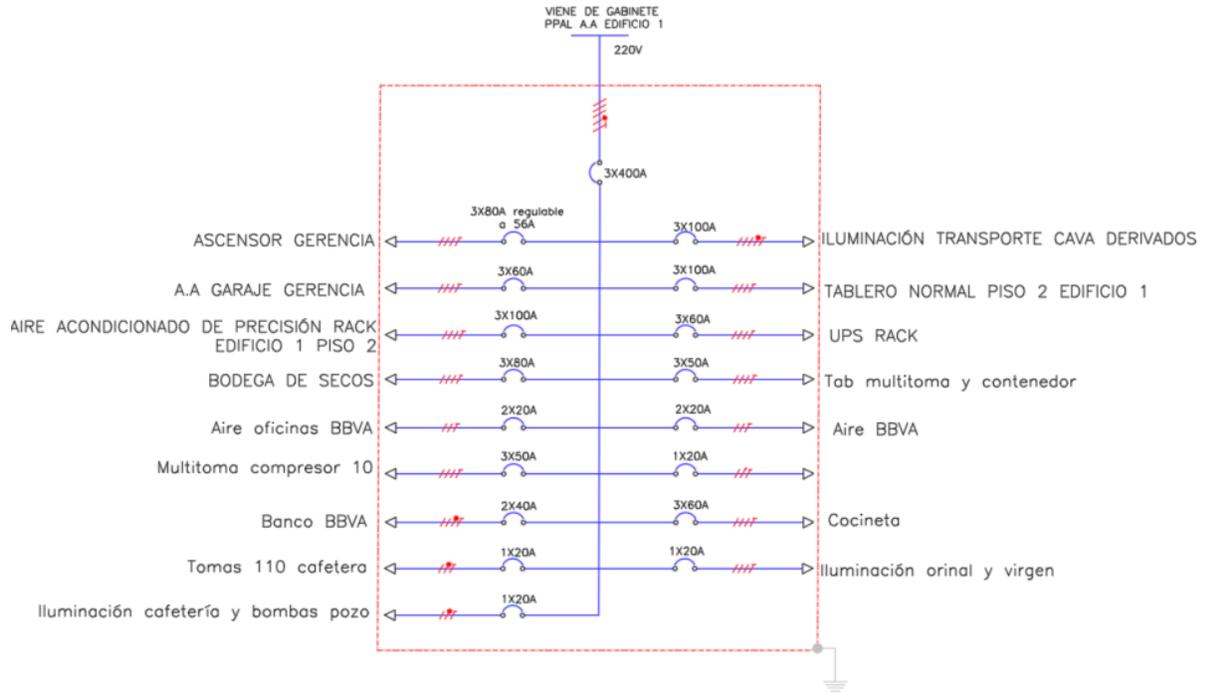


Figura 13. Diagrama unifilar de gabinete principal aire acondicionado banco

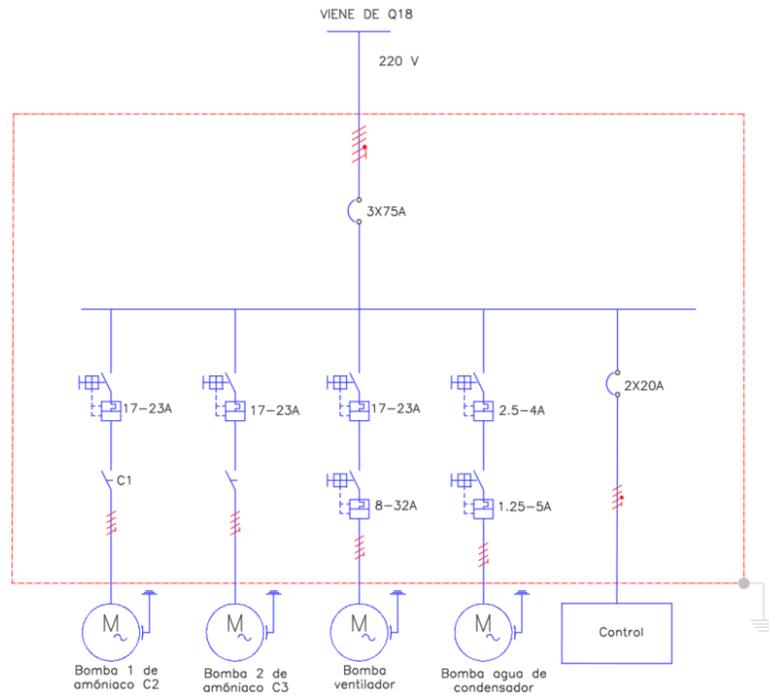


Figura 14. Diagrama unifilar de gabinete principal bombas amoníaco.

6.7 Pedido de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)

Debido a que en el estudio pasado que se hizo en la cooperativa Colanta frente a la inspección de tableros eléctricos, el ítem 1.24 (ver tabla 1) que corresponde a la existencia de DPS adecuado, dio un puntaje tan bajo, se procedió a cotizar con un proveedor el precio y especificaciones de cada uno de los DPS que hacen falta en los gabinetes.

Debido al gran coste de estos dispositivos, se hizo una reunión con el jefe inmediato donde se aprobó un primer pedido de 12 DPS que corresponden a tableros eléctricos del área de servicios. En tabla 8 se logra observar la referencia del DPS comprado, al tablero que se le va a instalar con su ubicación, voltaje, corriente de corto circuito y tipo de sistema.

Además también se hizo el pedido de los demás elementos para llevar a cabo la instalación de estos equipos, como lo son el cableado #8 AWG de color negro para las fases, blanco para el neutro (si lo requiere) y verde para la tierra.

Tabla 8. Pedido de DPS para tableros de zona de servicios

| Tablero o gabinete | DPS utilizado | Voltaje [V] | Icc [kA] | Sistema | Ubicación |
|---|---------------------------|-------------|----------|---------|--------------------------------|
| Tablero compresor chiller 2 (servicios) | VAL-SEC-T2-3C-350-FM | 440 | 10,4 | NPE | Zona de servicios |
| Tablero chiller 1 | VAL-SEC-T2-3C-350-FM | 440 | 10,3 | NPE | |
| Tablero principal bomba agua helada recirculación | VAL-SEC-T2-3C-350-FM | 440 | 11,6 | NPE | |
| Tablero compresores aires 1 y 2 | VAL-SEC-T2-3C-350-FM | 440 | 8,3 | NPE | |
| Tablero bomba agua fría | VAL-SEC-T2-3S-350-FM | 440 | 10 | N+PE | |
| Tablero calderas | VAL-SEC-T2-3S-175-FM | 220 | 9,1 | N+PE | |
| Gabinete torre de enfriamiento # 2 | VAL-SEC-T2-3C-350-FM | 440 | 15,2 | NPE | |
| Gabinete condensador chiller 2 (servicios) | VAL-SEC-T2-3C-350-FM | 440 | 9,9 | NPE | |
| Gabinete 19 Bombas | VAL-SEC-T2-3S-175-FM | 220 | 22 | N+PE | |
| Gabinete control chiller 2 | PLT-SEC-T3-120-FMUT | 110 | 31,3 | L+N+PE | |
| Tablero compresor 10 | FLT-SEC-P-T1-3S-350/25-FM | 440 | 6,7 | N+PE | Cuarto del compresor 10 |
| Tablero aire acondicionado edificio 1 | VAL-SEC-T2-3S-175-FM | 220 | 10,3 | N+PE | |

Otro elemento que se pidió para llevar a cabo la instalación de los DPS, fueron los breakers que deben de llevar cada dispositivo de protección contra sobretensiones. Estos breakers se deben de seleccionar de modo que protejan el cable #8 AWG, por ellos se seleccionan breakers de 40 A y además que cumpla con la corriente de cortocircuito mostrados en la tabla 8. Teniendo en cuenta esos 2 aspectos, se escogieron y se compraron los siguientes breakers mostrados en la tabla 9.

Tabla 9. Pedido de breaker para cada DPS.

| Tablero o gabinete | Referencia de breaker a usar |
|---|--|
| Tablero compresor chiller 2 (servicios) | CVS100 TMD50 35-50A LV510304 |
| Tablero chiller 1 | CVS100 TMD50 35-50A LV510304 |
| Tablero principal bomba agua helada recirculación | CVS100 TMD50 35-50A LV510304 |
| Tablero compresores aires 1 y 2 | EZC100N3040 |
| Tablero bomba agua fría | EZC100N3040 |
| Tablero calderas | EZC100N3040 |
| Gabinete torre de enfriamiento # 2 | CVS100 TMD50 35-50A LV510304 |
| Gabinete condensador chiller 2 (servicios) | EZC100N3040 |
| Gabinete 19 Bombas | EZC100N3040 |
| Gabinete control chiller 2 | Utilizar el breaker que tiene el DPS Transtector que se va a cambiar |
| Tablero compresor 10 | EZC100N3040 |
| Tablero aire acondicionado edificio 1 | EZC100N3040 |

6.8 Matriz de chequeo con la evaluación de todos los gabinetes eléctricos

Al igual que lo plasmado en la tabla 5 y 6, se sigue el mismo procedimiento para la inspección de los tableros eléctricos restantes y se realiza la matriz de chequeo actual al igual que como se hizo matriz anterior vista en la tabla 4.

A continuación en la tabla 10 se muestra un resumen de la matriz de chequeo realizada para los 52 tableros en cuestión.

De igual manera como se analizó la inspección previa, se analiza esta nueva inspección. Se realiza un gráfico donde se observa la evaluación de los 52 tableros analizados actualmente (ver figura 15) donde los tableros que obtuvieron una menor puntuación fue el tablero marcado con el número 12 el cual corresponde al “gabinete de transportador de cava de leche” con una calificación de 58% y el tablero marcado con el número 43 que corresponde al “gabinete 19 bombas agua fría” con una puntuación del 56%.

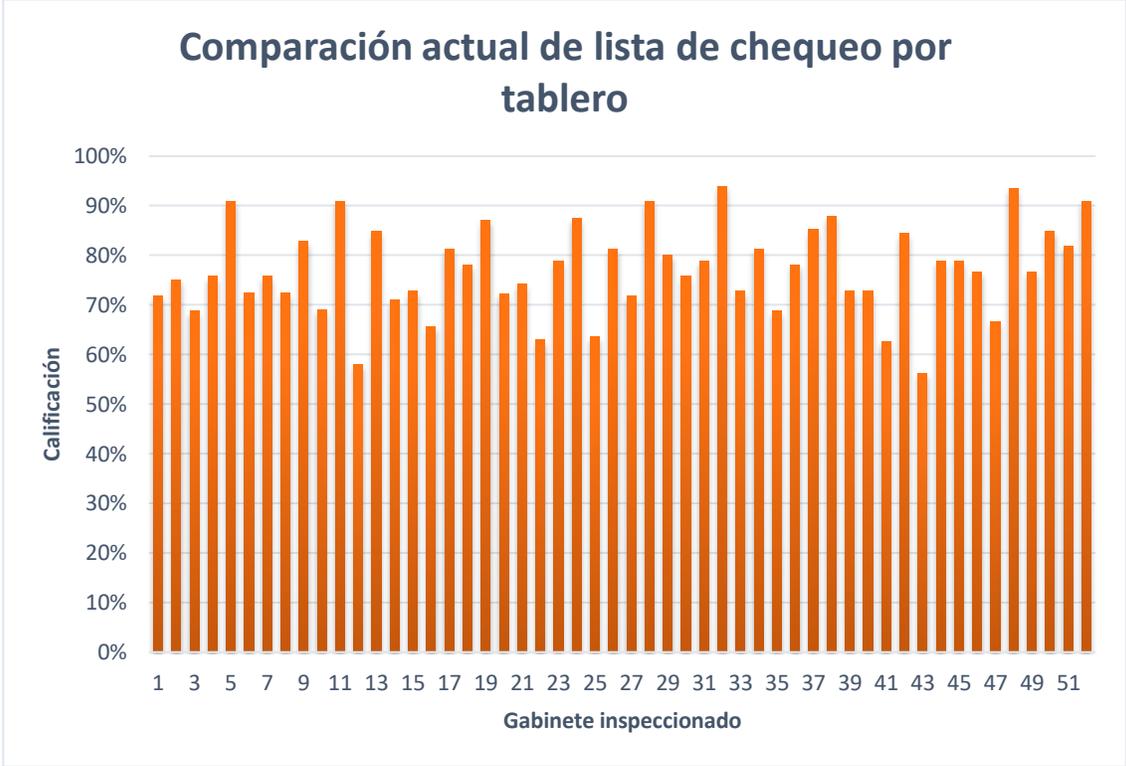


Figura 15. Calificación de los 52 gabinetes inspeccionados actualmente.

En la figura 16, se observa la evaluación o calificación en general de cada ítem de la lista de chequeo, donde se espera que se vean cambios positivos en los ítems intervenidos.

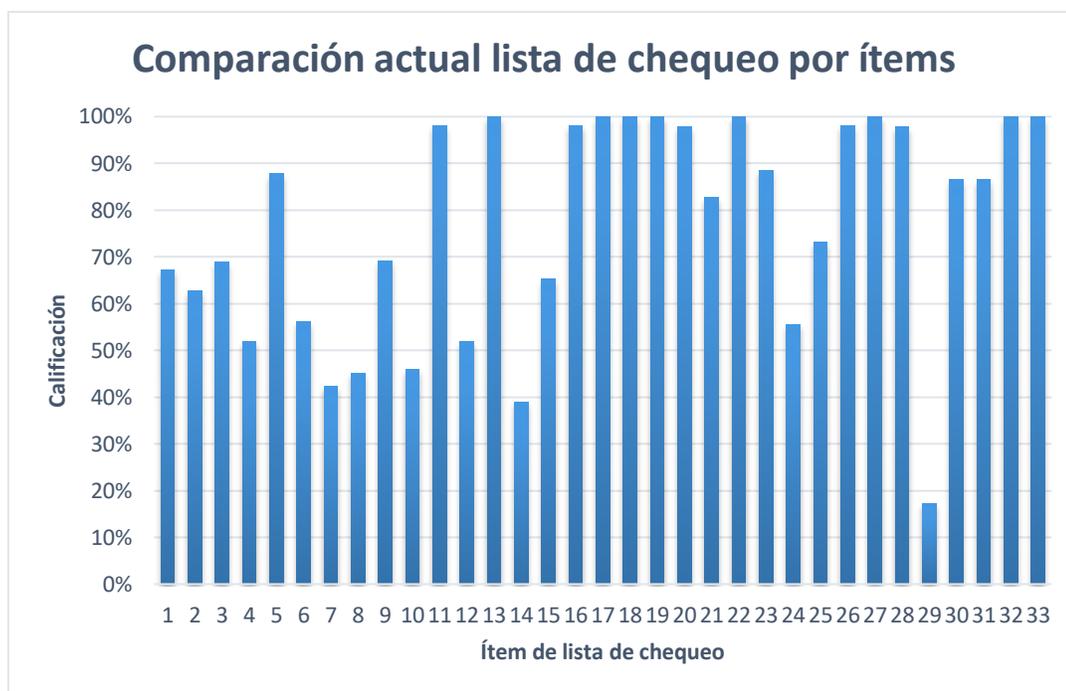


Figura 16. Calificación por ítem de lista de chequeo de los 52 gabinetes inspeccionados actualmente.

6.9 Comparación entre inspección de tableros eléctricos actual y previa

Con el fin de validar las mejoras o intervenciones hechas en los tableros eléctricos en la inspección actual, se realiza la comparación de las calificaciones obtenidas por ítem de la lista de chequeo en las 2 inspecciones que se tienen (la inspección previa con la que se contaba y la inspección realizada recientemente). En la tabla 11 se plasma la comparación estas 2 inspecciones.

Tabla 11. Comparación de inspecciones en tableros eléctricos en dos periodos diferentes

| Ítem | Reporte chequeo de tableros eléctricos | Calificación previa | Calificación actual |
|------|--|---------------------|---------------------|
| 1 | Los gabinetes cuentan con plan de mantenimiento preventivo y predictivo (lista de actividades asociadas) | 94% | 67% |
| 2 | Se dispone de planos eléctricos actualizados en los gabinetes (Diagrama unifilar actualizado) | 2% | 63% |

| | | | |
|----|---|-----|------|
| 3 | Verificar que los gabinetes de distribución tengan adherida de manera clara, permanente y visible, por lo menos la siguiente información: Tensión (es) nominal (es) de operación, Corriente nominal de operación, Número de fases, Número de hilos (incluyendo tierra y neutros), marca registrada del fabricante, el símbolo de riesgo eléctrico, cuadro para identificar los circuitos. | 39% | 69% |
| 4 | El gabinete cuenta con placa de identificación (nombre, código activo) | 57% | 52% |
| 5 | El gabinete está fabricado de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles (cuentan con frente muerto) y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla. | 84% | 88% |
| 6 | La acometida de entrada y salida de la protección principal está identificada de acuerdo al código de colores especificado en la reglamentación legal. | 55% | 56% |
| 7 | El cableado de entradas y salida de los elementos de potencia y control están rotulados. | 37% | 42% |
| 8 | Los elementos de potencia y circuitos eléctricos del gabinete cuentan con sticker de identificación | 25% | 45% |
| 9 | El cableado se observa ordenado o canalizado | 61% | 69% |
| 10 | Las canalizaciones de los conductores de potencia y control cuentan con cubierta de protección y son suficientes | 61% | 46% |
| 11 | Las tubería y canalizaciones se encuentran identificadas por los colores establecidos en las normas internas | 39% | 98% |
| 12 | Las puertas y tapas de los gabinetes disponen de seguros y chapas para permanecer cerrados | 98% | 52% |
| 13 | Se verifica que el equipo se encuentra en posición vertical en un lugar seco y ventilado, protegido de la lluvia, temperaturas extremas y el polvo | 98% | 100% |
| 14 | Los dispositivos de ventilación se encuentran en operación | 24% | 39% |
| 15 | Los filtros de los dispositivos de ventilación se encuentran limpios | 14% | 65% |
| 16 | Los alrededores del gabinete están libres de basura y objetos en desuso que puedan bloquear la apertura de las puertas | 94% | 98% |
| 17 | Se evidencia la ausencia de sulfatación en lo barrajes eléctricos del gabinete | 88% | 100% |
| 18 | Se evidencia la ausencia de sulfatación y cambios de color en los puntos de conexión de las borneras del gabinete | 84% | 100% |
| 19 | Se evidencia la continuidad de los conductores de tierra de los diferentes circuitos del gabinete en el calibre adecuado | 80% | 100% |
| 20 | Se verifica que el totalizador sea adecuado de acuerdo a cargas conectadas | 82% | 98% |
| 21 | Se evidencia que los gabinetes se encuentran limpios y libres de objetos extraños | 76% | 83% |

| | | | |
|----|---|------------|------------|
| 22 | El gabinete cumple con el grado IP y con el material de fabricación según su área de trabajo | 96% | 100% |
| 23 | El gabinete está completamente sellado para evitar el ingreso de insectos | 92% | 88% |
| 24 | Verificar la existencia DPS adecuado | 27% | 56% |
| 25 | No se encuentra elemento que no estén en uso | 71% | 73% |
| 26 | Verificar que todas las partes externas del gabinete estén puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales identificados con el símbolo de puesta a tierra | 76% | 98% |
| 27 | Todos los conductores instalados en el gabinete están conectados a presión o por sujeción de tornillos | 90% | 100% |
| 28 | En el gabinete se evidencia el barraje de neutro y tierra aislados | 65% | 98% |
| 29 | En el gabinete se evidencia las instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento | 2% | 17% |
| 30 | Las aberturas no usadas estén tapadas | 86% | 87% |
| 31 | Verificar el espacio para alambrado y doblado en los gabinetes sea adecuado | 75% | 87% |
| 32 | Verificar que los gabinetes sean adecuados y estén instalados adecuadamente en cualquier lugar húmedo o mojado | 88% | 100% |
| 33 | El gabinete es de fácil acceso y cuenta con las distancias suficientes para maniobra | 94% | 100% |
| | Promedio | 65% | 77% |

Como se puede observar en la tabla 11 y como era de esperarse, los ítems intervenidos aumentaron de manera sustancial sus calificaciones. El ítem 2 que corresponde a la existencia del diagrama unifilar en cada tablero, pasó de tener una calificación del 2% al 63% y el ítem 24 que corresponde a la verificación de la existencia de DPS adecuado pasó de un cumplimiento del 27% al 56%. Estos resultados indican lo importante de realizar la inspección a los tableros eléctricos con frecuencia, puesto que se puede analizar cuáles son las mayores falencias para así programar mantenimiento correctivos o intervenciones que logren mejorar sus evaluaciones para así estar cumpliendo con lo que establece el RETIE y la NTC 2050.

También es importante analizar los 2 ítems subrayados en color naranjado. El primero de ellos es el ítem #1, el cual tuvo una decadencia en su porcentaje de calificación. Esto se debe a que en esta inspección, se ingresó al programa de gestión de activos SIMAF y se verificó con cada código de activo de que si contara con las 2 actividades de mantenimiento que deben de tener los gabinetes de la cooperativa Colanta los cuales se pudieron observar en la figura 10 (mantenimiento general a gabinete de potencia e inspección frente a norma RETIE de gabinetes eléctricos). En esta verificación y consulta en el SIMAF se pudo

comprobar de que algunos tableros solo cuentan con la actividad de mantenimiento general a gabinete de potencia, por lo cual a estos tableros se le puso una calificación de cero (no cumple).

El otro ítem subrayado en naranja y que bajó la calificación actual con respecto a la previa que se tenía, es el ítem #12 el cual corresponde a los seguros y chapas de los gabinetes para permanecer cerrados. Acá vale aclarar que durante las inspecciones anteriores, este ítem cumplía si el gabinete tenía una chapa para permanecer cerrado y no importaba si cualquiera persona podía acceder a él, mientras que durante esta inspección y por orden del jefe inmediato, se recurre a que el gabinete cumple con este ítem si el gabinete cuenta con llave propia o con una llave especial para poder abrir la puerta de este. Esto se hace con el objetivo de que solo el personal autorizado tenga acceso a estos elementos de potencia y a su vez cuenten con los elementos de protección personal para manipularlos.

6.10 Asocio de archivos de gabinetes eléctricos al SIMAF

Según lo explicado en el marco teórico de este informe, el aplicativo SIMAF tiene la posibilidad de asociarle archivos a los activos presentes de la cooperativa. Cada gabinete es un activo y cuenta con un código, por lo cual, a cada tablero eléctrico se le asocia la lista de chequeo realizada y si se tiene se le adjunta su diagrama unifilar.

En la figura 17 y figura 18, se puede observar la comprobación del asocio de archivos a algunos gabinetes eléctricos.

Asocio Archivos

Código Activo: 5300132 Descripción: Gabinete de potencia calderas 1 y 2

Planta: Medellín Función: Centralizar elementos de control y potencia para distribuir un voltaje de 440

Selección de archivo a asociar: Ningún archi... seleccionado

Detalle de la imagen:

Tipificar: Fichas

| | Detalle | Archivo Asociado | Tipificación | Ver |
|----------|---------|---|--------------|-----|
| Eliminar | | Diagramas unifilares de tableros planta JPG-Gabinete calderas.pdf | Planos | |
| Eliminar | | Lista de chequeo gabinetes Servicios (1).Xls | Fichas | |

Figura 17. Asocio de archivos a gabinete de calderas.

Asocio archivos a Activos

| | | | | |
|---------------|--|---|-------------|--|
| Código Activo | <input type="text" value="01L03000003-9"/> | Q | Descripción | <input type="text" value="Gabinete eléctrico puertas automáticas"/> |
| Planta | <input type="text" value="Medellin"/> | | Función | <input type="text" value="Centralizar elementos de control y potencia para distribuir una tensión"/> |

Asocio Archivos

Seleccione archivo a asociar Ningún archi... seleccionado

Detalle de la imagen

Tipificar

| | Detalle | Archivo Asociado | Tipificación | Ver |
|----------|---------|--|--------------|-----|
| Eliminar | | Lista de chequeo gabinetes Rack 3.Xls | Fichas | |
| Eliminar | | Diagramas unifilares de tableros planta.JPG-Gab potencia puertas.pdf | Planos | |

Figura 18. Asocio de archivos a gabinete de puertas automáticas.

Este procedimiento se realiza, con el fin de que cualquier personal técnico y profesional de la cooperativa Colanta que requiera de esta información, pueda obtenerla fácilmente y también con el objetivo de llevar una buena trazabilidad con los activos de toda la planta.

6.11 Plano 2D con ubicación de tableros eléctricos

A medida que se iba realizando la inspección de los tableros en campo, se iba marcando en un plano impreso la ubicación de cada uno de los tableros, para luego pasarlos al programa de AutoCAD. Por motivos de confidencialidad de la empresa, el plano con la ubicación de los tableros no se puede adjuntar.

7. Conclusiones

- Como uno de los objetivos del RETIE es garantizar la seguridad de las personas, se debe cumplir con lo establecido en este reglamento de instalaciones eléctricas para que así se prevenga, se minimice o se elimine los riesgos que se pueden presentar de origen eléctrico.
- Cabe resaltar la importancia de realizar y protocolizar listas de chequeos, puesto que es una forma estándar y general para trabajar algún tema en específico y donde todos los colaboradores o trabajadores saben la rutina o pasos que hay que seguir, con el fin de cumplir un mismo objetivo, es decir, con la ayuda de una lista de chequeo, cualquier persona con conocimientos básicos en el tema, puede realizar la inspección para evaluar en qué estado se encuentra el gabinete eléctrico mientras que si por el contrario no existiera un documento como lo es la lista de chequeo, la evaluación que se realice por cada operario o persona, será de manera subjetiva, ya que, cada persona puede evaluar criterios diferentes, etc.
- El sistema de gestión de activos de la cooperativa lo que pretende es sacarle el mejor provecho a todos los bienes y activos y en este caso en específico a los gabinete eléctricos. Para ello, lo que se requiere plantear son actividades de mantenimiento que ayuden a que el equipo o el activo tenga una vida útil más llevadera y esto se garantiza cumpliendo con los requisitos, indicativos y recomendaciones que nos establece las normas nacionales como lo son el RETIE y la NTC 2050. De igual manera, se debe identificar que fallencias se están teniendo en cualquiera de los activos y proponer planes de acción para así garantizar la mejora continua de todos los elementos que conforma una organización.

8. Referencias Bibliográficas

- [1] «Tableros eléctricos: Gabinetes de control de energía eléctrica - Perú Construye», *Perú Construye*, nov. 16, 2018. <https://peruconstruye.net/2018/11/16/tableros-electricos-gabinetes-de-control-de-energia-electrica/> (accedido nov. 12, 2020).
- [2] Certecnica, «¿Que es Retie?, y porque es obligatoria la NTC2050», *Certecnica*, jul. 17, 2020. <https://certecnica.com/que-es-retie/> (accedido nov. 12, 2020).
- [3] «REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)», n.º 9, p. 211, ago. 2013.
- [4] «NTC 2050 | instalacioneselectricasmdmr», <https://instalacioneselectricasmdmr.wordpress.com/2014/06/10/ntc-2050/> (accedido nov. 12, 2020).
- [5] «Check list / Listas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo? : PDCA Home». <https://www.pdcahome.com/check-list/> (accedido nov. 12, 2020).
- [6] «Diagrama unifilar | | Revista eléctrica», sep. 01, 2019. <https://electronica.mx/diagrama-unifilar/> (accedido nov. 12, 2020).
- [7] «Protector de sobretensión», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. jun. 26, 2020, Accedido: nov. 12, 2020. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Protector_de_sobretensi%C3%B3n&oldid=127260824.
- [8] «¿Qué es un estudio de cortocircuito y qué beneficios ofrece a una compañía?», *Tecsa*, jun. 19, 2020. <https://www.tecsagro.com.mx/blog/que-es-un-estudio-de-cortocircuito/> (accedido nov. 12, 2020).
- [9] «¿Cuál es la utilidad de un estudio de coordinación de protecciones eléctricas?», *Radthink S.A. de C.V.*, oct. 25, 2019. <https://radthink.com.mx/cual-es-la-utilidad-de-un-estudio-de-coordinacion-de-protecciones-electricas/> (accedido nov. 12, 2020).
- [10] «Estudios de Arco Eléctrico, lo que tienes que saber.», *Radthink S.A. de C.V.*, oct. 14, 2019. <https://radthink.com.mx/estudios-de-arco-electrico-arc-flash-lo-que-tienes-que-saber/> (accedido nov. 12, 2020).

9. Anexos

ANEXO 1. Ver documento “ANEXO 1. Listas de chequeo actuales 2021-1 gabinete de calderas”

.....