



## **Diseño de servicios auxiliares en subestaciones eléctricas de alta tensión**

Santiago Suárez Atehortúa

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Eléctrico

Asesor

Álvaro Jaramillo Duque, Doctor (PhD) en Ingeniería Eléctrica

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Eléctrica  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2022

Cita	Suárez Atehortúa [1]
<b>Referencia</b>	[1] S. Suárez Atehortúa, “Diseño de servicios auxiliares en subestaciones eléctricas de alta tensión”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. OBJETIVOS .....	12
A. Objetivo general .....	12
B. Objetivos específicos .....	12
III. MARCO TEÓRICO .....	12
a. Batería .....	13
b. Cargas esenciales.....	13
c. Cargas no esenciales.....	13
d. Rectificador/cargador de batería .....	14
e. Circuitos de disparo.....	14
f. Circuitos de cierre .....	14
g. Equipos de protección .....	14
h. Equipos de supervisión.....	14
i. Diagrama unifilar .....	14
j. Diagrama de principio.....	15
k. Listado de señales.....	15
IV. METODOLOGÍA .....	16
V. RESULTADOS .....	17
A. Normativa y recopilación de información.....	17
a. Configuraciones de corriente alterna .....	18
b. Configuraciones de corriente continua .....	21
c. Configuraciones de corriente alterna regulada .....	23

d.	Tensiones normalizadas del sistema de servicios auxiliares .....	24
e.	Cargas típicas en el sistema de servicios auxiliares .....	25
B.	Acercamiento al Software .....	27
C.	Correcciones a proyectos de diseño .....	32
D.	Diseño de diagramas unifilares .....	39
E.	Diagrama de principio: .....	53
a.	Secuencia de cierre: .....	55
b.	Secuencia de apertura: .....	57
F.	Listado de señales: .....	58
a.	Tablero de transferencia .....	59
b.	Tablero de alimentación circuitos no esenciales corriente alterna .....	60
c.	Tablero de alimentación circuitos esenciales corriente alterna .....	61
d.	Tablero de alimentación circuitos de corriente continua.....	62
e.	Tablero de corriente continua .....	63
G.	Ingeniería de detalle de servicios auxiliares.....	66
VI.	ANÁLISIS .....	76
VII.	CONCLUSIONES .....	77
	REFERENCIAS .....	78

## LISTA DE TABLAS

TABLA I TENSIÓN EN DC (IEC) .....	24
TABLA II TENSIÓN EN AC (ANSI).....	25
TABLA III TENSIÓN EN AC.....	25
TABLA IV CARGAS TÍPICAS NO ESENCIALES AC.....	26
TABLA V CARGAS TÍPICAS ESENCIALES AC.....	26
TABLA VI CARGAS TÍPICAS REGULADAS AC .....	26
TABLA VII CARGAS TÍPICAS DC .....	27
TABLA VIII CARGAS TÍPICAS DC.....	32
TABLA IX CARGAS ESENCIALES SE1 .....	42
TABLA X AJUSTES DE CARGAS ESENCIALES SE1 .....	45
TABLA XI TABLERO DE SSAA =TDSA+TSE .....	59
TABLA XII TABLERO DE SSAA =TDSA+TCA1 .....	61
TABLA XIII TABLERO DE SSAA =TDSA+TCA2.....	62
TABLA XIV TABLERO DE SSAA =TDSA+TCC1.....	63
TABLA XV TABLERO DE SSAA =TDSA+TCC2 .....	64
TABLA XVI TABLERO DE SSAA =TDSA+TUAP .....	64
TABLA XVII TABLERO DE SSAA =TDSA+CB1 .....	64
TABLA XVIII TABLERO DE SSAA =TDSA+CB2 .....	65
TABLA XIX TABLERO DE SSAA =TDSA+GEN .....	65
TABLA XX TABLERO DE SSAA =TDSA+BB1 .....	65
TABLA XXI TABLERO DE SSAA =TDSA+BB2 .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Barraje sencillo con un alimentador [10].....	18
Fig. 2. Barras acopladas con un solo alimentador [10] .....	19
Fig. 3. Barras acopladas con dos alimentadores [10].....	20
Fig. 4. Barras acopladas con dos alimentadores y dos grupos electrógenos [10] .....	21
Fig. 6. Un cargador y un banco de baterías con una barra de distribución [10].....	22
Fig. 7. Barraje de distribución seccionado con dos cargadores [10].....	22
Fig. 8. Inversor simple [10].....	23
Fig. 9. Doble inversor [10] .....	24
Fig. 10. Interfaz del software ELCAD .....	28
Fig. 11. Sistema referencias cruzadas de ELCAD .....	28
Fig. 12. Listado de multiconductores .....	29
Fig. 13. Listado de bornes .....	29
Fig. 14. Listado de equipos generales .....	30
Fig. 15. Equipos de medida.....	30
Fig. 16. Estandarización de la información en el software .....	31
Fig. 17. Designación de equipos .....	31
Fig. 18. Verificación alimentación de equipos de control y medida.....	33
Fig. 19. Ajustes de alimentación de equipos de control y medida .....	34
Fig. 20. Envío señal de alimentación de entradas digitales.....	34
Fig. 21. Recepción señal de alimentación a lógica de posicionamiento de interruptor .....	35
Fig. 22. Envío de señal de posición de interruptor.....	35
Fig. 23. Recepción de señal de posición a controlador de SSAA .....	36
Fig. 24. Asignación o modificación de cargas .....	37
Fig. 25. Ajuste de asignación o modificación de cargas .....	37
Fig. 26. Verificación de lógicas cableadas para el funcionamiento de los interruptores .....	38
Fig. 27. Ajuste de lógicas cableadas para el funcionamiento de los interruptores.....	39
Fig. 28. Bosquejo topología antigua sistema de servicios auxiliares SE1 .....	41
Fig. 29. Tablero cargas esenciales SE1 .....	42
Fig. 30. Tablero de circuitos esenciales SE1 primera versión .....	44

Fig. 31. Circuito de cargas esenciales SE1 segunda versión.....	45
Fig. 32. Tablero de circuitos no esenciales SE1 primera versión .....	47
Fig. 33. Circuito de alimentación de cargas no esenciales SE1 segunda versión .....	48
Fig. 34. Tablero de alimentación cargas reguladas SE1 primera versión .....	49
Fig. 35. Tablero de alimentación de cargas reguladas SE1 segunda versión .....	50
Fig. 36. Tableros de alimentación de corriente continua SE1 primera versión .....	51
Fig. 37. Tableros de alimentación de corriente continua SE1 segunda versión.....	52
Fig. 38. Bosquejo topología sistema de servicios auxiliares SE1 .....	53
Fig. 39. Diagrama unifilar SE2 .....	55
Fig. 40. Secuencia de cierre interruptor Q01 .....	56
Fig. 41. Secuencia de apertura interruptor Q01 .....	57
Fig. 42. Diagrama unifilar tablero TDSA+TSE .....	59
Fig. 43. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCA1 .....	60
Fig. 44. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCA2 .....	61
Fig. 45. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCC1 .....	62
Fig. 46. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCC2 .....	63
Fig. 47. Barrajes de alimentación SE2 .....	67
Fig. 48. Barraje de distribución.....	68
Fig. 49. Señales de estado y alarma de equipos .....	69
Fig. 50. Entradas controlador de SSAA .....	70
Fig. 51. Lógica cableada .....	71
Fig. 52. Alimentación equipos de control .....	72
Fig. 53. Equipos de medida.....	73
Fig. 54. Equipos de comunicaciones de fibra óptica.....	74
Fig. 55. Listado de materiales .....	75

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>BT</b>	Baja Tensión.
<b>DC</b>	Direct current.
<b>CA</b>	Alternating current.
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission.
<b>IED</b>	Intelligent electronic device.
<b>SSAA</b>	Sistema de servicios auxiliares.
<b>SE</b>	Subestaciones eléctricas.
<b>IHM</b>	Interfaz hombre máquina.



---

## RESUMEN

INGEMA S.A. es una empresa de ingeniería y desarrollo de proyectos, que se centra en el diseño, suministro, construcción, montaje, pruebas y puesta en servicio, mantenimiento, consultoría e interventoría de infraestructura eléctrica.

La línea de la empresa en la que se desarrolló el siguiente proyecto es la ingeniería secundaria, enfocado al diseño de los servicios auxiliares en subestaciones eléctricas, en el que se dio apoyo a tareas de diseño de subestaciones eléctricas en el área de ingeniería.

Se dará a conocer cómo se realizaron correcciones a proyectos construidos. Además, los requerimientos para realizar la ingeniería de detalle, analizando los diagramas unifilares de servicios auxiliares para realizar mejoras en el diseño de estos. Se realizaron diagramas de principio que son necesarios para diseñar la lógica cableada de los equipos de protección que conforman el sistema. Luego se estudiaron las señales para el control, de acuerdo con las necesidades de los equipos a instalar para poner en funcionamiento de forma efectiva el controlador.

Lo anterior se realizó progresivamente, empezando por tareas que aumentaron de dificultad conforme se adquiría conocimiento hasta llegar a realizar la ingeniería de detalle de proyectos que se dispusieron para realizar en INGEMA S.A.

***Palabras clave* — Ingeniería secundaria, subestaciones eléctricas, servicios auxiliares, diseño, sistema, señales.**

## ABSTRACT

INGEMA S.A. is an engineering and project development company focused on the design, supply, construction, assembly, testing and commissioning, maintenance, consulting and auditing of electrical infrastructure.

The line of the company in which the following project was developed is secondary engineering, focused on the design of auxiliary services in electrical substations, in which support was given to design tasks of electrical substations in the engineering area.

It will be shown how corrections were made to constructed projects. In addition, the requirements to perform detailed engineering, analyzing the single-line diagrams of auxiliary services to improve their design. Principle diagrams were made, which are necessary to design the wired logic of the protection equipment that make up the system. Then the control signals were studied, according to the needs of the equipment to be installed in order to effectively operate the controller.

This was done progressively, starting with tasks that increased in difficulty as knowledge was acquired until the detailed engineering of projects that were provided to be developed in INGEMA S.A.

***Keywords*** — **Secondary engineering, electrical substations, auxiliary services, design, system, signals.**

## I. INTRODUCCIÓN

Los servicios auxiliares son el conjunto de equipos que alimentan las cargas de Baja Tensión (BT) en Corriente Directa (DC) y Corriente Alterna (AC) para el funcionamiento de una subestación; estos equipos son: el transformador de servicios auxiliares, el rectificador/cargador de baterías, los tableros de distribución, protecciones, baterías, entre otros. Este conjunto de equipos debe garantizar que, ante diferentes condiciones de falla u operación, existan las fuentes de alimentación de energía necesarias para que la subestación pueda mantener su funcionamiento y operar de forma adecuada. La confiabilidad y continuidad del suministro energético del sistema de servicios auxiliares depende de la configuración de los equipos que lo conforman; así como las fuentes de alimentación y naturaleza de estas. Este sistema debe tener una confiabilidad mayor que la confiabilidad de los equipos de potencia. Además, debe ser flexible ante diferentes cambios de topología y permitir el crecimiento de la subestación sin tener cambios significativos.

Cada uno de los sistemas de alimentación de DC y AC, en los servicios auxiliares, posee diferentes configuraciones y grados de confiabilidad. Lo anterior depende de las cargas a las cuales se le deben suministrar energía, su relevancia dentro de la operación de la subestación, la importancia de la subestación en el sistema eléctrico, el presupuesto de instalación, el tiempo fuera de servicio por fallo o el mantenimiento, entre otros.

Los equipos que conforman el sistema de servicios auxiliares, deben estar dentro de los reglamentos y normas establecidas (RETIE, IEC, ANSI, IEEE, NTC), su instalación y topología debe tener equilibrio entre una buena confiabilidad y los recursos de financiación para su implementación. Por lo anterior, cada uno de los componentes de servicios auxiliares como: el transformador de servicios auxiliares, el rectificador/cargador de baterías, los tableros de distribución, las protecciones y baterías deben estar implementados correctamente en el sistema, para garantizar la operación de la subestación.

Es importante diseñar de forma adecuada el Sistema de servicios auxiliares (SSAA) con los equipos, la disposición de los mismos, protecciones, cargas presentes y futuras; teniendo en cuenta los requerimientos del sistema y requerimientos de los clientes, para tener las condiciones necesarias para la operación de la subestación. Para el diseño se requiere realizar: diagramas unifilares, diagramas de principio, señales necesarias de control y funcionamiento, como la realización de detalle del SSAA. Siendo estos, el resultado esperado de este proyecto de semestre de industria.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Apoyar las tareas de diseño de subestaciones eléctricas de los servicios auxiliares en el área de ingeniería ejecutadas por INGEMA S.A.

### *B. Objetivos específicos*

- Corregir diseños realizados de subestaciones eléctricas, según las especificaciones y observaciones que se hayan realizado por ingenieros en campo.
- Analizar la normativa vigente y relativa al diseño de servicios auxiliares y determinar los aspectos más relevantes para implementarlos en los proyectos que se realicen en la empresa.
- Realizar correcciones o mejoras de los diagramas unifilares realizados en el diseño de servicios auxiliares.
- Realizar diagramas de principio de subestaciones a las cuales se les está realizando el diseño de servicios auxiliares.
- Listar señales necesarias para el control de servicios auxiliares de acuerdo a los equipos instalados.
- Realizar la ingeniería de detalle de los proyectos de ingeniería que se dispongan en INGEMA. S.A.

## III. MARCO TEÓRICO

El sistema eléctrico está constituido por conjuntos de equipos e instalaciones necesarias para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Es necesario disponer de instalaciones con diferentes configuraciones para modificar y establecer los niveles de tensión de forma segura, estable y que permitan interconectar diferentes nodos de generación o consumo en el sistema.

Las Subestaciones Eléctricas (SE), hacen parte de las instalaciones en los sistemas eléctricos, las cuales poseen diferentes configuraciones de acuerdo a las necesidades que se

requieran, variando la confiabilidad, facilidad de expansión de las mismas, modos de operación y costos de implementación [1].

Cada equipo de potencia que conforma una subestación, debe tener una fuente de energía para su correcto funcionamiento, además, de protección, control y supervisión. Para esto, se emplean diferentes componentes y configuraciones secundarias que constituyen los servicios auxiliares, siendo imprescindibles para la operación de los equipos de potencia o también llamados equipos de patio al garantizar la calidad del suministro energético [2].

El objetivo principal de los servicios auxiliares es tener el control de la subestación, proveer la alimentación a circuitos de disparo, circuitos de cierre, equipos de protección, sistemas de refrigeración, aire acondicionado y equipos de supervisión.

Para realizar el diseño de servicios auxiliares en SE es necesario comprender aspectos técnicos que deben de ser aclarados para poder entender la información contenida en este informe de práctica. A continuación, se detalla cada uno de los conceptos necesarios para el entendimiento del documento presente:

*a. Batería*

Es un dispositivo compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica; este proceso es reversible, almacenando energía química al aplicar energía eléctrica. De esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su potencia y capacidad de almacenar energía [3].

*b. Cargas esenciales*

Cargas de gran importancia a las cuales se les debe garantizar alimentación de manera continua. Dichas cargas están respaldadas por algún tipo de fuente alternativa [4].

*c. Cargas no esenciales*

Cargas que, aunque son importantes se puede prescindir de ellas en un momento de contingencia [4].

*d. Rectificador/cargador de batería*

Es un dispositivo que transforma la AC en DC. Su función es cargar baterías manteniéndolas en condiciones óptimas y al mismo tiempo proporciona alimentación de DC para cargas que lo requieran [5].

*e. Circuitos de disparo*

Son los circuitos que activan la bobina del interruptor de potencia; esta bobina actúa cuando la tensión o corriente monitoreada, no está en el rango permisible de funcionamiento o se le da la señal de apertura y acciona el sistema mecánico del interruptor, generando la apertura del mismo.

*f. Circuitos de cierre*

Son los encargados de energizar la bobina que acciona el mecanismo mecánico de cierre del interruptor de potencia.

*g. Equipos de protección*

Son los encargados de detectar y actuar ante posibles fallas y funcionamiento anormal de un equipo o sistemas de alimentación eléctrica, estos equipos pueden ser relés, disyuntores, descargadores de sobretensiones, fusibles de protección, celdas de protección, etc [6].

*h. Equipos de supervisión*

Son los equipos encargados de supervisar el funcionamiento y estado en el que se encuentran los equipos a los que son asignados [6].

*i. Diagrama unifilar*

Muestra el esquema general, las conexiones e interacciones entre los equipos de potencia y los componentes del sistema de relés. Utiliza una sola línea para representar tres fases. La información se muestra esquemáticamente, además, a todos los equipos y componentes principales se les asigna una identificación única.

Los diagramas unificares deben contener los circuitos de potencia y las cargas de equipos de maniobra, incluyendo medición y protección. Este diagrama debe estar sometido a las especificaciones del cliente para su aprobación antes de iniciar el trazado de los planos [7].

*j. Diagrama de principio*

Representan los esquemas de los diferentes equipos del SSAA de la subestación mediante estructuras lógicas normalizadas, para mostrar de forma estructurada el comportamiento del sistema de control y protección ante cualquier contingencia.

En este diagrama se debe visualizar como se ejecuta la apertura o cierre de los elementos de maniobra que conforman el SSAA cuando se le da orden desde los diferentes niveles.

*k. Listado de señales*

Con la necesidad de automatizar y estandarizar las SE, se expidió la IEC 61850 [8], con esta norma surgió una nueva filosofía de control y protección mediante intercambiabilidad e interoperabilidad. Esto permite que se puedan utilizar equipos de diferentes fabricantes en un sistema eléctrico con interconexión de los mismos, facilitando el intercambio de datos y reemplazo de equipos multimarca.

Esta norma a partir de los niveles de la subestación, estandariza un sistema de comunicación entre los equipos que la conforman con un modelo de información unificado con una jerarquía de nombres y estructuras de datos específicas a usar en los diferentes dispositivos. Además, se define un protocolo de comunicaciones y una funcionalidad común con un lenguaje acordado para todos los equipos del sistema. Asimismo, se establece un formato de fichero de configuración y un conjunto de formatos para facilitar las tareas de automatización y configuración [9].

#### IV. METODOLOGÍA

Para la realización del diseño de servicios auxiliares se hicieron las siguientes actividades con el fin de entender cómo funciona el sistema y los requerimientos para su diseño. A continuación, se listan las actividades realizadas:

- A.* Identificar y estudiar la normativa para el diseño de servicios auxiliares. Además, recopilar información acerca de las diferentes topologías de servicios auxiliares en SE mediante la revisión bibliográfica de artículos y literatura especializada.
- B.* Realizar un acercamiento al software de diseño de planos eléctricos ELCAD en el cual se desarrollarán las actividades de ingeniería de detalle de subestaciones eléctricas.
- C.* Desarrollar correcciones a diseños de servicios auxiliares que se han implementado en campo.
- D.* Examinar diseños de diagramas unifilares para mejorar o corregir su respectivo diseño.
- E.* Realizar diagramas de principio de sistemas de servicios auxiliares según las necesidades de operación de la subestación.
- F.* Listar las señales necesarias que requiere el controlador de servicios auxiliares teniendo en cuenta las necesidades de los equipos que conforman el sistema.
- G.* Realizar la ingeniería de detalle de servicios auxiliares de los proyectos que se dispongan en la empresa.



## V. RESULTADOS

### A. Normativa y recopilación de información

El diseño de los sistemas de SSAA está regido por la IEC 60617-SN:2007 para el diseño del trazado de planos y diagramas de principio, además de la IEC 61850 para el estándar de automatización de subestaciones que es necesario para el intercambio de información de las señales que requieren los equipos de la SE.

El diseño se enfatiza según las cargas esenciales y no esenciales que requiera la subestación, se debe tener en cuenta la redundancia necesaria en la misma para aumentar el nivel de seguridad en el suministro eléctrico de cada uno de los equipos que la conforma.

El sistema de alimentación de los servicios auxiliares se toma de niveles de media tensión de corriente alterna, a su vez, estos dependen del nivel de confiabilidad y ubicación de la subestación en el sistema eléctrico. Es necesario proyectar las fuentes de alimentación disponibles antes de realizar el diseño de servicios auxiliares.

Estas pueden ser:

- Devanados terciarios de transformadores de potencia.
- Líneas de distribución energética.
- Transformador reductor.
- Grupo electrógeno.

Con las fuentes de alimentación definidas, se esclarece la configuración para mantener las cargas de la subestación con suministro energético. Hay diferentes configuraciones según el nivel de confiabilidad requerido de los servicios auxiliares:

- Esquema radial simple y un solo alimentador.
- Esquema radial doble.
- Esquema con alimentador de reserva.

Cada uno de los equipos que conforma una subestación requiere de servicios auxiliares y su sistema de alimentación puede ser en AC o DC.

Hay configuraciones de suministro energético como:

*a. Configuraciones de corriente alterna*

El barraje sencillo con alimentador mostrado en la Fig. 1 posee una barra que está energizada por un alimentador y un grupo electrógeno, pero no posee seccionador en la barra, por tal motivo tiene enclavamiento entre los interruptores del alimentador y el grupo electrógeno.

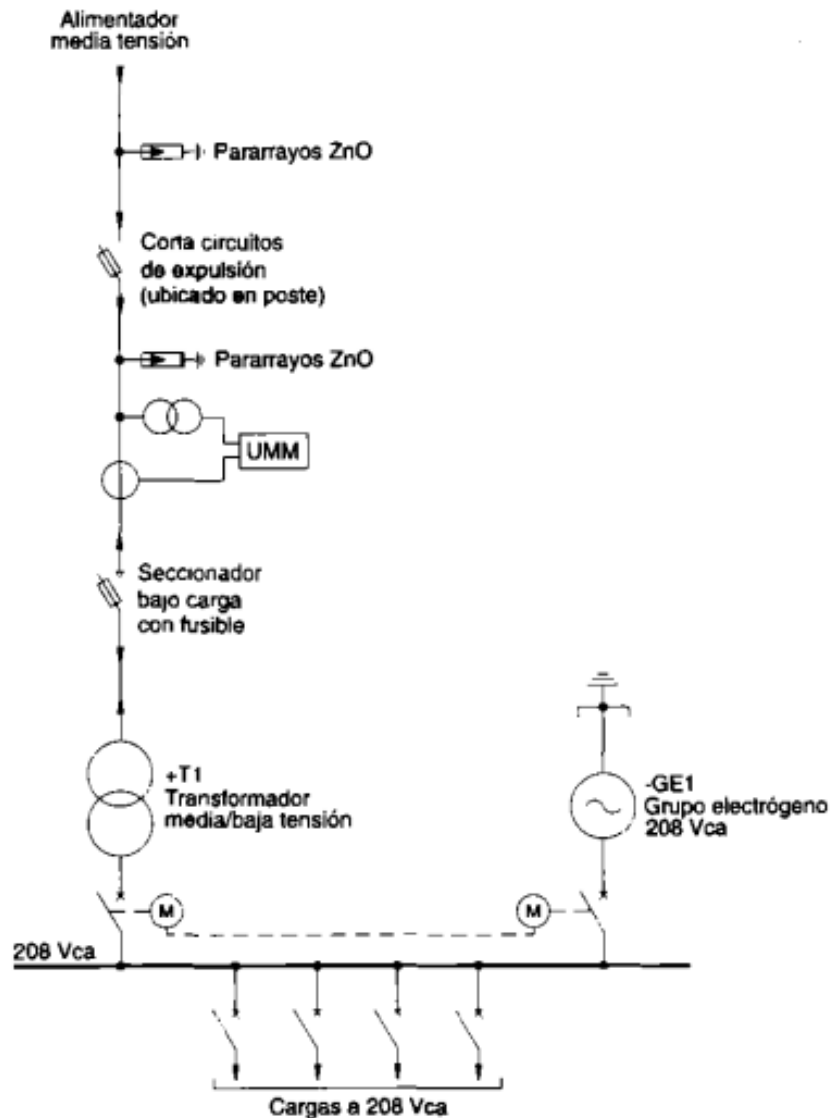


Fig. 1. Barraje sencillo con un alimentador [10]

Otra configuración es la barra acoplada con un solo alimentador, en donde se tiene seccionada la barra de alimentación de las cargas vista en la Fig. 2.

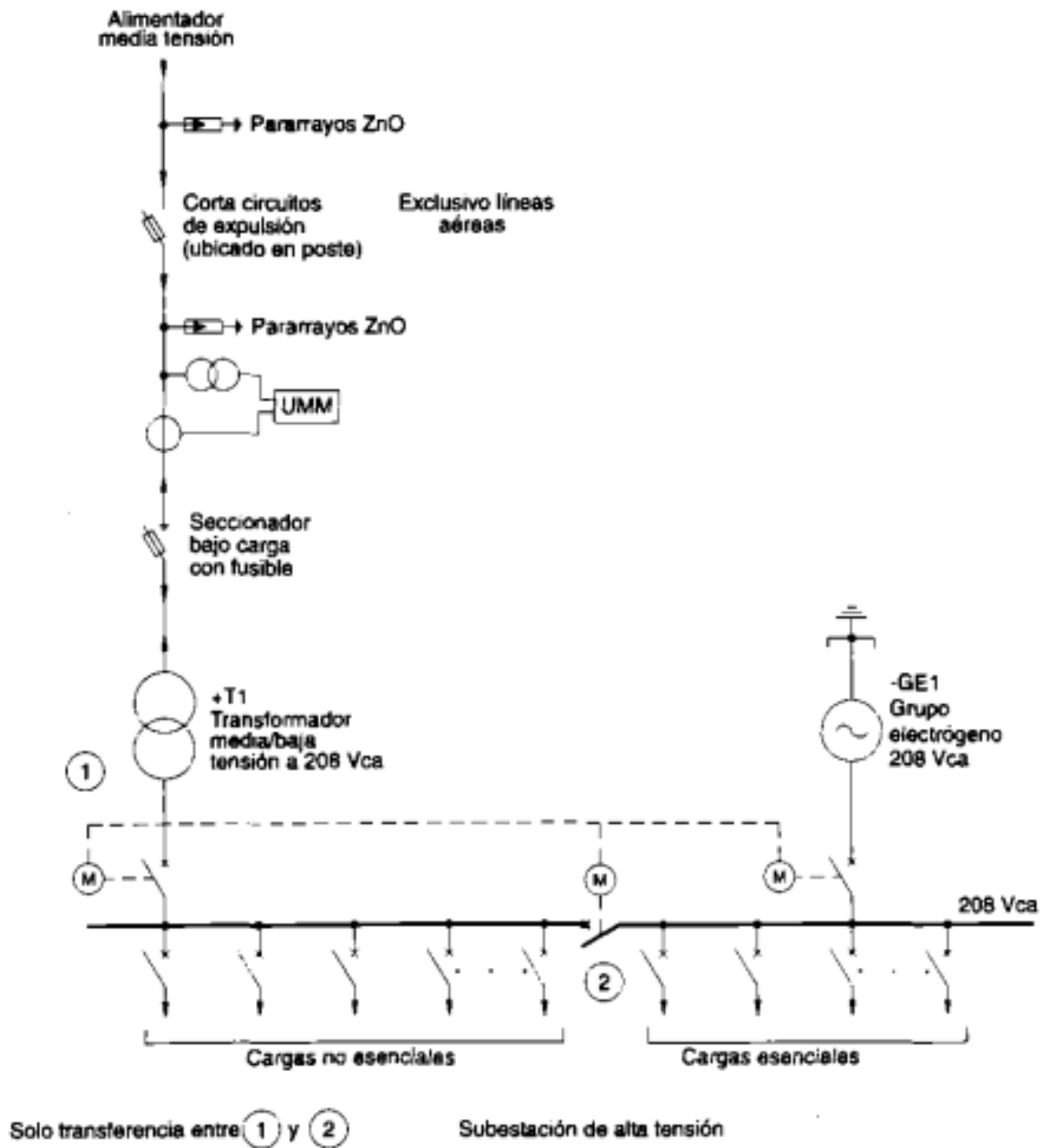


Fig. 2. Barras acopladas con un solo alimentador [10]

Las barras acopladas con dos alimentadores son una disposición más confiable puesto que el suministro energético tiene más redundancia para alimentar las cargas conectadas a las barras, esto se ve en la Fig. 3.

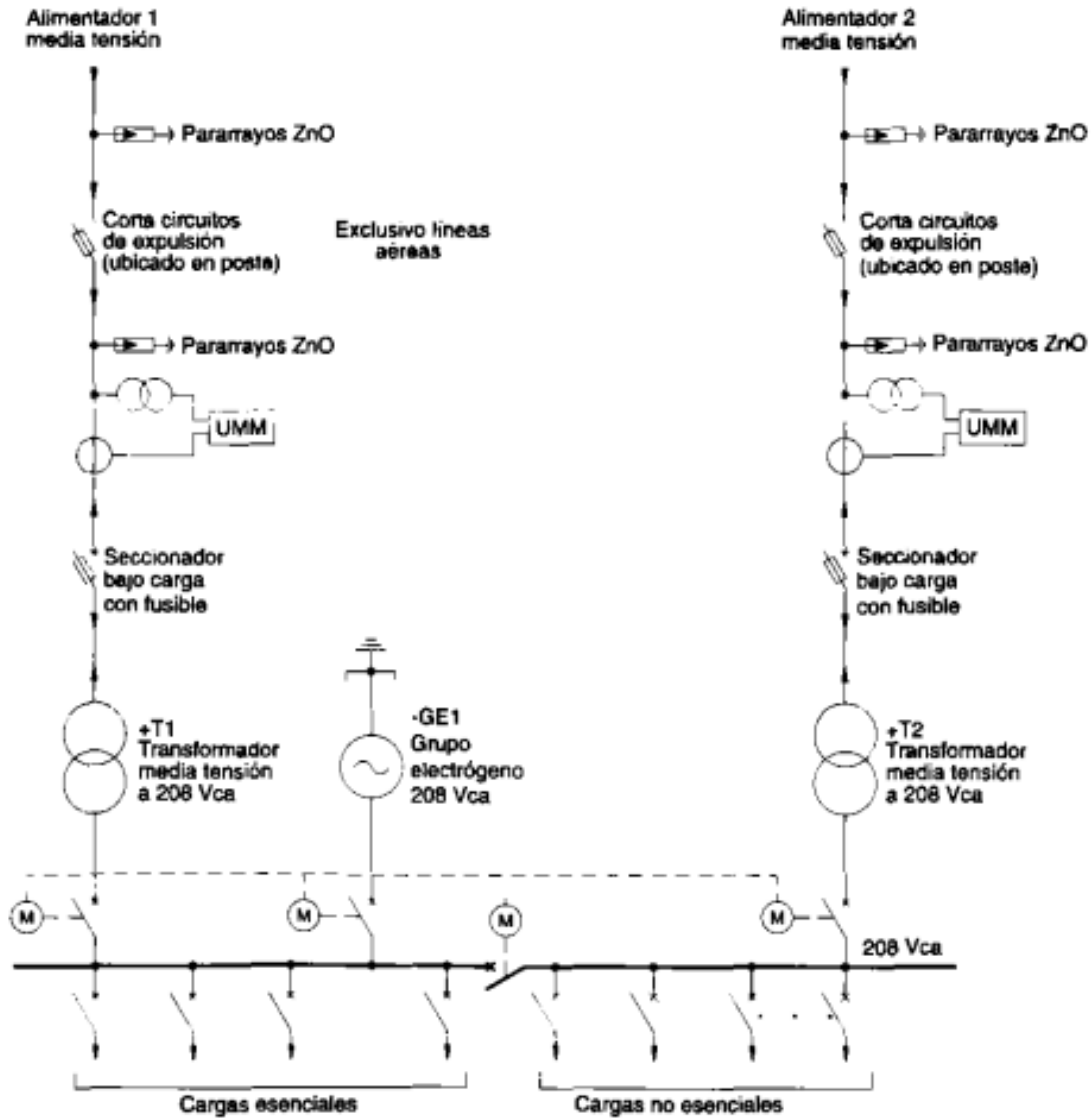


Fig. 3. Barras acopladas con dos alimentadores [10]

También hay configuraciones mucho más seguras con dos grupos electrógenos para evitar posibles interrupciones en el suministro eléctrico visto en la Fig. 4.

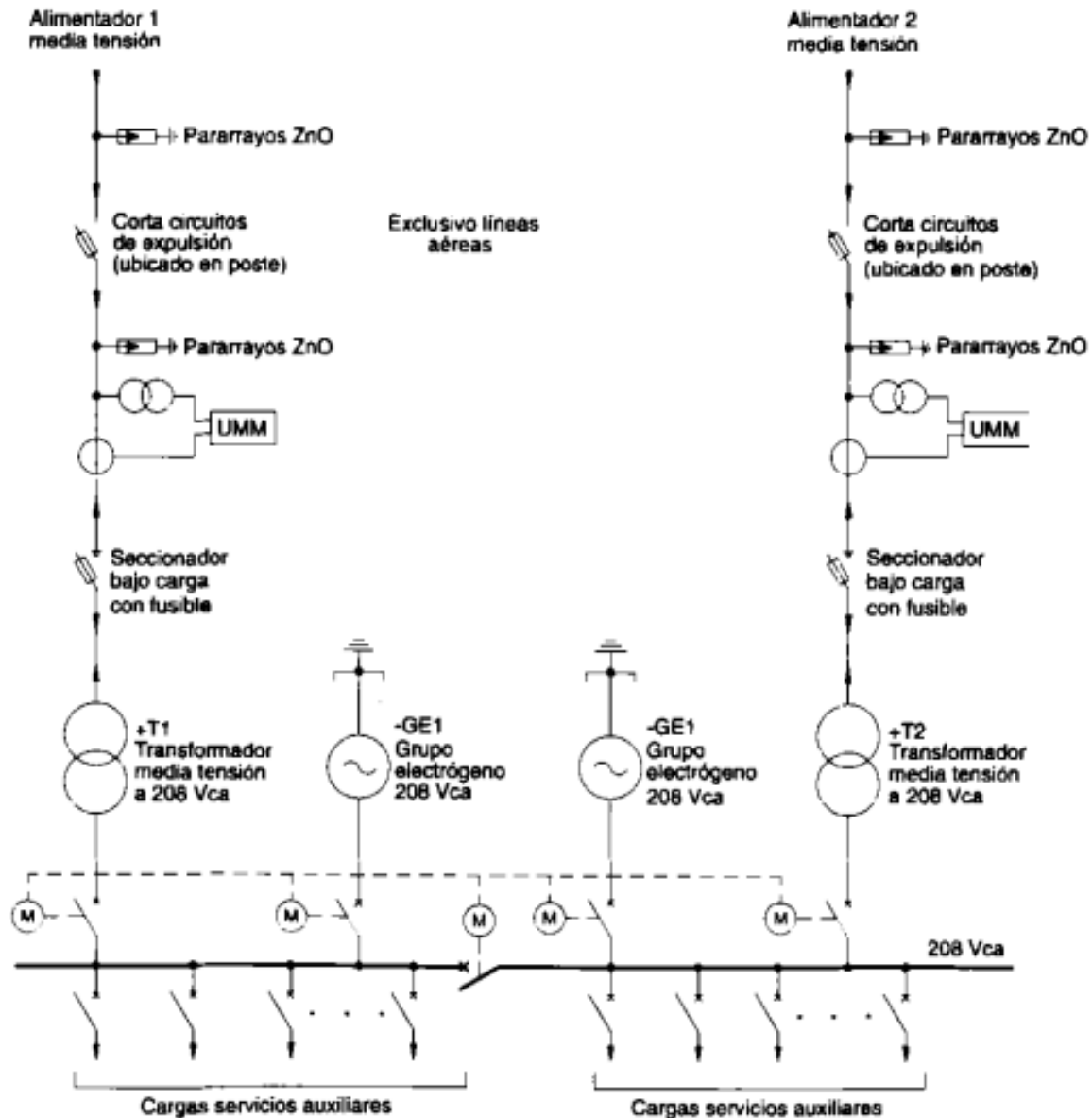


Fig. 4. Barras acopladas con dos alimentadores y dos grupos electrógenos [10]

### b. Configuraciones de corriente continua

En corriente continua se tienen configuraciones de alimentación mediante cargadores de baterías o bancos de baterías como se muestra en las Fig. 5 y Fig. 6. Además, también hay configuraciones que se realizan con conmutadores estáticos vistos en las Fig. 7 y Fig. 8.

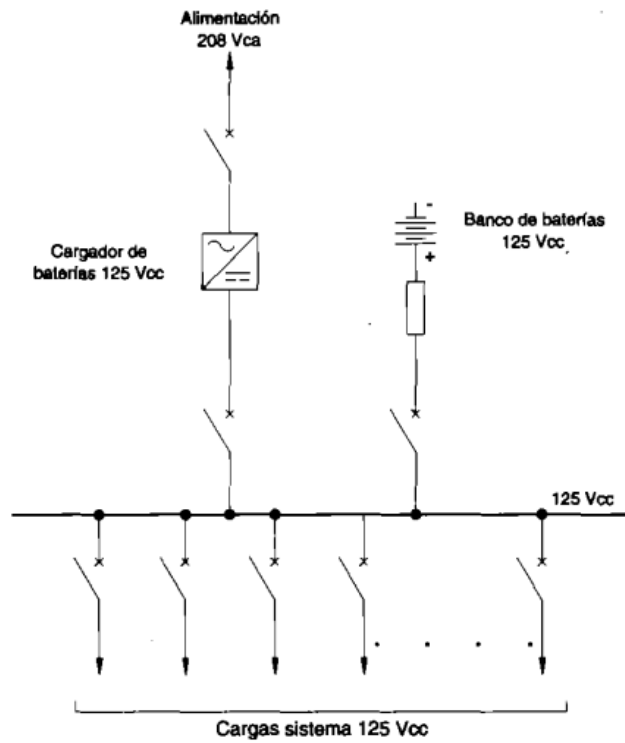


Fig. 5. Un cargador y un banco de baterías con una barra de distribución [10]

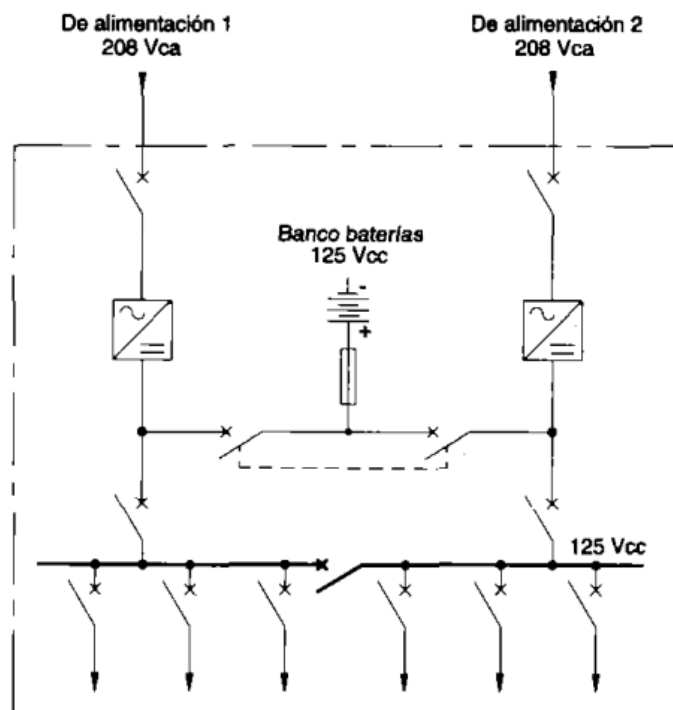


Fig. 6. Barraje de distribución seccionado con dos cargadores [10]

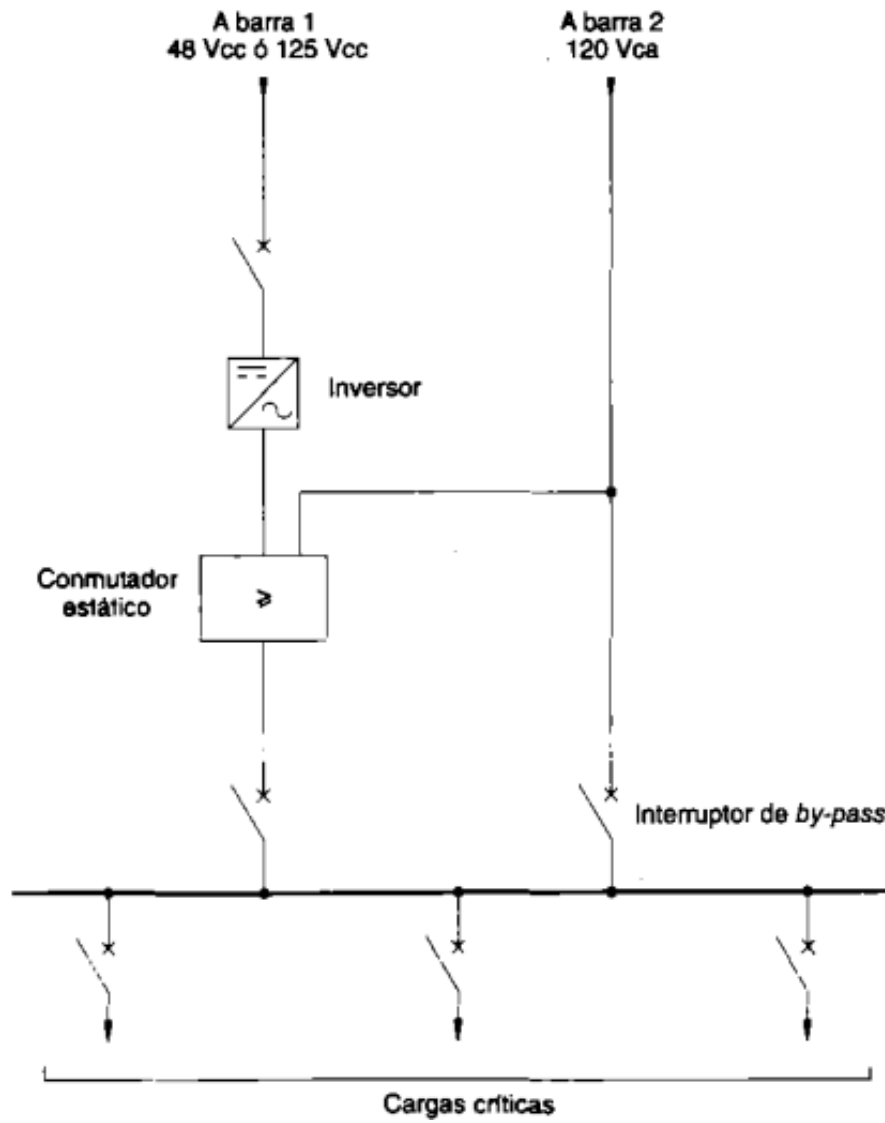
*c. Configuraciones de corriente alterna regulada*

Fig. 7. Inversor simple [10]

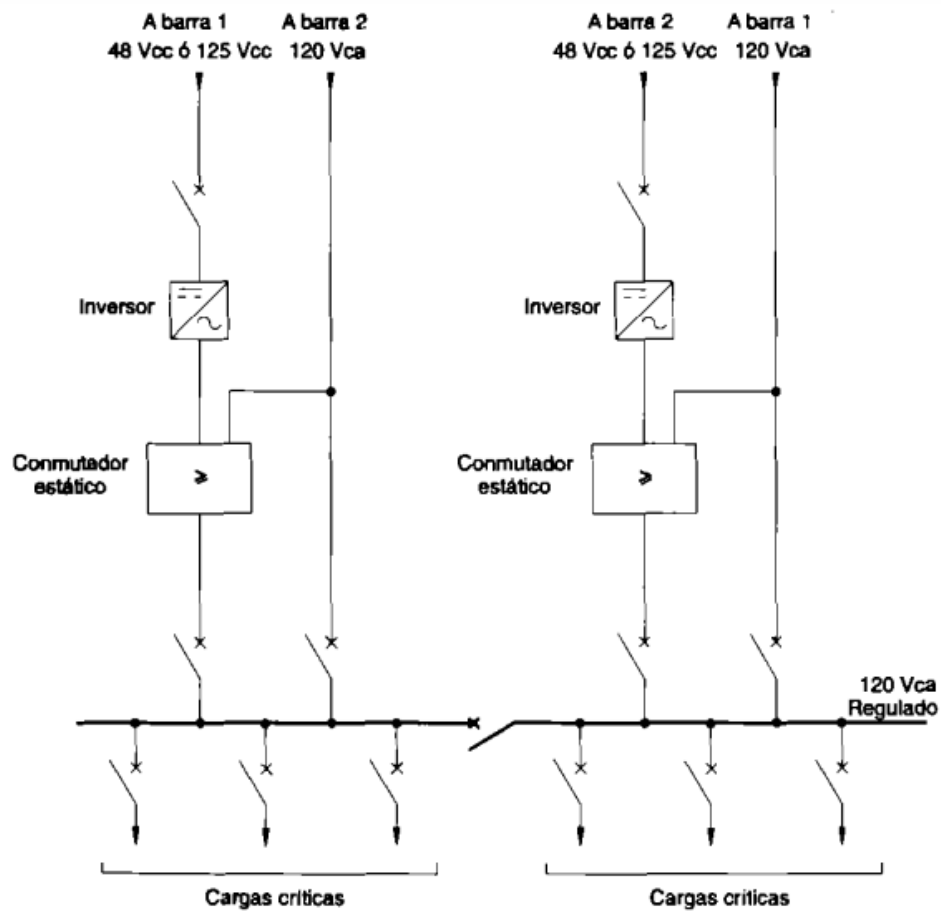


Fig. 8. Doble inversor [10]

Estas configuraciones de servicios auxiliares son la base para realizar diseños en las SE, y a las cuales se les realizan modificaciones según la necesidad.

*d. Tensiones normalizadas del sistema de servicios auxiliares*

La tensión de alimentación para los equipos e instalaciones de los servicios auxiliares debe ser elegida según se indican en TABLA I y TABLA II [11]:

TABLA I  
TENSIÓN EN DC (IEC)

Us [V]
24
48
60
110 ó 125
220 ó 250



TABLA II  
TENSIÓN EN AC (ANSI)

Redes trifásicas tres o cuatro hilos [V] ( $V_n/V_f$ )	Redes monofásicas tres hilos [V] ( $V_n/V_f$ )	Redes monofásicas de dos hilos [V]
-	120/240	120
120/208 (220/380)	-	120 (220)
230/400* (240/415)	-	230* (240)
277/408	-	277
347/600	-	347

Nota: Se recomienda elegir \* (En el futuro será el voltaje normalizado y adoptado en nuevas redes).

De acuerdo con la norma ANSI C84.1 (2020) en la TABLA III [12], se muestran los niveles de tensión en AC que pueden ser implementados en los diseños de SSAA según la naturaleza de alimentación requerida por los equipos:

TABLA III  
TENSIÓN EN AC

Redes trifásicas tres o cuatro hilos [V]	Redes monofásicas de dos o tres hilos [V]
-	120
120/208	-
-	120/240
127/220	-
220	-
277/480	-
480	-

*e. Cargas típicas en el sistema de servicios auxiliares*

Se estiman las cargas típicas en la subestación según el tipo de alimentación que necesiten o requerimientos adicionales (cargas sensibles).

TABLA IV  
CARGAS TÍPICAS NO ESENCIALES AC

Carga
Tablero regulado
Alimentación iluminación, calefacción y tomas gabinetes
Aire acondicionado de cuartos de control, comunicaciones y baterías
Alimentación de bodegas
Filtro prensa transformador
Alimentación iluminación, calefacción y tomas y equipos de patio de bahía de línea, bahía de transformador
Alimentación iluminación, calefacción y tomas transformador
Alimentación torre de comunicaciones
Iluminación exterior
Reserva equipada cargas no Esenciales

TABLA V  
CARGAS TÍPICAS ESENCIALES AC

Carga
Cargador de baterías
Electrobomba
Circuitos de ventilación de transformador
Reserva equipada cargas esenciales

TABLA VI  
CARGAS TÍPICAS REGULADAS AC

Carga
Monitor IHM
Tomas reguladas
Tablero SCADA
Tablero RTU
Tablero CCTV
Gabinete Fibra óptica

Switch tablero control transformador  
 Red contraincendios  
 Precalentador grupo electrógeno

TABLA VII  
 CARGAS TÍPICAS DC

Carga
Tablero de switches corporativos
Tablero de switches corporativos (redundante)
Alimentación motor interruptor línea
Alimentación motor seccionador de línea, barra y cuchilla DPT (bahía de línea)
Alimentación motor interruptor
Transformador
Alimentación de barra seccionadora de transformador
Circuito de cierre y disparo Interruptor (línea)
Circuito de control Interruptor (línea), fuente de alimentación entradas binarias

### *B. Acercamiento al Software*

El transcurso del semestre de industria fue un proceso progresivo de aprendizaje. Primero se inició el acercamiento al software de trabajo llamado ELCAD que es una herramienta para diseñar planos eléctricos y permite mantener la estructura ordenada del proyecto. Además, funciona como base de datos de materiales y elementos que están presentes en el mismo.

El software, permite enlazar los diferentes equipos y señales que tengan relación, comunicando las diferentes partes del plano.

El plano puede estar fragmentado en diferentes páginas del documento y a su vez todo el sistema que se diseñe puede estar fragmentado en diferentes documentos.

Lo anterior se logra mediante un sistema de referencias cruzadas que posee el software y la designación correcta de los equipos o elementos que conforman el plano.

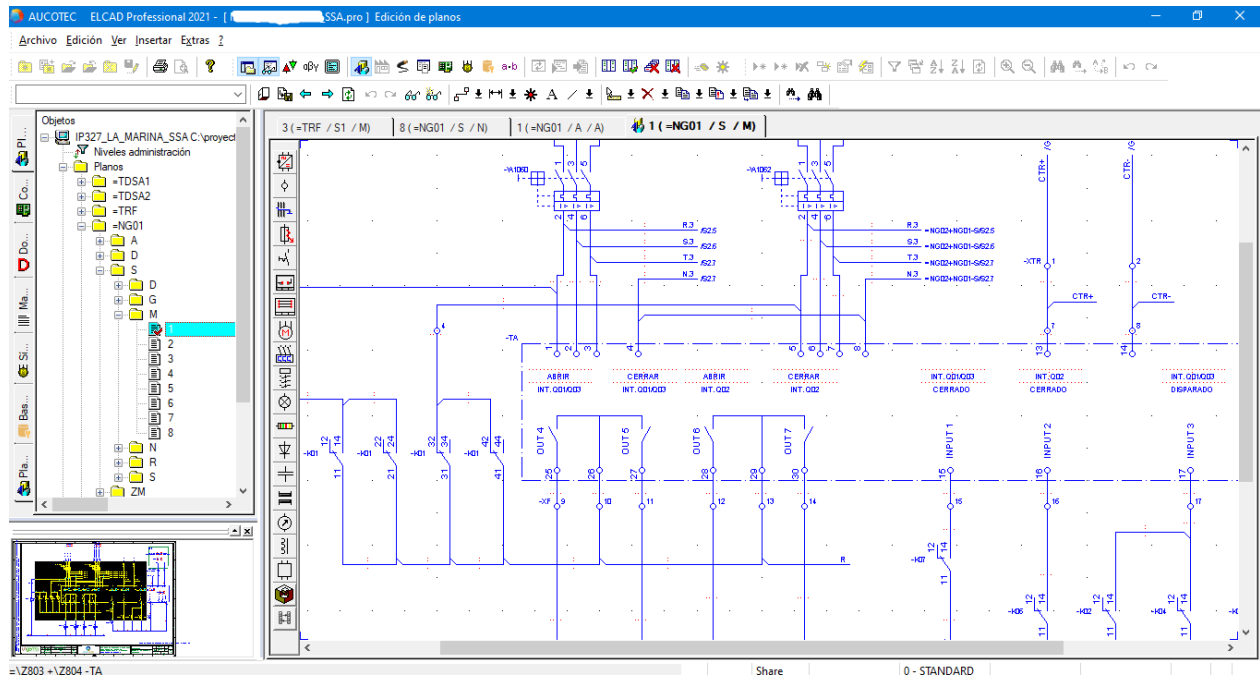


Fig. 9. Interfaz del software ELCAD

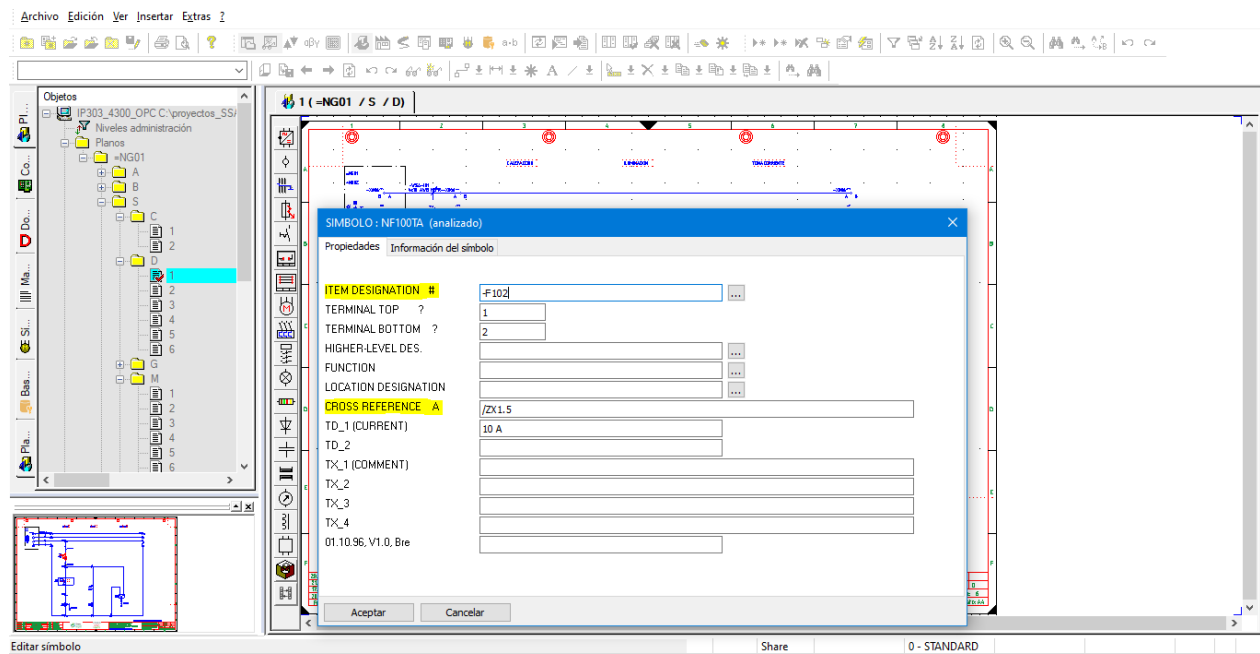


Fig. 10. Sistema referencias cruzadas de ELCAD

Archivo Edición Ver Insertar Extras 2

Objetos

IP303\_4300 OPC C:\proyectos\_SSA\L Niveles administración Planos =NG01 A A A B S V X A L W Lotes Procesos

1 (-NG01 / X / L)

Nº	Long.	Nombre Cable	Comentario	Tipo	Destino	Origen	Hilos Usados.
1	25.00	-WSA-101		4 x 10 AWG HFFR-LS	+NG02-X006	NG01-X006	4
2	15.00	-WSA-102		4 x 8 AWG HFFR-LS	+NR01-X01	NG01-X000	3
3	25.00	-WSA-103		4 x 8 AWG HFFR-LS	+T02-Q1	NG01-X000	3
4	25.00	-WSA-104		4 x 8 AWG HFFR-LS	+AT-Q1	NG01-X000	3
5	25.00	-WSA-105		4 x 8 AWG HFFR-LS	+BT-Q1	NG01-X000	3
6	20.00	-WSA-106		4 x 10 AWG HFFR-LS	+GEN-X2	NG01-X000	2
7	25.00	-WSA-230		4 x 12 AWG HFFR-LS	+NG02-X04.0	NG01-X04.0	2
8	25.00	-WSA-501		12 x 16 AWG HFFR-LS	+NG02-X04.0	NG01-X04.0	11
9	80.00	-WSA-502		12 x 16 AWG HFFR-LS	+NR01-X04	NG01-X152	12
10	30.00	-WSA-503		12 x 16 AWG HFFR-LS	+GEN-X0	NG01-X152	10
11	30.00	-WSA-504		12 x 16 AWG HFFR-LS	+GEN-X0	NG01-X04.0	4
12	25.00	-WSA-505		12 x 16 AWG HFFR-LS	+NG02-X04.0	NG01-X162	4
13	30.00	-WSA-507		4 x 12 AWG HFFR-LS	+S1-X08	NG01-X162	2
14	25.00	-WSA-508		12 x 16 AWG HFFR-LS	+W01-X14Z	NG01-X060	4
15	90.00	-WSA-800		4 x 500 kcmil HFFR - LS	+TR01-CuOUT	NG01-Cu1	4
16	90.00	-WSA-801		4 x 500 kcmil HFFR - LS	+TR01-CuOUT	NG01-Cu1	4
17	20.00	-WSA-802		4 x 2/0 AWG HFFR - LS	+GEN-X3	NG01-Cu2	4

Fig. 11. Listado de multiconductores

Archivo Edición Ver Insertar Extras 2

Objetos

21 (-NG01 / V / X)

1	2	3	4	5	6	7	8
VER1	VER2	VER3	VER4	VER5	VER6	VER7	VER8
1	JR2A-400	816A AWG 400'					
2	JR2A-500	816A AWG 500'					
3	JR2A-600	412 AWG 600'					
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							

Lista de Borneos

CONEXION	BORNO Nº	DESCRIP	ORIGEN
VER1	-X052	VER1	VER1
VER2	-X052	VER2	VER2
VER3	-X052	VER3	VER3
VER4	-X052	VER4	VER4
VER5	-X052	VER5	VER5
VER6	-X052	VER6	VER6
VER7	-X052	VER7	VER7
VER8	-X052	VER8	VER8
VER9	-X052	VER9	VER9
VER10	-X052	VER10	VER10
VER11	-X052	VER11	VER11
VER12	-X052	VER12	VER12
VER13	-X052	VER13	VER13
VER14	-X052	VER14	VER14
VER15	-X052	VER15	VER15
VER16	-X052	VER16	VER16
VER17	-X052	VER17	VER17
VER18	-X052	VER18	VER18
VER19	-X052	VER19	VER19
VER20	-X052	VER20	VER20
VER21	-X052	VER21	VER21
VER22	-X052	VER22	VER22
VER23	-X052	VER23	VER23
VER24	-X052	VER24	VER24

Fig. 12. Listado de bornes

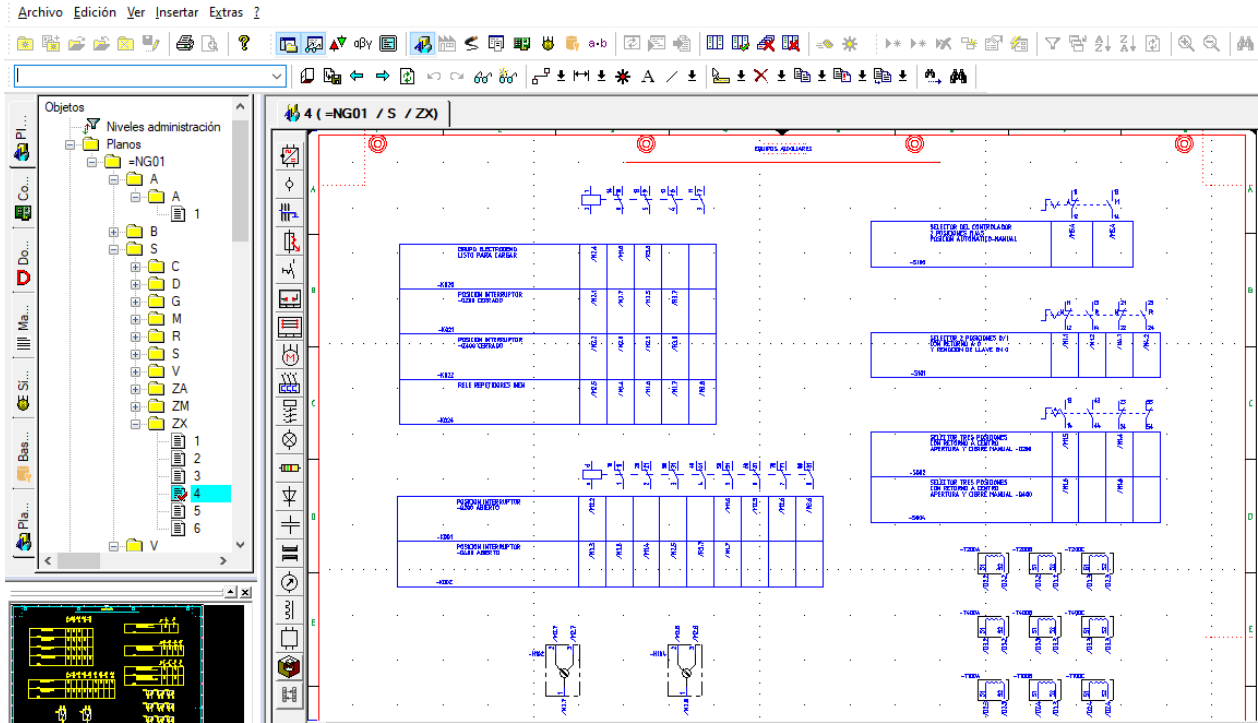


Fig. 13. Listado de equipos generales

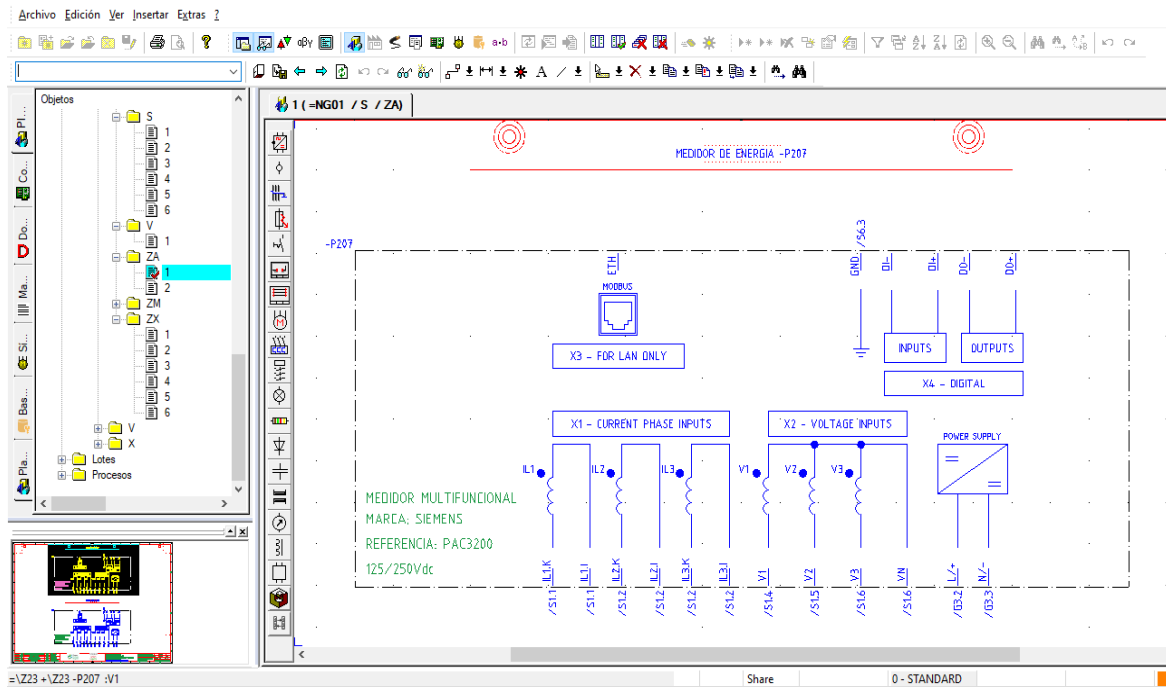


Fig. 14. Equipos de medida

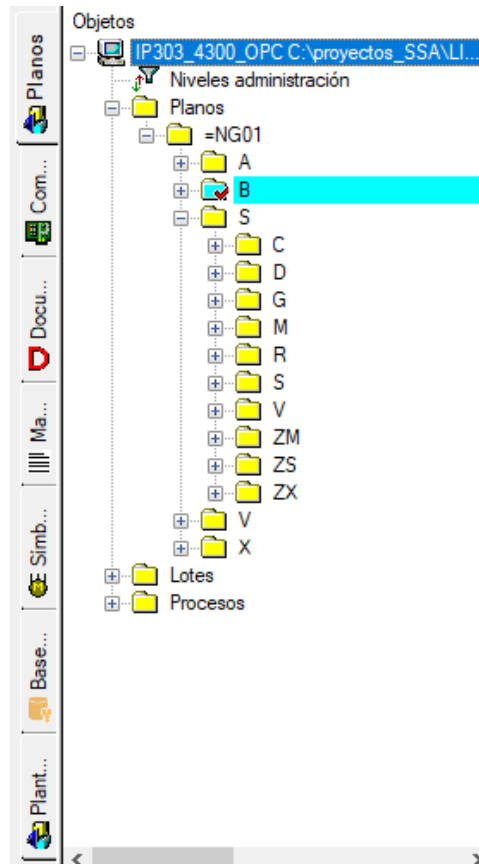


Fig. 15. Estandarización de la información en el software

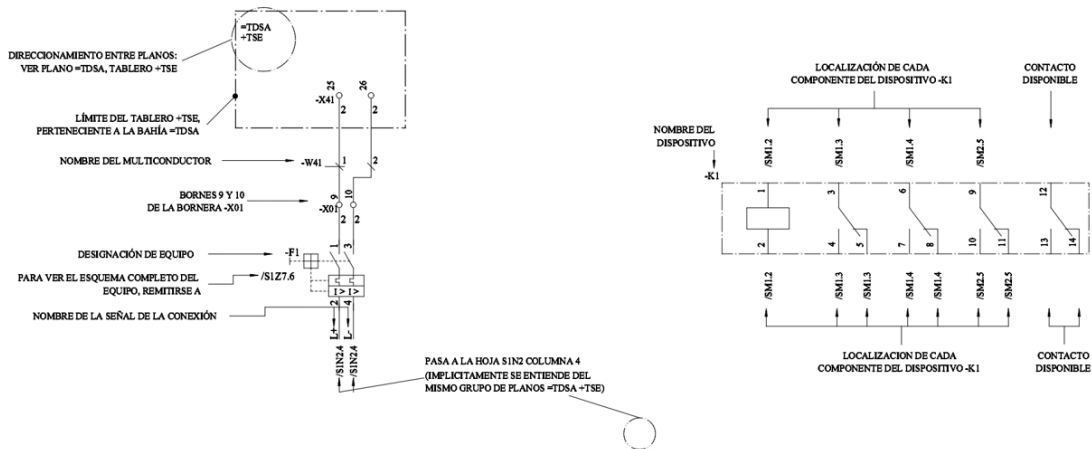


Fig. 16. Designación de equipos

En la Fig. 15. Estandarización de la información en el software Fig. 15, se muestra cómo se clasifica la información en los planos de diseño. Además, en la Fig. 16, se muestra cómo se realiza

la designación de los equipos. Cada uno de los niveles corresponde a la relación de los mismos en el sistema de SSAA, estos son mostrados en la

TABLA VIII.

TABLA VIII  
CARGAS TÍPICAS DC

Nivel	Función de elementos correspondientes
NG01	Tablero principal
A	Portada del proyecto
B	Simbología a utilizar
S	Elementos generales
C	Placas de identificación
D	Distribución de AC Iluminación, calefacción y tomas
G	Distribución de DC para controladores y señales digitales
M	Designación para elementos de control, además de control y enclavamientos de transferencia automática, entradas y salidas digitales
R	Señalizaciones de posición o falla de interruptores a controlador
S	Señalización de corriente y tensión de medidores
V	Borneras disponibles
ZM	Diagramas esquemáticos de equipos de control
ZS	Diagramas esquemáticos de equipos de medida
ZX	Equipos auxiliares
V	Listado de bornes
X	Listado de multiconductores y cableado

### C. Correcciones a proyectos de diseño

Posteriormente se realizaron correcciones a diseños de diferentes proyectos mediante señalizaciones hechas por ingenieros en campo. Estas correcciones son las que se realizan a los proyectos que ya finalizaron y requieren que se actualicen los planos para realizar mantenimiento de los equipos en el futuro, o también, se actualizan según los cambios que se estén realizando en el transcurso del proyecto.

Se realiza la modificación de la alimentación de equipos de control y medida mostrada en la Fig. 17 y Fig. 18, esta modificación fue realizada por el cambio de la lógica cableada de los interruptores donde se requiere llevar la señal de disparo o posición de abierto de los interruptores



al controlador de servicios auxiliares. En las Fig. 19, Fig. 20, Fig. 21 y Fig. 22 se muestra la relación que se deben tener en cuenta al modificar un elemento del sistema.

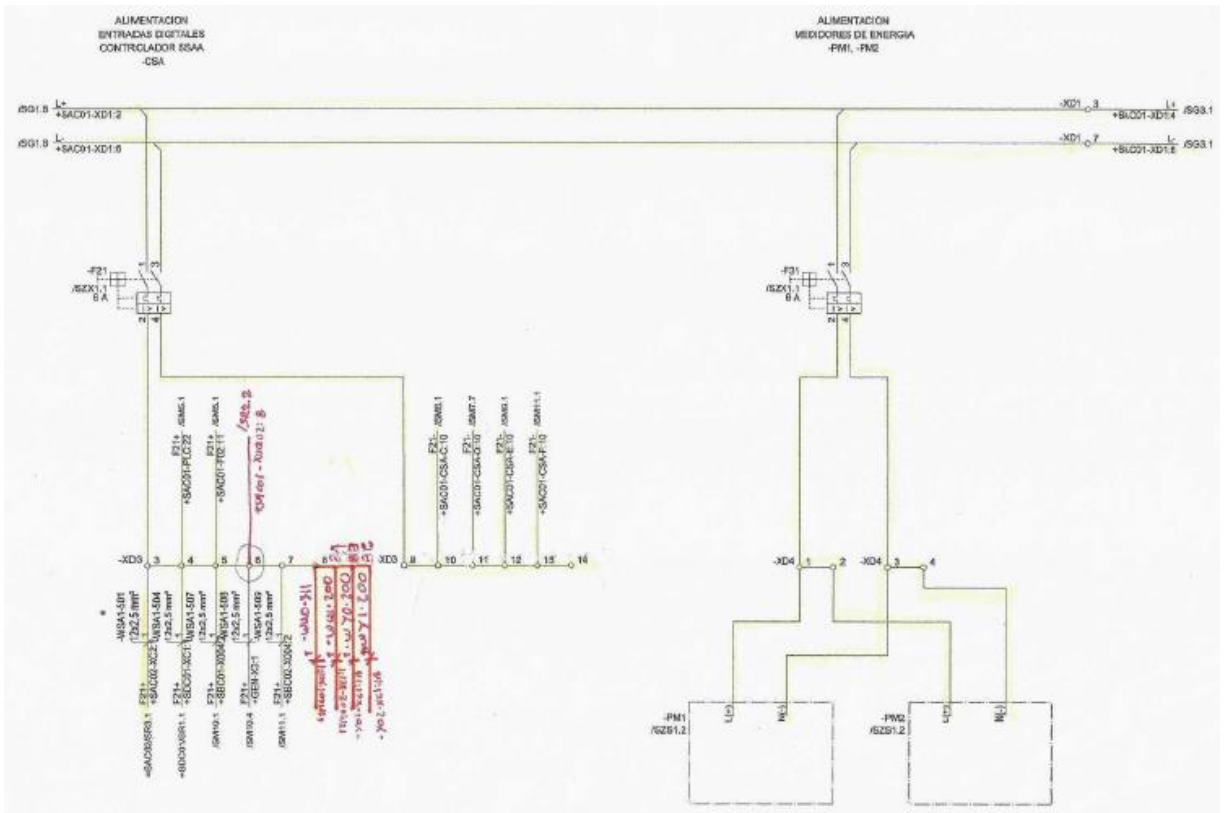


Fig. 17. Verificación alimentación de equipos de control y medida

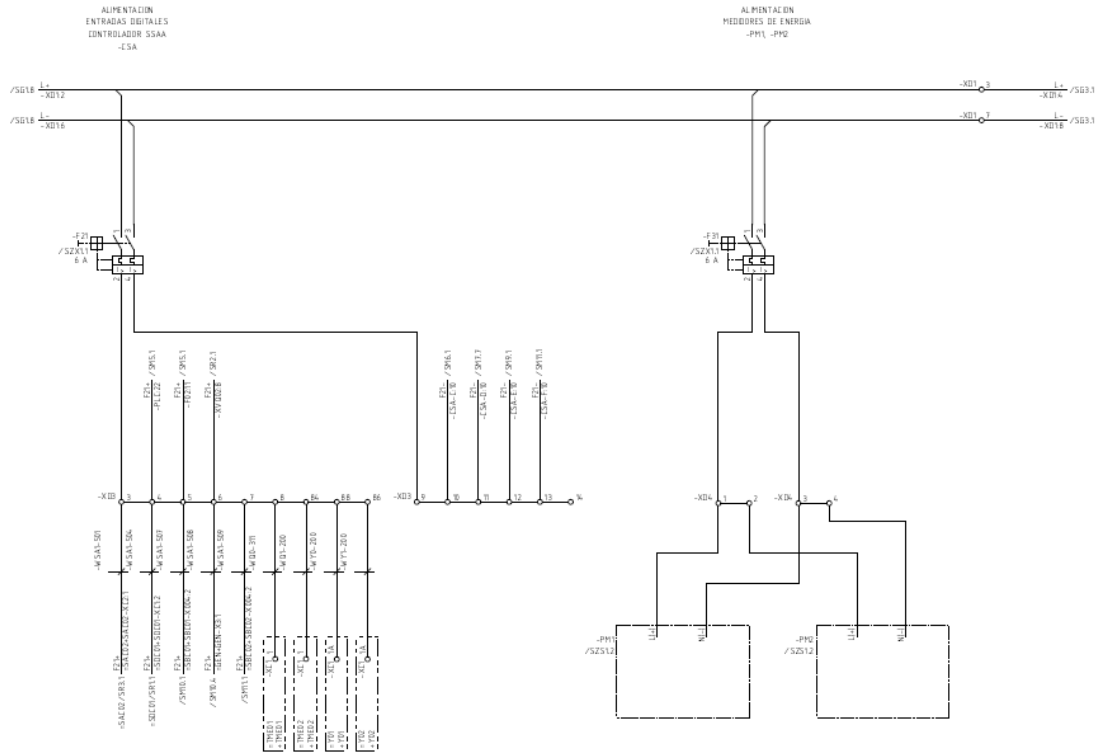


Fig. 18. Ajustes de alimentación de equipos de control y medida

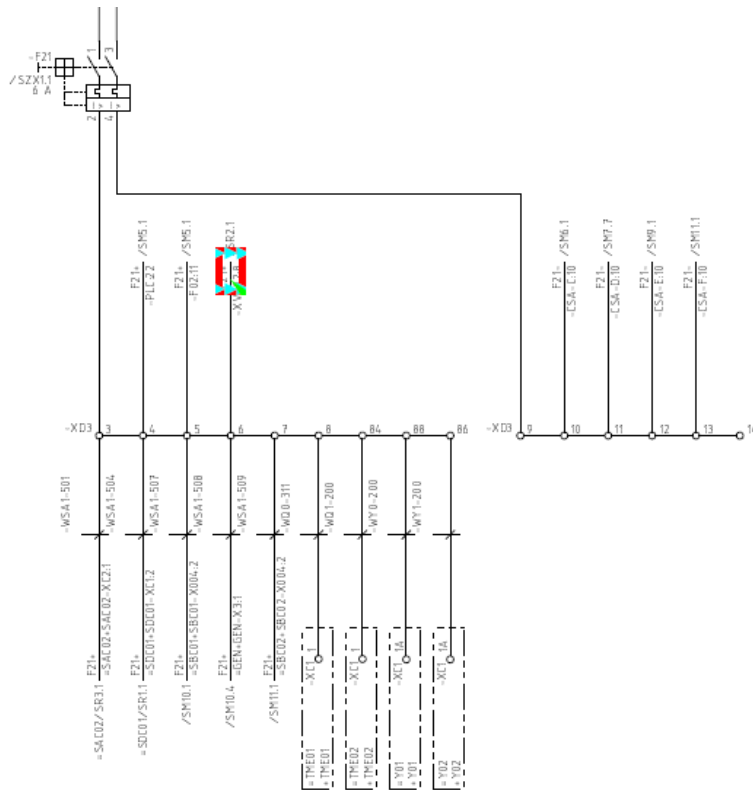


Fig. 19. Envío señal de alimentación de entradas digitales

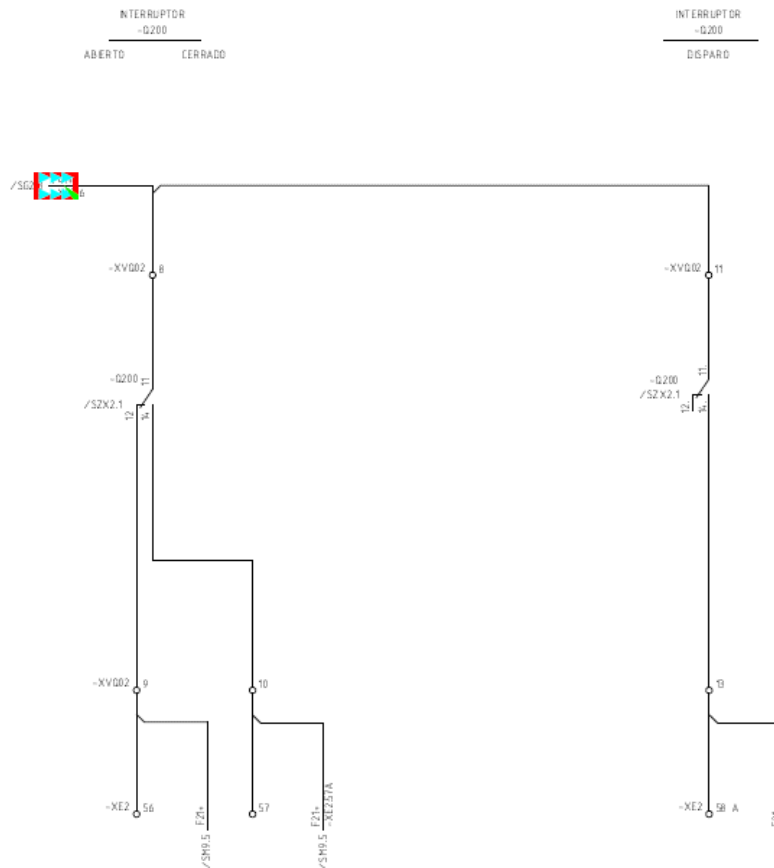


Fig. 20. Recepción señal de alimentación a lógica de posicionamiento de interruptor

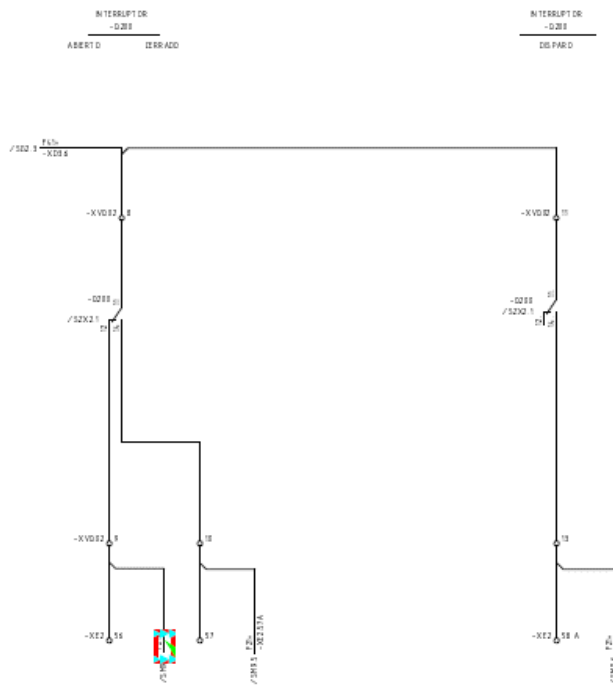


Fig. 21. Envío de señal de posición de interruptor

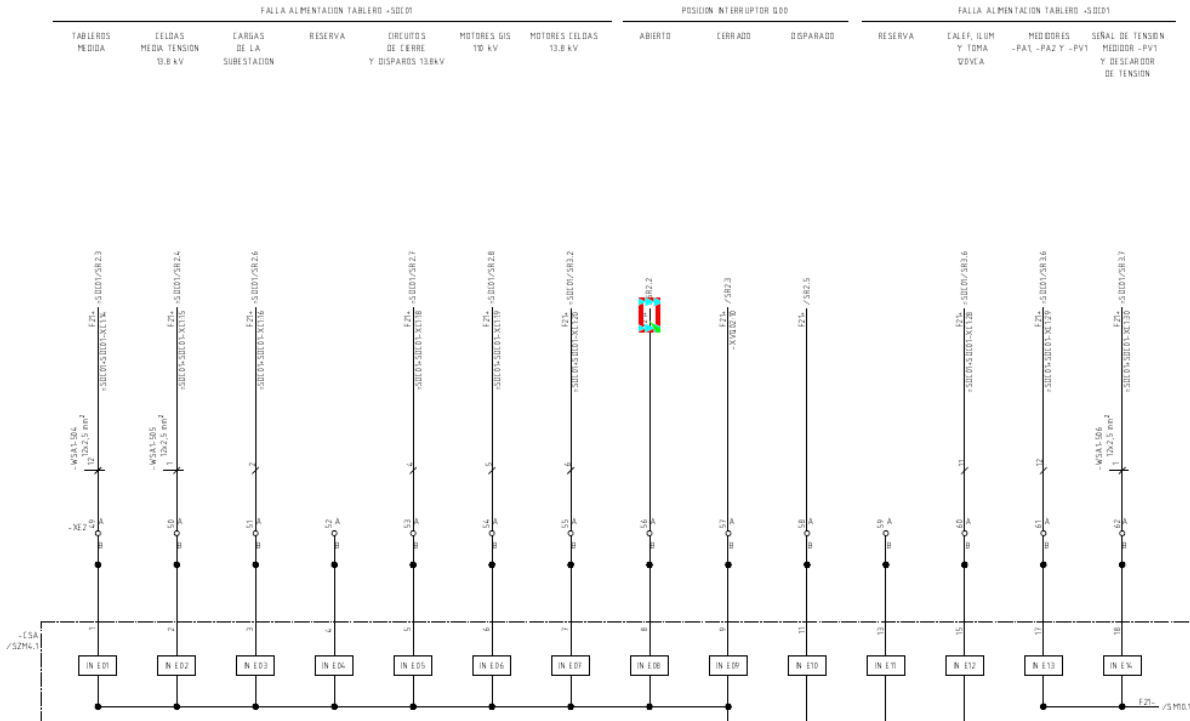


Fig. 22. Recepción de señal de posición a controlador de SSAA

En la Fig. 23 y Fig. 24 se muestran modificaciones en el tablero de cargas esenciales. Esto se realiza por equipos faltantes que se implementan en el sistema de servicios auxiliares, balances de carga o disposición de circuitos de reserva.

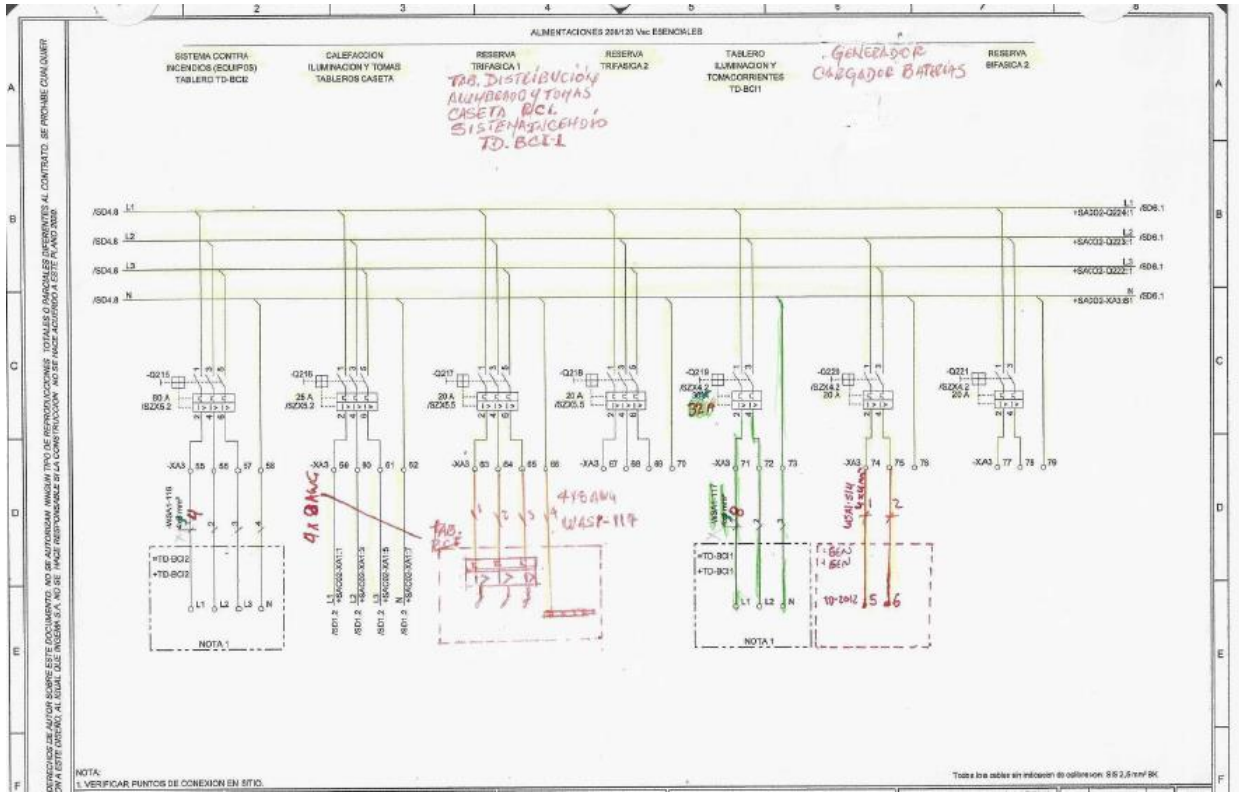


Fig. 23. Asignación o modificación de cargas

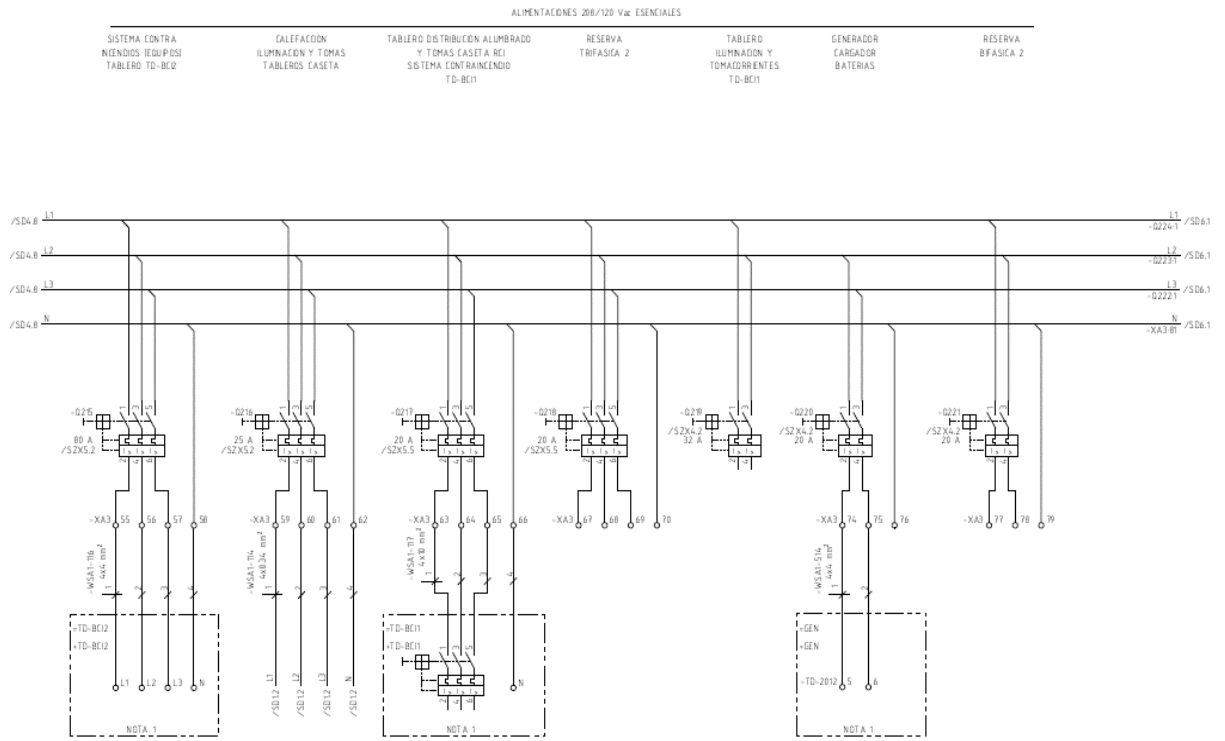


Fig. 24. Ajuste de asignación o modificación de cargas

Se realiza la modificación de la lógica cableada en la Fig. 25 y Fig. 26 que requieren los interruptores de potencia, en la apertura y cierre, utilizando el motor de accionamiento de los mismos. En esta modificación se tuvieron que inferir varios puntos, debido que la información no estaba la completa y clara para realizar correctamente las correcciones.

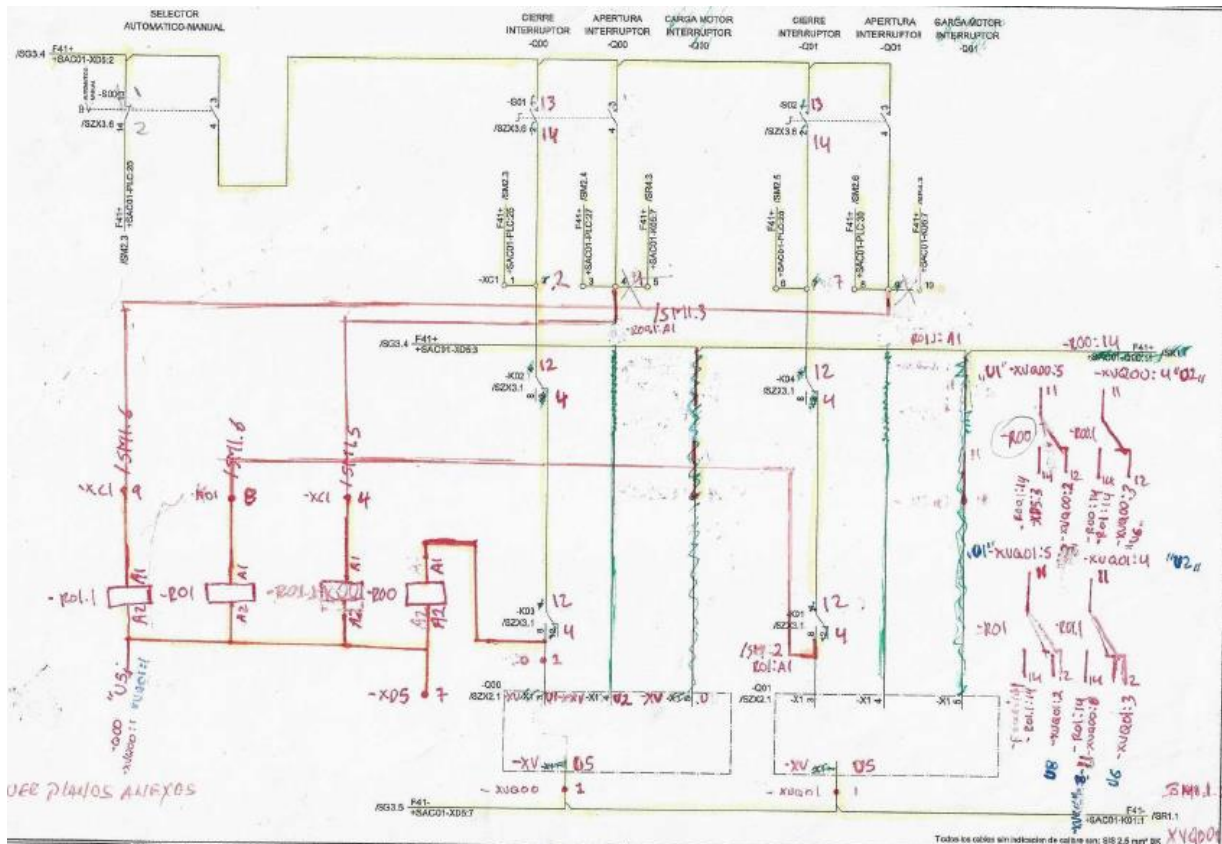


Fig. 25. Verificación de lógicas cableadas para el funcionamiento de los interruptores

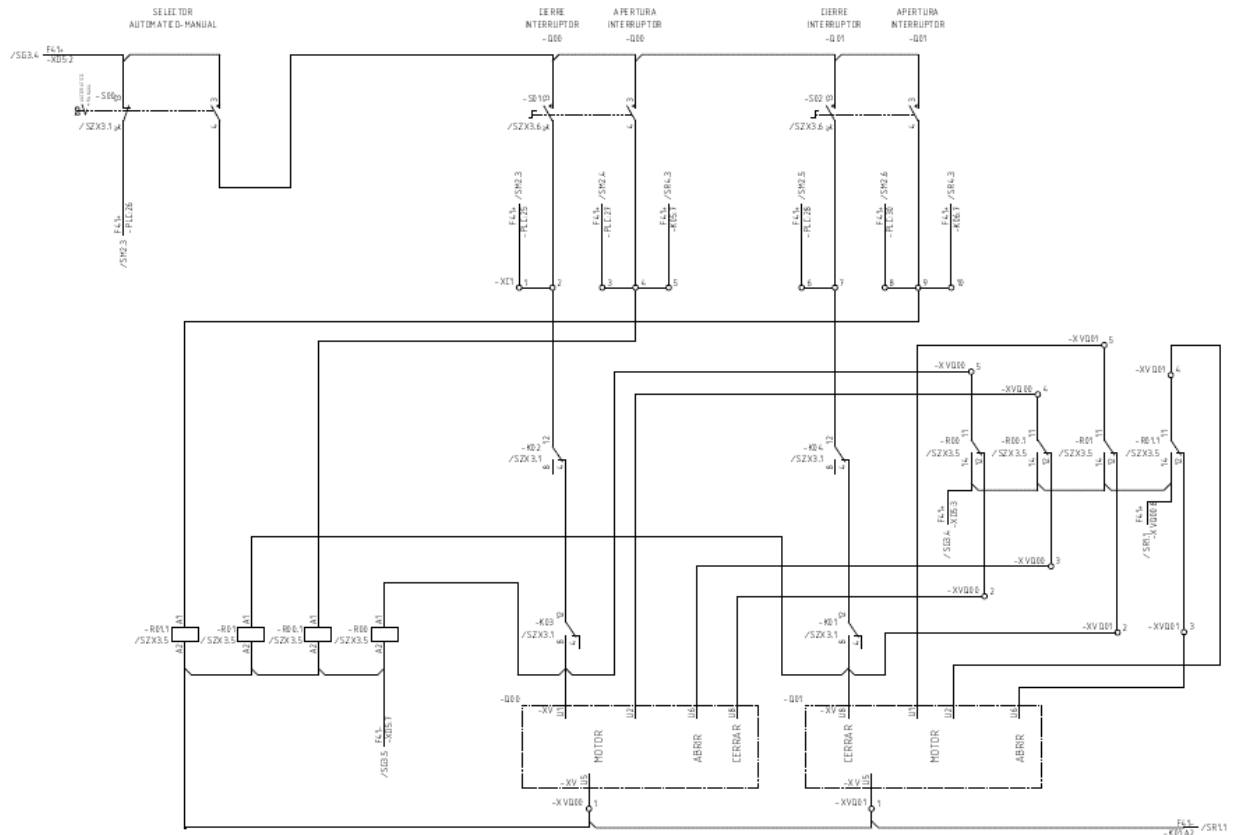


Fig. 26. Ajuste de lógicas cableadas para el funcionamiento de los interruptores

#### D. Diseño de diagramas unifilares

Los diagramas unifilares de una subestación deben incluir la siguiente información:

- Capacidades de los equipos.
- Descripción de los relés.
- Mediante líneas de señalización indicar los IED's sobre qué equipos de potencia o medición actúan.
- Niveles de cortocircuito sobre los cuales se basa el diseño.
- Identificación de las cargas individuales conectadas a cada tablero.

En el transcurso de la práctica se desarrollaron varios proyectos, entre ellos la “SE1” ubicada en Colombia (no se mencionarán nombres ni datos específicos por confidencialidad).

La SE1 tiene un nivel de tensión de 110kV y cuenta con un sistema de servicios auxiliares del tipo de control centralizado. Esta configuración se caracteriza por localizar todos los equipos en el edificio de control.

El sistema de corriente alterna constará de dos barras, una de cargas esenciales y otra de cargas no esenciales. Esta última será deslastrada en el momento que entre en funcionamiento el grupo electrógeno, esta acción de deslastrar la barra de cargas no esenciales la realiza el controlador de servicios auxiliares.

El sistema de servicios auxiliares de corriente alterna diseñado para la subestación posee las siguientes características generales:

Sistema de corriente alterna:

- 208/120 Vac (3 fases, 5 hilos, sólidamente puesto a tierra).
- Margen de tensión: 85-110%.
- Frecuencia nominal: 60Hz.

Sistema de corriente continua:

- Tensión nominal: 125Vdc.
- Margen de tensión: 85-110%.

Se analizó como estaba planteado el diagrama unifilar de la subestación SE1 para identificar si era necesario realizar posibles cambios.

Originalmente se tienen 6 tableros de alimentación, de los cuales 3 de ellos son de AC y 3 de DC, además posee un banco de baterías, un grupo electrógeno de alimentación y un transformador de SSAA.

La alimentación por AC comprende los tableros:

- NG01 de servicios esenciales.
- NG02 de servicios no esenciales.
- TGR regulado.

La alimentación por DC comprende los tableros:

- NK01 de corriente continua.
- NK02 y NK03 de los cuales cada uno contiene un inversor/cargador.

En el SSAA era necesario modificar la topología, puesto que tenía elementos que eran innecesarios y era posible tener un funcionamiento óptimo sin los mismos y así poder disminuir costos, además, es necesario verificar las cargas en el sistema y disminuir la cantidad de tableros para reducir el espacio de instalación.



En la Fig. 27 está un bosquejo del SSAA de SE1 como venía siendo diseñado.

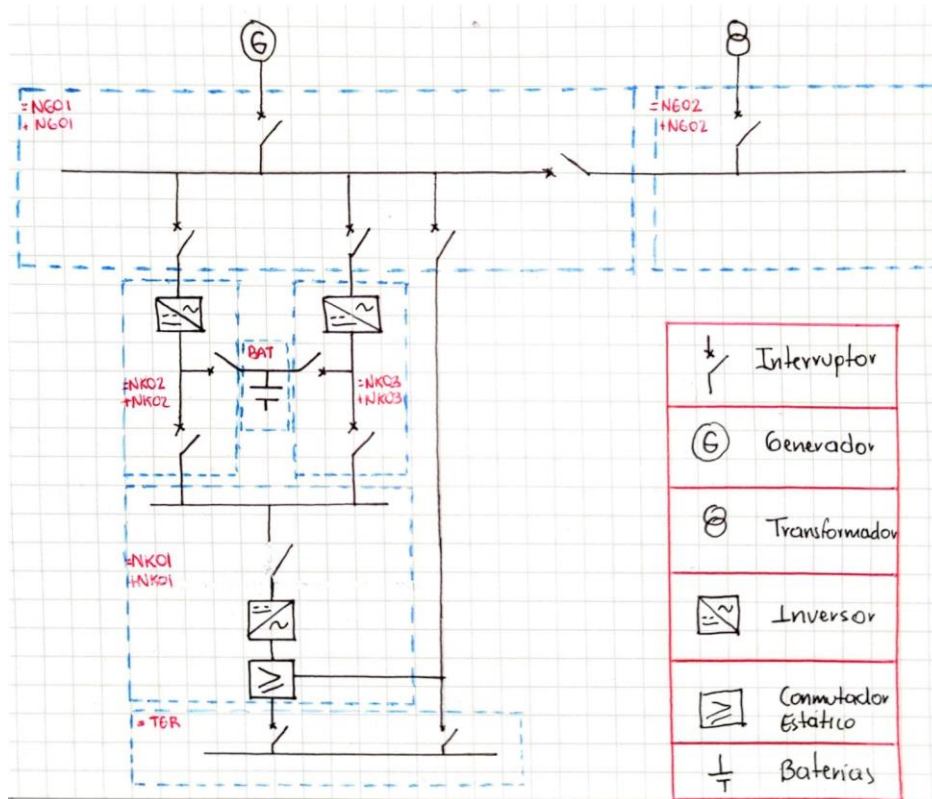


Fig. 27. Bosquejo topología antigua sistema de servicios auxiliares SE1

Esta subestación estaba compuesta inicialmente por NG01 mostrado en la Fig. 28, alimentado por un grupo electrógeno, compuesto por 31 cargas dadas en la TABLA IX.

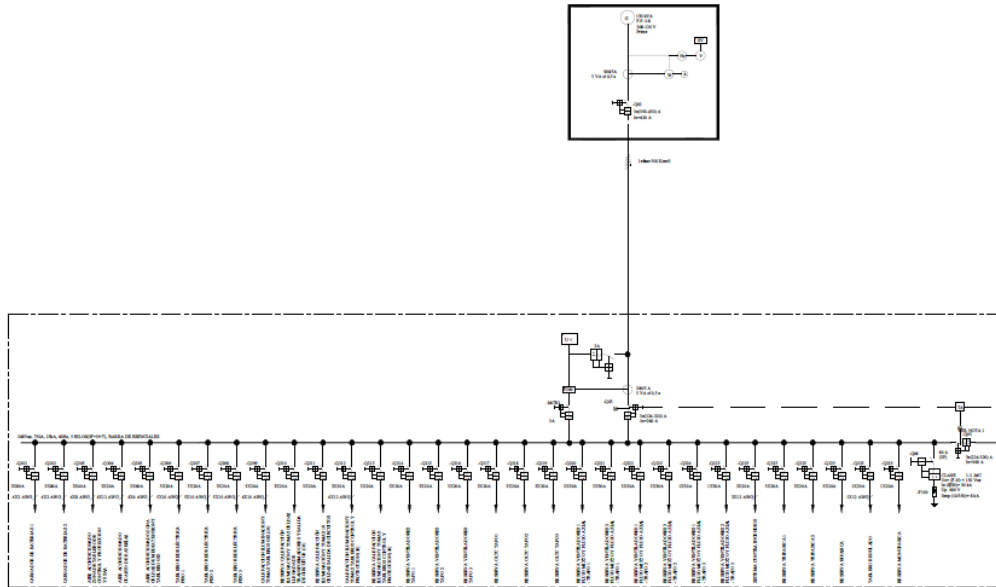


Fig. 28. Tablero cargas esenciales SE1

TABLA IX  
CARGAS ESENCIALES SE1

Cargas
Cargador de baterías 1
Cargador de baterías 2
Aire acondicionado, zona de tablero de control, protección y SSAA
Aire acondicionado cuarto de baterías
Aire acondicionado zona celdas de media tensión y tableros GIS
Tablero de red eléctrica piso 1
Tablero de red eléctrica piso 2
Tablero de red eléctrica piso 3
Calefacción, iluminación y tomas tableros GIS
Reserva calefacción iluminación y tomas celdas de llegada de transformadores y salida de circuitos
Reserva calefacción, iluminación y tomas celdas de salida de circuitos
Calefacción iluminación y tomas tableros de control y protección
Reserva calefacción, iluminación y tomas tableros de control y protección
Reserva de ventiladores transformador 1
Reserva de ventiladores transformador 2

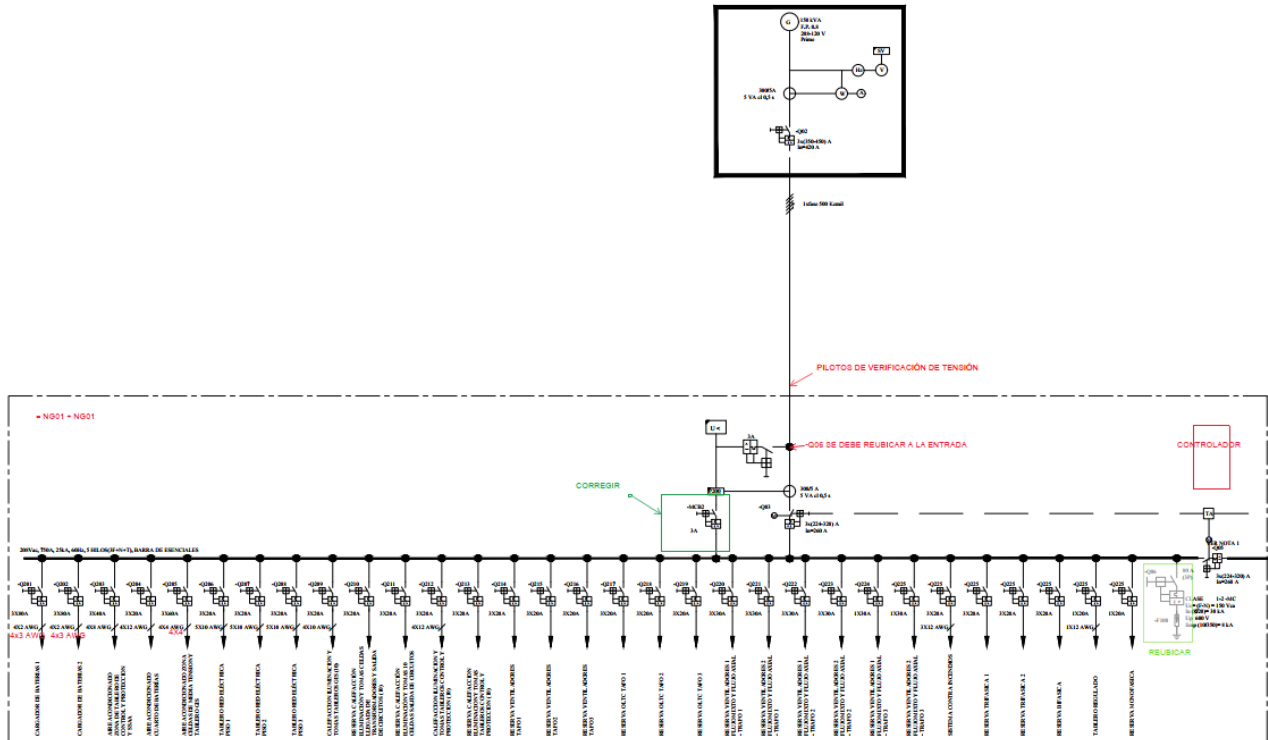
---

---

Cargas
Reserva de ventiladores transformador 3
Reserva OLTC transformador 1
Reserva OLTC transformador 2
Reserva OLTC transformador 3
Reserva de ventiladores 1, flujo mixto y flujo axial, transformador 1
Reserva de ventiladores 2, flujo mixto y flujo axial, transformador 1
Reserva de ventiladores 1, flujo mixto y flujo axial, transformador 2
Reserva de ventiladores 2, flujo mixto y flujo axial, transformador 2
Reserva de ventiladores 1, flujo mixto y flujo axial, transformador 3
Reserva de ventiladores 2, flujo mixto y flujo axial, transformador 3
Sistema contraincendios
Reserva trifásica 1
Reserva trifásica 2
Reserva bifásica
Tablero regulado
Reserva monofásica

---

En este tablero fue necesario realizar algunas correcciones como la asignación de cargas, ya que no se tuvieron en cuenta varios circuitos de alimentación necesarios para el SSAA, además, se modificó la disposición de equipos de medida y se asignaron equipos de visualización de presencia tensión. Fue indispensable renombrar algunos equipos que no tenían única numeración, lo anterior es mostrado en la Fig. 29.





Código del Equipo	Cargas
-Q211	Reserva trifásica
-Q212	Reserva trifásica
-Q213	Cargador/Rectificador de baterías N+1
-Q214	Unidad manejadora de aires acondicionados - piso 2
-Q215	Unidad manejadora de aires acondicionados - piso 1
-Q216	Reserva trifásica
-Q217	Reserva trifásica
-Q218	Tablero general piso 1
-Q219	Calefacción, iluminación y tomas – Módulos GIS transformador 1 futuro
-Q220	Calefacción, iluminación y tomas – Módulos GIS transformador 2 futuro
-Q221	Calefacción, iluminación y tomas – Módulos GIS transformador 3 futuro
-Q222	Calefacción, iluminación, tomas, ventiladores y OLTC – Transformador 1
-Q223	Calefacción, iluminación, tomas, ventiladores y OLTC – Transformador 2
-Q224	Calefacción, iluminación, tomas, ventiladores y OLTC – Transformador 3
-Q225	Celdas de distribución primaria de media tensión (10 unidades)
-Q226	Celdas de distribución primaria de media tensión (10 unidades)
-Q227	Ventilación mecánica transformador 1
-Q228	Ventilación mecánica transformador 2
-Q229	Ventilación mecánica transformador 3
-Q230	Reserva trifásica
-Q231	Reserva trifásica
-Q232	Reserva bifásica
-Q233	Reserva bifásica
-Q234	Calefacción, iluminación y tomas – Módulo GIS Línea 1 futuro
-Q235	Calefacción, iluminación y tomas – Módulo GIS Línea 2 futuro
-Q236	Calefacción, iluminación y tomas – Módulo GIS Línea 3 futuro
-Q237	Calefacción, iluminación y tomas – Módulo GIS Línea 4 futuro
-Q238	Reserva trifásica
-Q239	Reserva trifásica
-Q240	Reserva bifásica

Lo mismo se realiza para el tablero NG02 que se muestra en la Fig. 31, donde se modificaron las cargas del tablero correspondiente y los equipos de medición y visualización. En la Fig. 32 se visualizan los cambios realizados.

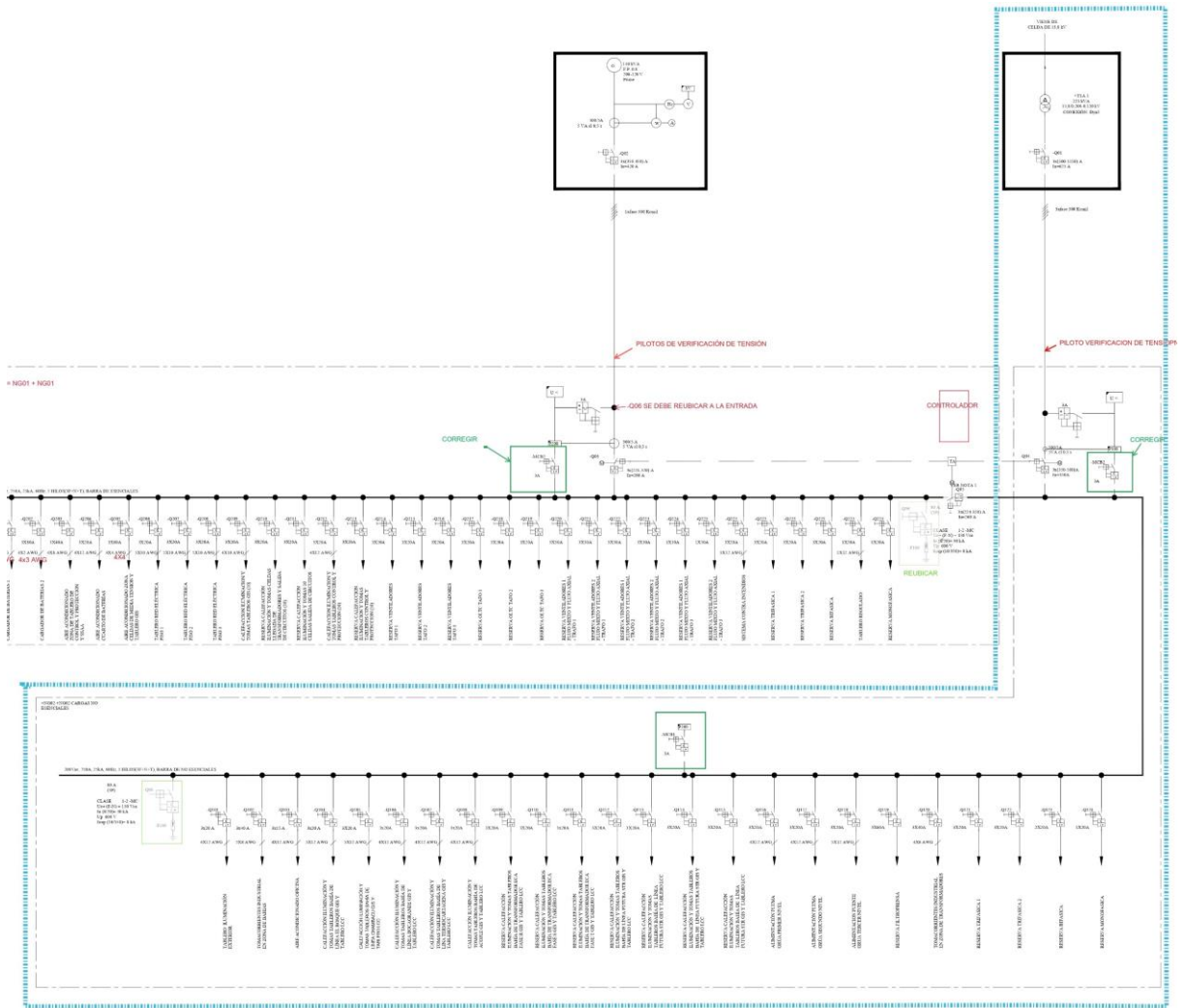


Fig. 31. Tablero de circuitos no esenciales SE1 primera versión





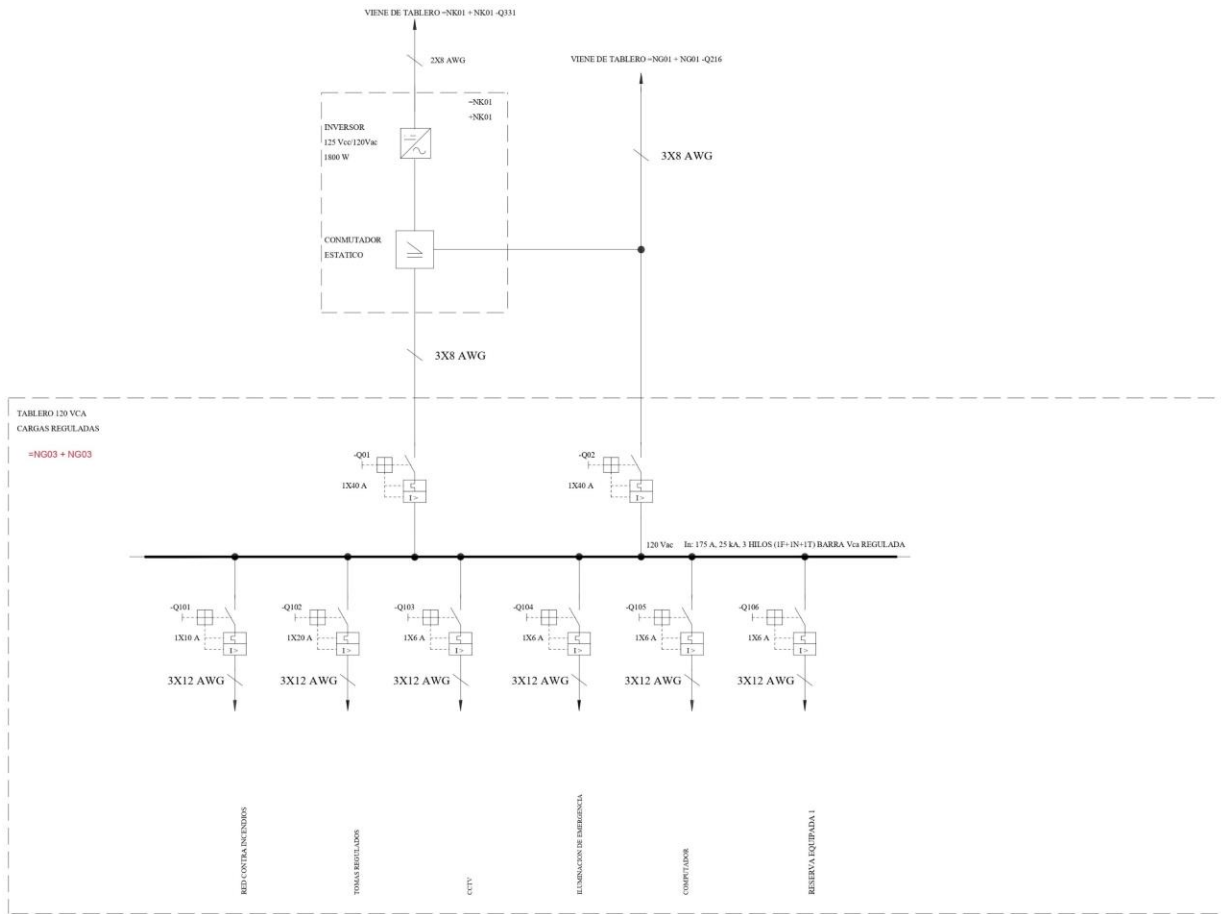


Fig. 33. Tablero de alimentación cargas reguladas SE1 primera versión

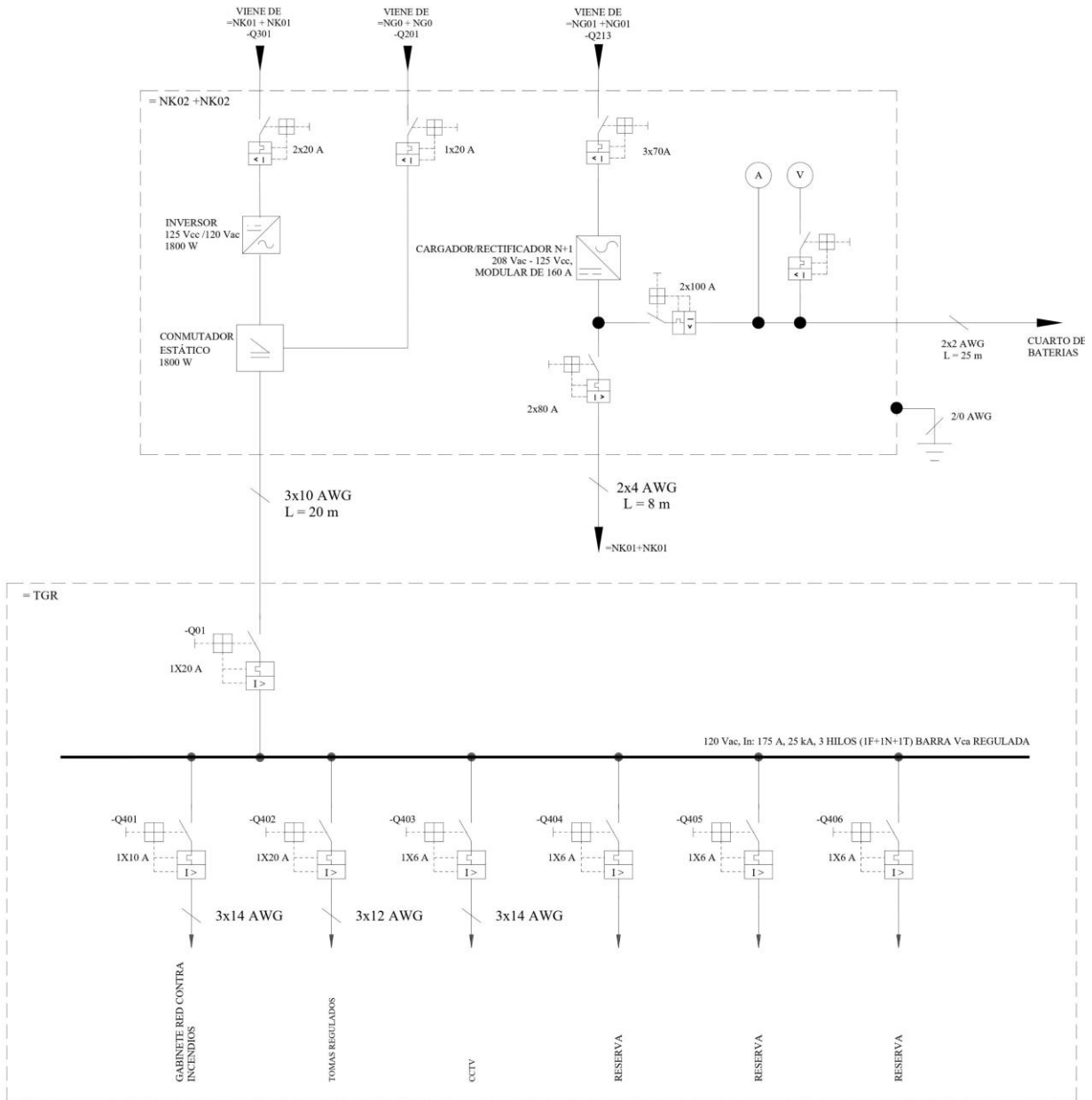


Fig. 34. Tablero de alimentación de cargas reguladas SE1 segunda versión

Se cambia la topología de alimentación del tablero NK01, puesto que sólo se requiere un inversor de alimentación proveniente de NG01, además se elimina el tablero NK03 para almacenar los equipos de conversión y el conmutador estático en el tablero NK02. También el cuarto de baterías es alimentado directamente de la acometida que distribuye a NK01. Lo anterior es reflejado en la Fig. 35 donde se muestra la versión antigua de diseño y en la Fig. 36 se muestran los cambios realizados.

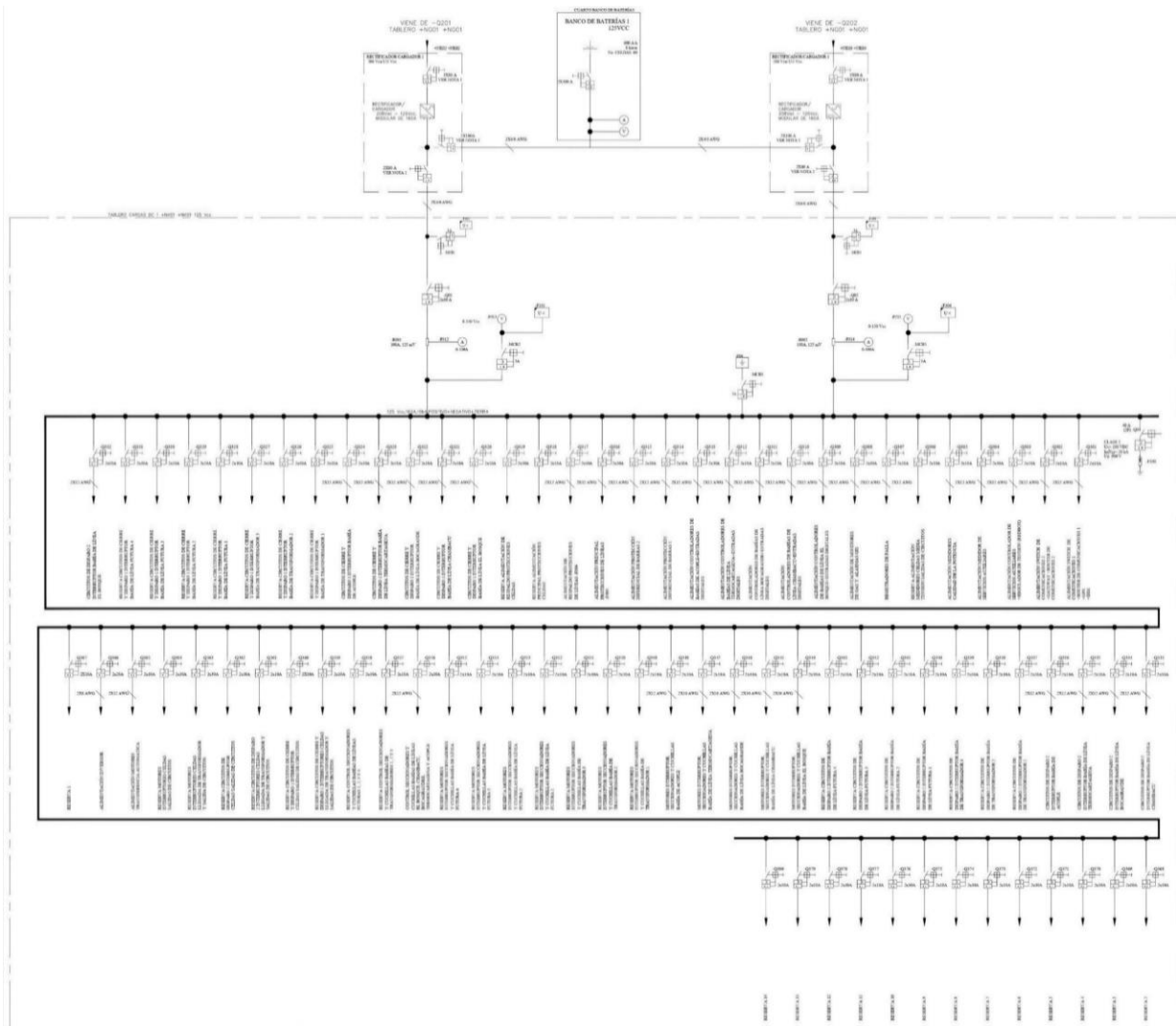


Fig. 35. Tableros de alimentación de corriente continua SE1 primera versión

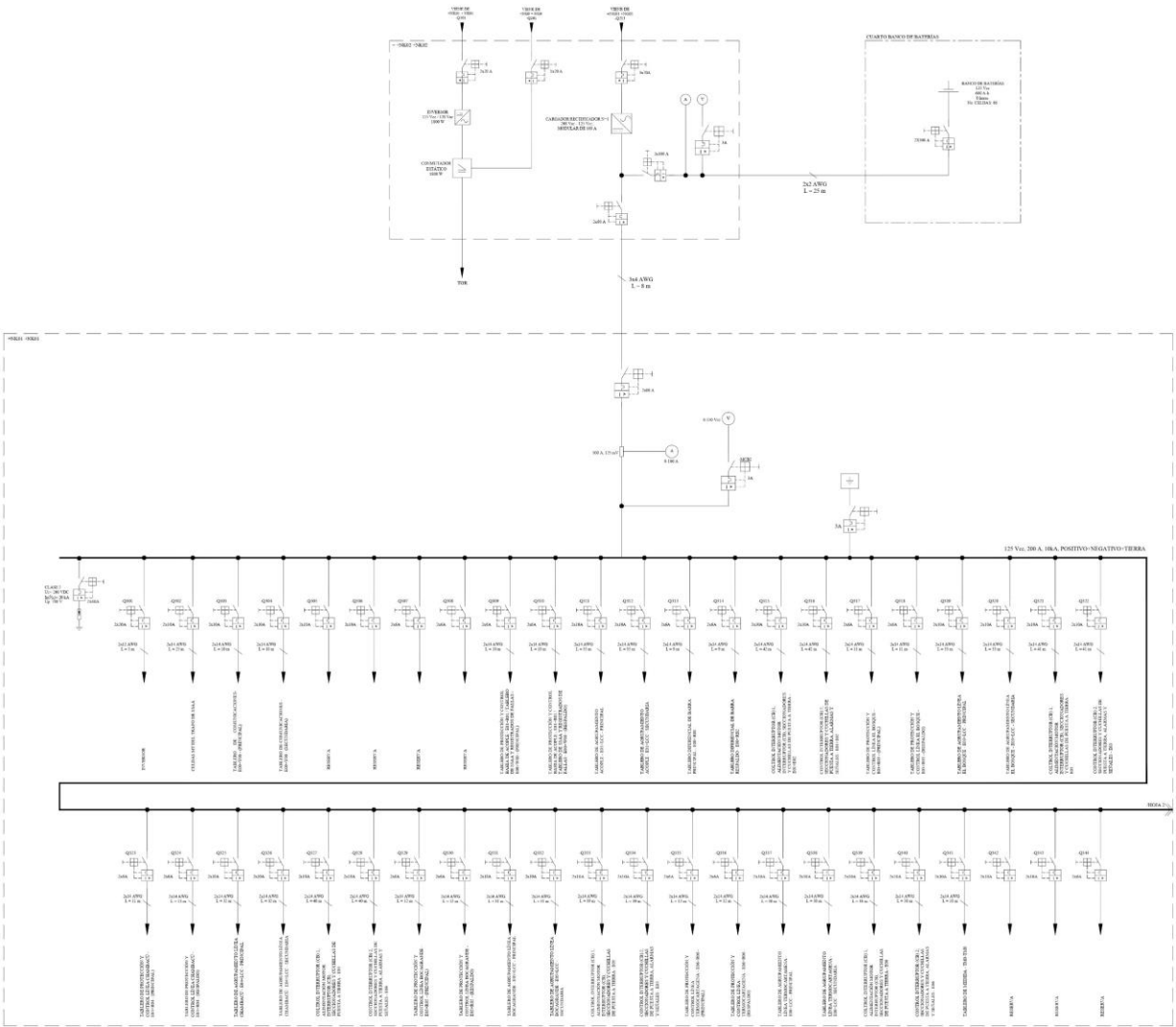


Fig. 36. Tableros de alimentación de corriente continua SE1 segunda versión

Con los cambios realizados, el SSAA de la SE1 quedó con la topología realizada mostrada en la Fig. 37.

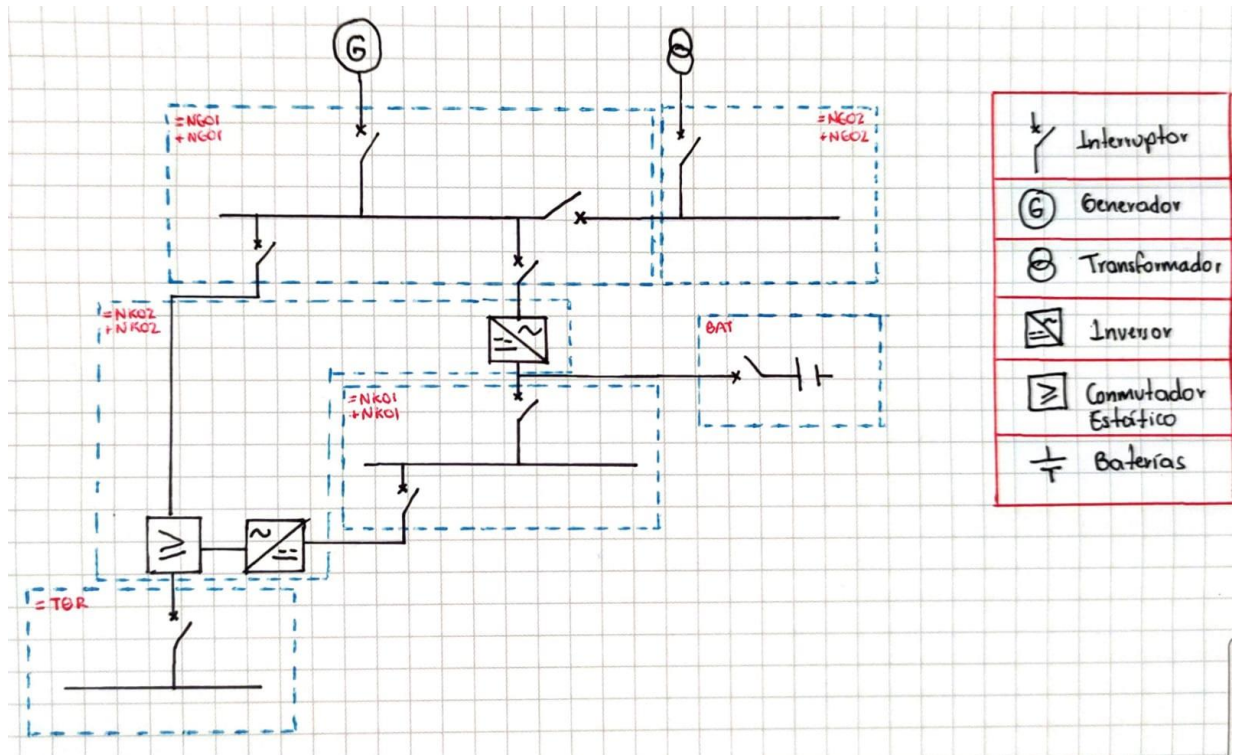


Fig. 37. Bosquejo topología sistema de servicios auxiliares SE1

Así el SSAA de la SE1 queda diseñado con las cargas necesarias en la subestación y con la topología adecuada para garantizar el suministro de energía disminuyendo la instalación de equipos, pasando de la instalación de 6 tableros a 5 de ellos.

#### E. Diagrama de principio:

El diagrama de principio se divide en tres niveles; estos niveles son:

- Nivel 0: es el nivel de campo donde se genera la información o posición de los equipos de potencia, además, de señales de corriente y tensión.
- Nivel 1: es correspondiente a los elementos de procesamiento de la información que proviene de los equipos de patio. Se realiza el tratamiento de las señales provenientes de protección, medición, control y señalización. También se encuentran los IED's, además, equipos que son especializados para el control, protección y operación de los equipos de campo. En este nivel se ubica la casa de adquisición de datos, donde se dan órdenes desde el relé de control de bahía.

- Nivel 2: es el nivel en el cual desde un sistema SCADA IHM, se realizan funciones de control, adquisición de datos y supervisión de toda la SE.
- Nivel 3: en este nivel está el centro de control o centro de despacho de carga, en el que se concentra la información de los sistemas SCADA implementados en el nivel anterior.

El diagrama de principio fue desarrollado para la subestación “SE2”, es una subestación de 500kV ubicada en Colombia que actualmente se ha venido desarrollando, posee los servicios auxiliares centralizados con las siguientes características generales:

Sistema de corriente alterna:

- 208/120 Vac (3 fases – cinco hilos, sólidamente puesto a tierra).
- Margen de tensión: 85-110%.
- Frecuencia nominal: 60Hz.

Sistema de corriente continua:

- Tensión nominal: 125Vdc.
- Margen de tensión: 85-110%.

Se realiza la secuencia de apertura y cierre que debe tener el interruptor “-Q01” mostrado dentro de un círculo rojo, en el diagrama unifilar de la SE2 presentado en la Fig. 38.

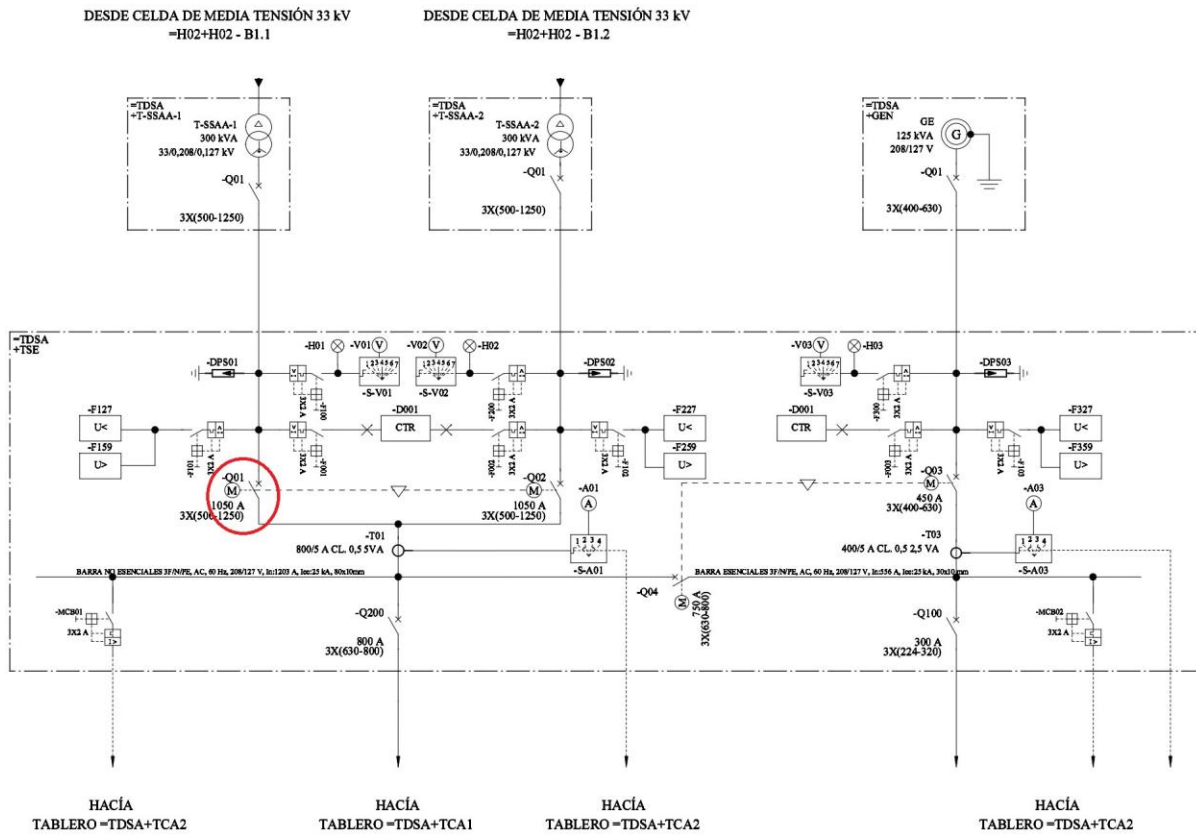


Fig. 38. Diagrama unifilar SE2

Con el diagrama unifilar se realiza el diagrama de principio, este diagrama tiene 2 secuencias de operación, secuencia de apertura y cierre.

a. *Secuencia de cierre:*

Es la secuencia que necesita cada uno de los niveles en los que se va a operar el interruptor para activar el cierre del interruptor Q01, en la Fig. 39 se identifica la lógica que se debe seguir en el sistema de SSAA para cerrarlo, esta lógica es necesaria para realizar el circuito de apertura y cierre de dicho interruptor:

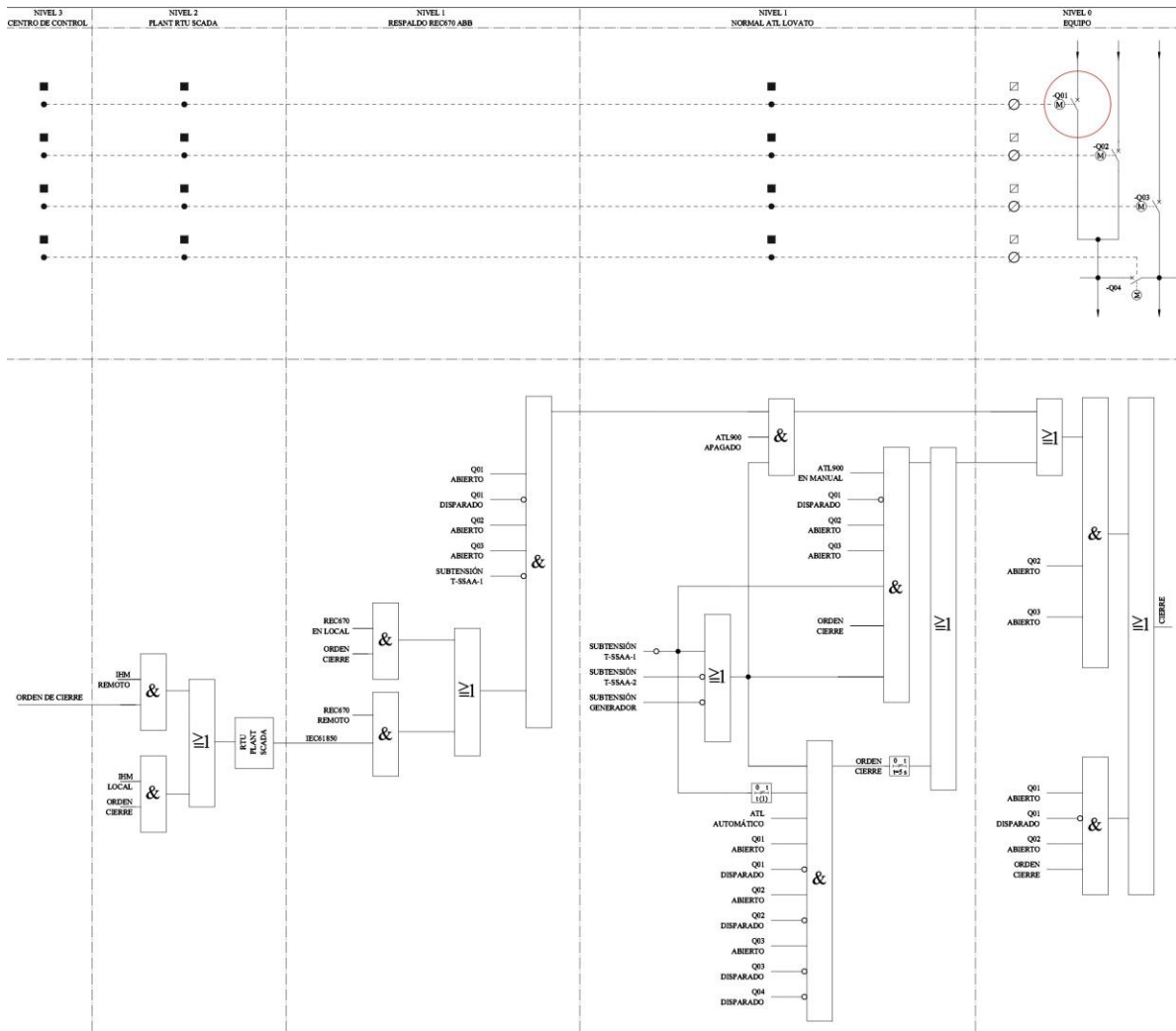


Fig. 39. Secuencia de cierre interruptor Q01

- Nivel 0: para que abra el interruptor es necesario que a nivel mecánico los enclavamientos funcionen adecuadamente, el interruptor Q01 debe estar abierto, no puede haber sido disparado, además el interruptor Q02 debe estar abierto para permitir la operación y necesariamente se le debe dar la orden de cierre. A nivel eléctrico se le puede dar orden desde el nivel 1.
- Nivel 1: la transferencia automática debe estar bloqueada o en modo manual, los interruptores Q02 y Q03 deben estar abiertos y no debe haber señales de subtensión provenientes de los transformadores del SSAA o del generador, no pueden estar disparados los interruptores Q02 y Q03. Si hay subtensiones el interruptor puede ser



cerrado por la transferencia automática. Este nivel tiene un respaldo para garantizar la operación de los equipos.

- Nivel 2: se da el mando de cierre desde la IHM de forma local y se envía al sistema por medio del sistema SCADA.
- Nivel 3: se da la orden de cierre desde el centro de control y la IHM debe estar en forma remota.

*b. Secuencia de apertura:*

Es mostrado en la Fig. 40:

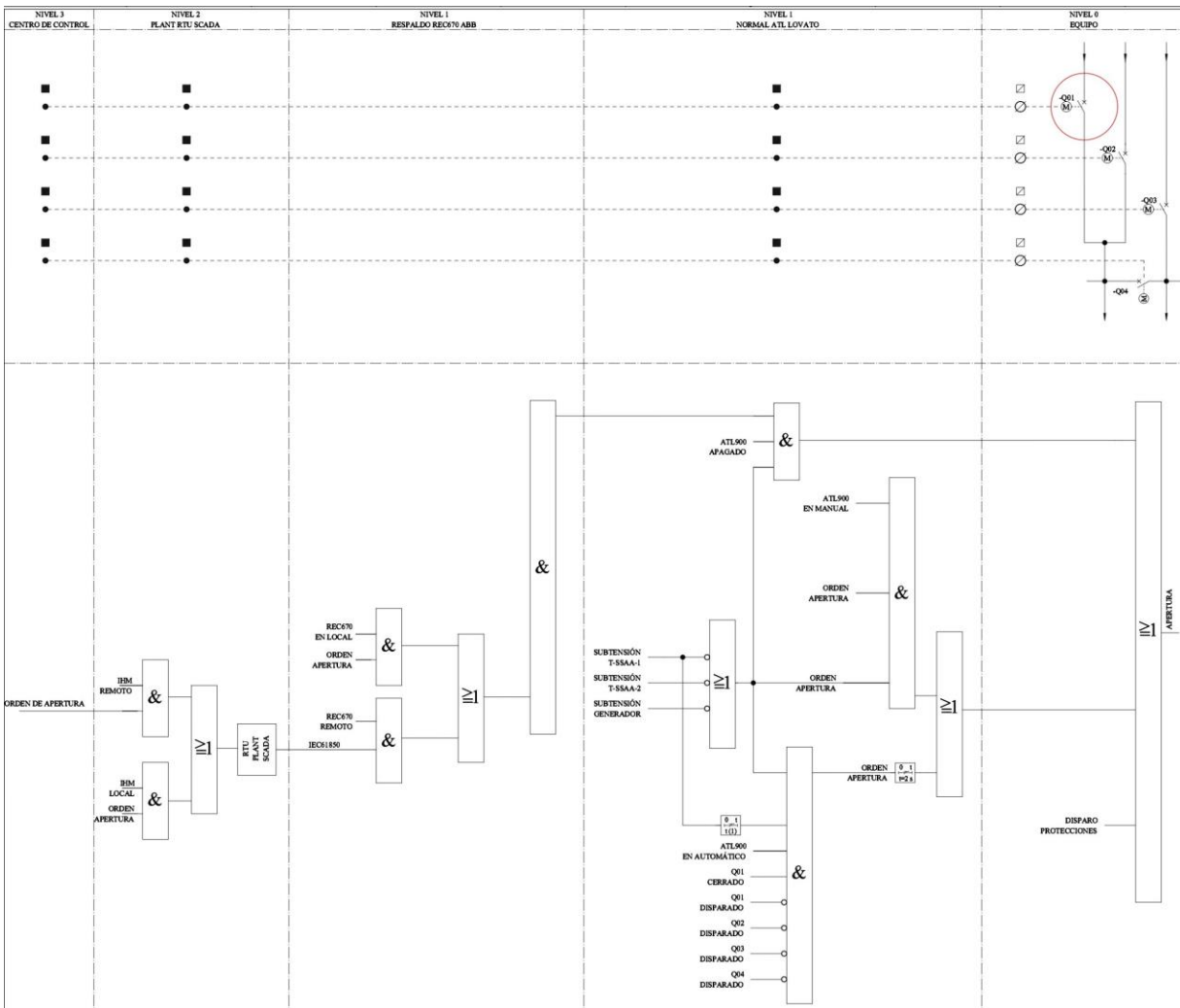


Fig. 40. Secuencia de apertura interruptor Q01

- Nivel 0: el interruptor abre por disparo en este nivel.
- Nivel 1: hay dos formas de operación, la primera es con la transferencia automática en la que se necesita que haya tensión en al menos un interruptor (Q01, Q02 o Q03), también ningún interruptor debe estar disparado para que la transferencia automática esté habilitada. La segunda forma es con la transferencia automática apagada, donde se debe dar orden de apertura de forma manual y también debe haber tensión en al menos uno de los 3 interruptores.
- Nivel 2: se da el mando de apertura desde la IHM de forma local y se envía al sistema por medio del sistema SCADA.
- Nivel 3: se da la orden de apertura desde el centro de control y la IHM debe estar en forma remota.

#### *F. Listado de señales:*

El listado de señales es necesario para tener en cuenta que requerimientos necesitan los elementos de SSAA para su control y monitoreo. Estas señales son llevadas al controlador de servicios auxiliares y este enlaza la comunicación con los niveles de la subestación y contiene la lógica de operación de los equipos. Para ello es necesario conocer la lógica de operación de los equipos y las funciones que deben tener los mismos.

Este listado se realiza para la SE2; primero se visualiza el diagrama unifilar de cada uno de los tableros, luego las señales que requieren los equipos de estos.

a. Tablero de transferencia

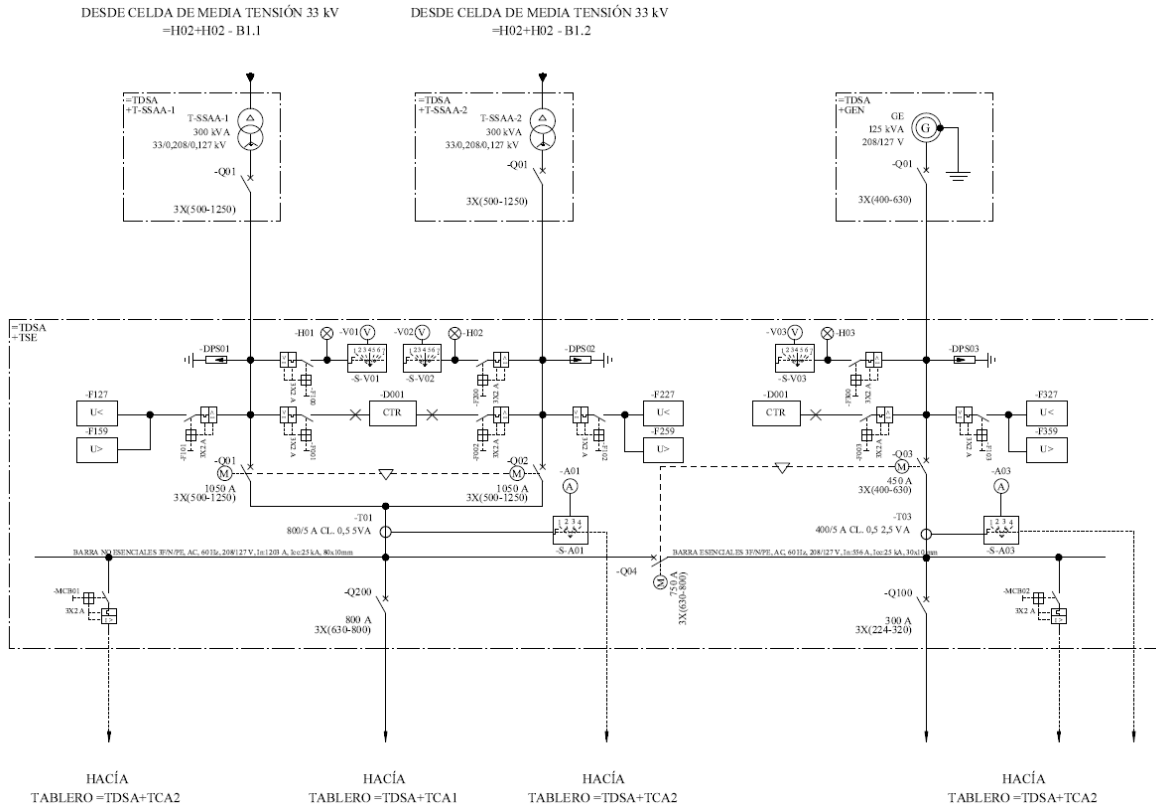


Fig. 41. Diagrama unifilar tablero TDSA+TSE

TABLA XI  
TABLERO DE SSAA =TDSA+TSE

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Posición interruptor -Q01	Abierto	Cerrado	SCSWI1
Mecanismo interruptor -Q01	Disparado		SP16GGIO1.Ind
Posición interruptor -Q02	Abierto	Cerrado	SCSWI2
Mecanismo interruptor -Q02	Disparado		SP16GGIO1.Ind2
Posición interruptor -Q03	Abierto	Cerrado	SCSWI3
Mecanismo interruptor -Q03	Disparado		SP16GGIO1.Ind3
Posición interruptor -Q04	Abierto	Cerrado	SCSWI4
Mecanismo interruptor -Q04	Disparado		SP16GGIO1.Ind4
Posición interruptor -Q100	Abierto	Disparado	SP16GGIO1.Ind5
Posición interruptor -Q200	Abierto	Disparado	SP16GGIO1.Ind6
Falla relé -F127	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind7

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Falla relé -F159	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind8
Falla relé -F227	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind9
Falla relé -F259	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind10
Falla relé -F327	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind11
Falla relé -F159	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind12
Falla -DPS01	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind13
Falla -DPS02	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind14
Falla Equipos de Control	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind15
Falla Equipos de Medida	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind16
Falla iluminación y tomas tableros	Alarma	Normal	SP16GGIO2.Ind
Corrientes entrada transformador	N/A	N/A	I3pMMXU1
Corrientes entrada grupo electrógeno	N/A	N/A	I3pMMXU2
Tensiones barra de esenciales	N/A	N/A	U3ppMMXU5
Tensiones barra de no esenciales	N/A	N/A	U3ppMMXU5

b. Tablero de alimentación circuitos no esenciales corriente alterna

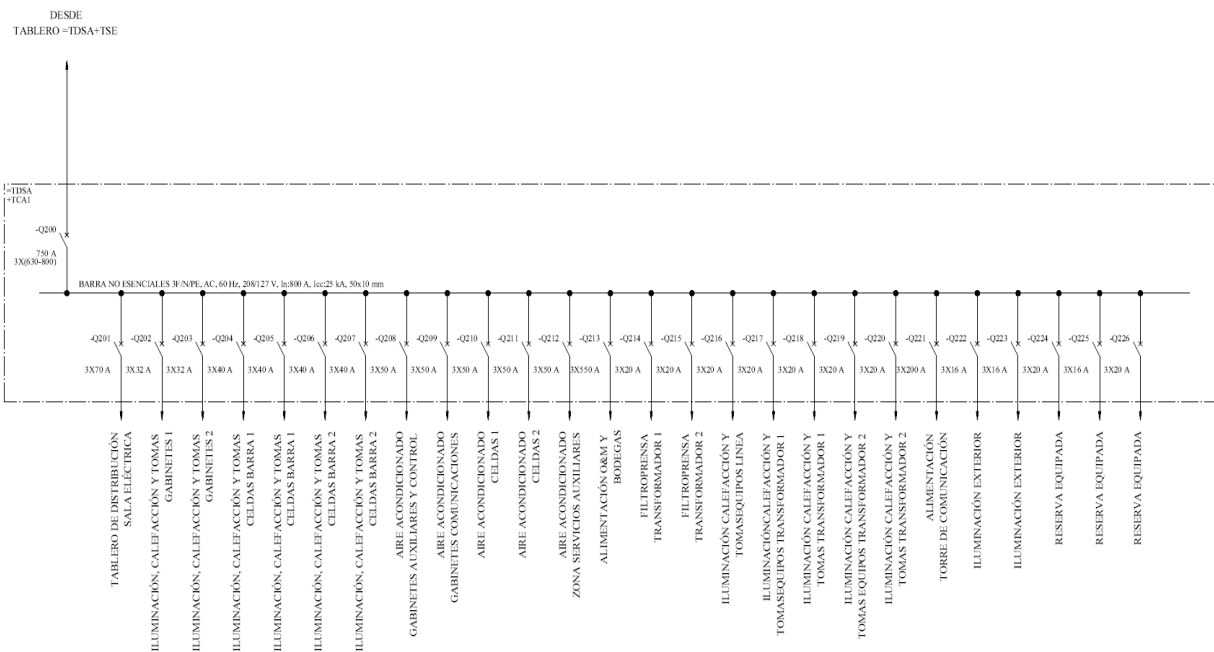


Fig. 42. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCA1

TABLA XII  
TABLERO DE SSAA =TDSA+TCA1

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Posición interruptor -Q200	Abierto	Disparado	SCSWI5
Posición de algún interruptor	Abierto	Disparado	SCSWI4
Falla iluminación y tomas tableros	Alarma	Normal	SP16GGIO2.Ind

c. Tablero de alimentación circuitos esenciales corriente alterna

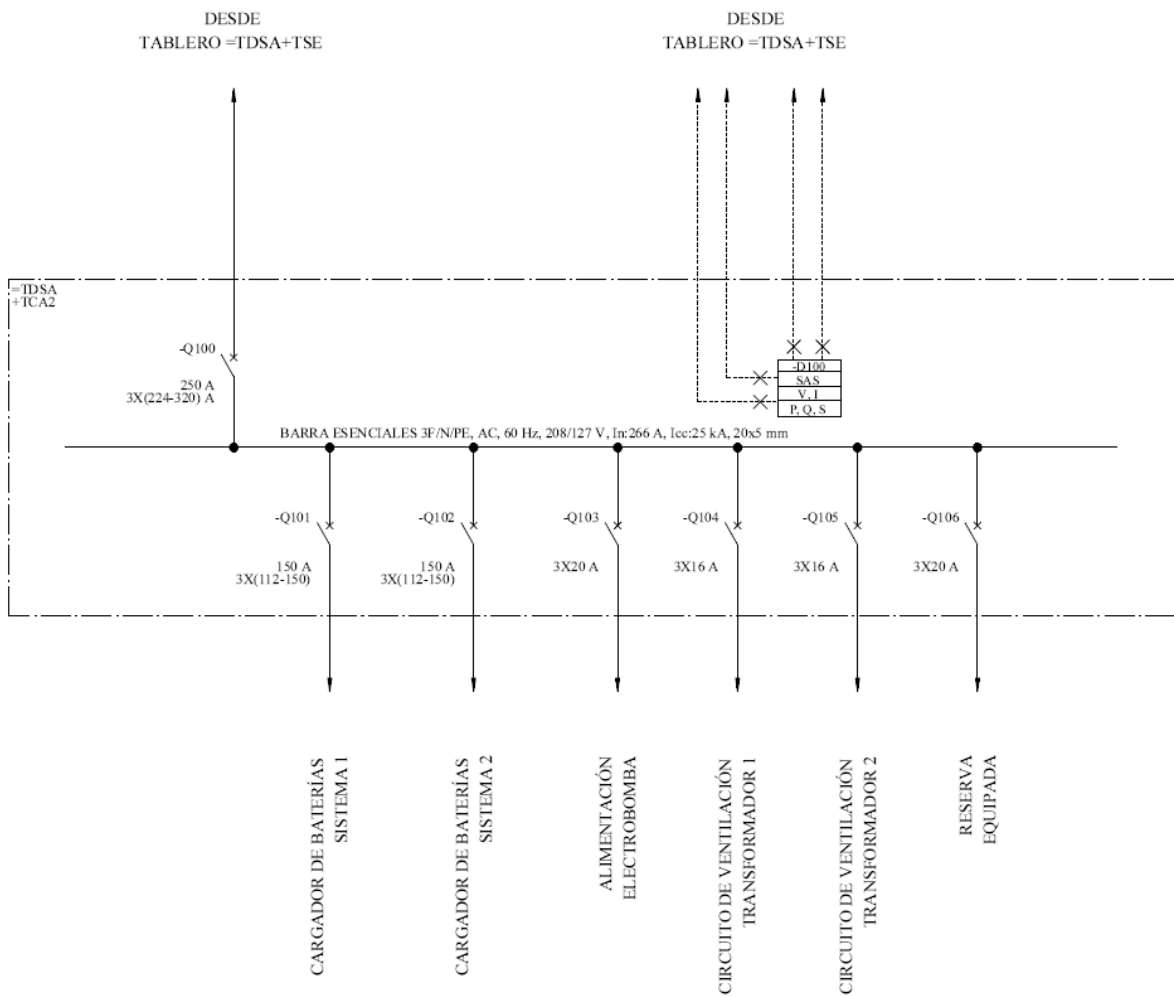


Fig. 43. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCA2

TABLA XIII  
TABLERO DE SSAA =TDSA+TCA2

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Posición interruptor -Q100	Abierto	Disparado	SCSWI4
Posición de algún interruptor	Abierto	Disparado	SCSWI4
Falla iluminación y tomas tableros	Alarma	Normal	SP16GGIO2.Ind

d. Tablero de alimentación circuitos de corriente continua

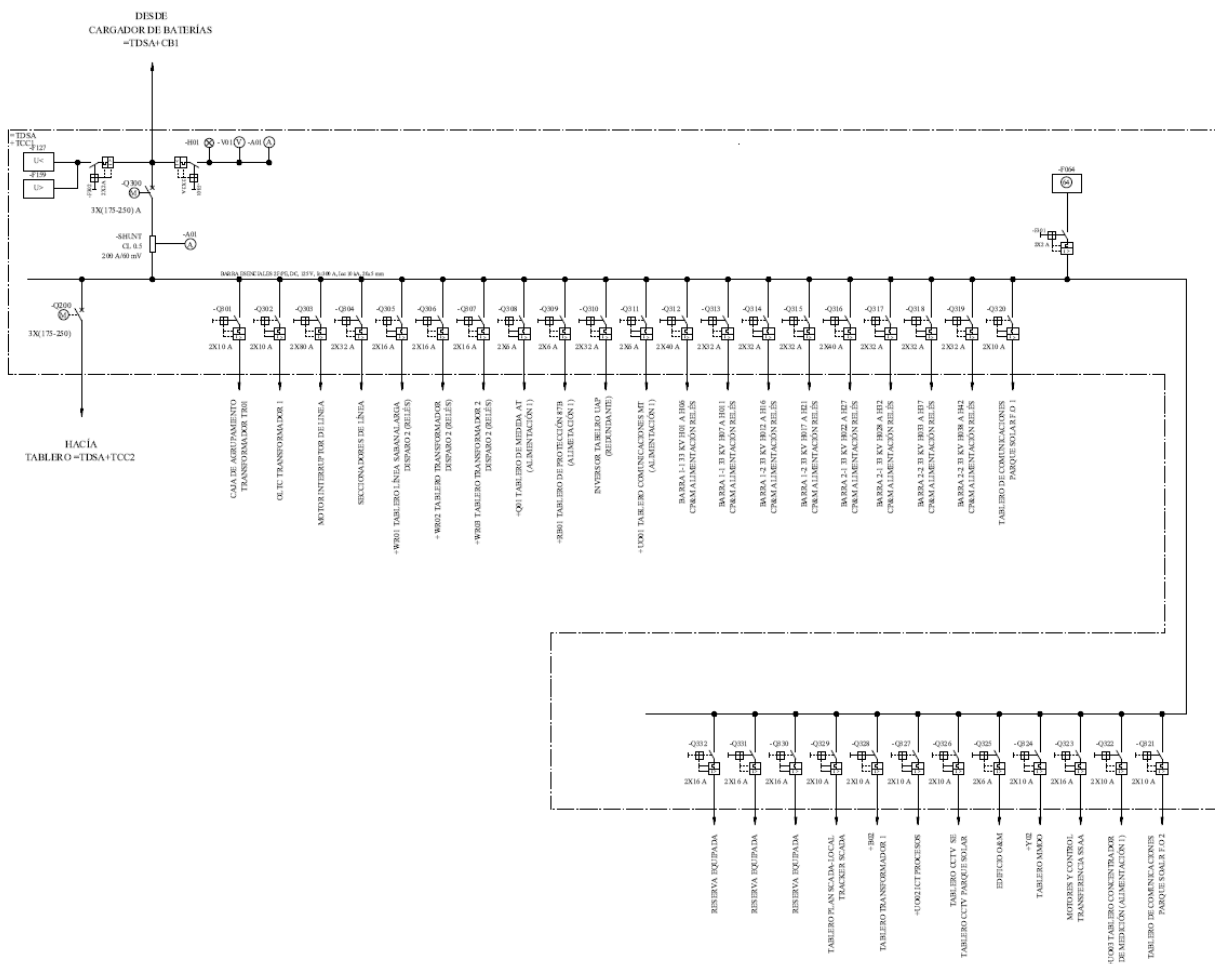


Fig. 44. Diagrama unifilar tablero TDSA+TCC1



TABLA XV  
TABLERO DE SSAA =TDSA+TCC2

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Posición interruptor -Q300	Abierto/Disparado	Cerrado	SCSWI5
Posición de algún interruptor	Abierto	Disparado	SCSWI4
Falla relé -F027	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind
Falla relé -F059	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind2
Falla relé -F064	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind3
Falla equipos de control	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind4
Falla iluminación y tomas tableros	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind5

TABLA XVI  
TABLERO DE SSAA =TDSA+TUAP

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Posición de algún interruptor	Abierto	Disparado	SCSWI4
Falla inversor 1	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind
Falla inversor 2	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind2
Falla iluminación y tomas tableros	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind3

TABLA XVII  
TABLERO DE SSAA =TDSA+CB1

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Falla a tierra	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind
Bajo voltaje	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind2
Alto voltaje	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind3
Falla interruptor de entrada	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind4
Falla interruptor de Salida 1	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind5
Falla interruptor de Salida 2	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind6
Alarma general	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind7



TABLA XVIII  
TABLERO DE SSAA =TDSA+CB2

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Falla a tierra	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind
Bajo voltaje	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind2
Alto voltaje	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind3
Falla interruptor de Entrada	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind4
Falla interruptor de Salida 1	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind5
Falla interruptor de Salida 2	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind6
Alarma general	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind7

TABLA XIX  
TABLERO DE SSAA =TDSA+GEN

Tablero de SSAA =TDSA+GEN	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Bajo nivel combustible	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind
Alta temperatura	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind2
Bajo nivel de aceite	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind3
Parada de emergencia	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind4
Falla interruptor Entrada	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind5
Alarma general 1	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind6
Alarma general 2	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind7

TABLA XX  
TABLERO DE SSAA =TDSA+BB1

Señal	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Falla interruptor de Banco de Baterías 1	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind

TABLA XXI  
TABLERO DE SSAA =TDSA+BB2

Tablero de SSAA =TDSA+BB2	SOE		Nivel 1
			Nodo Lógico
Falla interruptor de Banco de Baterías 2	Alarma	Normal	SP16GGIO1.Ind

### *G. Ingeniería de detalle de servicios auxiliares*

Para el diseño de los servicios auxiliares en SE a nivel industrial primero se debe tener la ingeniería primaria de los equipos e instalaciones de la subestación; con ese diseño se realiza la ingeniería de detalle, esta ingeniería comprende el diseño de los servicios auxiliares de la subestación.

El diseño de servicios auxiliares se debe hacer bajo los requerimientos, materiales disponibles para la fabricación de los tableros y la topología del mismo según el nivel de confiabilidad que necesita el cliente.

Primero se inicia por el diagrama unifilar de los servicios auxiliares de la subestación, el cuál es diseñado según la topología que se elige implementar, además de los materiales y equipos disponibles para la construcción del mismo.

Con el diagrama unifilar se procede a hacer el detalle del mismo, realizando un diagrama trifilar que detalla las entradas y señales de alimentación necesarias para cada equipo que conforma el sistema de servicios auxiliares.

Se realiza el detalle de la SE2, el diagrama unifilar de cada uno de los tableros de SSAA que conforman la SE está en la Fig. 41, Fig. 42, Fig. 43, Fig. 44 y Fig. 45.

En la Fig. 46 se realiza el detalle de los barrajes de alimentación, primero se inicia por los transformadores del SSAA y el grupo electrógeno que debe suplir el barraje de alimentación de cargas esenciales. Luego se realiza el sistema de descarga de sobretensiones y el envío para el sistema de medición de tensiones de cada barra de llegada, cada barraje de alimentación tiene su protección. Además, se realizan los enclavamientos para la lógica de operación de los interruptores entre la alimentación proveniente de los transformadores. Posterior a las protecciones se instala el sistema de medición de corriente. También se realiza el sistema de enclavamiento entre el interruptor del grupo electrógeno y el interruptor de transferencia de forma que la lógica de operación de ambos sea la opuesta y no estén en funcionamiento al tiempo, debido a que si son fuentes de alimentación diferentes y entran a suplir el sistema al tiempo ocurriría una falla.

Cada elemento es debidamente referenciado y se asigna la característica a cada material, como los conductores, cantidad de los mismos por circuito igualmente con las protecciones.

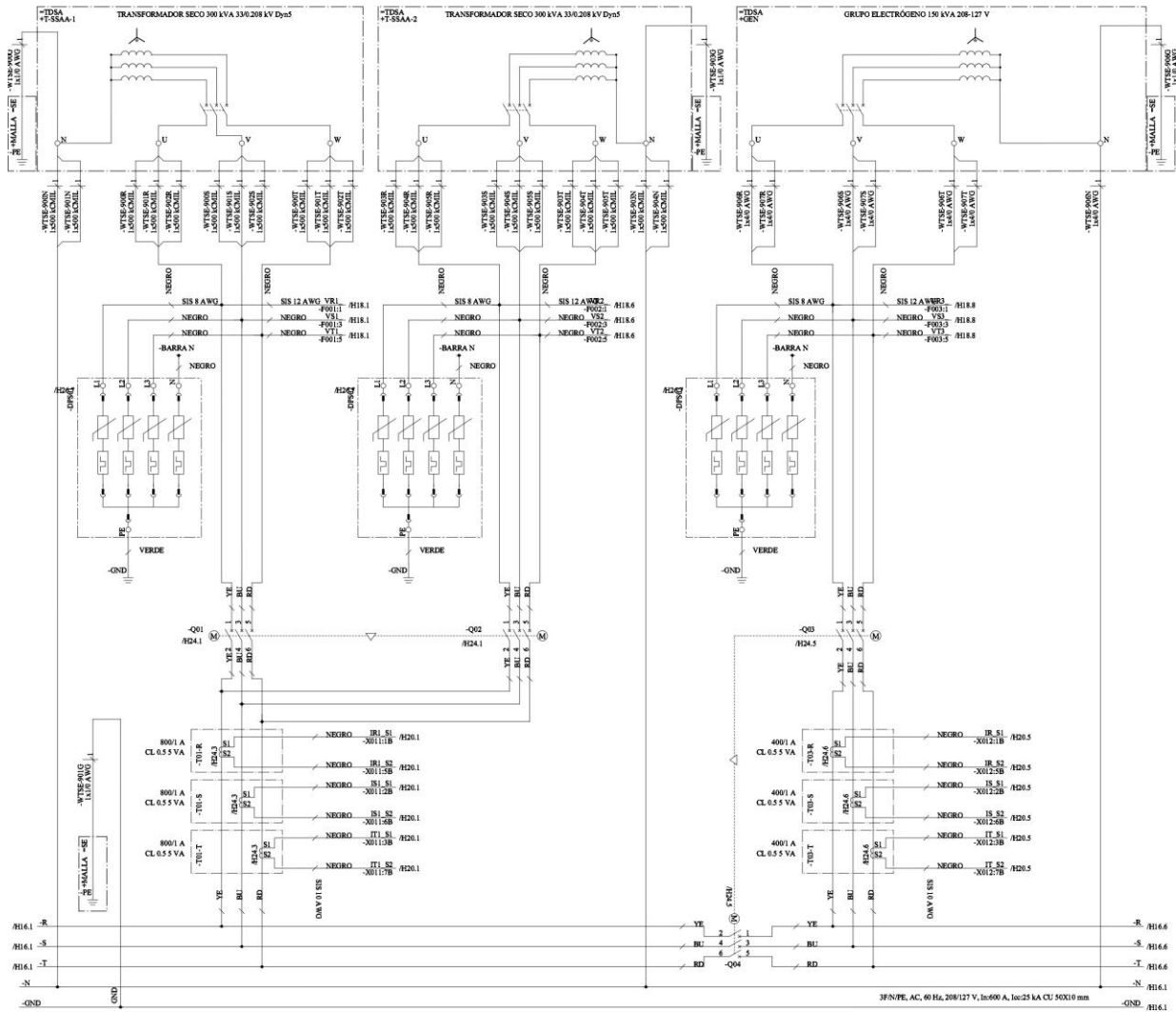


Fig. 46. Barrajes de alimentación SE2

En la Fig. 47 se asignan las cargas al barraje de distribución, cada carga tiene su sistema de protección y en caso de ser una carga que se encuentre en un tablero externo se realiza la señalización del lugar de destino que le corresponde.

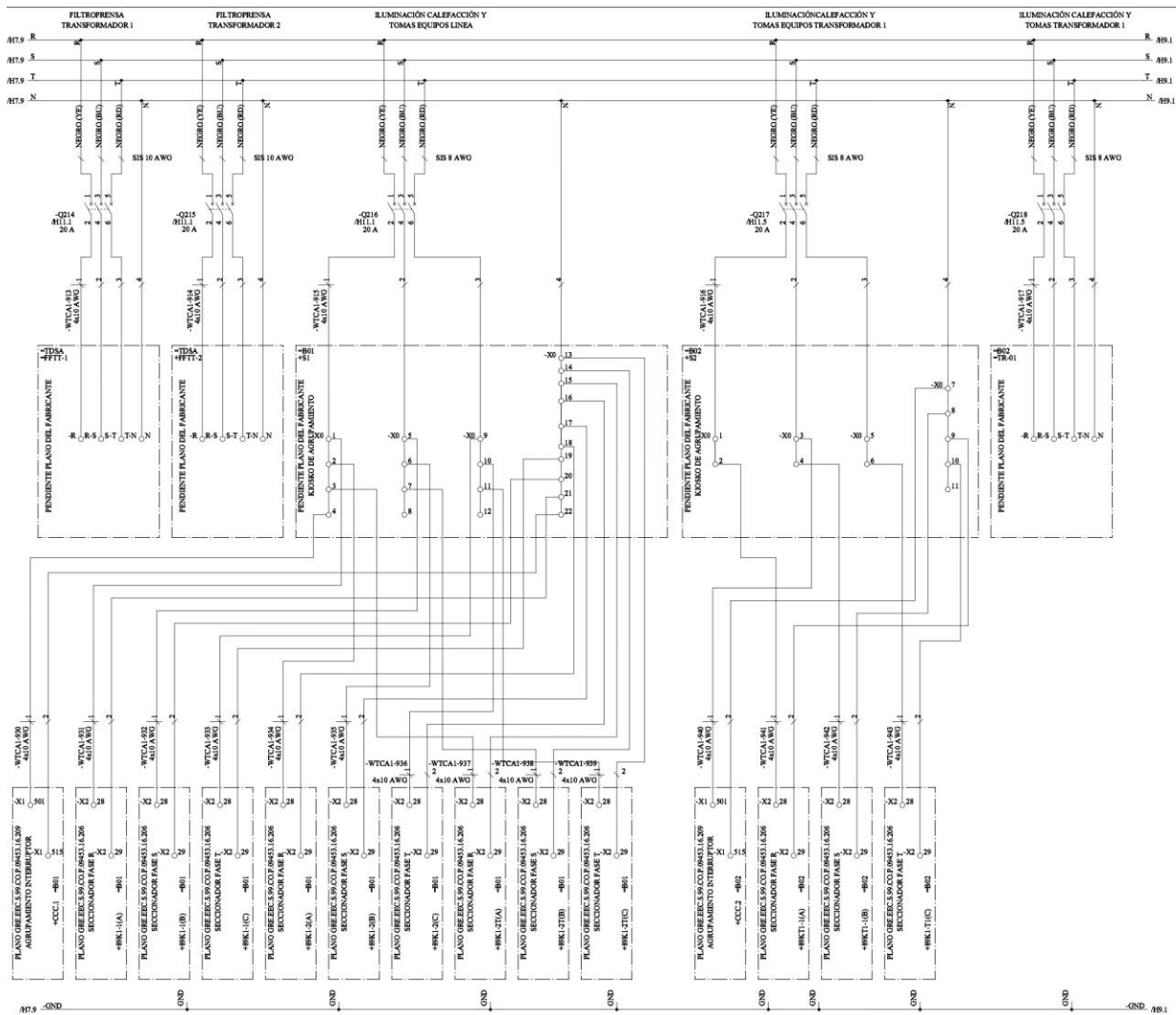


Fig. 47. Barraje de distribución

En la Fig. 48 se realiza el diseño de las señales de estado (posición y disparo) de los dispositivos de protección. Estas señales se llevan a el controlador de SSAA para monitorear el estado de los equipos en la SE y con la lógica programada tener el control del sistema, además de enlazar el sistema de comunicación en los diferentes niveles como se muestra en la Fig. 49 donde se visualizan las entradas de las señales al controlador.

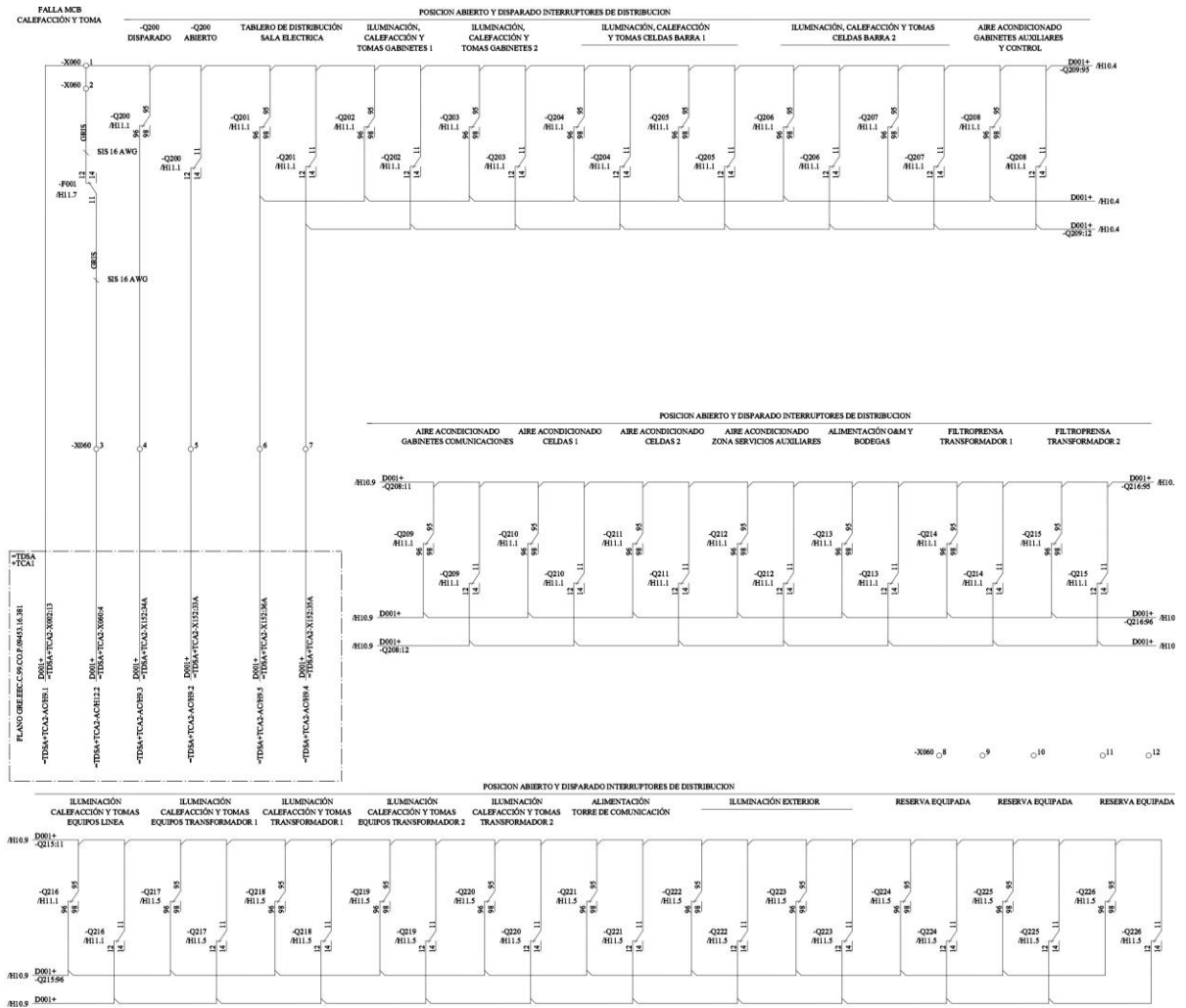


Fig. 48. Señales de estado y alarma de equipos

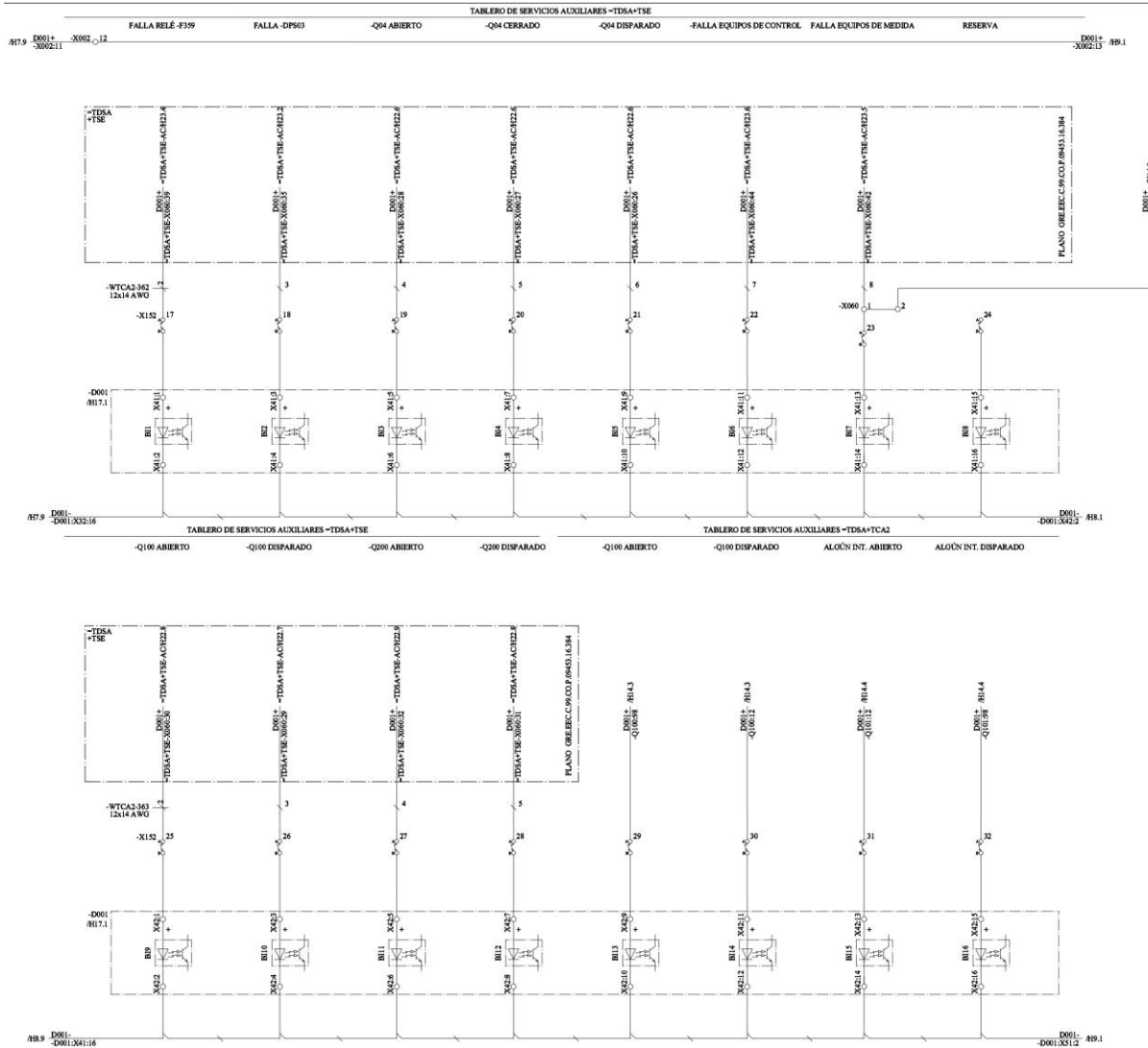


Fig. 49. Entradas controlador de SSAA

En la Fig. 50 se dispone la lógica cableada para los interruptores principales, los cuales deben tener enclavamientos para su funcionamiento, con esto se activa su apertura o cierre dependiendo de las condiciones del sistema, además se implementan las señales de su estado y funcionamiento.

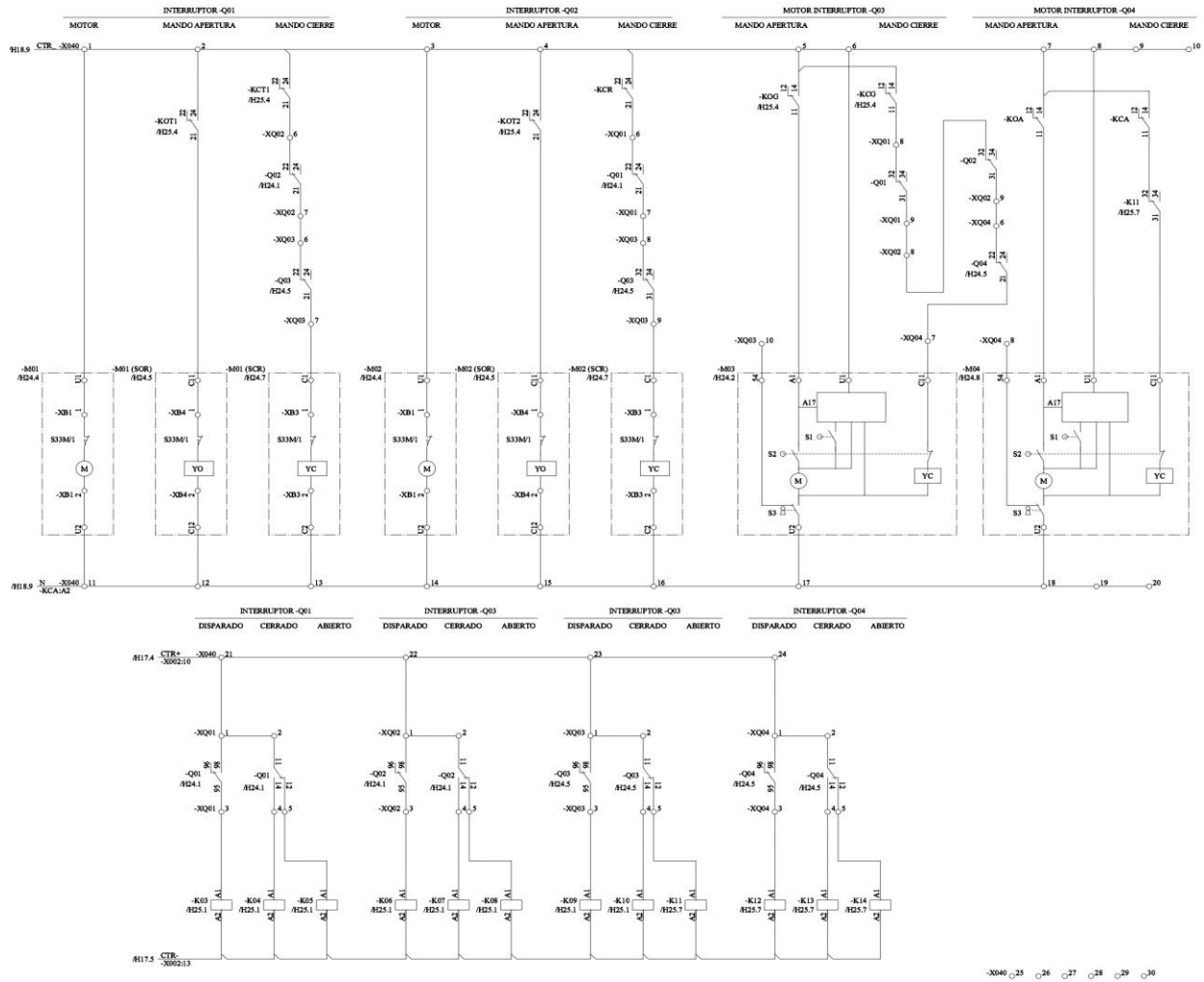


Fig. 50. Lógica cableada

En la Fig. 51 se dispone de la alimentación de los equipos de control además la alimentación para las señales de estado de los equipos.

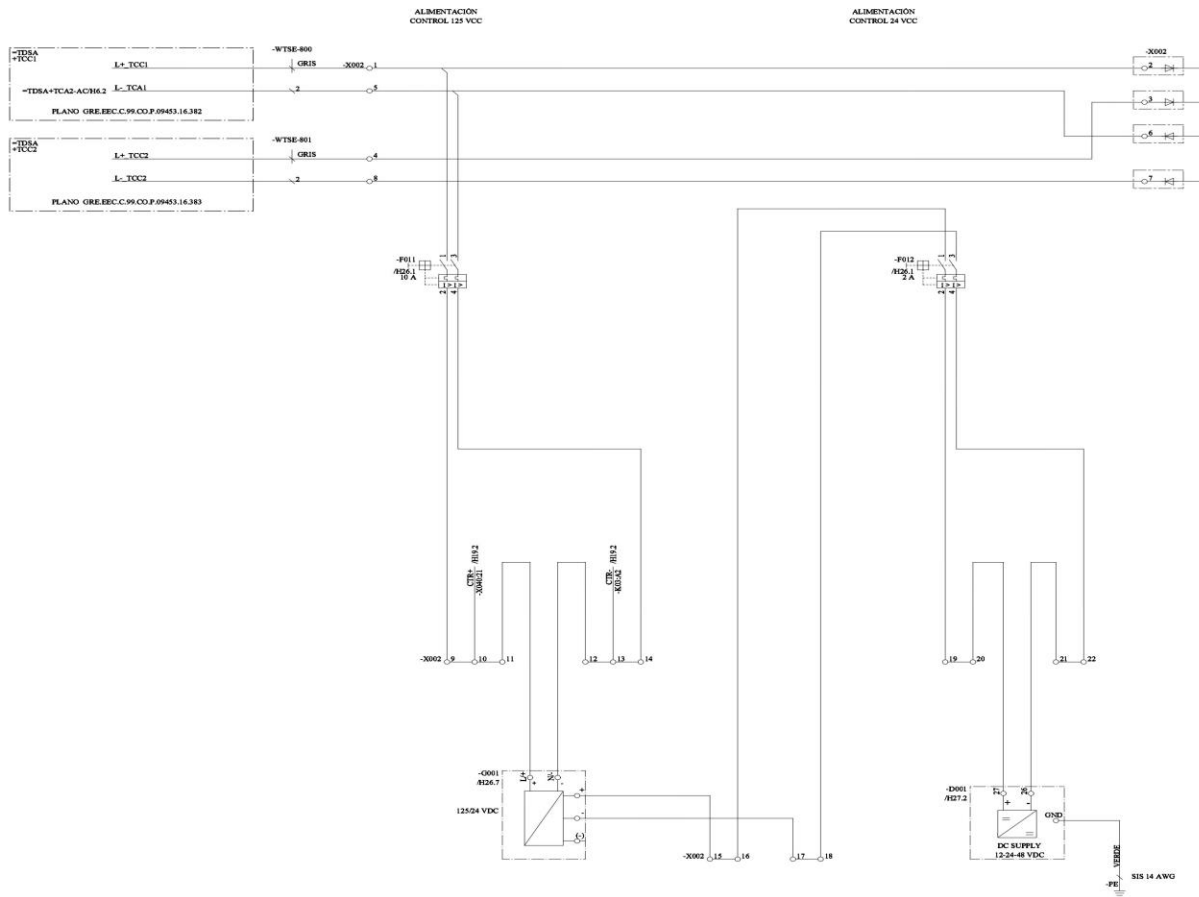


Fig. 51. Alimentación equipos de control

En la Fig. 52 se localizan los equipos de medida de los circuitos de alimentación del sistema.



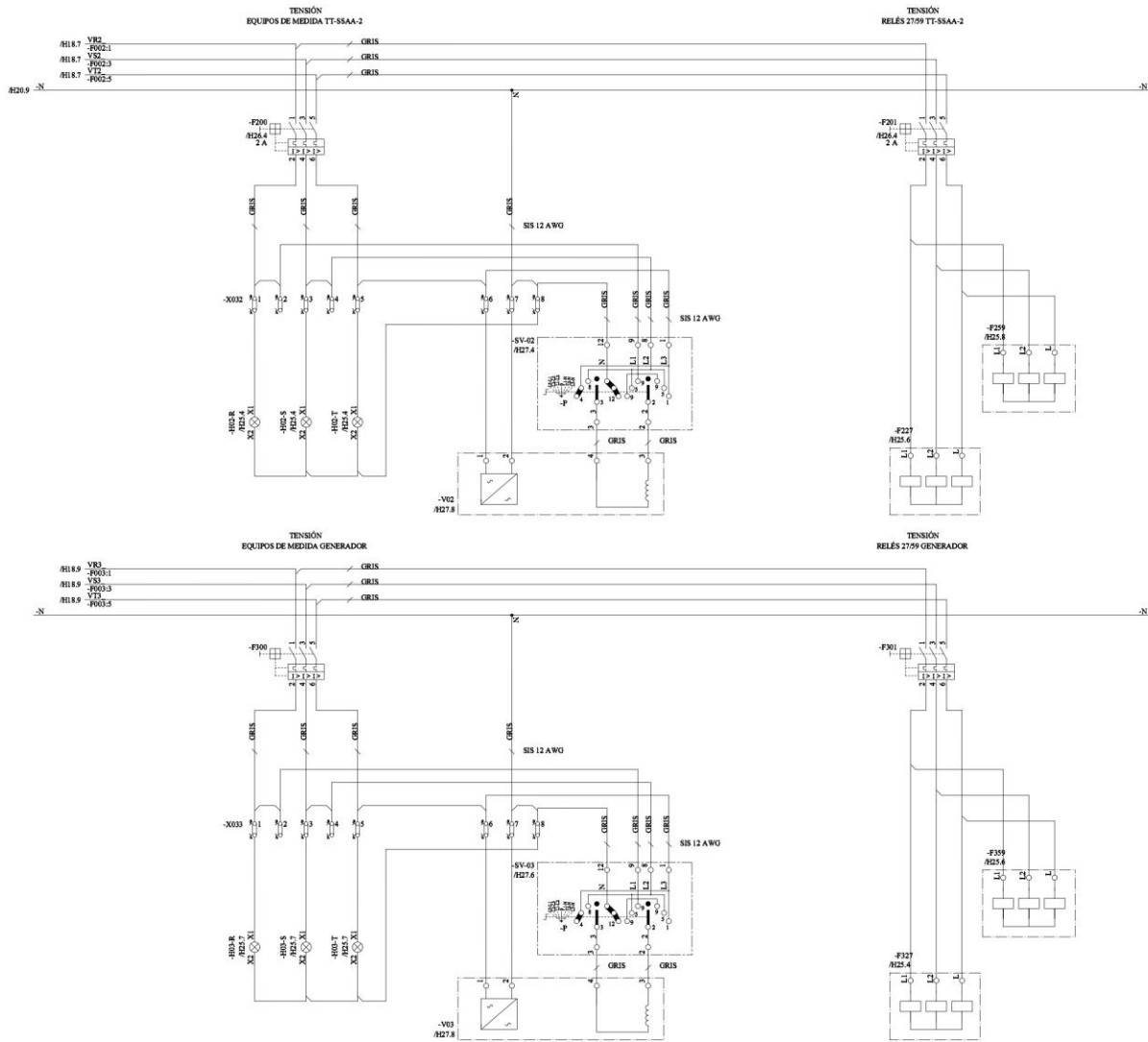


Fig. 52. Equipos de medida

Además, hay equipos de comunicaciones de fibra óptica que se deben implementar para el empalme de conexión y comunicaciones como el ODF que es un dispositivo distribuidor óptico (Fig. 53).

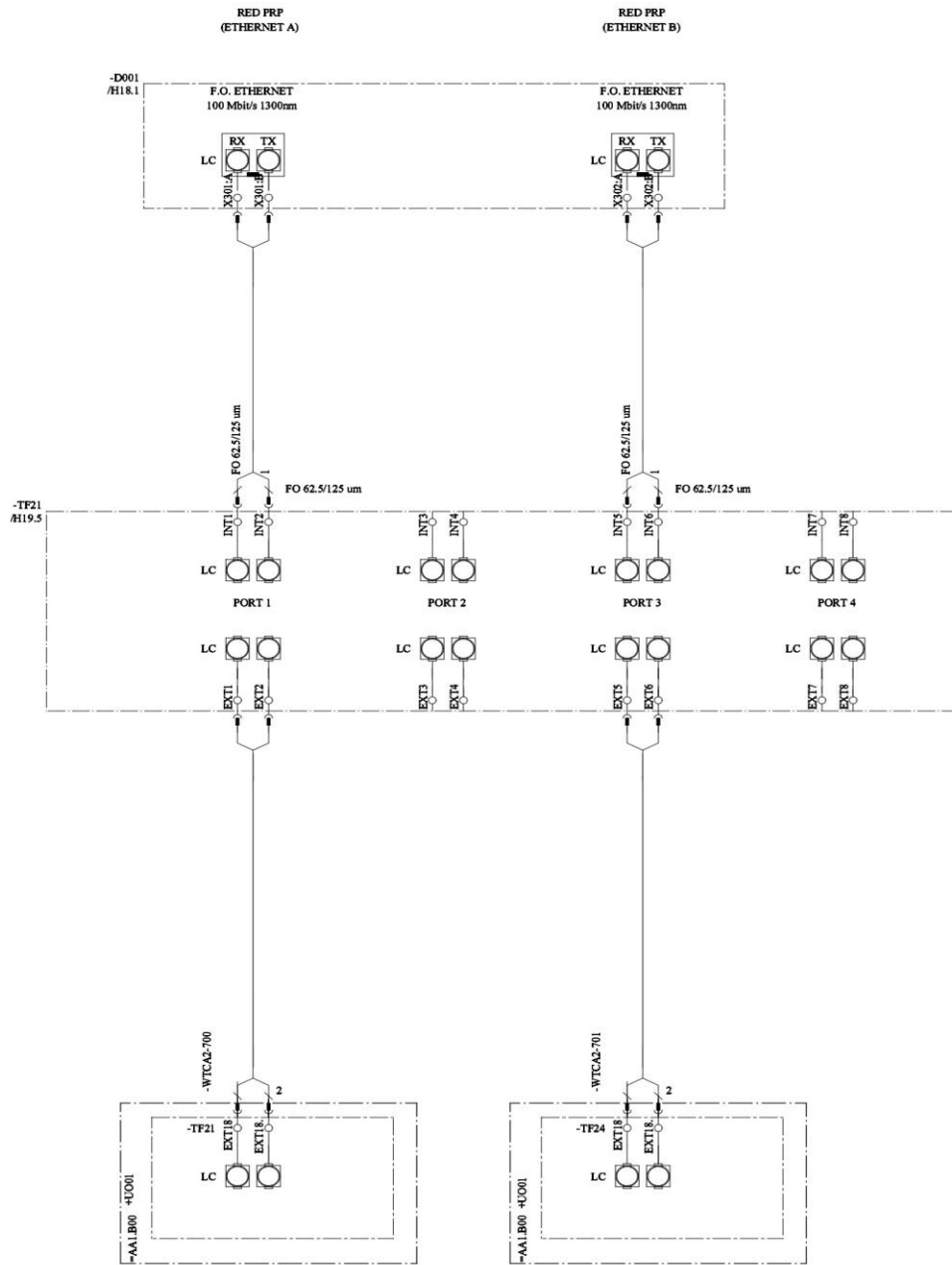


Fig. 53. Equipos de comunicaciones de fibra óptica

En la Fig. 54 se plasmaron la lista de materiales que contiene el proyecto con el código de serie de los mismos para que el instalador los tenga en cuenta en su desarrollo.

LISTA DE MATERIALES											
ID	SÍMBOLO	TAG	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT.	ID	SÍMBOLO	TAG	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT.
1		-F001	ABB S201-C6	MINI INTERRUPTOR SERIE S200, IX 6 A 20 kA/133 Vac, 10 kA/250 Vac.	1	20		-Q208	ABB XTIB160 TMD 50-500 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 50 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
2		-F001	ABB S2C-S/H6R	MINI INTERRUPTOR SERIE S200, IX 6 A 20 kA/133 Vac, 10 kA/250 Vac.	1	21		-Q208	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 50	1
3		-H301	STEGO 02540.3-10	LAMPARA ECOLINE MAGNÉTICA, LED 625 109240VAC.	1	22		-Q209	ABB XTIB160 TMD 50-500 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 50 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
4		-Q200	ABB TSN 630 PR221DS-LS1 IN=630	INTERRUPTOR C.M. TMAX.TSN 630 A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	23		-Q209	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 50	1
5		-Q200	ABB AUX 3Q+1SY 250V AC/DC	CONTACTO AUXILIAR T, T4-T5-T6 600 A	1	24		-Q210	ABB XTIB160 TMD 50-500 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 50 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
6		-Q201	ABB XTIB160 TMD 80-800 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 80 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	25		-Q210	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 50	1
7		-Q201	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 80	1	26		-Q211	ABB XTIB160 TMD 50-500 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 50 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
8		-Q202	ABB XTIB160 TMD 22-4-32 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 16-450A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	27		-Q211	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 50	1
9		-Q202	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 16-450A	1	28		-Q212	ABB XTIB160 TMD 50-500 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 50 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
10		-Q203	ABB XTIB160 TMD 22-4-32 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 32 A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	29		-Q212	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 50	1
11		-Q203	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 32 A	1	30		-Q213	ABB TSN 630 PR221DS-LS1 IN=630	INTERRUPTOR C.M. TMAX.TSN 630 A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
12		-Q204	ABB XTIB160 TMD 40-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 16-450A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	31		-Q213	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 630 A	1
13		-Q204	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 16-450A	1	32		-Q214	ABB XTIB 160 TMD 20-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 20 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
14		-Q205	ABB XTIB160 TMD 40-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 40 A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	33		-Q214	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 20	1
15		-Q205	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 40 A	1	34		-Q215	ABB XTIB 160 TMD 20-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 20 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
16		-Q206	ABB XTIB160 TMD 40-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 40 A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	35		-Q215	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 20	1
17		-Q206	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 40 A	1	36		-Q216	ABB XTIB 160 TMD 20-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 20 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1
18		-Q207	ABB XTIB160 TMD 40-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 40 A 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC.	1	37		-Q216	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 20	1
19		-Q207	ABB AUX-C 1Q+1SY 250VAC/DC	CONTACTO AUXILIAR XT.XT1-4 40 A	1	38		-Q217	ABB XTIB 160 TMD 20-450 3P FF	INTERRUPTOR C.M. TMAX.XT.XTIB 20 25 kA/240 VAC 15kA/440 VAC, GRIS.	1

Fig. 54. Listado de materiales

## VI. ANÁLISIS

Lo realizado durante la práctica académica fue lo esperado, puesto que se hicieron todos los pasos necesarios progresivamente, siendo un proceso evolutivo de aprendizaje. Los proyectos en los que se trabajaron tuvieron fluidez en el desarrollo, con pequeños contratiempos que son comunes en la ingeniería por cambios del cliente o cambios en el diseño para cumplir con las especificaciones necesarias.

Este proceso empieza por un diagrama unifilar el cuál es el bosquejo inicia del proyecto y contempla todas las cargas a las cuales se les debe llevar suministro eléctrico, luego de eso se inicia la ingeniería de detalle, la cual debe relacionar todas las señales de comunicación o alimentación necesarias para el funcionamiento de los equipos. Por este motivo es necesario que se realice correctamente la base del proyecto, si ocurren cambios o no se identifican errores a tiempo el proyecto se podría atrasar mucho tiempo, puesto que el implementar o retirar un equipo del sistema puede conllevar cambios significativos en los demás.

Actualmente se continúa en fase de diseño la “SE1” y la “SE2” está por finalizar para empezar su construcción

La ingeniería secundaria es una rama de la ingeniería un poco cerrada en la información que suministra para el conocimiento y aprendizaje, pero no fue impedimento para el desarrollo de las actividades por el apoyo prestado de la empresa.

## VII. CONCLUSIONES

La corrección de los diseños realizados con anterioridad es un proceso que se dificulta si la información que se suministra para la realización no es clara, es necesario tener contacto con personas en campo para realizarlas adecuadamente.

En el diseño de diagramas unifilares, es importante conocer las especificaciones del cliente, las cargas que se van a implementar, tanto la naturaleza de alimentación que requieren, además de los equipos que se tienen disponibles para la instalación, así se pueden evitar contratiempos por rediseño.

Los diagramas de principio son importantes para tener en cuenta las lógicas de operación de los equipos de maniobra, así se realiza correctamente el detalle del diseño de los mismos, siendo estos diagramas una guía imprescindible para la ingeniería de detalle de los servicios auxiliares.

Las señales para el control son necesarias para programar la lógica de operación del controlador de servicios auxiliares, así mismo los nodos lógicos disponibles para las señales según el equipo requerido.

Para realizar la ingeniería de detalle en los servicios auxiliares se requiere tener conocimiento exacto de los equipos que conforman el mismo, además del detalle de conexión, las señales de entrada o salida que puede adquirir, el detalle de funcionamiento y funciones que puede realizar.

## REFERENCIAS

- [1] Grupo de Investigación Orca Semillero de Investigación Barión, “Caracterización de Subestaciones Eléctricas,” 2020. Accessed: Mar. 13, 2022. [Online]. Available: <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Subestaciones-Ele%CC%81ctricas.pdf>
- [2] C. Enrique *et al.*, “Subestación de Servicios Auxiliares,” Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad profesional “Adolfo López Mateos” Zacatenco, Ciudad de México, 2019. Accessed: Mar. 13, 2022. [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/29095>
- [3] Equipos y Laboratorio de Colombia, “Baterías,” 2021. [https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/baterias-\(electricidad\)](https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/baterias-(electricidad)) (accessed Mar. 13, 2022).
- [4] Rodrigo Ivan Mera González, “Selección de fuentes de alimentación para los servicios auxiliares,” Escuela Pólitécnica Nacional, 1994. Accessed: Mar. 13, 2022. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5932/1/T100.pdf>
- [5] Ingeniero Torres Quevedo, “Cargadores de batería - Rectificadores. Convertidores. Sistemas de alimentación ininterrumpida,” 2018. <https://cargadores-de-baterias.com/> (accessed Mar. 13, 2022).
- [6] J. Espinoza, G. Pablo, and E. Segura, “Guía de selección de protecciones para subestaciones,” Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2010.
- [7] ENEL Green Power and Engineering and Construction, “Technical Standard AIS HV Substations wind and solar plants,” vol. 00. pp. 1–246, 2020.
- [8] IEC publications, “Communication networks and systems in substations - IEC TR 61850,” 2003. [Online]. Available: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)
- [9] “Introducción a la norma IEC 61850.” <https://www.ensotest.com/es/iec-61850/introduccion-a-la-norma-iec-61850/> (accessed Jul. 03, 2022).
- [10] HMV, *Subestaciones de alta y extra alta tensión*, Segunda Edición. 2003, 2003.
- [11] Commission électrotechnique internationale, “Norme internationale CEI IEC international standard - 60694 Edition 2.2 Spécifications communes aux normes de l’appareillage à haute tension Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards,” 2002. [Online]. Available: [www.iec.ch/catlg-f.htm](http://www.iec.ch/catlg-f.htm)

- [12] American National Standard for Electric Power Systems and Equipment, *ANSI C84.1-2020-Voltage Ratings (60 Hz)*, 2020.