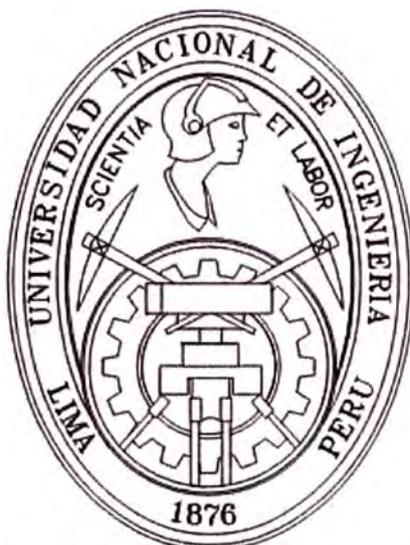


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica



APLICACIÓN DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN PRIMARIAS AISLADAS EN SF₆ EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR

MARCO ANTONIO TORRES SIMON

**PROMOCIÓN
2009-II**

**LIMA - PERÚ
2013**

**APLICACIÓN DE CELDAS DE MEDIA TENSIÓN PRIMARIAS AISLADAS EN SF₆ EN
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

Dedico el presente trabajo a mi familia quienes me enseñaron a dar lo mejor de mí en forma constante junto con principios y valores, ya que sin ellos no hubiera llegado a ser el profesional que ahora soy.

Para Rosa, Jenny y Rocío.

SUMARIO

El presente informe se concentra en el diseño e implementación de un Sistema de Distribución en Media Tensión usando Celdas Primarias Aisladas en SF6. Se analiza la selección adecuada de una configuración de Celdas Modulares utilizando los principios establecidos en la Norma IEC 62271-200 que rige el uso de cuadros de media tensión.

Explicaremos las tecnologías actuales de diferentes fabricantes a fin de determinar la mejor opción a elegir, teniendo en consideración factores como: las condiciones ambientales, los valores eléctricos del sistema, la confiabilidad del sistema, el ahorro de terreno y las tasas de mantenimiento.

Por último analizaremos un caso práctico en donde se aplicarán los criterios ya indicados para obtener finalmente una configuración adecuada de celdas de media tensión.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
ASPECTOS GENERALES	
1.1 Nuevas Tecnologías	2
CAPÍTULO II	
DEFINICIONES	
2.1 Media Tensión	4
2.2 Sistemas de Distribución	4
2.3 Subestaciones Eléctricas	6
2.4 Celda de Media Tensión	6
2.5 Interruptores de Potencia	7
2.6 Seccionadores de Potencia	8
2.7 Gas SF ₆ (Hexafloruro de Azufre)	9
CAPÍTULO III	
ASPECTOS DE LA NORMA IEC 62271-200	
3.1 Norma IEC 62271-200	10
3.2 Nuevas Definiciones de la Norma IEC 62271-200	11
3.2.1 Accesibilidad de los Compartimientos	11
3.2.2 Pérdida de Continuidad de Servicio LSC (Loss of Service Continuity)	12
3.2.3 Clase de Partición	13
3.2.4 Celda clasificada a prueba de arco interno IAC (Internal Arc Classified)	14
CAPÍTULO IV	
CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CELDAS GIS EN MEDIA TENSIÓN	
4.1 Alcances	17
4.2 Códigos y Normas	17
4.3 Definiciones	18
4.4 Construcción	18
4.5 Estructura del Tablero	18
4.5.1 Gabinetes y/o Paneles	19
4.5.2 Puertas	21
4.5.3 Terminales de fuerza y conexión entre paneles	21

4.5.4	Barras principales	22
4.5.5	Conexión a Tierra	23
4.5.6	Aisladores	23
4.5.7	Gas Aislante SF ₆	23
4.6	Interruptor de una Celda GIS	24
4.6.1	Mecanismo de operación	25
4.6.2	Accesorios	26
4.7	Seccionador de tres posiciones de una Celda GIS	26
4.7.1	Mecanismo de Operación	27
4.7.2	Accesorios	27
4.8	Características de bloqueos en la Celda	27
4.9	Transformador de Corriente	28
4.10	Transformadores de Voltaje o Sensores de Voltaje	29
4.11	Sensores de proximidad	30
4.12	Relé de Protección	31
4.12.1	Diseño	33
4.12.2	Funciones de protección	33
4.12.3	Funciones de Medida	35
4.12.4	Registrador de perturbaciones	35
4.12.5	Registros de eventos	36
4.12.6	Funciones de calidad de potencia	36
4.12.7	Funciones de control	36
4.12.8	Localizador de faltas	36
4.12.9	Funciones de monitorización de condición	37
4.12.10	Funciones generales	37
4.12.11	Funciones de comunicación	37
4.12.12	Funciones Estándar	37
4.12.13	Panel de pantalla	38
4.12.14	Autosupervisión	38
4.12.15	Configuración del terminal de línea	39
4.12.16	Parametrización del terminal de línea	39
4.12.17	Tensión auxiliar	39
4.13	Voltajes para la Alimentación del Equipo Auxiliar	39
4.14	Alambrado	40
4.15	Placa de Datos Características	40
4.16	Accesorios	41

4.17	Acabado	41
4.18	Mantenimiento	41
4.19	Pruebas en fábrica (FAT), rutina bajo lineamiento IEC	42
4.20	Pruebas en sitio (SAT) – OPCIONAL	42
4.21	Comparación entre Celdas Aisladas en Aire y en SF ₆	43
4.21.1	Influencias del Ambiente	43
4.21.2	Mayor Seguridad para el Operador	44
4.21.3	Mayor Confiabilidad	44
4.21.4	Diseño Compacto	44
4.21.5	Mantenimiento Mínimo	45
CAPÍTULO V		
PROYECTO: DISEÑO DE SALAS ELÉCTRICAS CON SISTEMAS GIS		
5.1	Sala de Control de Potencia - PetroAmazonas	46
5.1.1	Condiciones Geográficas del Proyecto	46
5.1.2	Alcance Específico del Proyecto	47
5.2	Problemática de la Sala Eléctrica	48
5.3	Propuesta de Celdas Aisladas en SF ₆	48
5.4	Presupuesto del nuevo sistema eléctrico	49
5.4.1	Tiempo de Suministro	49
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES		53
ANEXOS		55
BIBLIOGRAFÍA		81

PRÓLOGO

El propósito del presente informe es presentar una guía teórica que permita seleccionar adecuadamente un sistema de celdas de media tensión aisladas en gas SF₆, a ser utilizadas en sistema eléctricos de distribución primarios. En el Capítulo I haremos un repaso de las nuevas tecnologías que existen en el mercado para equipamiento eléctrico en media tensión.

Dada la cantidad de equipamiento disponible es necesario establecer que parámetros fundamentales se deben tener en cuenta para una correcta selección de los tableros eléctricos por lo tanto en el Capítulo II revisaremos primero las definiciones y principales características que señala la norma actual que rige el uso de cuadros de media tensión la IEC 62271-200. Se detallaran los principales requerimientos y reglas de clasificación que exige la norma en relación al uso de celdas compartimentadas Asimismo indicaremos otros factores de diseño a tomar en cuenta como las condiciones ambientales, la confiabilidad del sistemas y temas de mantenimiento.

Asimismo en el Capítulo III se analizaran las características generales que deben presentar los cuadros eléctricos de media tensión en SF₆, por lo que se incluirá una especificación técnica general basada en las actuales tecnologías y criterios eléctricos mínimos que deben tomarse en cuenta para la implementación posterior de estos equipos.

En el Capítulo IV finalmente se analizará el diseño e implementación de un Sistema de Distribución, integrando Celdas Modulares Primarias en Media Tensión Aisladas en SF₆ instaladas en una sala eléctrica para un cliente del rubro petrolero. A nuestro sistema elegido seleccionándolo adecuadamente según las normas vigentes y criterios eléctricos. Finalmente se ha realizado una cuantificación económica del proyecto teniendo en consideración el uso de celdas con aislamiento en SF₆. Se comentan las ventajas de este nuevo sistema y las razones su selección.

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

Las subestaciones eléctricas son muy importantes dentro de un sistema de distribución de energía ya que son instalaciones con un conjunto de equipos y circuitos que permiten modificar las variables de tensión y corriente y a la vez ser un medio de interconexión de redes, despacho de energía y protección de sistemas eléctricos.

1.1. Nuevas tecnologías

Actualmente el desarrollo de nuevos materiales y prácticas trae consigo el uso de nuevas tecnologías también en el rubro eléctrico, teniéndose una gamma de diversos equipos con los que puede atenderse la necesidad de una nueva subestación de potencia. Las tendencias a lo compacto en cuestiones de equipamiento, a tasas menores de mantenimiento para los nuevos equipos de potencia, a productos que respeten el medio ambiente, nos hacen pensar en que no podemos seguir diseñando las subestaciones eléctricas como lo venimos haciendo hasta ahora.

Centrando nuestra atención en las subestaciones de distribución, el uso de cuadros o celdas compactas y más eficientes debería ser la tendencia de los años siguientes en los que las subestaciones desatendidas serán la tecnología a la que migremos nuestros diseños.

Durante los últimos años fabricantes multinacionales vienen desarrollando ya celdas compactas en dos tecnologías claramente definidas: con aislamiento en aire es decir respetando las distancias eléctricas mínimas sin un medio diferente al atmosférico y con aislamiento en SF₆, cuyo uso permite reducir las distancias entre fases, entre barras y entre equipos dentro de la subestación [1].

La velocidad con que se ejecutan proyectos eléctricos ha hecho que en los últimos años para sectores industriales e infraestructura se prefiera utilizar tecnologías en aire y en vacío para la extinción del arco eléctrico las cuales son amigables con el medio ambiente.

Sin embargo para los sectores de industria pesada, minería, petróleo, generación y distribución primaria aún se consideran soluciones aisladas en gas SF₆. Si sumamos la problemática que existe en ciudades donde se concentran grandes cargas o consumidores donde a diferencia de años anteriores los costos por terreno para la edificación de subestaciones de transformación y distribución son cada vez mayores y menos accesibles, nos lleva a reducir nuestras soluciones de potencia. Los patios de llaves en alta tensión ya están siendo diseñados con equipos híbridos (aire y SF₆). Ya han aparecido los interruptores

en C02 y la tendencia a lo compacto continúa. Por lo tanto en el caso de la media tensión se necesita evaluar y revisar los criterios que usamos para nuestros diseños.

Debemos de preguntarnos qué ocurre realmente si migramos a las tecnologías compactas y como se afectará la forma en que damos mantenimiento y operamos nuestras subestaciones en adelante.

Por esa razón examinaremos en los capítulos siguientes la normativa actual en celdas de media tensión y posteriormente indicaremos las ventajas de utilizar sistemas compactos aislados en SF6, lo cual nos permitirá incluir este tipo de equipamiento en nuestras soluciones y proyectos.

CAPÍTULO II

DEFINICIONES

Antes de revisar la normatividad respecto a los cuadros de media tensión debemos tener claro las definiciones de algunos conceptos eléctricos para poder entender el análisis posterior, aunque muchos de estos conceptos se indican en las normas, vale la pena revisarlos pues son críticos en el análisis de sistemas eléctricos que involucran el uso de celdas compartimentadas. Cabe señalar que no revisaremos los parámetros básicos de electricidad para sistemas de distribución como tensión, corriente, cortocircuito y frecuencia.

2.1 Media Tensión

En los círculos profesionales se emplea el término “Media Tensión Eléctrica” para referirse a instalaciones con tensiones entre 1 y 45kV. Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en centros de transformación, donde normalmente se reduce la tensión hasta los 400V y también en centros de transformación de media tensión de grandes industrias.

En realidad no existe una definición clara en ningún reglamento de hasta dónde llega la media tensión. La denominación de Media Tensión es usada por las compañías eléctricas para referirse a sus tensiones de distribución.

2.2 Sistema de Distribución

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de instalaciones y equipos que permiten y entregar energía eléctrica a diferentes usuarios en forma segura y confiable. Estos sistemas permiten energizar un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares [1].

Un sistema de distribución normal consta de redes de transmisión y/o sub-transmisión, subestaciones de distribución que transforman la energía a una tensión más baja, adecuada para la distribución local, circuitos alimentadores los cuales alimentan un área bien definida; estaciones transformadoras de distribución, montadas sobre postes, en casetas o cámaras subterráneas, cerca de los centros de consumo para transformar la energía a la tensión de los usuarios finales. La Figura 2.1 nos muestra un sistema típico de distribución eléctrica.

Dependiendo de las características de las cargas, las tensiones eléctricas, los volúmenes de energía involucrados, y las condiciones de confiabilidad y seguridad con que deban operar, los sistemas de distribución se clasifican en:

- Sistemas de Distribución Primarios: Es aquel sistema destinado a transportar la energía

eléctrica producida desde un sistema de generación, utilizando para tal fin eventualmente un sistema de transmisión, y/o un subsistema de sub-transmisión, a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público y/o a las conexiones para clientes industriales, centros urbanos de gran consumo, comprendiendo tanto las redes como las subestaciones intermediarias y/o finales de transformación.

- **Sistemas de Distribución Secundarios:** Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada en media o baja tensión, desde un sistema de distribución primaria, a través de un sistema de sub-transmisión, hacia los usuarios finales o centros de consumo con la conveniente continuidad y calidad de suministro para los distintos usos.

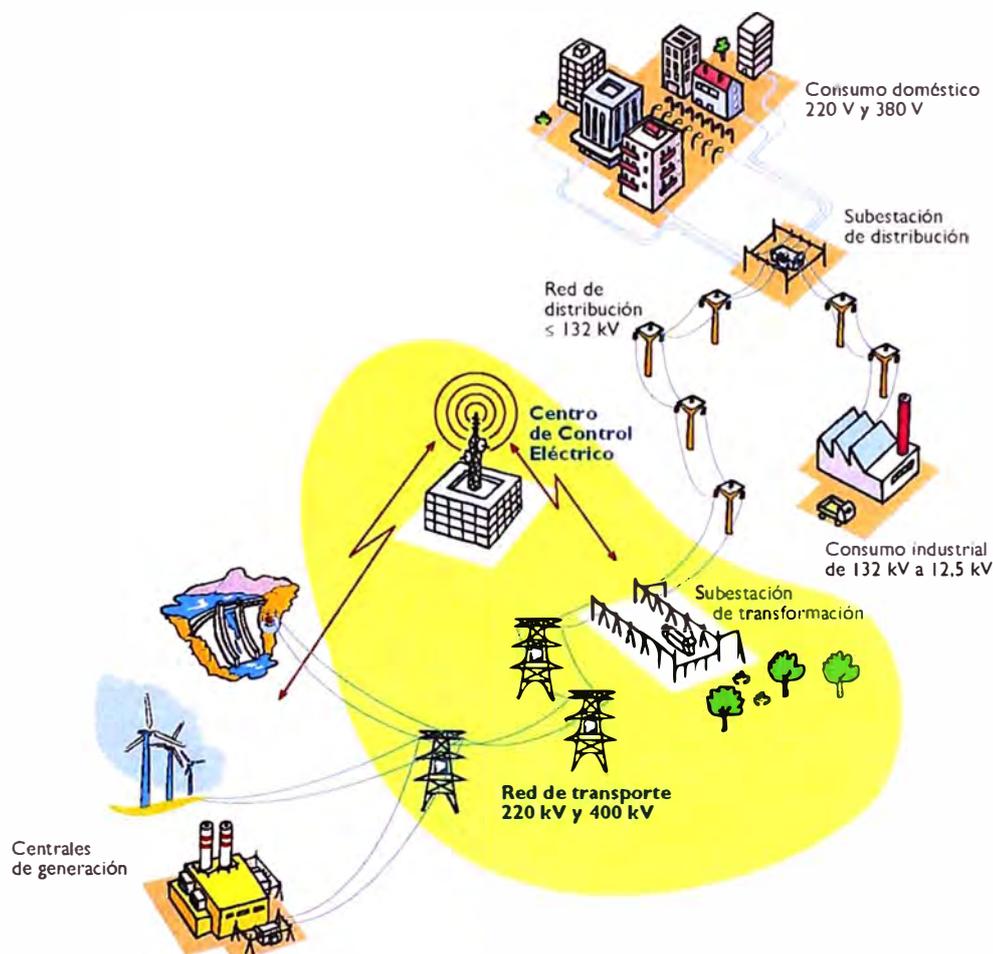


Fig. 2.1 Sistema de Distribución Eléctrico

2.3 Subestaciones Eléctricas

Conjunto de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la recibe de una red de distribución primaria y la entrega a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público, a otra red de distribución primaria o a usuarios. Comprende generalmente el transformador de potencia y los equipos de maniobra, protección y control, tanto en el lado primario como en el secundario, y

eventualmente edificaciones para albergarlos. En la Figura 2.2 se muestra una subestación típica con un patio de llaves y con cuartos de control.



Fig. 2.2 Modelo de Subestación Eléctrica

2.4 Celda de Media Tensión

En general se entenderá como Celdas de Media Tensión (en inglés Switchgear) al conjunto continuo de secciones verticales (Celdas) en las cuales se ubican equipos de maniobra (interruptores de potencia fijos o extraíbles, seccionadores, etc), equipos de medida (transformadores de corriente, transformadores de tensión, sensores de corriente y tensión, etc), y equipos de protección y control, montados en uno o más compartimientos de baja tensión insertos en una estructura metálica externa. Las Celdas de Media Tensión cumplen la función de recibir y distribuir la energía eléctrica.

Las Celdas de Media Tensión, están definidas según la norma IEC 62271-200, y sus principales características son:

- Equipos en compartimientos con grado de protección IP2X o mayor.
- Separaciones metálicas o aisladas entre compartimientos.
- Posibilidad de tener compartimientos separados o diferenciados como: Compartimiento

de interruptor compartimiento de barras, compartimiento de cables y compartimiento de baja tensión.

- Para celdas de doble barra, cada barra se encuentra en un compartimiento separado.
- Posibilidad de extenderse lateralmente en ambos sentidos.

Se distinguen principalmente dos tipos de aislamiento: en aire o en gas SF6 (compartimientos sellados). La Figura 2.3 es de una celda con aislamiento en aire.

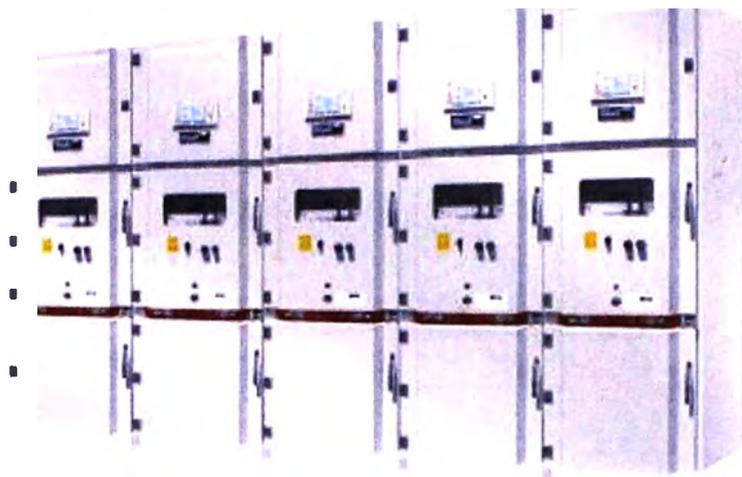


Fig. 2.3 Celdas UNIGEAR ZS1 Marca ABB

2.5 Interruptores de Potencia

Un interruptor eléctrico en su acepción más básica, es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En media tensión los interruptores poseen cámaras para extinguir el arco eléctrico producido durante la separación de los contactos eléctricos en una operación de apertura. Dichas cámaras pueden ser diseñadas con aislamiento en vacío o en SF6. En altas tensiones solo existe el aislamiento en SF6. Asimismo de acuerdo a la operación los interruptores pueden ser fijos o extraíbles. La figura 2.4 nos muestra un interruptor del tipo extraíbles para una celda compartimentada.

El control de los interruptores se efectúa en baja tensión y generalmente vienen provistos de dispositivos eléctricos para la apertura y cierre y dispositivos mecánicos como ejes mecánicos y resortes cuya carga es debido a un motor en baja tensión presente en el mando del equipo.

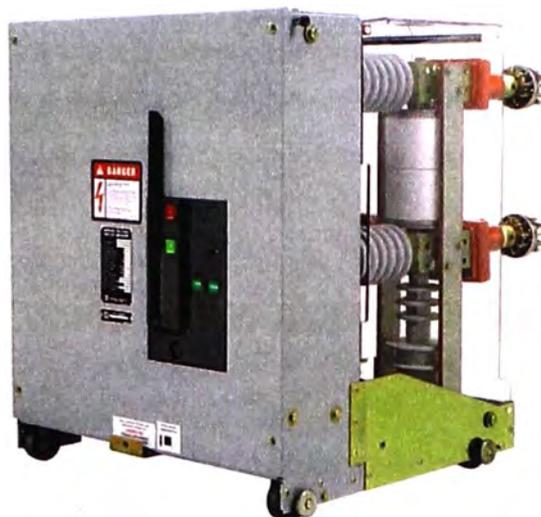


Fig. 2.4 Interruptor Extraible Square D Marca Schneider

2.6 Seccionadores de Potencia

Con el fin de evitar riesgos innecesarios, los equipos eléctricos deben ser manipulados sin carga o en vacío, tanto si es para su mantenimiento o su reparación. Para poder cumplir con este requisito disponemos de un concepto, el seccionamiento eléctrico.

El seccionamiento consiste en aislar eléctricamente una instalación o circuito eléctrico de la red de alimentación eléctrica, dejando dicha instalación o circuito sin carga o en vacío. El seccionador eléctrico es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario. Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío. Es decir, el proceso de desconexión debe seguir necesariamente este orden: abrir el interruptor principal, abrir el seccionador, bloquear el seccionador e indicar la posición abierta para el acceso de personal para los trabajos de mantenimiento.

En celdas de media tensión los seccionadores son generalmente aislados en SF6 y funcionan en combinación con Interruptores Fijos.

En celdas con aislamiento integral en SF6, es común el uso de seccionadores fijos y motorizados.

2.7 Gas SF6 (Hexafluoruro de Azufre)

El hexafluoruro de azufre es un compuesto inorgánico de fórmula SF6. En condiciones normales de presión y temperatura es un gas incoloro, inodoro, no tóxico y no inflamable, con la peculiaridad de ser cinco veces más pesado que el aire, presentando una densidad de 6,13 g/L a una atmósfera de presión. El SF6 presenta geometría molecular octaédrica,

2.7 Gas SF₆ (Hexafluoruro de Azufre)

El hexafluoruro de azufre es un compuesto inorgánico de fórmula SF₆. En condiciones normales de presión y temperatura es un gas incoloro, inodoro, no tóxico y no inflamable, con la peculiaridad de ser cinco veces más pesado que el aire, presentando una densidad de 6,13 g/L a una atmósfera de presión. El SF₆ presenta geometría molecular octaédrica, consistente en seis átomos de flúor enlazados a un átomo central de azufre como se muestra en la Figura 2.5. Es una molécula hipervalente que se encuentra en gases no polares. Es un gas muy inerte y poco soluble en agua, aunque sí en solventes orgánicos no polares. También reacciona con el litio.

Es un gas causante de efecto invernadero, catalogado con un índice GWP de 1762 (unas 20.000 veces más que el CO₂), pero dada su gran densidad no asciende a las capas altas de la atmósfera. Unido eso a su escasa presencia en la atmósfera, su contribución al calentamiento global es mínima.

Fue descubierto en 1901 por el premio Nobel de química Henri Moissan y por Paul Lebeau, sintetizado a partir de la exposición directa de azufre (S₈) y flúor gaseoso (F₂) a 300°C. En la actualidad sigue utilizándose esencialmente el mismo sistema para su fabricación industrial, con el único añadido de posteriores procesos de purificación.

Es un gas de elevada constante dieléctrica (muy aislante), la capacidad dieléctrica es de 2.5 a 3 veces la del aire por lo que se usa habitualmente como aislante en los sistemas de distribución de electricidad permitiendo un diseño más compacto en los equipos. A elevadas temperaturas (más de 204 °C), se descompone en sustancias tóxicas, como ácido fluorhídrico, dióxido de azufre y distintos sulfatos. Sin embargo tiene una gran capacidad de regeneración por lo que se recombina rápidamente al enfriarse después de la formación del arco eléctrico.

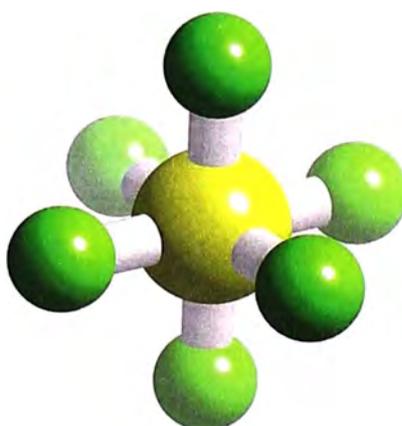


Fig. 2.5 – Molécula de Gas SF₆

CAPÍTULO III

ASPECTOS DE LA NORMA IEC 62271-200

En vista de que el suministro eléctrico mediante el uso de cuadros de media tensión es un servicio que es muy importante para los consumidores, se han elaborado estándares para controlar la buena calidad en la fabricación de dicho equipamiento. Existen varios criterios para la selección, desarrollo, fabricación y pruebas de este equipamiento, en este capítulo analizaremos la norma internacional IEC 62271-200 la cual nos garantiza los estándares mínimos con los que debemos contar para garantizar la fabricación de calidad hacia los usuarios. Dado a que esta norma es relativamente reciente, se hará una breve comparación con su predecesora la IEC 60298 y se explicaran las actualizaciones y nuevos criterios de clasificación a fin de tener los conceptos claros al momento de seleccionar una celda de media tensión.

3.1 Norma IEC 62271-200

La norma IEC 60298 predecesora de la actual norma IEC 62271-200 clasificaba a los cuadros eléctricos de media tensión como celdas: metal-clad, metal-enclosed compartimentada y metal-enclosed monobloque. Las diferencias principales entre las configuraciones anteriormente descritas tienen lugar en la segregación entre compartimientos claramente definidos, así una celda metal-clad convencional es aquella que posee una segregación o revestimiento metálico entre compartimientos internos claramente definidos: compartimiento de barras, compartimiento de interruptor, compartimiento de línea y compartimiento de baja tensión; mientras que una celda metal enclosed puede poseer una segregación metálica o con un aislante como la resina y no necesariamente contar con una segregación entre compartimientos encontrándose en el mercado generalmente una división para el compartimiento de barras, el de baja tensión, y un solo compartimiento que alberga el interruptor, el seccionador de potencia, los transformadores de medición y la llegada de los cables de potencia.

La nueva norma IEC 62271-200 introduce nuevos aspectos, definiciones y clasificaciones para los cuadros de media tensión. Asimismo se realiza una completa revisión de las reglas respecto a tableros a prueba de arco interno [2]. Uno de los cambios más significativos en la nueva norma es que la clasificación de Tablero en tipos: metal-clad, compartimentado y cubículo ya ha sido totalmente abandonada ahora. La revisión de

las reglas de clasificación se ha basado en el punto de vista del usuario, en particular en aspectos tales como las tareas de mantenimiento y reparación del Tablero, de acuerdo a las exigencias y expectativas para un buen manejo de la subestación, desde el montaje hasta el desmantelamiento de la misma. En este contexto se ha elegido la “Pérdida de Continuidad de Servicio” como el parámetro fundamental para el usuario.

3.2 Nuevas Definiciones de la Norma IEC 62271-200

La nueva norma introduce nuevas siguientes definiciones las cuales deben ser tomadas en cuenta el momento de especificar una celda y preparar las tablas de datos técnicos mínimos requeridos. Examinaremos los cambios y detallaremos los mismos [3].

3.2.1 Accesibilidad de los Compartimientos

Se distinguen cuatro tipos de compartimientos, tres que permiten su apertura, llamados accesibles (Criterios 3.107.1 a 3.107.3 de la norma IEC 62271-200) y uno que no permite su apertura llamado no accesible (Criterios 3.107.4 de la norma IEC 62271-200).

a) Compartimiento accesible controlado por enclavamientos

Compartimiento que contiene partes de media tensión, cuya apertura es necesaria para tareas habituales de operación o mantenimiento, en los cuales su acceso es controlado mediante el diseño integral del tablero. Ejemplo: La puerta del compartimiento de cables solo puede ser abierta con el seccionador de puesta a tierra cerrado.

b) Compartimiento accesible en base a procedimiento.

Compartimiento que contiene partes de media tensión, cuya apertura es necesaria para tareas habituales de operación o mantenimiento, en los cuales su acceso es controlado mediante un adecuado procedimiento combinado con enclavamiento. Ejemplo: Puerta del compartimiento de interruptor con manija equipada con traba por candado.

c) Compartimiento accesible en base a herramienta

Compartimiento que contiene partes de media tensión, cuya apertura es posible, pero no necesaria para tareas habituales de operación o mantenimiento. Se requieren procedimientos especiales. Se necesita herramienta para la apertura del mismo. Ejemplo: Compartimiento de barras en un tablero aislado en aire.

d) Compartimiento no accesible.

Compartimiento que contiene partes de media tensión que no debe ser abierto, la apertura puede destruir la integridad del compartimiento. Una clara indicación de no abrir se coloca sobre o junto al mismo compartimiento que contiene las partes de media tensión que no deben ser abiertas o expuestas. Ejemplo: Compartimiento aislado en Gas SF₆.

3.2.2 Pérdida de Continuidad de Servicio LSC (Loss of Service Continuity)

Categoría que define la posibilidad de mantener otros compartimientos y/o unidades

funcionales energizadas al abrir otro compartimiento de circuito.

a) Pérdida de Continuidad de Servicio LSC1

Compartimientos sin ninguna segregación física o eléctrica entre ellos. Todo el tablero se deberá sacar de servicio para abrir un compartimiento de circuito principal, para tareas habituales de operación y/o mantenimiento o para tener acceso a cualquier componente del tablero.

LSC1

Compartimiento A

- Compartimiento de Interruptor
- Compartimiento de Cables
- Compartimiento de Barras

Compartimiento B

- Compartimiento auxiliar o de Baja Tensión

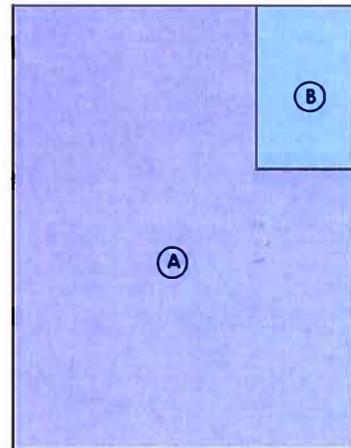


Fig. 3.1 Categoría LSC1

b) Pérdida de Continuidad de Servicio LSC2A

Compartimiento de cables y sistemas de barras eléctricamente separados. Similar a la categoría LSC1 con la excepción de que el sistema de barras y las unidades funcionales (celdas) adyacentes a la que se está interviniendo pueden permanecer energizadas.

LSC2A

Compartimiento A

- Compartimiento de Interruptor
- Compartimiento de Cables

Compartimiento B

- Compartimiento de Barras

Compartimiento C

- Compartimiento auxiliar o de Baja Tensión

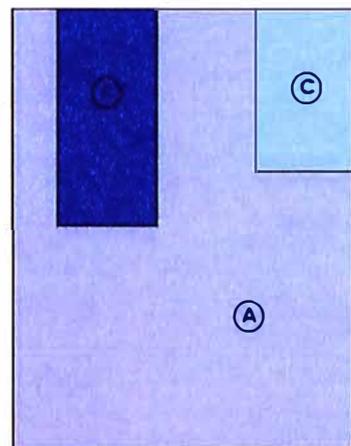


Fig. 3.2 Categoría LSC2A

c) Pérdida de Continuidad de Servicio LSC2B

Compartimientos de cables, de sistema de barras y de interruptor, física y eléctricamente segregados. Similar a la categoría LSC2A con la excepción de que el compartimiento de cables puede permanecer energizado

- LSC2B**
- Compartimiento A**
- Compartimiento de Interruptor
 - Compartimiento B**
- Compartimiento de Cables
 - Compartimiento C**
- Compartimiento de Barras
 - Compartimiento D**
- Compartimiento auxiliar o de Baja Tensión

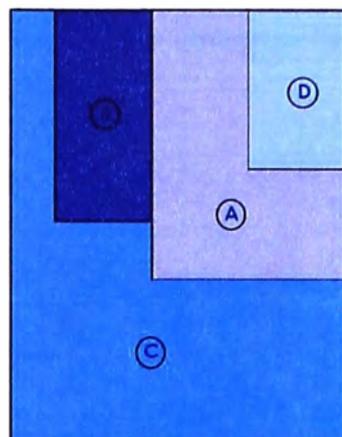


Fig. 3.3 Categoría LSC2B

d) Pérdida de continuidad de servicio para Celdas Aislados en Gas

La definición de compartimiento no accesible es aplicable a compartimientos de tableros aislados en gas. Dado que la clasificación LSC se aplica solamente a compartimientos accesibles, la norma IEC no incluye un código de clasificación específico para tableros aislados en gas.

3.2.3 Clase de Partición

La clase de partición define cuando se usa material metálico o no-metálico para la segregación de partes vivas.

a) Partición Metálica PM

Tablero con compartimentación metálica (Metal-enclosed) que provee particiones metálicas continuas y/o cortinas (shutters) si correspondiera, puestas a tierra, entre compartimientos accesibles abiertos y las partes vivas del circuito. Las particiones metálicas y los shutters, o sus partes metálicas serán conectadas al punto de tierra de la unidad funcional.

b) Partición Aislada PI

Tablero bajo cubierta metálica (Metal-enclosed) conteniendo una o más particiones o shutters no metálicos entre compartimientos accesibles abiertos y las partes vivas del circuito. Las particiones o shutters parcial o totalmente confeccionados en material aislante, deben ser ensayados específicamente.

3.2.4 Celda clasificada a prueba de arco interno IAC (Internal Arc Classified)

Una celda a prueba de arco interno es aquella para el cual se alcanzan los criterios prescriptos para la protección de personas en un evento de arco interno y se demuestra mediante ensayos correspondientes. La prueba de arco interno debe cumplir con cinco

criterios establecidos en la IEC 62271-200, los cuales son en resumen los mismos criterios indicados en la norma predecesora IEC 60298.

En el caso en que la clasificación a prueba de arco interno (IAC) está demostrada por ensayos, la celda será designada siguiendo las indicaciones de la norma y colocando estos valores de ensayo y la designación en la chapa de características como sigue:

a) General

Se usará la Clasificación IAC (iniciales para Internal Arc Classified en inglés)

b) Accesibilidad

Puede corresponder las subcategorías A, B o C. Cuando el tablero es accesible solo a personal autorizado se clasifica como categoría A, si es accesible al público en general se utilizará la categoría B y si su ubicación o instalación no permite tener una accesibilidad de personal se clasificara con la categoría C.

c) Valores de ensayo

Se especifica la corriente de ensayo de la prueba de arco interno en kiloamperes (kA), y la duración en segundos (s). Ejemplo: Si usamos una celda metálica y la ensayamos para una corriente de falla de 25 kA (r.m.s.) durante 1 s, para ser instalada en una subestación eléctrica con acceso solo a personal autorizado y el ensayo contempla que se coloquen testigos para la prueba de arco interno en el frente de la celda, en los laterales y en la parte posterior de panel, entonces la celda tendrá la siguiente designación de acuerdo a lo indicado en la correspondiente norma IEC: Celda Compartimentada (MetalEnclosed) con clasificación de arco interno IAC AFLR 25 kA 1 s.

TABLA N° 3.1 Clasificaciones para el Arco Interno en una Celda

Clasificación Arco Interno	IAC	Si/No
Tipo de accesibilidad	A (F, L, R) B (F, L, R) C	A: Restringido a personal autorizado B: Público en general. C: Montado en poste F: Frontal, L: Lateral, R: Trasero
Corriente de Arco de ensayo	kA	
Duración de Arco de ensayo	S	

d) Criterios de ensayo

Una celda metálica es calificada como a prueba de arco interno (IAC), si se cumplen los siguientes criterios de ensayo:

- Las puertas del tablero deben permanecer cerradas y no se deben abrir las cubiertas

desmontables.

- No se debe desprender del tablero ninguna parte del tablero que pudiera ser peligrosa para el personal.
- No deberán abrirse agujeros en la cubierta externa en ninguna parte accesible al personal.
- Los testigos de tela ubicados vertical y horizontalmente frente al tablero no deben arder.
- Todas las conexiones a tierra del tablero deben permanecer efectivas.

e) Factores de falla

Las características de los tableros actuales reducen notablemente la incidencia de estas causas en la generación de fallas, pero algunas de ellas no pueden ser erradicadas definitivamente. Un arco interno es una falla de baja probabilidad de ocurrencia, aunque puede ser causada por varios factores, tales

- Defectos de aislación debido al deterioro de la calidad de los componentes, por ejemplo causas de esto pueden ser factores ambientales adversos o una atmosfera fuertemente polucionada.
- Sobretensiones de orígenes atmosféricos o generados por operaciones en el sistema.
- Operación incorrecta por no respetar los procedimientos o inadecuado entrenamiento del personal
- Rotura o violación de enclavamientos de seguridad.
- Sobrecalentamiento de áreas de contacto, debido a la presencia de agentes corrosivos o conexiones insuficientemente ajustadas.
- Ingreso de alimañas al tablero.
- Olvido de herramientas dentro del tablero durante tareas de mantenimiento.

d) Consecuencias de las fallas

Con un evento de arco interno en el interior de una celda de media tensión, se crean ondas de presión entre los 10 a 30ms. Asimismo el arco genera una presión de hasta 15 ton/m², durante los primeros 10ms para una corriente de corto circuito de 40 kA. Esta gran energía producida causa los siguientes fenómenos:

- Incremento de la presión interna (hasta 120kPa)
- Incremento de la temperatura (hasta 20.000°C)
- Efectos acústicos y visuales
- Deformación mecánica de la estructura
- Fundición, descomposición y vaporización de materiales
- Daño a los equipos y a otros componentes de la subestación
- Riesgo de daño a operadores u otras personas en la subestación

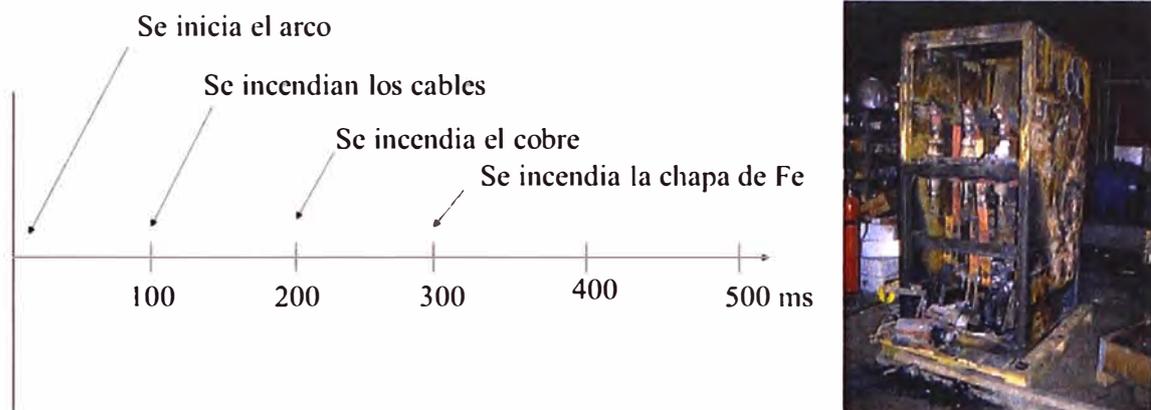


Fig. 3.5 Proceso del Arco Interno en una Celda

e) Medidas adicionales que limitan el arco interno

La nueva IEC sugiere medidas adicionales que pueden ser adoptadas para proveer el grado más alto posible de protección al personal en un evento de arco interno. Estas medidas están destinadas a limitar las consecuencias externas del arco, y son entre otras:

- Rápido despeje de la falla iniciado por detectores sensitivos a la luz, la presión, el calor y/o por una protección diferencial de barras.
- Maniobra de Inserción - extracción del interruptor solamente a puerta cerrada.
- Aplicación de fusibles adecuados en combinación con los elementos de maniobra para limitar la corriente pasante y duración de la falla.
- Rápida eliminación del arco desviándolo a un cortocircuito metálico, por medio de elementos de censado y cierre rápidos (relé de arco).
- Control remoto de la operación.
- Elementos de alivio de presiones en las celdas.

CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE CELDAS GIS EN MEDIA TENSIÓN

En este capítulo analizaremos las características que posee un tablero en media tensión encapsulado en gas hexafluoruro de azufre SF₆; así mismo, definiremos los requerimientos comunes para realizar una especificación técnica teniendo en cuenta la fabricación, inspección, pruebas y montaje de estos equipos. Se preparará una tabla de características técnicas para solicitar a los fabricantes el tablero más adecuado a nuestro proyecto. Debemos tomar en cuenta en este punto que las celdas encapsuladas en SF₆, poseen características particulares que las diferencian de las familias de celdas con aislamiento en aire como por ejemplo el grado de protección mecánica, generalmente tendremos un gabinete con grado de protección IP65 para compartimientos en media tensión mientras que para los de baja tensión, el grado de protección será IP4X para uso interior.

4.1 Alcances

Las celdas serán diseñadas para operar satisfactoriamente bajo las condiciones de la descripción técnica general presentada, con las excepciones que se indiquen en la sección de comentarios y desviaciones. Cuando no se den requerimientos específicos sobre la construcción, componentes y/o dispositivos y su ingeniería asociada, se entiende que el proveedor de equipamiento suministrará su estándar, manteniendo el cumplimiento de las normas de referencia.

4.2 Códigos y Normas

Las celdas deben cumplir las normas actuales IEC siguientes, en caso contrario debe indicarse que la norma a la que es fabricada y la equivalencia en relación a los estándares IEC:

- IEC 62271-200 (IEC 60298) AC metal clad / enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
- IEC 62271-102 (IEC 60129) / Alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC 62271-100 (IEC 60056) / High voltage alternating current circuit breakers.
- IEC 60044-1 / ANSI C57 / CSA for Current transformers
- IEC 60044-2 / ANSI C57 / CSA for Voltage transformers
- IEC 60044-7 and IEC 60044-8 for Sensors
- IEC 62 271-1 (IEC 60694) / Common specifications for high voltage switchgear and

controlgear standard All tests shall be carried out according to relevant IEC standards.

- IEC 376-1971 / Specification and acceptance of the sulphur hexafluoride
- IEC-60529 / VDE-470-1 – IP65 degree of protection for gas compartments and IP4X for the supporting frames, low voltage and other compartments
- DIN VDE 0670 Part 1000 - The circuit breakers must be maintenance free for life under normal operating.
- DIN VDE 0670 Part 601, list 2 - Tests with internal arc faults ensuring operator safety and rated lightning impulse voltage BIL.

4.3 Definiciones

Las definiciones para los componentes del tablero de distribución, corresponden a lo establecido en las normas arriba mencionadas.

4.4 Construcción

El tablero estará formado por celdas o gabinetes modulares encapsulados en gas SF₆. Compuesto por unidades funcionales, diseñado para ser, prácticamente, libre de mantenimiento a lo largo de toda su vida útil, alta confiabilidad operativa y alta seguridad para el personal y las instalaciones. Cada celda tendrá los compartimentos necesarios para el alojamiento del equipo (interruptores, barras, seccionador de tres posiciones, transformadores de medición y/o sensores de corriente y voltaje, etc.); así como los dispositivos y elementos requeridos para la interconexión, ensamble, acoplamiento y montaje del equipo [4].

La disposición física del equipo dejará espacios para crecimiento futuro, con mínima interferencia de la operación integral del sistema al realizar acciones como:

- Futuras ampliaciones
- Trabajos de reparación
- Pruebas
- Inspección del equipo
- Lecturas de los instrumentos
- Cambios de accesorios
- Rellenado de gas
- Visualización de la posición de los interruptores.

4.5 Estructura del tablero

El tablero encapsulado en gas SF₆ debe ser metal enclosed, auto-soportado, para servicio interior, con una construcción con grado de protección IP65 para compartimientos en media tensión e IP4X para los de baja tensión.

Estará diseñado para formar estructuras rígidamente auto-soportadas, frente muerto,

adecuado para tener la rigidez mecánica suficiente para soportar, sin daño alguno, los esfuerzos provocados por embarque, transportación, manejo, instalación y durante condiciones de cortocircuito.

A excepción de los contenedores de gas SF₆ que deberán ser fabricados con acero inoxidable y unidos con soldadura láser que asegure fugas de gas inferiores a 0.1% / año promedio, el resto de la estructura debe ser atornillado con material tropicalizado. La lámina debe ser de acero rolado en frío con recubrimiento de aleación aluminio – zinc, que le da mayor resistencia a la corrosión que el acero rolado en frío.

Los tableros serán diseñados y construidos de tal forma que permiten prolongarse más allá de sus extremos libres, sin transiciones, sin dificultad, con otras celdas de las mismas condiciones, características técnicas y manufactura. Así mismo, la instalación de paneles futuros en la parte media de un tablero existente es posible si la necesidad de mover ningún panel adyacente.

Las bases de las secciones deben llevar en su parte inferior un canal de anclaje de acero (por sección de embarque) que las une a todo lo largo del tablero en la parte frontal para formar un alineamiento completo; además se deberá disponer de previsiones (barrenos) para asegurarlas al piso por medio de pernos de anclaje.

4.5.1 Gabinetes y/o Paneles

Los compartimentos metálicos específicos de las celdas pueden tener la siguiente fabricación:

- Compartimiento del bus y seccionador de tres posiciones, encapsulado en SF₆.
- Compartimiento del interruptor de potencia en vacío, encapsulado en SF₆.
- Sensores de corriente y/o transformadores de corriente dentro o fuera del encapsulado en gas SF₆.
- Transformadores de voltaje, fuera del encapsulado en gas SF₆
- Compartimiento de cables de acometida o salida de cables, no encapsulado en gas SF₆.
- Compartimiento del gabinete de control y/o de baja tensión, no encapsulado en gas SF₆.

A fin de cumplir con la definición de una celda compartimentada, cada panel deberá contar con dos o tres secciones de medio voltaje independientes, aislados en gas SF₆, uno de estas secciones contendrá el interruptor en vacío y en su caso, los sensores de corriente o los transformadores de corriente tipo bloque convencionales, los terminales de conexión para los cables de fuerza así como los terminales para la conexión de los transformadores de voltaje. El segundo y en su caso, el tercer compartimiento, contendrá las barras del bus principal y el seccionador de 3 posiciones [5].

Cada panel debe poseer sus propios accesorios: toma de relleno de gas, monitoreo de

la densidad del gas por medio de un sensor de presión a temperatura compensada y un sistema de liberación de presión.

El módulo de barras principales debe contar con el sistema de medición de voltaje capacitivo con el cual, el usuario puede saber si el tablero está o no energizado. Dichos dispositivos deberán instalarse en la parte trasera y frontal de la celda.

Las celdas del tablero encapsulado en gas SF₆ serán nuevas y se deben construirse para garantizar una buena resistencia a los agentes corrosivos del medio ambiente y al polvo. Asimismo, serán diseñadas y fabricadas para alojar al equipo y elementos que la conforman a fin de realizar las siguientes funciones:

- Control local de los equipos de maniobra (interruptor de 3 posiciones e interruptores en vacío).
- Señalización y alarmas de la posición de los equipos de maniobra.
- Indicación del funcionamiento inadecuado de alguno de ellos.
- Alojamiento centralizado de cables (circuitos de control, señalización, alarmas, circuitos de bloqueo e instrumentación, cableado de contactos auxiliares del equipo y circuitos de fuerza).
- Control, medición de circuitos de alimentación (relevadores, arrancadores, interruptores requeridos para cada uno de los circuitos).
- Alojamiento de transformadores o sensores de corriente y potencial.

Para la seguridad del personal y protección al resto de las componentes del tablero, la celda deberá ser del tipo resistente al arco, cada compartimiento en donde se aloja el gas, cuenta con un sistema de liberación de presión, que se encuentre adyacente a los compartimientos de la celda y de preferencia en la parte posterior del panel. Los gases generados por un arco interno deberán dirigirse vía conductos verticales a la parte posterior del tablero y hacia la parte superior del mismo. Esto significa que ante un aumento de la presión a un valor fuera de los valores nominales de operación y para evitar la expansión del tablero por efecto del incremento de presión, se conducirán los gases por dicho conducto, el cual permitirá la liberación por la parte posterior del tablero.

El compartimiento que contiene el gas aislante será de acero inoxidable, herméticamente soldado con tecnología láser, sin juntas y sin bridas, presurizados con gas SF₆ desde fábrica de origen para proteger todas las partes vivas del área del bus principal contra los efectos de la salinidad, polvo, humedad y cuerpos extraños al tablero. Las fugas de gas deberán ser iguales o menores a 0.1% / año.

Los compartimientos del gas son sellados y presurizados de acuerdo con IEC 62271-1 (IEC60694 capítulo 3.6.5.4). Estos volúmenes no requieren de relleno a futuro o un proceso

en vacío durante los primeros 30 años de su vida esperada de operación. La presión de llenado para obtener una adecuada rigidez dieléctrica es de 130 kPa referido a 20°C de temperatura ambiente al nivel del mar (es decir una pequeña sobre-presión de 30kPa).

El compartimiento de baja tensión deberá ser una unidad auto-contenida con su propia puerta frontal, incorporada al panel del interruptor. Contiene los mecanismos de operación, equipo secundario de control como el relé multifuncional de control y protección y todos los conectores de control y comunicación. Todos los mecanismos de operación deben de ser de operación automática por motor. Sin embargo si contarán con la opción para manejo manual en caso de emergencia de los mecanismos e indicadores de posición.

En el caso de corrientes por encima de los 2000 A en barras, se sugiere que las celdas sean refrigeradas por medio de ventiladores o radiadores estratégicamente posicionados, asimismo estos deberán ser monitoreados por dispositivos secundarios como el relé principal o relés auxiliares que se activen solamente cuando la corriente alcanza un valor predeterminado. En caso contrario el proveedor deberá demostrar con ensayos que sus equipos pueden alcanzar estas corrientes mayores sin el uso de equipamiento adicional.

Las celdas deberán contener los siguientes elementos y características:

- Sistema de supervisión del gas aislante independiente por cada compartimiento.
- Sistema de alivio de presiones altas mediante discos de ruptura o membranas de descargas debidamente canalizadas y orientadas para seguridad del personal.
- Facilidad de mantenimiento, para aislar el mínimo número de comportamientos.
- Asegurar la continuidad eléctrica entre los diferentes compartimentos, para mantener el mismo potencial de tierra.

4.5.2 Puertas

Al frente de cada panel se tendrá una puerta de acceso con bisagras para permitir el cierre y apertura de la misma. Tendrá cerradura del tipo manual y no se requerirá de herramienta especial para abrirla. Sobre ella podrán montarse equipo de control. Opcionalmente se pueden proporcionar dispositivos de bloqueo de seguridad permanente.

4.5.3 Terminales de fuerza y conexión entre paneles

Los terminales para cables de potencia de entrada o salida serán del tipo conectivos enchufables con soportes blindados que a su vez serán pasamuros y sellos del compartimiento del gas. La conexión se hará en la parte inferior. El diseño del tablero tiene que permitir un fácil acceso para la instalación y terminaciones de cable tipo PE ó XLPE.

La conexión de cables debe ser rápida por el sistema enchufable de los terminales con los conos interiores lo cual facilitara la instalación del equipo en obra. Estos terminales también podrán ser utilizados en caso se requiera conectar los transformadores de voltaje o

pararrayos.

Facilidades para prueba de cables incluyendo prueba de tensión y localización de fallas y para inyección de corriente primaria con barra viva, son requeridas.

Las conexiones eléctricas del bus principal entre 2 paneles contiguos se harán mediante módulos de acoplamiento unipolares de preferencia del tipo enchufe rápido tipo plug-in, sin atornillar, enfundados en material aislante para asegurar una duración similar a la del resto de las componentes del tablero, permitiendo una reducción considerable del tiempo requerido para la instalación y puesta en marcha en la obra. El uso de esta tecnología con conexión tubular permite tener una distribución uniforme del flujo de corriente por lo que no se presentan puntos calientes ni descargas parciales.

Las conexiones y/o terminales, así como la construcción del tablero, permitirán la extensión libre de cualquiera de sus extremos sin necesidad de vaciar o abrir el compartimiento del gas aislante. Así mismo, la instalación de paneles futuros en la parte media de un tablero existente es posible si la necesidad de mover ningún panel adyacente.

Se prefiere esta tecnología para el sistema de barras pues los compartimientos aislados en gas son probados en fábrica durante las pruebas de rutina y después son llenados con SF6 a la presión de aplicación del destino final. Esto quiere decir que no se requiere la intervención con equipo de manejo de SF6 en la obra lo cual es más ventajoso para la instalación y manipulación de los tableros en sitio.

La parte inferior del tablero será destinada para permitir el acceso a los conductores y conexiones de cables de fuerza.

4.5.4 Barras principales

Las barras principales serán de cobre electrolítico de alta conductividad eléctrica, en arreglo de bus trifásico sencillo (opción doble bus en ciertas aplicaciones), encapsulado en gas SF6 (llenado en fábrica) por medio de una envolvente de acero inoxidable, herméticamente soldado con tecnología láser, sin juntas y sin bridas. Las barras tendrán la sección transversal necesaria, sin exceder los límites máximos de temperatura indicados en las normas ya citadas. Además tendrán la suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos producidos por las corrientes de corto circuito que se indican más adelante.

Las barras principales de preferencia deben ser tubulares o de solera de cobre de cantos redondeados, paralelas e idénticas dentro de cada sección a fin de reducir el número de puntos potenciales y arcos eléctricos y evitar cualquier descarga eléctrica.

Los extremos de los conductores en sus puntos de conexión estarán perfectamente terminados, es decir, libres de aristas y protuberancias para evitar la concentración de campos eléctricos que produzcan rupturas del dieléctrico. Las uniones garantizarán un buen

punto de contacto para evitar la generación de esfuerzos mecánicos sobre los elementos de soporte interno.

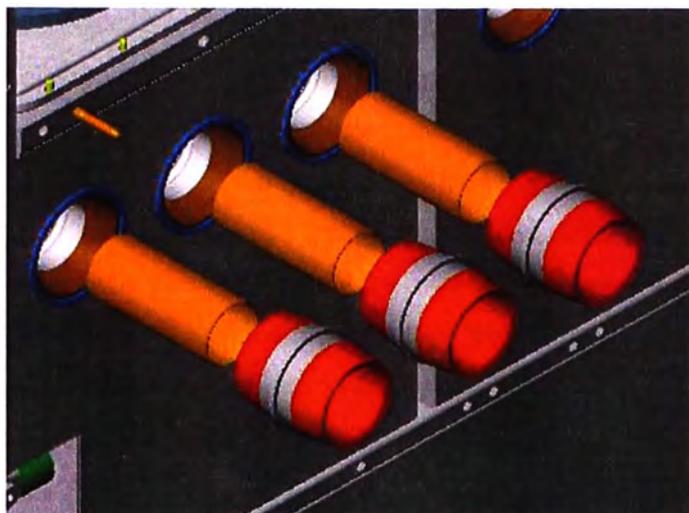


Fig. 4.1 Conexión de barras en sistemas GIS

4.5.5 Conexión a Tierra

Las envolventes metálicas de cada compartimiento, los gabinetes y en general todas aquellas partes metálicas con las que puede estar en contacto el personal, estarán conectadas a la red de tierras de la instalación mediante una barra de cobre instalada a todo lo largo del tablero. El número de puntos de conexión a tierra, estará de acuerdo al tamaño y cantidad de elementos que integran el tablero y deberá asegurarse la ausencia de puntos con diferente potencial con respecto a tierra.

4.5.6 Aisladores

Las partes conductoras del tablero deben ser auto-soportadas por aisladores, con características eléctricas adecuadas y compatibles con el gas SF₆. El diseño considera las distancias de fuga y distribución de potenciales para evitar puntos con gradiente de potencial alto. Adicionalmente, tienen la resistencia mecánica y hermetismo necesario para soportar las presiones que se presenten tanto en condiciones normales como en casos de falla. El diseño y tipo de montaje de los aisladores evitará que se produzcan sobre ellos, esfuerzos mecánicos excesivos causados por partes conductoras.

4.5.7 Gas Aislante SF₆

El gas aislante en Hexafluoruro de Azufre SF₆ empleado en el tablero encapsulado debe cumplir con los requerimientos indicados en la norma IEC 60480.

La presión nominal del gas en los diferentes compartimentos para una altura de operación hasta 1000 msnm, será de un valor único para todas las celdas del tablero.

El tablero deberá contar con un sistema de monitoreo de la presión del gas aislante a temperatura compensada, el sistema sensor o monitor, operará de tal forma que cuando la

presión del gas disminuya a su valor mínimo de presión de operación, se emite una señal y se indicará mediante una lámpara local o led en el caso del relé de protección.

Cuando por el contrario, la presión del gas se incrementa rápidamente por cualquier causa, el incremento en la presión envía el disparo de los interruptores de potencia, generando una señal de alarma como en el caso anterior.

La presión de gas se efectúa mediante un sistema de supervisión que señaliza la presión en cada uno de los compartimentos. El sistema de supervisión de presión del gas deberá contar, cuando menos con una señal luminosa y una alarma que muestran que la presión del gas ha descendido a un nivel, en el cual aún no se afecte la operación y niveles seguros de aislamiento y que se requiere de relleno e inspección.

El tablero mantendrá sus características de aislamiento en voltaje alternativo igual como, en el caso poco probable que la presión del gas haya descendido a 1.0 bar (sin sobrepresión), así que el tablero puede quedarse en servicio.

El diseño contempla las facilidades para que el cambio o reemplazo de los instrumentos de medición de gas, pueda realizarse sin tener que des-energizar ningún compartimento.

Aunque el tablero podrá perder una mínima cantidad de gas durante todo el período de garantía (aspecto contemplado en la norma IEC), se probará en fábrica la hermeticidad de los contenedores; así mismo se revisará durante el proceso de la puesta en marcha y en su caso, se dispondrá de una reserva de gas SF6 para recuperar presión en caso de fugas accidentales y/o relleno si las celdas llegaron por vía aérea.

Se debe garantizar bajo condiciones normales de operación una fuga promedio del 0.1% anual (contra 1% permitido por la norma), lo que significa que se perderá 0.1 bar durante su vida útil.

4.6 Interruptor de una Celda GIS

Los interruptores de potencia en vacío, cumplen, además de las funciones de cierre y apertura, con la función de conexión a tierra. La conexión a tierra del interruptor tendrá tres posiciones de operación manual y eléctrica (con inter-bloqueo):

- Conexión al bus principal.
- Seccionador.
- Conexión a contacto de tierra.

Los interruptores que forman parte del tablero cumplen con lo que dictan las normas IEC 62271-100 e IEC 62271-102. Los interruptores de potencia serán de uso interior, montaje fijo, de operación eléctrica y manual, tripolar, aislados en gas SF6 a una sola presión [6]. Como medio de extinción del arco se usará la tecnología en vacío. Los tres tubos en vacío incorporados en la envoltura del interruptor automático, forman juntos un componente que

se monta y desmonta de manera simple como unidad completa. Las piezas móviles en el interior del encapsulado serán limitadas al mínimo. Toda la parte mecánica de presión de contacto estará dispuesta fuera del encapsulado.

La transmisión de movimiento sobre los tubos de acoplamiento, estará sellada herméticamente mediante un fuelle metálico, siendo éste de actuación lineal. Los elementos del interruptor que se alojan dentro de los compartimientos de gas (botellas de vacío) son del tipo "libre de mantenimiento" y sellados para su vida útil (hasta 30,000 ciclos de operación a corriente nominal).

Tanto el bus principal como los cables de fuerza de una celda derivada ó de acometida, pueden aterrizar por medio del seccionador de 3 posiciones en conjunto con el interruptor.

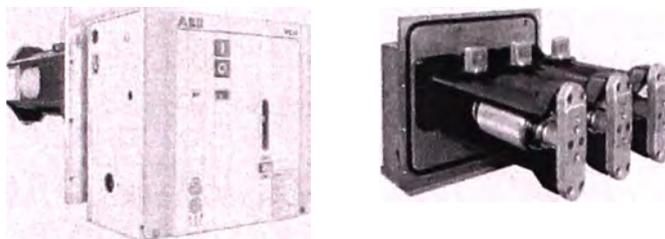


Fig. 4.2 Interruptor fijo de uso interior

4.6.1 Mecanismo de operación

En los interruptores en vacío, su mecanismo de operación es del tipo de energía almacenada para su accionamiento, cada interruptor será totalmente auto-contenido y contará con todos los elementos necesarios para operar en forma independiente. El mecanismo de energía almacenada, permitirá efectuar una operación de apertura seguida de una operación de cierre, e inmediatamente después, otra operación de apertura, conservando las capacidades de interrupción y cierre nominales de diseño. El mecanismo de energía almacenada contará con un indicador que muestra su condición (cargado o descargado) para permitir la operación, mediante mando eléctrico local (desde el propio gabinete) y contará además con mando eléctrico remoto (desde el Sistema de control Avanzado en el cuarto de control). Para casos de emergencia, el mecanismo de operación contará con mando eléctrico local manual.

Para el mando eléctrico de disparo, dispondrá de dos (2) bobinas de disparo independientes y con circuitos separados cuando así se solicite.

El mecanismo del interruptor de potencia dentro de la celda permite acceso para una

inspección o reparación, desde la caja de baja tensión. No se requiere abrir el sistema de gas. El bus principal permanecerá operando en forma normal y no se presentará reducción del nivel de aislamiento o en la protección al personal como resultado de esta operación (no se utilizan aditamentos adicionales como barreras de protección).

Una operación de emergencia del interruptor puede efectuarse por la activación mecánica de botones pulsadores ON/OFF en el interruptor, los cuales son accesibles cuando la puerta del compartimiento de bajo voltaje se abre.

4.6.2 Accesorios

Los interruptores y sus mecanismos contarán con los siguientes accesorios básicos los cuales son opcionales en algunos casos y dependerán de la cantidad de elementos de los circuitos eléctricos o de la lógica de control.

- Contador de operaciones.
- Indicador de estado (abierto-cerrado)
- Conmutador de contactos auxiliares, con un mínimo de 6 contactos tipo A (N.A.) Y 6 contactos B (N.C.), o bien 12 contactos convertibles.
- Sensores y/o densímetros para la supervisión y monitoreo del gas SF6 en el compartimiento del interruptor
- Dispositivos de control local (eléctrico y manual).
- Botones pulsadores para abrir y cerrar el interruptor
- Placa de datos característicos.
- Bobina de disparo Y2 y de cierre Y3
- Indicador visible del estado del resorte de carga del mecanismo de accionamiento

4.7 Seccionador de tres posiciones de una Celda GIS

Este dispositivo permitirá al personal de operación, realizar trabajos de mantenimiento cuando así lo requieran los equipos. El seccionador de 3 posiciones es tripolar, se aterriza el sistema utilizando el mismo interruptor de potencia para este fin. Es de servicio interior, con mecanismo de operación motorizado y manual sólo para emergencia, los componentes principales conectados a partes vivas estarán dentro del compartimiento del bus (compartimiento del gas aislante) y su mecanismo o medio de operación será a través del panel de control [7].



Fig. 4.3 Seccionador fijo de uso interior

4.7.1 Mecanismo de Operación

El mecanismo de operación será tripolar y operado con mando eléctrico y manual. El control del mecanismo de operación irá en el panel de control, fuera del compartimiento del gas aislante. El mecanismo de operación tendrá sensores inductivos de proximidad para detectar la posición del seccionador y dispositivos mecánicos para indicar las tres posiciones del seccionador a tierra (conectado – desconectado – tierra). El control para el enclavamiento del interruptor se efectúa por medio de la unidad multifuncional de control y protección. Como alternativa se encuentran disponibles contactos auxiliares para la operación del mecanismo en caso de un control convencional.

El mecanismo de operación tendrá un sistema de operación manual de emergencia accesible desde el panel de control.

4.7.2 Accesorios

Los accesorios del seccionador y de su mecanismo de puesta a tierra serán los siguientes:

- Indicador de posición (conectado-aterizado-desconectado)
- Conmutador de contactos auxiliares (dos contactos "A" y dos contactos "B")

4.8 Características de bloqueos en la Celda

A fin de asegurar la correcta operación del sistema y de prevenir situaciones peligrosas, una serie de bloqueos internos se proveen para proteger a los operadores y al propio tablero. Fundamentalmente, la protección contra una mala operación se efectúa por el software en la unidad de control.

Se proporcionarán sensores inductivos como medio de detección para prevenir la posibilidad de maniobras erróneas en el equipo de interrupción (cuchillas e interruptores). El equipo de maniobra cuenta con bloqueos para evitar los siguientes casos:

- Cierre de circuito energizado cuando se tiene cerrada la cuchilla de puesta a tierra.
- La operación de una cuchilla con carga.
- El cierre de una cuchilla de puesta a tierra en un circuito energizado.

Como alternativa, los bloqueos pueden realizarse de manera eléctrica ("hard wired") por contactos auxiliares o por dispositivos mecánicos.

4.9 Transformador de Corriente

Se podrá usar Sensor ó Transformador de Corriente siempre que cumplan con las siguientes sugerencias en su diseño. Los transformadores de corriente, tendrán un devanado primario y un devanado secundario diseñados de acuerdo con la norma IEC 60044-1, con los siguientes datos:

- Corriente Primaria en un rango de 100 a 2500A
- Corriente Secundaria puede indicarse como 1A o 5A
- Número de núcleos podrá ser de 2 a 5 en caso de celdas con un ancho mayor a 800mm, mientras que 2 a 3 para celdas de 600mm de ancho.
- Clase de precisión y potencia para medición de 0.2 o 0.5 de precisión con 10 o 15VA de potencia y 5P20 de precisión con 10 o 15VA de potencia para protección.

La capacidad (potencia) nominal del transformador de corriente, será seleccionada de los valores de normas para este tipo de aplicación, de tal manera que el burden del secundario esté entre 25% y 75% del burden nominal. Cada circuito secundario del transformador de corriente, estará aterrizado en un solo punto. La relación de los núcleos se indica en las características particulares. La configuración final se define en conjunto con el cliente durante las aclaraciones de inicio del proyecto.

Para el caso de uso de sensores de corriente, cumplirán con lo indicado en la Norma IEC 60044-8 DRAFT (2000-07). Los sensores de corriente serán bobinas ROGOWSKI de núcleo de aire o transformadores toroidales, que proporcionan el valor de la corriente de manera lineal y proporcional por medio de la señal de voltaje del circuito primario medido.

Precisaran los siguientes datos:

- Señal de entrada mayor a 2500 A.
- Tensión de salida aproximada de 150 mV
- Frecuencia a 60 Hz.
- Temperatura de operación entre -40 °C y 70 °C
- Clase 1 de exactitud
- Nivel de corto circuito aceptado de 40/100kA simétricos

Los transformadores o sensores de corriente pueden alojarse en el compartimiento con gas aislante SF6. El sensor de corriente permite incorporar un núcleo de un transformador de corriente convencional con aproximadamente 5VA, cl. 5P20 o cl. 0,5.

Como sensor de corriente la bobina de Rogowski utiliza el voltaje inducido para determinar la medición de la señal corriente. Puede ser operado en el lado secundario y no

requiere de ajustes sobre grandes magnitudes.



Fig. 4.4 Transformadores de Corriente Tipo DIN

4.10 Transformadores de Voltaje o Sensores de Voltaje

Se podrán usar Sensores de voltaje o Transformador de voltaje siempre y cuando cumplan con las siguientes sugerencias en el diseño. Los transformadores de potencial serán de tipo inductivo con un devanado en el primario y devanados secundarios, en conexión estrella, diseñados de acuerdo con la norma IEC 60044-2, con los siguientes datos:

- Tensión primaria hasta $36 / \sqrt{3}$ KV
- Tensión secundaria de $110 / \sqrt{3}$ V
- Clase de precisión igual o menor a 50VA, clase 3P para núcleos de protección y 0.2 o 0.5 para núcleos de medición.
- Solo se requieren 02 núcleos secundarios, si hay más de 02 señales las mismas pueden conectarse en paralelo a ambos núcleos.

La conexión de los transformadores de tensión fuera del sistema de gas, se efectúa con tecnología enchufable tipo Pfisterer o similar permitiendo intervención a los equipos sin abrir el sistema de gas.

Para el caso de los sensores de voltaje, éstos cumplen con lo indicado en la Norma IEC 60044-8 DRAFT (1999-12). Los sensores de voltaje serán divisores resistivos que proporcionan el valor de la tensión de manera lineal y proporcional, evitando la saturación. Todo el conjunto deberá podrá o no estar alojado en un compartimiento con de gas aislante SF₆. Con los siguientes datos:

- Señal de entrada hasta 36kV
- Nivel de aislamiento de 38 / 95kV
- Frecuencia a 60 Hz
- Temperatura de operación entre -40°C y 70 °C
- Clase 1 de exactitud
- Relación de transformación de 10.000 / 1

El divisor óhmico transmite un voltaje proporcional a la señal de voltaje, tiene una fuerza dieléctrica que resiste todas las pruebas de voltaje y puede también operar con un corto circuito en el lado secundario. Los problemas por resonancia ferro-magnética, no existen y tienen la ventaja que la señal es lineal y por tanto no tiene efectos de saturación.

Por supuesto existe también la posibilidad de tener la medición de corriente y voltaje utilizando transformadores de corriente y potencial convencionales.



Fig. 4.5 Transformador de Voltaje Enchufable

4.11 Sensores de proximidad

Los equipos de interrupción en la versión estándar están equipados de preferencia con sensores inductivos de proximidad y relés de protección. Sólo con la ayuda de éstos sensores, su precisión, confiabilidad y tiempo de vida útil se pueden lograr excelentes operaciones de los interruptores.

Como alternativa (en caso de que se decida utilizar un relevador de protección convencional), todos los sensores de proximidad de cada celda pueden ser reemplazados por contactos secos convencionales para una diversa variedad de funciones.

Los sensores para la medición de presión por temperatura compensada monitorean permanentemente los compartimientos de gas, cuando la presión cae abajo o sube arriba de los valores ajustados respectivamente, opcionalmente puede iniciarse una acción apropiada (alarma, trip).



Fig. 4.6 Sensores para compartimientos GIS

4.12 Relé de Protección

La protección, control, señalización, medición y monitoreo están incluidas en las celdas con el relé multifuncional, que ofrece la posibilidad de usar sensores de medición libre de efectos saturación, representando la ejecución más moderna y económica. Opcionalmente puede utilizarse control convencional y otro tipo de relevador si así se desea.

El relé digital efectúa todas las conexiones lógicas necesarias. Desempeña las funciones de protección, control señalización, monitoreo y medición. Así mismo, se pueden personalizar funciones particulares de cada celda bajando el programa específico a la unidad.

La interface hombre-máquina de comunicación de la unidad es de un diseño claro y sencillo. La pantalla larga del display muestra permanentemente un diagrama unifilar con las mediciones en tiempo real. Toda la demás información importante como señales y campos de ajuste pueden visualizarse con los comandos de selección del equipo. Adicionalmente, los ajustes de control pueden hacerse localmente. Las señales de alarma se despliegan en la unidad por medio de diodos de diferentes colores y en forma de destello. Los programas pueden cambiarse y la información del estado de la corriente puede bajarse por un puerto óptico. La parametrización puede hacerse directamente en el relé. Con ésta unidad es posible contar con una extensa gama de monitoreo y control de la unidad. Además se puede elegir fácilmente la tarjeta de comunicación incorporada la cual debe venir preparada para el protocolo IEC 61850 [8].

Los relés de línea (feeder) están diseñados para ser utilizados como protección, control, medida y supervisión de redes de media tensión.

Pueden ser utilizados con diferentes tipos de instalaciones de distribución incluyendo barra simple, doble barra dependiendo del tipo de configuración de la celda de media tensión a la cual está referido.



Fig. 4.12 Relé de Protección

Las características generales que deben cumplir estos equipos son las siguientes:

- Terminal de línea para protección, control, medida y supervisión de redes de media tensión.
- Medida de tensión e intensidad mediante transformadores de medida convencionales o sensores de intensidad y divisores de tensión.
- Interfaz humano-máquina fija incluyendo una amplia pantalla gráfica, o módulo de visualización externo para una instalación flexible en cuadros de distribución.
- Funciones de protección incluyendo, por ejemplo, protección no direccional y direccional de sobre-intensidad y de faltas a tierra, protección de tensión residual, sobre-tensión y sub-tensión, protección de sobrecarga térmica, protección contra fallo de interruptor y re-enganchador automático.
- Funciones de control incluyendo control local y remoto de objetos de conmutación con comprobación de sincronismo, indicación de estado de los objetos de conmutación y enclavamientos a nivel de bahía y estación.
- Medida de las intensidades de fase, tensiones fase-a-fase y fase-a-neutro, intensidad de neutro y tensión residual, frecuencia, factor de potencia, potencia y energía activa y reactiva.
- Posibilidades avanzadas de medida de calidad de potencia. Medida de distorsión total de armónicos (THD) tanto para intensidades como tensiones. Medida de variaciones de tensión de corta duración tales como crecidas, caídas e interrupciones cortas.
- Monitorización de condición incluyendo monitorización de condición de interruptor, supervisión de circuito de disparo y auto-supervisión interna del terminal de línea.
- Sincronización horaria a través de entrada digital. Un pulso de sincronización por segundo o por minuto.
- Localizador de falta para cortocircuitos en todo tipo de redes y para faltas a tierra en redes rígidamente puestas a tierra y en redes puestas a tierra mediante baja resistencia/baja reactancia.

Funciones adicionales incluyendo comprobación de sincronismo, protección de frecuencia, protección y control de batería de condensadores.

- Módulo analógico/RTD para la medida de temperatura, medida de intensidad/tensión y salidas de mA.

Comunicación sobre tres interfaces de comunicación: uno para comunicación local con un PC y dos para comunicación por puerto dual simultáneo con, por ejemplo, un sistema de comunicación de subestación y un sistema de monitorización de subestación.

Nomenclatura de bloque de función seleccionable: números de dispositivo ANSI, símbolos IEC.

- Soporte del protocolo IEC 61850
- Comunicación mediante mensajería GOOSE.

4.12.1 Diseño

Los relés de protección se diferencian los unos de los otros por lo que se refiere al número de entradas y salidas digitales disponibles. Estos equipos incorporan una amplia gama de funciones de terminal de línea tales como:

- Funciones de protección
- Funciones de medida
- Registrador de perturbaciones
- Funciones de calidad de potencia
- Funciones de control
- Localizador de falta
- Funciones de monitorización de condición
- Funciones generales
- Funciones de comunicación
- Funciones estándar

4.12.2 Funciones de protección

Para las funciones de protección basadas en la medida de intensidad se pueden utilizar tanto bobinas de Rogowski como transformadores de intensidad convencionales. Del mismo modo, para las funciones basadas en la medida de tensión se pueden utilizar tanto divisores de tensión como transformadores de tensión. La unidad tiene la capacidad de desarrollar las funciones de protección indicadas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Funciones de Protección de Relé Convencional

Nº dispositivo ANSI	Símbolo IEC	Descripción
79	O-->l	Función reenganche automático (5 intentos)
51NC-1	dl>C	Protección de desequilibrio de intensidad para baterías de condensadores shunt
51NC-2	3dl>C	Protección trifásica de desequilibrio de intensidad para condensador shunt conectado en puente-en-H
46	lub>	Protección de discontinuidad de fase
67N-1	lo>-->	Protección de falta a tierra direccional, etapa de ajuste bajo
67N-2	lo>>-->	Protección de falta a tierra direccional, etapa de ajuste alto
67N-3	lo>>>-->	Protección de falta a tierra direccional, etapa instantánea
67-1	3l>-->	Protección de sobreintensidad direccional trifásica, etapa de ajuste bajo
67-2	3l>>-->	Protección de sobreintensidad direccional trifásica, etapa de ajuste alto
67-3	3l>>>-->	Protección de sobreintensidad direccional trifásica, etapa instantánea
21FL	FLOC	Localizador de falta
81-1	f1	Protección de subfrecuencia o sobrefrecuencia, etapa 1
81-2	f2	Protección de subfrecuencia o sobrefrecuencia, etapa 2
81-3	f3	Protección de subfrecuencia o sobrefrecuencia, etapa 3
81-4	f4	Protección de subfrecuencia o sobrefrecuencia, etapa 4
81-5	f5	Protección de subfrecuencia o sobrefrecuencia, etapa 5
60	FUSEF	Supervisión de fallo fusible
68	3I2f>	Detector trifásico de inserción de transformador y de intensidad de arranque de motor
48	Is2t n<	Supervisión trifásica de arranque para motores
51N-1	lo>	Protección de falta a tierra no direccional, etapa de ajuste bajo
51N-2	lo>>	Protección de falta a tierra no direccional, etapa de ajuste alto
51N-3	lo>>>	Protección de falta a tierra no direccional, etapa instantánea
51-1	3l>	Protección de sobreintensidad no direccional trifásica, etapa de ajuste bajo
51-2	l>>	Protección de sobreintensidad no direccional trifásica, etapa de ajuste alto
51-3	3l>>>	Protección de sobreintensidad no direccional trifásica, etapa instantánea
51C	3l>3l<	Protección trifásica de sobrecarga para baterías de condensadores shunt
59-1	3U>	Protección de sobretensión trifásica, etapa de ajuste bajo
59-2	3U>>	Protección de sobretensión trifásica, etapa de ajuste alto
47-1	U1U2<>_1	Protección de tensión de secuencia de fase, etapa 1
47-2	U1U2<>_2	Protección de tensión de secuencia de fase, etapa 2
59N-1	Uo>	Protección de sobretensión residual, etapa de ajuste bajo
59N-2	Uo>>	Protección de sobretensión residual, etapa de ajuste alto
59N-3	Uo>>>	Protección de sobretensión residual, etapa instantánea
25-1	SYNC1	Comprobación de sincronismo/ comprobación de tensión, etapa 1
25-2	SYNC2	Comprobación de sincronismo/ comprobación de tensión, etapa 2
49F	3lth>	Protección de sobrecarga térmica trifásica para cables
49M/G/T	3lthdev>	Protección de sobrecarga térmica trifásica para dispositivos
27-1	3U<	Protección de subtensión trifásica, etapa de ajuste bajo
27-2	3U<<	Protección de subtensión trifásica, etapa de ajuste alto

4.12.3 Funciones de Medida

La medición local de las variables eléctricas se hará mediante el microprocesador de estado sólido de operación digital y sistema lineal en tiempo real. La unidad de medición está contenida en el relevador de protección. El microprocesador será capaz de dar la medición estableciendo una lógica de operación.

El display local mostrará de forma interactiva los valores de medición. La configuración del microprocesador en sus funciones de medición será acompañada con el software dentro de la unidad y la lectura de las diferentes variables podrá ser registrada de manera externa de la unidad por medio de un puerto serial RS232 para una interfase hombre-máquina. Las funciones de medida incluyen intensidades trifásicas, intensidad de neutro, tensiones trifásicas, tensión residual, frecuencia, potencia activa y reactiva y factor de potencia. Adicionalmente, otras funciones de medida están disponibles.

Como característica estándar, el relé incluye entradas de contador de pulsos. El número de entradas de pulso varía de 7 a 10 de acuerdo con la variante a elegir.

La unidad tendrá como mínimo 8 entradas analógicas para medición de corriente y voltaje. La selección de las funciones de medición será por medio del panel de control mediante botones, las funciones mínimas de medición serán:

- Valor de corriente de línea en las tres fases
- Valor de corriente a tierra
- Valor de corriente máxima por fase
- Valor de voltaje de línea en las tres fases
- Valor de voltaje de fase en las tres fases
- Valor de voltaje residual o de tierra
- Valor de Frecuencia
- Valor de Potencia Activa, Reactiva y Aparente
- Valor de Factor de Potencia
- Valor de tiempo de operación
- Valor de los ciclos de switcheo
- Valor total de la corriente de Switch
- Contador de pulsos

4.12.4 Registrador de perturbaciones

El registrador de perturbaciones transitorias es capaz de registrar 16 formas de onda de intensidad o tensión y 16 señales lógicas digitales. La frecuencia de muestreo de las entradas analógicas es de 2 kHz a la frecuencia nominal de 50 Hz y 2.4 kHz a la frecuencia nominal de 60 Hz.

El usuario puede ajustar la longitud de los registros dentro de un rango determinado por el número de entradas analógicas usadas. El número de registros depende de la frecuencia de muestreo, longitud de los registros y número de entradas analógicas.

4.12.5 Registros de eventos

La unidad registrará los eventos relativos a la actividad de protecciones y como mínimo guardará los últimos 100 eventos. Dichos eventos mostrarán fecha y hora, el valor en RMS de la corriente de falla, o bien en registro oscilográfico. El registro de los eventos será almacenado. Además, será capaz de graficar señales de corriente y voltaje.

4.12.6 Funciones de calidad de potencia

Las funciones de calidad de potencia permiten la medida de la distorsión armónica total (THD) de tensión e intensidad, y la distorsión de consumo total (TDD) de intensidad. Se miden los armónicos individuales hasta la 13ava armónica.

Las funciones de calidad de potencia también incluyen la medida de variaciones de tensión de corta duración tales como crecidas, caídas e interrupciones cortas. La medida se realiza de acuerdo con el estándar IEC 61000-4-30. Deberá soportar herramientas para la presentación de armónicos y variaciones de tensión de corta duración.

4.12.7 Funciones de control

Las funciones de control se utilizan para indicar la posición de los dispositivos de conmutación, es decir, interruptores y seccionadores, y ejecutar las órdenes de apertura y cierre para dispositivos de conmutación controlables en la instalación de distribución. Además, hay funciones suplementarias para necesidades de lógica de control, por ejemplo objetos de conmutación on/off, alarma en MIMICO, control de LED, datos numéricos para el MIMICO y selección de posición controlada por lógica.

Las funciones de control, configuradas usando la herramienta de configuración del relé, se pueden asociar a indicadores de posición que forman parte de la representación de configuración en MIMICO visualizada en el HMI. Los indicadores de posición se utilizan para indicar la posición de los dispositivos de conmutación mediante la representación en MIMICO y para controlarlos localmente.

4.12.8 Localizador de faltas

Función de localizador de falta para sistemas de distribución radial. Localización de corto-circuito en todo tipo de redes de distribución. Localización de falta a tierra en redes rígidamente puestas a tierra y en redes puestas a tierra mediante baja reactancia/baja resistencia. Asiste la rápida reposición de potencia después de la falta. Mejora la disponibilidad y prestación del sistema.

4.12.9 Funciones de monitorización de condición

Los bloques de funciones de monitorización de condición, tales como supervisión de la intensidad de energización y del circuito de entrada de tensión, contador de tiempo de operación, desgaste eléctrico del interruptor, mantenimiento programado, supervisión de circuito de disparo y tiempo de recorrido del interruptor, estarán disponibles en el relé de protección.

4.12.10 Funciones generales

Las funciones adicionales están disponibles para ser utilizadas en diferentes aplicaciones generales en lógicas tales como activación de la retroiluminación del HMI, conmutación de grupos y reposición de indicadores de operación, señales de salida autorretenidas, registros y registrador de perturbaciones.

4.12.11 Funciones de comunicación

El terminal de línea, proporciona los protocolos de comunicación serie IEC 61860 junto con otros como MODBUS. Asimismo deberá de contar con puertos de comunicación Ethernet y mensajería GOOSE.

4.12.12 Funciones Estándar

Las funciones estándar se utilizan para lógicas tales como enclavamiento, alarmas y secuencias de control. El uso de las funciones lógicas no está limitado y las funciones se pueden interconectar entre ellas, al igual que con funciones de protección, medida, calidad de potencia, control, monitorización de condición y generales. Adicionalmente las entradas y salidas digitales, se pueden conectar a funciones estándar usando el software de configuración del relé.

Asimismo el relé deberá de venir preparado para utilizar otras funciones tales como:

- Indicación de tensión auxiliar baja
- Indicación de exceso de temperatura
- Canales analógicos
- Canales analógicos calculados
- Entradas digitales
- Supresión de la oscilación
- Atributos de una entrada digital para la configuración del terminal de línea
- Entradas analógicas/RTD
- Salidas digitales y analógicas
- Indicadores LED de alarma
- LED indicador de enclavamiento
- Supervisión de circuito de disparo

4.12.13 Panel de pantalla

El terminal de línea se ofrece con una pantalla fija o bien con un módulo de visualización externo. El módulo de visualización externo requiere un suministro de tensión propio de origen común con la unidad principal. La pantalla estará formada como mínimo por 19 líneas divididas en dos ventanas: una ventana principal (17 líneas) y una ventana de asistencia (2 líneas).

La pantalla gráfica presenta información detallada a modo de MIMICO, objetos, eventos, medidas, alarmas de control y parámetros.

La ventana de asistencia se usa para indicaciones /alarmas en dependencia con el terminal y mensajes de ayuda.

Adicionalmente, el panel incluye los siguientes elementos de HMI:

- 03 Pulsadores para el control de objeto (I, O, selección de objeto)
- 08 LEDs de alarma libremente programables con diferentes colores y modos de acuerdo con la configuración
- 01 Indicador LED para el control del enclavamiento
- 03 Indicadores LED de protección
- 01 Agrupación de pulsadores del HMI con cuatro pulsadores de flecha y pulsadores para salir y entrar
- 01 Puerto de comunicación ethernet
- 01 Control de retroiluminación y contraste
- 01 Pulsador libremente programable, que se puede usar en la configuración del terminal de línea
- 01 Pulsador de control remoto/local

El HMI tiene dos niveles principales, el nivel de usuario y el nivel técnico. El nivel de usuario se orienta a las medidas y monitorización del "día a día", mientras que el nivel técnico está dedicado a la programación avanzada del terminal de línea.

4.12.14 Autosupervisión

El relé digital estará provisto de un completo sistema de autosupervisión. El sistema de autosupervisión controla situaciones de fallo durante el tiempo de ejecución e informa al usuario de los fallos vía el HMI y la comunicación IEC 61850.

Cuando se ha detectado un fallo, el indicador verde de Listo empieza a parpadear, se visualiza un texto indicador de fallo en el HMI y se genera un evento. El texto indicador de fallo en el HMI consiste en dos líneas: un mensaje general de "fallo interno", seguido por el código IRF generado del fallo. El relé intentará restablecerse del fallo bien reiniciando el módulo (módulo E/S ó HMI) que ha reportado el fallo, o bien reiniciando el relé

de autosupervisión haya determinado que el relé está funcionando normalmente. Si el fallo todavía persiste después de reinicializarse tres veces, el relé se mantendrá en estado IRF permanente.

4.12.15 Configuración del terminal de línea

El relé vendrá con un software de configuración, el mismo debe estar basado en el estándar IEC 61131-3, el cual se utiliza para configurar el terminal básico, los bloques de protección y función lógica, las funciones de control y medida, los temporizadores y otros elementos funcionales incluidos en la categoría de funciones lógicas.

El sistema programable de los terminales de línea permite que los contactos de salida sean operados de acuerdo con el estado de las entradas y salidas lógicas de las funciones de protección, control, medida y monitorización de condición. Las funciones de PLC (p. ej. lógica de enclavamiento y alarma) son programadas con funciones Booleanas, temporizadores, contadores, comparadores y básculas. El programa se escribe en un lenguaje de diagrama de bloques de función usando el software de configuración.

- Configuración del mímico
- Configuración del IEC 61850 y del Modbus

4.12.16 Parametrización del terminal de línea

Los parámetros de las unidades de terminal de línea se pueden ajustar tanto localmente sobre el HMI como externamente vía la comunicación serie.

- Parametrización local
- Parametrización externa

4.12.17 Tensión auxiliar

Para su funcionamiento, el relé incluyendo el módulo de visualización externo, requiere una tensión de alimentación auxiliar segura. El módulo interno de fuente de alimentación del terminal conforma las tensiones requeridas por la electrónica del terminal. El módulo de fuente de alimentación es un convertidor cc/cc aislado galvánicamente (tipo fly-back). Un indicador LED verde de protección en el panel frontal luce cuando el módulo de fuente de alimentación está operativo. El terminal de línea está provisto de un condensador de protección de respaldo de 48 horas que permite mantener la hora al reloj interno en caso de un fallo de alimentación auxiliar.

4.13 Voltajes para la Alimentación del Equipo Auxiliar

Los voltajes para la alimentación de los equipos auxiliares para el control, protección y medición, deberán ser como estándar 110VCD.

El rango de variación de esta tensión, dentro del cual deberá operar satisfactoriamente los interruptores de potencia es de 70 a 140VDC para el disparo y 100 a 140VDC para el

cierre.

4.14 Alambrado

El alambrado interno cumple con las prácticas europeas y es similar a lo indicado por NEMA, Clase I, Tipo B; continuo sin empalmes. El conductor es de cobre con aislamiento retardante al fuego de hilos de cobre trenzado y de calibre 18 AWG para control, señales remotas, mecanismo de motor; calibre 16 AWG para circuitos de potencial y calibre 12 AWG para circuitos de corriente.

Así mismo, cada cable es perfectamente marcado e identificado de forma permanente con una funda termo ajustable estampada a máquina de acuerdo a la información en los diagramas de control presentados.

Todas las tablillas terminales de control tienen una tensión máxima de diseño de 600 Volts y un rango de corriente de 10 a 25 A y son de tipo compresión (cage-clamp).

Todos los circuitos secundarios de los transformadores de corriente serán llevados a bloques de terminales de tipo corto-circuitable.

Se contemplará como reserva el suministro de un 20% de puntos de conexión en los bloques de terminales y se permitirá suficiente espacio entre éstos y las canalizaciones por donde el cableado es rutado.

Todo el alambrado de control de bajo voltaje será terminado en el frente del compartimiento y será accesible mediante la apertura de la puerta del compartimiento de control y medición.

4.15 Placa de Datos Características

Se suministrará una placa de características por celda, la cual estará elaborada con material anticorrosivo y letras de bajorrelieve, conteniendo como mínimo la siguiente información (en idioma español):

- Marca del fabricante.
- Número de serie.
- Fecha de fabricación.
- Voltaje nominal (kV)
- Corriente nominal (A)
- Frecuencia nominal (Hz)
- Nivel de aislamiento al impulso (kV cresta)
- Corriente nominal de corto tiempo (KA)
- Capacidad interruptiva (KA a 3 seg.).
- Presión del gas SF6 a 20 grados C (bar) de todos los compartimentos.
- Normas (diseño, fabricación y pruebas)

Se suministrará una placa metálica con la información del tablero y placas leyenda en lamicoid para cada componente localizado en los paneles, fondo blanco, letras negras. Estos datos son referenciales el cliente puede requerir algunos adicionales si es parte de su estándar sin embargo se sugiere y recomienda mantener los datos básicos indicados con la finalidad de mantener un orden en el suministro.

4.16 Accesorios

El tablero en SF6 tendrá como mínimo los siguientes accesorios necesarios para su operación y buen funcionamiento:

- Dispositivos de alivio de presión.
Sensores para monitoreo de la presión con compensación por temperatura en cada compartimiento cerrado con gas.
- Tomas para el rellenado de gas.
- Indicadores visuales de la posición del equipo de interrupción.
- Indicadores visuales de la posición de las cuchillas seccionadoras de tres posiciones.
- Filtros estáticos para el gas SF6.
- Estructuras y medios de soporte de todo el equipo.
- Conectores para cada una de las terminales de salida.
- Conectores para la conexión a tierra.
- Toda la tornillería y arandelas para el montaje e instalación.
- Tapas y blindajes.

4.17 Acabado

El acabado final es por medio de un proceso químico de desengrasado y bonderizado con fosfato de zinc, mediante la aplicación de pintura en polvo del tipo electrostático y horneado. Este proceso proporciona una mejor protección al medio ambiente.

Todas las partes metálicas en contacto con el medio ambiente (puertas y cubiertas) llevarán un acabado exterior de color RAL-7035, se hace excepción de no pintar los contenedores de gas SF6 los cuales son de acero inoxidable, la caja de baja tensión, los conductos de gases y del compartimiento de conexión de cables fabricados de chapa tratado con aluminio-zinc.

4.18 Mantenimiento

Las celdas, las barras y en general todos los componentes contenidos en gas SF6, no deben requerir intervenciones de mantenimiento durante periodos de 10 años como mínimo.

Los trabajos de mantenimiento a realizarse serán del tipo menor, deberán estar dirigidos exclusivamente a las partes accesibles de la instalación. Dichos trabajos deben consistir

básicamente en los trabajos rutinarios como inspección, lubricación y limpieza.

El mantenimiento no implicará el desarme de partes conductoras o envolventes, así como del evacuado de gas.

Para efectuar trabajos de mantenimiento mayor (cuando llegue el momento), o bien para el caso de trabajos correctivos de reparación, el tablero en su diseño provee las facilidades de seccionalización de partes conductoras, envolventes y módulos.

Cuando así se requiera, se deberá incluir un programa de mantenimiento, detallando las intervenciones necesarias para servicios indicando cuando sea necesario la desenergización.

4.19 Pruebas en fábrica (FAT), rutina bajo lineamiento IEC

Las siguientes pruebas deberán ser realizadas al tablero a fin de garantizar su performance de acuerdo a lo que indica la norma IEC:

- Inspección visual de cada celda, vista frontal, apariencia, dimensiones, layouts en puerta, etc.
- Inspección de los transformadores de medida de tensión y corriente (características, relación, precisión).
- Verificación del alambrado de control (prevista en los diagramas esquemáticos) y pruebas de funcionalidad.
- Prueba de asilamiento y continuidad CD/CA de los circuitos de baja tensión
- Resistencia de aislamiento y potencial aplicado (se repite la prueba en una celda seleccionada)
- Prueba de funcionalidad de interruptor, seccionador y cuchilla puesta a tierra (ON/OFF)
- Prueba de interbloques en interruptor, seccionador y cuchilla puesta a tierra
- Prueba de control simulando disparo, bloqueo y mando remoto.
- Control y verificación de la operación de los equipos de medición y protección.
- Inspección visual para el embarque

4.20 Pruebas en sitio (SAT) - OPCIONAL

Las pruebas y trabajos que pueden realizarse después de instalarse los equipos son las siguientes:

- Revisión, ajuste y operación mecánica de los interruptores, seccionador y puesta a tierra.
- Revisión, ajuste y operación eléctrica de los interruptores, seccionador y puesta a tierra.
- Revisión de inter-bloques
- Verificación del alambrado de control (prevista en los diagramas esquemáticos)
- Integración del sistema (interconexión de control, fuerza, comunicaciones, etc.) en el tablero.

- Verificación de tensión de control y prueba de operación local y remota de interruptor para cada celda.
- Revisión, verificación y pruebas de lógica de control, funcionalidad.
- Pruebas y ajuste de relés de protección (settings) de acuerdo al requerimiento del cliente.
- Pruebas de simulación de alarmas
- Revisión de transformadores de corriente (polaridad, aterrizamiento, relación de transformación)
- Revisión de transformadores de potencial (alambrado de control, relación de transformación)
- Verificación de presión de gas SF₆
- Realización de reporte de pruebas SAT y comentarios para realización de planos as-built.
- Acreditación del montaje, nivelación y fijación de los tableros.

4.21. Comparación entre Celdas Aisladas en Aire y en SF₆

Para el presente proyecto se ha considerado el uso de celdas encapsuladas en SF₆ pues presentan mayores ventajas técnicas para la aplicación que pasaremos a describir a continuación.

4.21.1 Influencias del Ambiente

Las influencias ambientales, tales como la humedad, el polvo, cuerpos extraños, los animales, la luz que podría dañar los materiales o el aire salado, no pueden afectar a los equipos de media tensión de fuerza ya que estos se encuentran en compartimentos herméticamente sellados llenos de SF₆. A diferencia de los equipos que operan en aire, los componentes de alta tensión tienen su propia atmósfera, independiente de las condiciones exteriores. Esto permite que las características técnicas permanezcan constantes durante toda la vida útil de los componentes.

Por otro lado los sistemas en media tensión con aislamiento en SF₆, se pueden utilizar en altitudes superiores a 1000m sin afectar las características eléctricas.

En el caso de equipos en aire, la norma IEC indica que se debe de efectuar una corrección de aislamiento por lo que generalmente las celdas son seleccionadas y sobredimensionadas a niveles inmediatos superiores de tensión.

Por ejemplo: una celda de 12kV para un sistema en 10kV a 4000m de altura utilizaría equipos de 24kV y 125KV BIL.

Esta corrección no ocurre en una celda GIS la cual puede mantener la tensión de diseño acorde a la red a la cual estará referida sin el deterioro de las características técnicas o restricciones a la operación, puesto que la rigidez dieléctrica del medio permanece constante, lo cual no es posible de realizar con los sistemas convencionales.

Asimismo esta impermeabilidad a las influencias ambientales significa que el trabajo de mantenimiento se reduce a un mínimo a lo largo de la vida de servicio del sistema lo cual es fundamental para el uso de esta tecnología en ambientes severamente corrosivos o húmedos y de alta polución o contaminación.

4.21.2 Mayor Seguridad para el Operador

Con la independencia de influencias externas ambientales y con equipos encapsulados herméticamente en compartimentos llenos de gas SF₆, la probabilidad de fallos internos se reduce al mínimo. A diferencia de las celdas en aire en donde el operador está expuesto a riesgos de toque o de contacto accidental durante la operación, en el caso de las celdas GIS, acercamientos no intencionales y no permitidos a las partes vivas para trabajar o realizar trabajos en el sistema están totalmente excluida por el diseño. El tablero tiene todo tipo de protección mecánica contra un toque accidental a los compartimentos pues estos se encuentran aislados y aterrados garantizando la seguridad del operador.

4.21.3 Mayor Confiabilidad

La reducción de contacto con el medio ambiente minimiza la probabilidad de fallas en una celda GIS por agentes externos. Por lo tanto a diferencia de las celdas en aire los sistemas GIS tienen una alta disponibilidad y una muy baja probabilidad de fracaso. El tiempo de inactividad para mantenimiento y reparación es muy corto a lo largo de la vida de la celda, y por regla general no son necesarios en absoluto en los compartimientos en SF₆ cerrados y presurizados para todas las secciones de media tensión. La protección contra el deterioro por aislamiento que ocurre e indisponen los circuitos expuestos al aire no ocurre en el caso de los tableros GIS por lo que son más confiables desde el punto de vista de la operación. Está calculado unos 10 años más el tiempo de vida de las celdas GIS que de otros tipos de celdas. Esto conduce a un ahorro potencial en nuevas inversiones.

4.21.4 Diseño Compacto

Gracias a la tecnología de Celdas en SF₆, los sistemas necesarios para implementar un circuito en media tensión se reducen notablemente. Por lo tanto, también los edificios y las habitaciones o salas eléctricas que se requieren para albergar estos tableros también pueden compactarse. El ahorro en espacio y materiales para cuadros SF₆ interior en comparación con aparatos de conexión convencionales en aire son al menos 30%, y pueden llegar a ser hasta de un 80% para modelos de celdas GIS en bloques extremadamente compactas. La aplicación entonces de estos sistemas es apropiada por ejemplo, en áreas con una gran densidad de energía, dentro de las fábricas, en zonas peatonales, en edificios públicos o en estaciones de ferrocarril. Son apropiadas para la construcción de estructuras estéticamente atractivas para la instalación de interior. En muchos casos, esta tecnología compacta y su

integración en edificios y otras instalaciones puede hacer que la construcción de otro edificio separado para la distribución de energía eléctrica sea innecesaria. El ruido emitido por las operaciones de conmutación se reduce al mínimo. El diseño compacto de interrupción de circuitos descrito anteriormente crea una gran libertad para seleccionar una ubicación tan cerca como sea posible a la demanda de energía. Esto reduce las pérdidas en la transmisión de energía y conserva los recursos energéticos.

4.21.5 Mantenimiento Mínimo

Las celdas GIS son casi libres de mantenimiento lo que significa un ahorro en los costos de operación. Esta impermeabilidad a las influencias ambientales significa que el trabajo de mantenimiento se reduce extremadamente a un mínimo a lo largo de la vida de servicio del sistema, y sin necesidad de un mantenimiento mayor se reducen los trabajos y la disponibilidad del personal para otras labores.

CAPÍTULO V

PROYECTO: DISEÑO DE SALAS ELÉCTRICAS CON SISTEMAS GIS

En este capítulo revisaremos un caso práctico de un sistema en media tensión, en donde inicialmente el cliente final diseño una subestación en una sala eléctrica con celdas aisladas en aire. Se encontraron algunos inconvenientes en el diseño del sistema eléctrico, era muy poco confiable para los usuarios y el tamaño de la subestación por la cantidad de equipos implicaba un mayor costo en obras civiles y en la carpintería metálica, adicionalmente las condiciones ambientales del sitio como temperatura y polución dificultaban la selección de los materiales para el funcionamiento de la sala eléctrica. Por estas razones se requería seleccionar adecuadamente el equipamiento y hacer unas mejoras al diseño con la finalidad de obtener una solución más compacta, mejorar la confiabilidad del sistema y proponer la mejor alternativa para las inclemencias del ambiente.

5.1 Sala de Control de Potencia - PetroAmazonas

Petroamazonas es una compañía ecuatoriana de exploración y producción de reservas de petróleo. La empresa opera los bloques 7, 15, 18 y 21 y está desarrollando el bloque 31.

La compañía está estudiando nuevos prospectos en las reservas restantes de los bloques las cuales se estiman en alrededor de 311 millones de barriles.

Petroamazonas opera como una unidad de la petrolera estatal Petroecuador. Petroamazonas fue incorporada en 2008 y tiene su sede en Quito, Ecuador.

En el presente proyecto Petroamazonas presento una especificación técnica para la construcción de una sala eléctrica de control de potencia [9].

- Proyecto: Desarrollo y Producción Bloque 31 Campo Apaika y Nenke.
- Suministro Específico: Apaika Power Control Room - Block 31.
- Fase de Operaciones: Desarrollo y Producción

5.1.1 Condiciones Geográficas del Proyecto

a) Ubicación Cartográfica

El área de influencia del Proyecto se ubica en la Provincia de Orellana, Cantón Aguarico, Parroquias: Capitán Augusto Rivadeneira, Cononaco, Edén y dentro del Parque Nacional Yasuní.

b) Temperatura de la zona

La temperatura media anual del período considerado es de 25.8 °C, los valores máximos se producen en los meses de diciembre a enero y los mínimos en junio y julio.

c) Humedad Relativa

La humedad es un parámetro importante en la información de los fenómenos meteorológicos. Conjuntamente con la temperatura, caracterizan la intensidad de la evapotranspiración, la que a su vez tiene directa relación con la disponibilidad de agua aprovechable, la circulación atmosférica y la cubierta vegetal. La humedad relativa media de la zona, a partir de la interpolación de datos, es de 84.3%. Los valores máximos se presentan de marzo a julio concomitantemente con la época invernal, con un promedio de 86.0% y de agosto a febrero este valor desciende a 83.0%.

d) Precipitación

El régimen pluviométrico interanual presenta una tendencia a cantidades mayores entre los meses de abril-junio y octubre-noviembre; el valor máximo mensual es de 315.8mm., en el mes de mayo y el mínimo en el mes de enero con 139.5mm. A pesar de existir esta variación, la distribución de la lluvia es regular a lo largo de todo el año y su valor medio es de 235.9mm. En referencia a la distribución mensual de los valores de precipitación, éstos en su mayoría oscilan alrededor del promedio multianual.

e) Clasificación Climática

En función de los parámetros antes indicados, el clima de la zona corresponde a un clima uniforme mega térmico muy húmedo, que se caracteriza por una temperatura media elevada cercana a los 25.8°C y totales pluviométricos muy importantes superiores a los 2800mm.

5.1.2 Alcance Específico del Proyecto

El alcance del proyecto consistía en el suministro, fabricación, pruebas, y entrega en APAIKA de una sala eléctrica de control de potencia.

El suministro de equipos en la sala eléctrica comprende el uso de los siguientes equipos:

- 01 Conjunto de celdas, compuesto por 08 celdas aisladas en SF6 en 34.5kV (clase 36kV, 1250A, 25kA y 170kV BIL de aislamiento) bajo norma IEC
- 01 Conjunto de celdas, compuesto por 20 celdas en 4.16kV (clase 7.2kV, 2000A, 40kA y 75kV BIL de aislamiento) aislado en aire bajo norma ANSI
- 01 Conjunto de Paneles de Distribución en Baja Tensión 40kVA, 0.48kV
- 01 Centro de Control de Motores 0.48kV
- 01 Transformador Seco de 45kVA, 480/208-120V

- 01 Transformador de Distribución (Pad Mounted), 250kVA, 4.16/0.48kV
- Sistema de Alimentación Interrumpida (UPS), 16kVA, 0.208kV
- Sistema de Control y Protección
- Sistema de Aire Acondicionado
- Sistema contra incendios.
- Carpintería Metálica completa

Los diagramas unifilares, y las especificaciones técnicas de los equipos se adjuntan en los Anexos.

5.2 Problemática de la Sala Eléctrica

La Sala eléctrica posee en el diseño aparte de los equipos auxiliares, dos diferentes tipos de celdas aisladas en aire y encapsuladas en SF₆, además de especificar dos normas diferentes de construcción IEC y ANSI, el sistema dentro de la sala eléctrica debería poseer diferentes condiciones para el tratamiento de ambos tipos de paneles. En el aspecto constructivo las celdas en aire tienen un mayor tamaño y requieren condiciones diferentes dentro de la sala para el acceso por ejemplo a los diferentes compartimientos internos por mantenimiento, lo cual implica aumentar el espacio por columna. Asimismo tomando en cuenta la disipación térmica el tener las barras en aire hace que aumente la disipación de calor en el ambiente lo cual genera un tratamiento diferente en la focalización del aire acondicionado dentro de la sala eléctrica.

Otro problema notable es la confiabilidad del sistema, las celdas en aire requieren más horas de mantenimiento sumado a las condiciones ambientales del sitio, por lo que la indisponibilidad del sistema se traduciría en periodos de tiempo prolongados. Esto lleva a proponer un nuevo sistema de distribución que mejore el diseño y sea más confiable.

5.3 Propuesta de Celdas Aisladas en SF₆

En vista de los criterios considerados se propone implementar un nuevo sistema eléctrico que cumpla con los requisitos necesarios para asegurar la mayor confiabilidad del sistema y disponibilidad del suministro de energía.

Uno de los primeros temas a tocar es el tamaño de la sala eléctrica, utilizando celdas en aire el tamaño es de 28.32 m de longitud. Con el uso de celdas GIS podemos reducir las dimensiones a 26 m de longitud. En el esquema nuevo se contara con una división de la sala eléctrica con tres partes desmontables, lo cual es apropiado para el transporte de los equipos teniendo en cuenta que dicha sala deberá ser instalada en la amazonia ecuatoriana.

El nuevo sistema eléctrico propuesto deberá contar con la capacidad de crecimiento futuro y deberá ser confiable desde el punto de vista de la disponibilidad. Las celdas SF₆

libres de mantenimiento, tienen un promedio de vida útil de 30 años con lo que se tiene previsto cualquier implementación de nuevos circuitos a futuro.

El uso de un sistema GIS para la barra en 4.16kV donde antes se había considerado celdas aisladas en aire, uniformiza los criterios de diseño correspondiente a valores normados en IEC para la selección de todos los equipos internos como interruptores, seccionadores, transformadores de medición, relés y medidores. Por otra parte se contará con un único diseño del ducto de gases para la protección de arco interno, un único sistema de enfriamiento y cálculo de climatización, recordemos que el SF6 tiene mejores propiedades de enfriamiento y es un mejor aislante si lo comparamos con el aire.

Desde el punto de vista de la ubicación geográfica, ante un clima húmedo el uso de paneles GIS garantiza una extensión de la vida útil de los equipos al no estar expuestos a las condiciones climáticas descritas.

5.4 Presupuesto del nuevo sistema eléctrico

A continuación mostramos el presupuesto del nuevo sistema eléctrico considerando el cambio por el uso de Celdas GIS en lugar de las Celdas Aisladas en aire para la barra de 4.16kV que fue inicialmente especificada por el cliente. La nueva solución reduce el tamaño de la sala eléctrica y permite reducir costos en materiales y optimizar dimensiones.

En la tabla 5.1 se muestran los nuevos costos referenciales de la sala eléctrica, asimismo se detallan en la tabla 5.2 los costos propios de las celdas, si bien es cierto que esta partida es más elevada -pues la tecnología GIS tiene un mayor valor que una celda en aire-, estos costos son compensados por la reducción en el tamaño de la sala, los costos de ingeniería del proyecto y los costos de montaje e instalación. La tabla 5.3 y 5.4 muestra los costos restantes para completar la solución.

No hemos indicado en este presupuesto las partidas del sistema de control y automatización y la puesta en servicio de todo el equipamiento. Esto pues es información reservada del proveedor.

El total referencial de la inversión requerida para implementar el nuevo sistema eléctrico solo en equipamiento asciende a \$ 3'391,966.00 sin incluir el impuesto general a las ventas (I.G.V.) lo cual representa una reducción porcentual de 3% del presupuesto inicial con celdas aisladas en Aire.

5.4.1 Tiempo de Suministro

El tiempo de implementación del nuevo sistema es de aproximadamente 10 meses. El tiempo de implementación contempla el transporte hasta las instalaciones del cliente en APAIKA ECUADOR.

Tabla 5.1 Presupuesto de la Sala Eléctrica Modular

Und.	MATERIAL PARA SALA ELÉCTRICA	Costo Unit. (USD)	Costo Total (USD)
1	Carpintería Metálica (Incluye Escaleras y barandas) (Alt. 4.0 x Anch. 4.0 x Larg. 28.0 m) Referencia : Proveedores Locales	462,000	462,000
3	Sistema de Aire Acondicionado Referencia : 3 sistemas tipo mochila	35,000	105,000
3	Sistema de Presurización Referencia : Saeg	21,000	63,000
3	Sistema Contra Incendio (Detección y Extinción) Referencia : Diebold	21,000	63,000
3	Sistemas Conduit ,cajas de paso, tomacorriente,señalización, etc.) Referencia : Producción	4,200	12,600
3	Iluminación Interna ,Externa, Luces de Emergencia Referencia: Producción	4,200	12,600
1	Supervisión de la sala eléctrica Referencia : Producción	14,000	14,000
1	Cables de Energía Interconexión y terminales para celdas (100 \$/m) x 80 metros + CONECTORES GIS Referencia : Indeco y/o Jorvex	17,500	17,500
1	Embalaje para Exportación Referencia : Modutruck o Similar	7,000	7,000
1	Alquiler de Grua (20 Hrs.) 150 \$/ Hora Referencia : Modutruck o Similar	7,000	7,000
1	UPS 16KVA (UPS - 51001) Referencia: GUTTER o Similar	77,000	77,000
1	Cargador Rectificador Referencia: GUTTER o Similar	42,000	42,000
1	Transformador Seco 45kVA Referencia: ABB o Similar	21,000	21,000
3	Tablero de Iluminación Referencia: ABB o Similar	1,120	3,360
3	Tablero de Distribución DC Referencia: ABB o Similar	3,500	10,500
3	Tablero de Distribución AC Referencia: ABB o Similar	3,500	10,500
1	Viajes a Pruebas Referencia: Ecuador - Perú - Ecuador	30,000	30,000
1	Producción (Horas) Referencia:	39,200	39,200
1	Ingeniería Eléctrica (Horas) Referencia:	5,600	5,600
1	Ingeniería Mecánica (Horas) Referencia:	11,200	11,200
1	Pruebas (Horas) Referencia:	11,200	11,200

Tabla 5.2 Presupuesto de las Celdas Aisladas en Gas SF6

Und.	EQUIPAMIENTO PARA SWITCHGEARS	Costo Unit. (USD)	Costo Total (USD)
1	Celdas Gis ZX2.0 (28 Unidades) Referencia : ABB ALEMANIA	1,204,000	1,204,000
28	Reles de Bloqueo (86) Referencia : ABB ALEMANIA	280	7,840
30	Reles Referencia : ABB	4,900	147,000
28	Transformadores Toroidales Referencia : ABB	451	12,622
1	Ingeniería Eléctrica (Horas) Referencia:	5,600	5,600
1	Ingeniería Mecánica (Horas) Referencia:	5,600	5,600
1	Producción (Horas) Referencia:	94,080	94,080
1	Pruebas (Horas) Referencia:	12,544	12,544
1	Material Aux.- Microinterruptores y Otros Referencia: ABB o Similar	14,000	14,000
1	Suministros Menores Referencia: Producción	77,000	77,000

Tabla 5.3 Presupuesto del Transformador Distribución

Und.	Transformador de 250kVA (Equipo Suelto)	Costo Unit. (USD)	Costo Total (USD)
1	Transformador de 250kVA (Equipo Suelto) Referencia: ABB o Similar	32,200	32,200
1	Supervisión, Puesta en servicio	4,200	4,200

Tabla 5.4 Presupuesto de los Tableros eléctricos y CCM's

Und.	EQUIPAMIENTO DE BAJA TENSIÓN	Costo Unit. (USD)	Costo Total (USD)
1	CCM Referencia : ABB	125,000	125,000
1	PANELS BOARD Referencia : ABB	54,600	54,600

Tabla 5.5 Presupuesto de Otros Costos Diversos

Und.	INTERCONEXIÓN TOTAL DE EQUIPOS	Costo Unit.(USD)	Costo Total (USD)
1	Montaje e interconexiones de: Celdas, tableros en sala (1000 \$ X 40 Hrs.) Referencia : Producción	56,000	56,000
-	TRANSPORTE		
1	Transporte APAIKA - PETROAMAZONAS EP	280,000	280,000
1	Seguros por transporte	168,000	168,000
-	ALQUILER DE LOCAL		
3	Alquiler de local Referencia: Producción	12500	36120
3	Movilidad para Materiales Referencia: Producción	4500	13500
-	ESTUDIO DE AISLAMIENTO		
1	Estudio de Transitorios y Aislamiento Referencia: Producción	16800	16800

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El diseño de sistemas de distribución primarios con el uso de las últimas tecnologías en celdas encapsuladas en SF₆, es apropiado para sistemas eléctricos críticos en donde la confiabilidad y la disponibilidad del sistema prevalecen ante cualquier fallo que se traduzca en pérdidas de producción muy grandes.
2. La revisión de la normativa actual en el uso de Celdas Primarias (IEC 62271-200) nos lleva a considerar que en la actualidad se debe implementar en las especificaciones técnicas de los proyectos los nuevos criterios de clasificación estipulado en la norma IEC, pues esto nos permitirá diseñar y seleccionar los cuadros de energía más actuales y más adecuados garantizando la mayor confiabilidad de acuerdo a las condiciones de nuestro sistema eléctrico a implementar.
3. En el caso revisado de la Sala Eléctrica con celdas GIS se observa que se mejoró el diseño de la subestación cuando se uniformizó el sistema de celdas. Asimismo se mejoró el sistema de ventilación, el tamaño de la sala, la confiabilidad del sistema, la ingeniería final y se redujo notablemente las tareas de montaje y mantenimiento futuro de dicha subestación.
4. El cliente final aceptó el cambio de la solución inicialmente especificada pues la actualización con nuevas tecnologías presentaba una serie de beneficios a tomar en consideración en este y otros proyectos similares.

RECOMENDACIONES

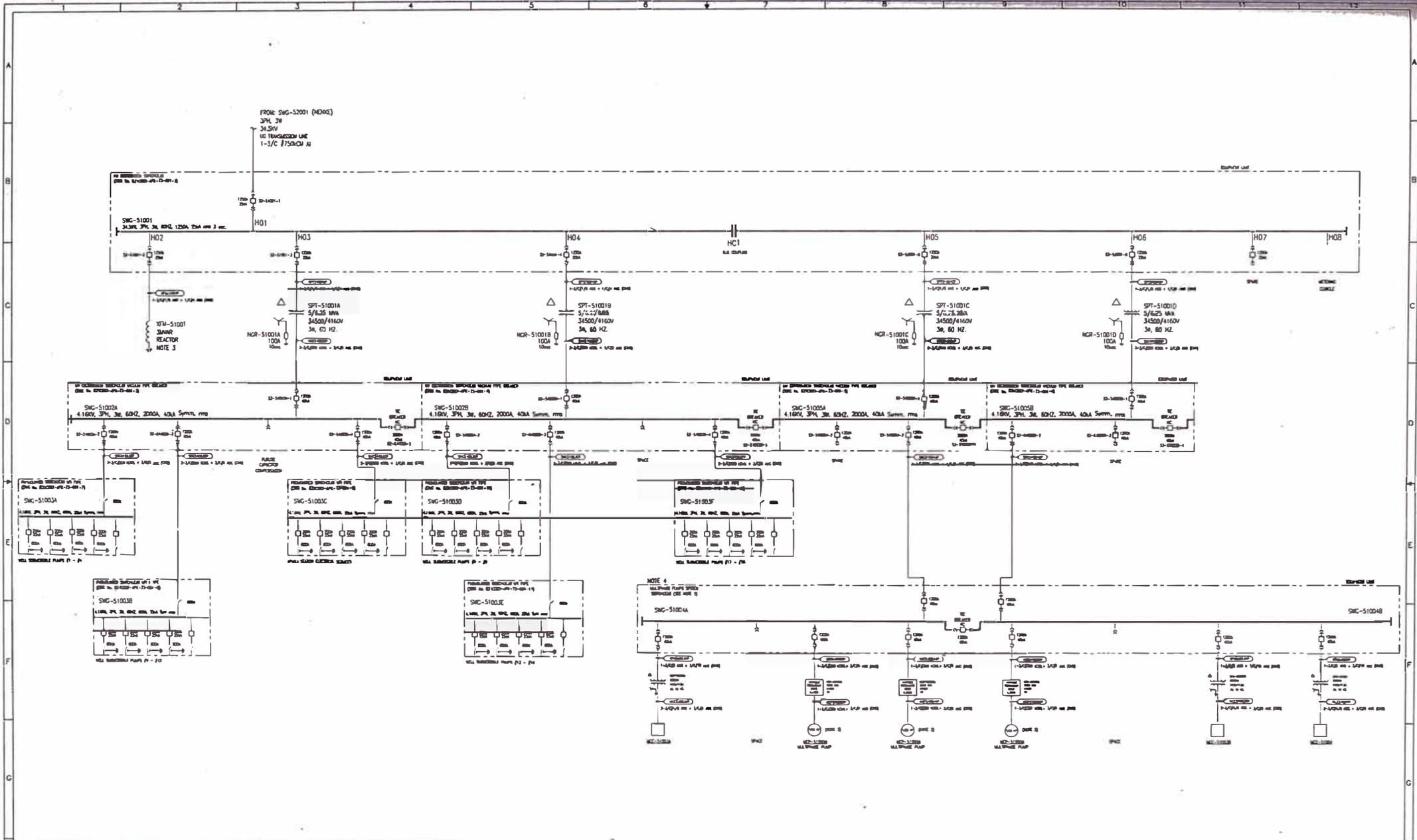
1. La tendencia a lo compacto especialmente en áreas densamente pobladas, debería de hacer que migremos los diseños a soluciones GIS en los que el tamaño menor que se obtiene en las celdas por el uso de menores distancias aisladas en SF₆ nos garantice la factibilidad de los proyectos en los que se requiera incorporar nuevas ampliaciones o bahías.
2. De las tecnologías GIS de varios proveedores, se observa que prevalecen aquellas que permiten la modularidad, la interconexión más rápida por mejoras en los sistemas de barras y conexiones de equipos y sobre todo aquellas en las que el uso del SF₆ se

reduzca en lo posible en el sitio de trabajo. El control del SF₆ de los nuevos compartimientos aislados será determinante en el futuro para implementar los próximos cuadros de media tensión en las nuevas subestaciones.

3. En el caso de Celdas GIS aisladas en SF₆ se observa una mejora tecnológica apropiada para ambientes muy agresivos o donde el cliente necesita aislar los componentes de media tensión de las influencias del medio ambiente. Esta aplicación debería superar a las consideraciones que se tienen sobre las celdas aisladas en aire e implementarse principalmente en clientes mineros, petroleros o en industria pesada.

ANEXOS

ANEXO A: DIAGRAMA UNIFILAR DE LAS CELDAS 34.5kV y 4.16kV



- NOTAS GENERALES**
- 1: SWITCHGEARS SWG-51004A & SWG-51004B WILL BE DESIGNED BY MUA TIPHASE PUMPS SYSTEM PROVIDER.
 - 2: THE MUA TIPHASE PUMPS POWER WILL BE DESIGNED BY PETROAMAZONAS.
 - 3: REACTOR TO BE SIZED AND SPECIFIED IN DETAIL ENGINEERING.
 - 4: SWITCHGEAR AND CONNECTED EQUIPMENT DETAIL, ENGINEERING WILL BE RESPONSABILITY OF MUA TIPHASE PUMPS SYSTEM PROVIDER.

ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE PAZ OLEA EXPANSION. SE PROHIBE SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE PAZ OLEA. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION. ANY DISCLOSURE OR USE OF IT WITHOUT EXPRESSLY PROVIDED WRITTEN PERMISSION OF PAZ OLEA IS STRICTLY PROHIBED.

DISEÑO DE REFERENCIA		REVISIONES			INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FIRMA		FECHA	
NUMERO	DESCRIPCION	REV.	REVISOR	FECHA	DISEÑO	REVISO	APROBO	INGENIERIA	FECHA	
201002-APK-71-001	REVISIONES DE BOMBOS - EXT PLUM	1	BENTON PALL	28/05/11	MDR	PLA	PLA	MDR	18/06/11	
201002-APK-71-002	REVISIONES DE REACTOR PASIVIZACION	1	BENTON PALL	28/05/11	MDR	PLA	PLA	MDR	18/06/11	
		2	BENTON PALL	28/05/11	MDR	PLA	PLA	MDR	18/06/11	
		3	BENTON PALL	28/05/11	MDR	PLA	PLA	MDR	18/06/11	
		4	BENTON PALL	27/04/11	MDR	PLA	PLA	MDR	18/06/11	
		5	BENTON PALL	19/06/11	MDR	PLA	PLA	MDR	18/06/11	

CLIENTE: **PETROAMAZONAS EP**

PROYECTO: **INGENIERIA PLATAFORMAS APAIXA Y NENKE**

DISEÑO: **PLATAFORMA APAIXA**

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

INGENIERIA: **Camino**

APPROBACION ORAL: **MDR**

FECHA: **18/06/11**

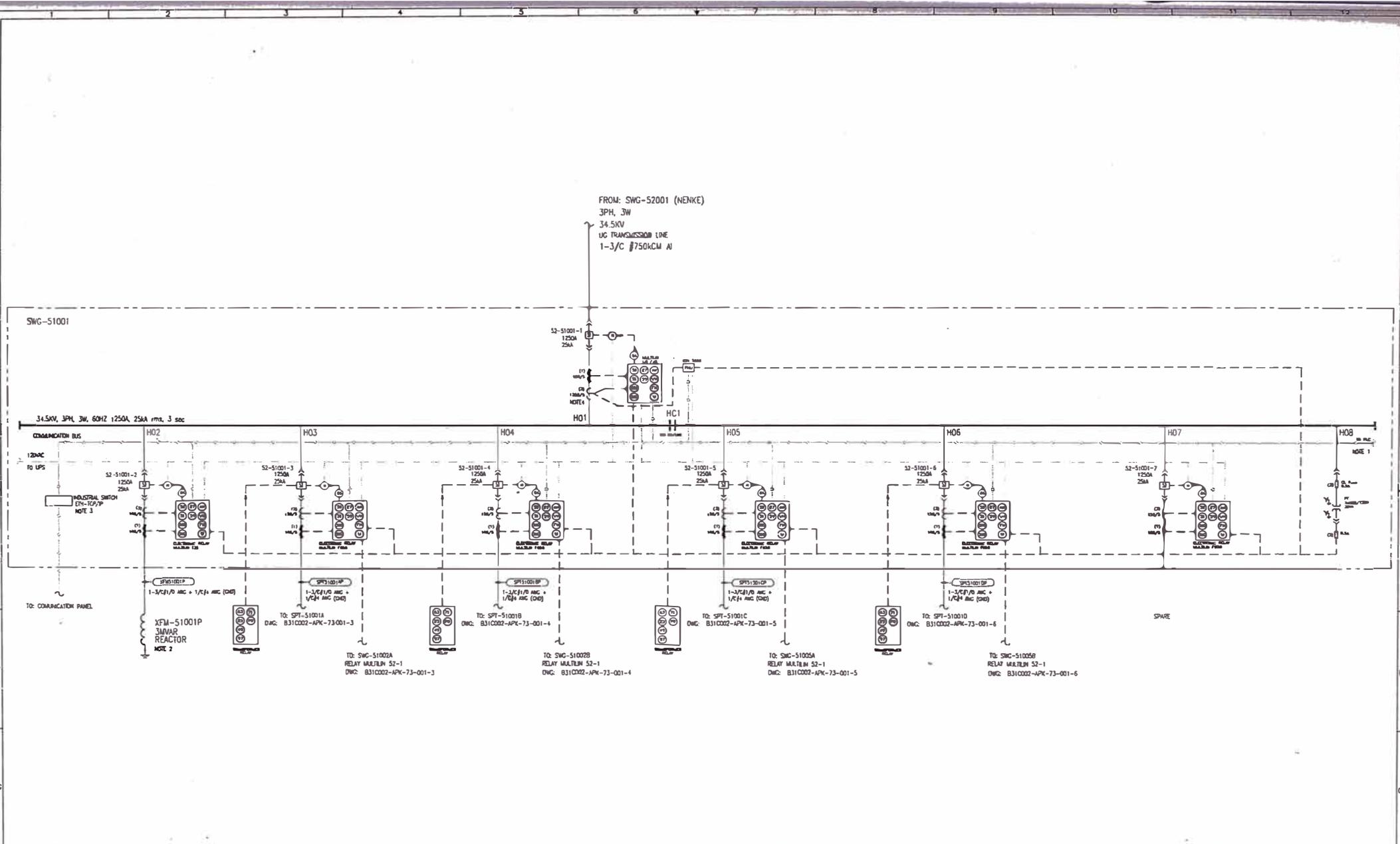
TAMAÑO: **A3**

ESCALA: **NONE**

NO. DE: **B31C002-APK-73-001**

PAGINA: **1 DE 12**

REV: **1**



NOTAS GENERALES

- 1: TERMINATION BLOCS MUST BE INSTALLED IN ORDER TO WIRE TO THE NETWORK FOR TIME STAMP SYNCHRONIZING MODE.
- 2: REACTOR TO BE SIZED AND SPECIFIED IN THE DETAIL ENGINEERING.
- 3: SWITCHGEAR PROVIDER MUST RECOMMEND ADEQUATE LOCATION OF THE DEVICE WITHIN LOW VOLTAGE COMPARTMENT IN METERING OR INCOMING CUBICLE.
- 4: CT IS DOUBLE CORE TYPE, ONE FOR METERING AND ONE FOR RELAYING.

FOR PLANT CONTROL INFORMATION CONSULT PROPIETARIO DE PAU. CUALQUIER MODIFICACION DEBE SER APROBADA POR EL PROPIETARIO DE PAU. EL DISEÑO CONTIENE PROPIEDAD Y CONFIDENCIALIDAD, SU USO O REPRODUCCION SIN EL CONSENTIMIENTO EXPRESO DEL PROPIETARIO DE PAU.

FORMAS DE REFERENCIA		REVISIONES		INGENIERO / REVISOR DISEÑO		FECHA	
NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	ORIGEN	APROBADO	FECHA
B31C002-APK-73-001-1	DEFINICION DE EQUIPOS - EST PLAN	A	ENTRADA PARA SERVIDOR DIFERENCIAL	28/02/11	MDP	PLA	PLA
B31C002-APK-73-001-2	DEFINICION DE EQUIPOS PARTICULARES	B	ENTRADA PARA SERVIDOR ESTEREOCORRELACION	28/02/11	MDP	PLA	PLA
B31C002-APK-73-001-3	34.5KV SYNCHRONOUS THERMAL STABILITY	C	ENTRADA PARA APROBACION DE PAU	04/05/11	MDP	PLA	PLA
		D	ENTRADA PARA APROBACION DE PAU	22/05/11	MDP	PLA	PLA
		E	ENTRADA PARA LICITACION	27/04/11	BCA	PLA	PLA
		F	ENTRADA PARA LICITACION	18/02/11	BCA	MDP	PLA

CLIENTE: **PETROAMAZONAS EP**

PROYECTO: **INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE**

DESCRIPCION: **PLATAFORMA APAIKA
DIAGRAMA UNIFILAR SWG-51001**

INGENIERO: **Camino**

FECHA: 18/04/11

FECHA: 18/04/11

FECHA: 18/04/11

FECHA: 18/04/11

FECHA: 18/04/11

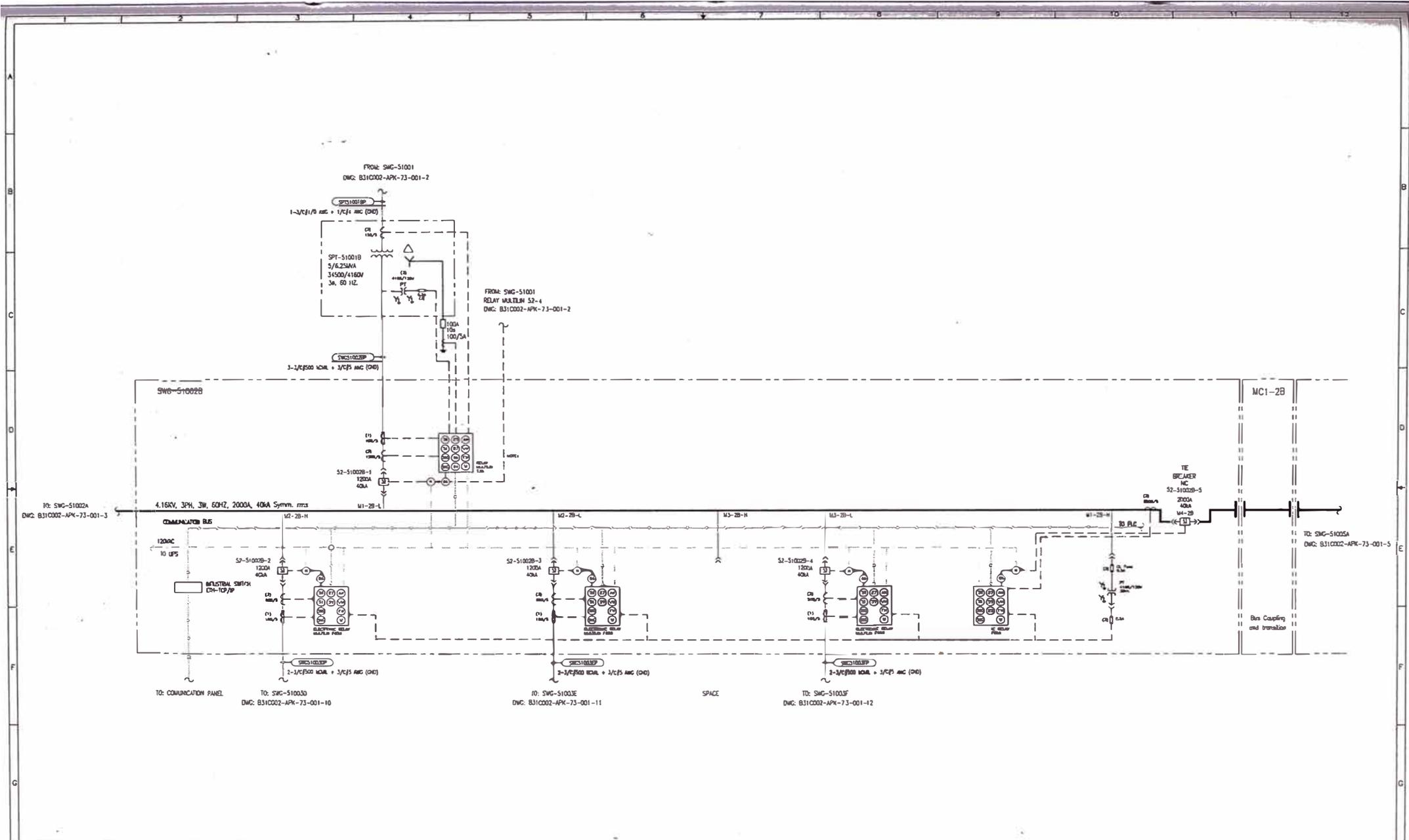
TALLADO: A3

ESCALA: NONE

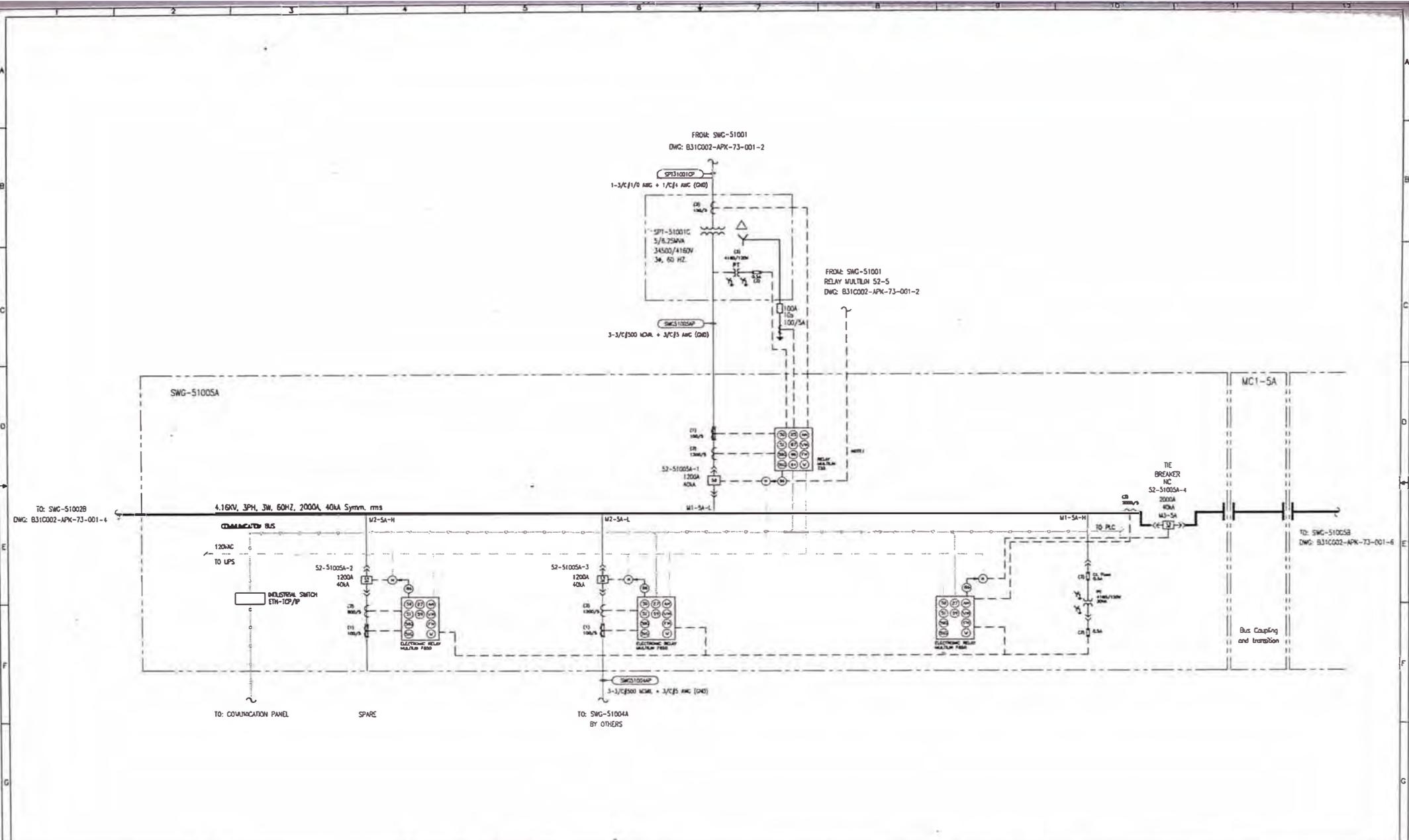
DIAGRAMA N°: **B31C002-APK-73-001**

FECHA: 2 DE 12

REV: 1



NOTAS GENERALES		DETALLE DE REFERENCIA		REVISIONES			INGENIERIA / REGISTRO DESDUE		FECHA		CLIENTE	
1: A SYNC CHECK RELAY (SYNCHRONIZING CHECK) MUST BE ADDED TO RELAY MULTIPLEX. THE RELAY SHOULD BE WIRED TO TAKE SIGNALS FROM BOTH SIDES OF THE SWITCH WHICH IS ASSOCIATED WITH THAT RELAY. ONE SELECTOR MUST BE INSTALLED FOR UNLOCKING THE SYNC CHECK RELAY WHEN IT IS REQUIRED THAT THE SWITCH TO HAVE A "DEAD BUS" STATUS IN THE MAIN BUS BAR.												
NO.	DESCRIPCION	REV.	REVISOR	FECHA	DISEÑO	REVISO	APROBADO	INGENIERIA	REGISTRO DESDUE	FECHA	CLIENTE	
B31C002-APK-73-001-3	INSTRUMENT SW/PH	A	ENTRADA PARA REVISIONS OTROSAS	28/02/11	MDH	PLA	PLA	BCA	BCA	28/02/11	PETROAMAZONAS EP INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE PLATAFORMA APAIKA DIAGRAMA UNIFILAR SWC-51002B	
B31C002-APK-73-001-10	INSTRUMENT SW/PH	B	ENTRADA PARA REVISIONS OTROSAS	28/02/11	MDH	PLA	PLA	BCA	BCA	28/02/11		
B31C002-APK-73-001-11	INSTRUMENT SW/PH	C	ENTRADA PARA REVISIONS OTROSAS	28/02/11	MDH	PLA	PLA	BCA	BCA	28/02/11		
B31C002-APK-73-001-12	INSTRUMENT SW/PH	D	ENTRADA PARA REVISIONS OTROSAS	28/02/11	MDH	PLA	PLA	BCA	BCA	28/02/11		
B31C002-APK-73-001-5	INSTRUMENT SW/PH	E	ENTRADA PARA REVISIONS OTROSAS	28/02/11	MDH	PLA	PLA	BCA	BCA	28/02/11		
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE PAAL QUEA OPERACIONES. PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE PAAL. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION. ANY DISCLOSURE OR USE OF IT IS HEREBY EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF PAAL.												
APROBACION ORAL: B31								TAMAÑO: A3 ESCALA: NONE		HOJA: 4 DE 12 1		



NOTAS GENERALES		DETALLES DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FECHA		CLIENTE	
<p>1: A SYNC CHECK RELAY (SYNCHRONIZING CHECK) MUST BE ADDED TO RELAY MULTIFUN T35. THE RELAY SHOULD BE WIRED TO TAKE SIGNALS FROM BOTH SIDES OF THE SWITCH WHICH IS ASSOCIATED WITH THAT RELAY. ONE SELECTOR MUST BE INSTALLED FOR UNLOCKING THE SYNC CHECK RELAY WHEN IT IS REQUIRED THAT THE SWITCH TO HAVE A "DEAD BUS" STATUS IN THE MAIN BUS BAR.</p>													
NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DETALLE	FECHA	DISEÑO	REVISÓ	APROBÓ	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	FECHA	CLIENTE		
B31C002-APK-73-001-4	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL	A	DISEÑO PARA REVISIÓN OTROVA	08/04/11	MDN	PLA	PMA	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	08/04/11	INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE		
B31C002-APK-73-001-4	DIAGRAMA UNIFILAR SWG-51005B	B	DISEÑO PARA REVISIÓN DIVERGENCIAS	04/04/11	MDN	PLA	PMA	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	05/04/11	INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE		
B31C002-APK-73-001-4	DIAGRAMA UNIFILAR SWG-51005B	C	DISEÑO PARA APLICACION DE PAM	04/04/11	MDN	PLA	PMA	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	05/04/11	INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE		
B31C002-APK-73-001-4	4.16KV SYNCHRONIZING TECHNICAL DRAWING	B	DISEÑO PARA APLICACION DE PAM	07/04/11	MDN	PLA	PMA	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	08/04/11	INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE		
		B	DISEÑO PARA LECTURAS	07/04/11	MDN	PLA	PMA	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	08/04/11	INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE		
		I	DISEÑO PARA LECTURAS	08/04/11	MDN	PLA	PMA	INGENIERIA	REGISTRO DISEÑO	08/04/11	INGENIERIA PLATAFORMAS APAIKA Y NENKE		
<p>ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE PAM O DE SU EMPRESA. ESTÁ PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE PAM. ESTE DISEÑO CONTIENE PROPRIEDAD Y CONFIDENCIALIDAD, INFORMACIÓN, SU DISEÑO O USO DE SU EMPRESA. ESTÁ PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE PAM.</p>										<p>TABLAZO: A3 ESCALA: NGNE</p>		<p>DISEÑO: B31C002-APK-73-001 FECHA: 5 DE 12 1</p>	

**ANEXO B: PLANO DE ARQUITECTURA INICIAL DE LA SALA ELECTRICA CON
CELDAS ASILADAS EN AIRE**

1era. SUBDIVISIÓN

2da. SUBDIVISIÓN

3era. SUBDIVISIÓN

4440 mm

7600 mm

11960 mm

8760 mm

ITEM	LISTA DE ELEMENTOS	TAG	OBS.
10	SWITCHGEAR 34500 V	SWG - 51001	INCLUIDO
11	SWITCHGEAR 4160 V	SWG - 51002A	INCLUIDO
12	SWITCHGEAR 4160 V	SWG - 51002B	INCLUIDO
13	SWITCHGEAR 4160 V	SWG - 51005A	INCLUIDO
14	SWITCHGEAR 4160 V	SWG - 51005B	INCLUIDO
15	SWITCHGEAR 4160 V	SWG - 51003C	NO INCLUIDO
16	DISTRIBUTION PAD MOUNTED TRANSFORMER 250KVA, 4.16/0.48KV	XFM - 51002	INCLUIDO
17	MOTOR CONTROL CENTER 480V	MCC - 51002	INCLUIDO
18	DISTRIBUTION PANEL 40kVA, 480V	DP - 51001	INCLUIDO
19	DISTRIBUTION PANEL 40kVA, 480V	DP - 51002	INCLUIDO
20	DISTRIBUTION PANEL 40kVA, 480V	DP - 51003	INCLUIDO
21	DISTRIBUTION PANEL 18kVA, 208V	DP - UP551001	INCLUIDO
22	UPS 18kVA, 208V	UPS - 51001	INCLUIDO
23	DRY TRANSFORMER 45kVA, 480/208-120V	XFM0P - 51002	INCLUIDO
24	MEASUREMENT CABINET (SOLO ESPACIO PREVISTO)	-----	NO INCLUIDO
25	BREAKER LIFT TRUCK 4.16KV (SOLO ESPACIO PREVISTO)	-----	NO INCLUIDO
26	AIR COOLING SYSTEM 8kVA, 480V	HVAC - 51001	INCLUIDO
27	AIR COOLING SYSTEM 8kVA, 480V	HVAC - 51002	INCLUIDO
28	AIR COOLING SYSTEM 8kVA, 480V	HVAC - 51003	INCLUIDO
29	COMMUNICATION PANEL	COMM - 51001	INCLUIDO
30	ELECTRICAL PLC	PLC - 51002	INCLUIDO

ESQUEMA
REFERENCIAL

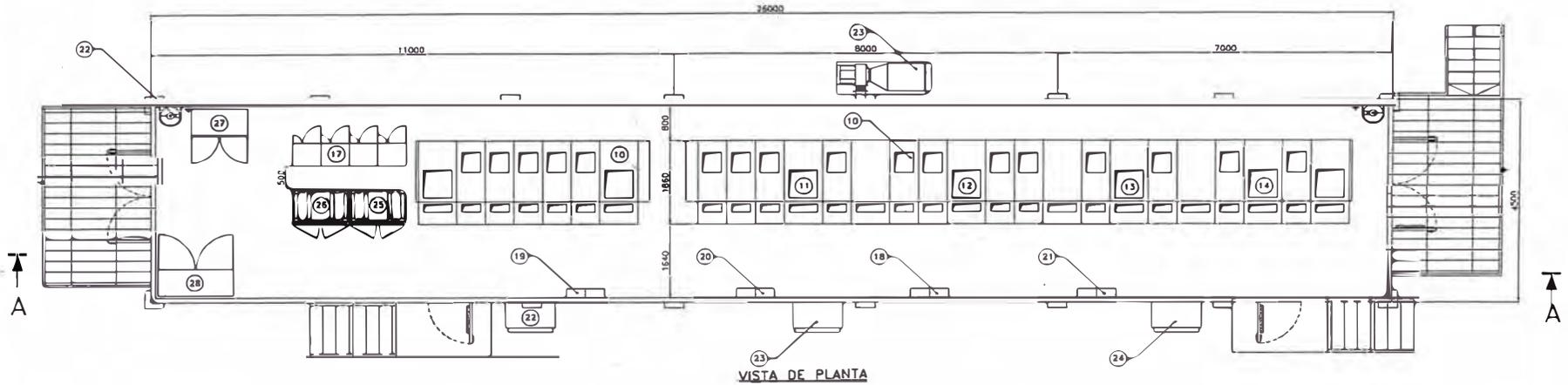
DIMENSIONES EN MILIMETROS.

M O D I F	Diseno	A.T.O. 14/11/11	Proy: MW 111290 OVS
	Reviso		Lista de aparatos: LAS
	Aprob.		Escala: S/E Formato: A3 Leng.
	Doc.	DISPOSICIÓN REFER.	

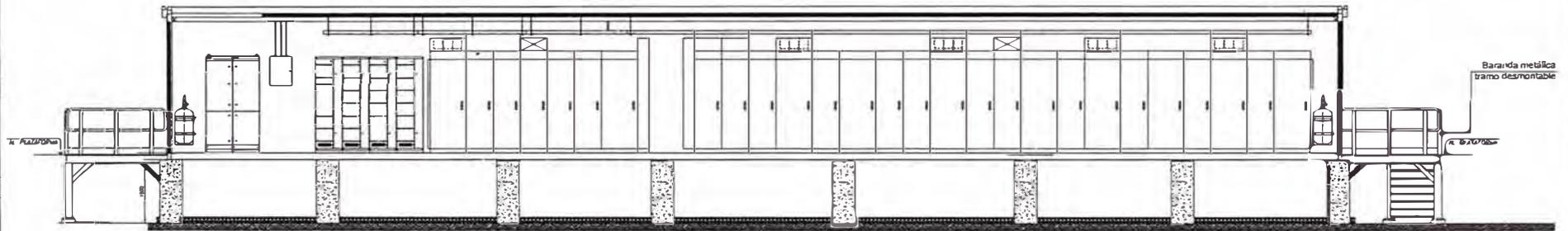


PETROAMAZONAS EP
APAKA POWER CONTROL ROOM

ANEXO C: PLANO DE ARQUITECTURA DE LA SALA ELECTRICA CON CELDAS GIS



VISTA DE PLANTA

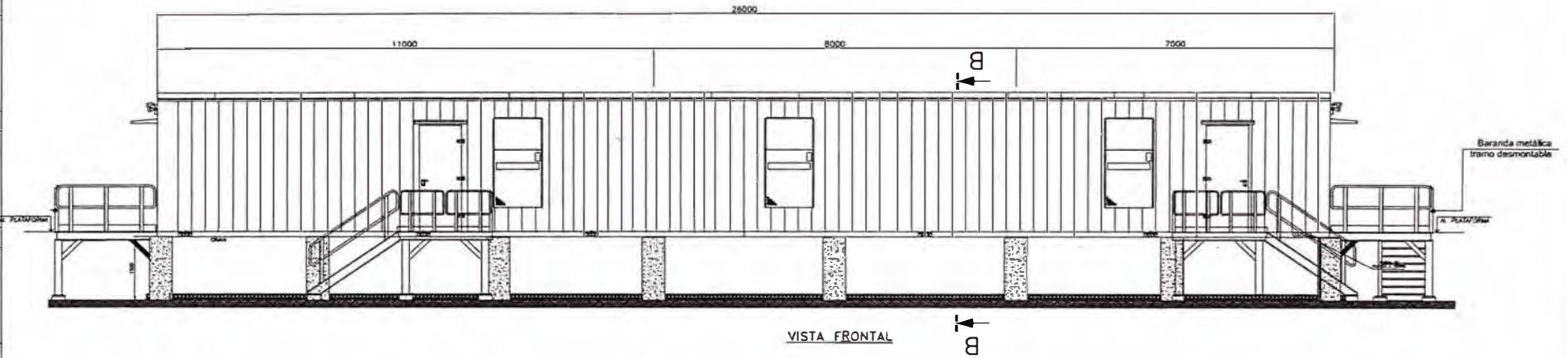


SECCIÓN A-A

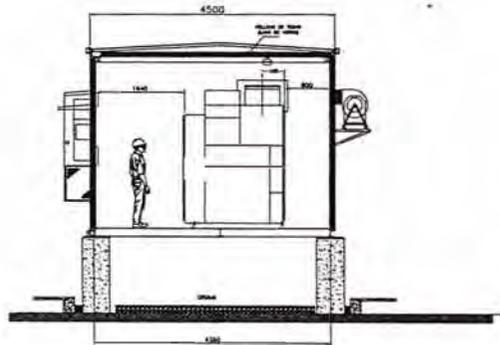
ITEM	LISTA DE ELEMENTOS	TAG	QNTD.
10	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
11	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
12	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
13	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
14	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
15	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
16	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
17	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
18	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
19	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
20	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
21	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
22	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
23	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
24	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
25	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
26	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
27	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO
28	INTERRUPTOR 4000 V	SW - 4000V	INCLUIDO

We reserve all rights in this document and the information contained therein. Reproductions, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden ©ABB.

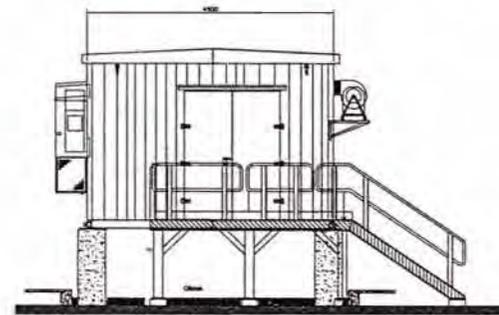
	MATERIAL:	TITLE: PETROAMAZONAS EP		
	STANDARD:	DISPOSICIÓN PRELIMINAR SWITCHGEAR ROOM - PLATAFORMA APAIKA		
DIMENSIONS IN: mm. [INCH.] SCALE: S/E	CUSTOMER: PETROAMAZONAS EP	DATE: 08/03/2012	REF: 1YSG21XXXX	SHEET 2 OF 3
GENERAL TOLERANCES: LINEAR: ±1.0 ANGULAR: ±0.5 BETWEEN HOLE CENTERS: ±0.5	DOWNS & COTE DIMS. & H. VERIFY APPR. & COTE	08/03/2012	PROTOTYPE N°:	REVIEW B



VISTA FRONTAL



SECCION B-B



VISTA LATERAL DERECHA

We reserve all rights in this document and the information contained therein. Reproductions, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden ©ABB.

	MATERIAL:	TITLE: PETROAMAZONAS EP		
	STANDARD:	DISPOSICIÓN PRELIMINAR		
DIMENSIONS IN: mm. [PULG.]	CUSTOMER:	SIWCHGEAR ROOM - PLATAFORMA APAIKA		
SCALE: S/E	PETROAMAZONAS EP	CSNG, R. COIE	08/03/2012	REF:
GENERAL TOLERANCES:		DWC, M. H.	08/03/2012	PROTOTYPE N°:
LINEAR: ±1.0		VERIFY:		N° PLANE:
ANGULAR: ±0.5		APPB B' COIE		1YSG21XXXX
BETWEEN HOLE CENTERS: ±0.5				
				SHEET 3 OF 3
				REVIEW B

ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

SALA ELÉCTRICA ABB

El alcance para este proyecto consiste en el diseño, suministro, fabricación, ensamble, pruebas en taller del cuarto eléctrico prefabricado además del equipamiento interno inherente a la sala (sistemas de aire acondicionado, presurización, detección y extinción de incendio)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DIMENSIONES

Largo:	26,000 mm (*)
Ancho:	4,500 mm
Altura:	4,000 mm

***Se adecua en 3 bloques para el transporte**

FABRICACIÓN DE LA SALA ELÉCTRICA

La base será fabricada de acero estructural con vigas H, ó I requeridas, soldadas y juntas para formar una base sólida y rígida.

El perímetro será reforzado internamente con vigas adecuadas para formar una estructura rígida que sostenga adecuadamente la estructura y los equipos durante la carga, descarga y mientras este en servicio.

El piso será de plancha de acero estructural, se sostendrá adecuadamente sobre

miembros estructurales para minimizar la vibración y será suficientemente plano para proporcionar apoyo fijo para los equipos, así como una superficie lisa para permitir el paso del personal.

La base estructural tendrá dispositivo para poder izar logrando con esto facilitar el manejo e instalación del cuarto eléctrico. El izado normal para el transporte y la instalación será por medio de una grúa con sus eslingas conectadas a las cuatro esquinas del contenedor haciendo un solo punto para izar.

El marco será de acero estructural cuadrado para proporcionar conexiones soldadas con momento resistentes en las bases de las paredes, de las paredes laterales a las paredes terminales y de las paredes al techo.

La apertura para las puertas y ventanas se enmarcara de manera similar al marco del cuarto prefabricado.

PAREDES INTERIORES, EXTERIORES, TECHO Y FALSO CIELO

Las paredes exteriores serán fabricadas con paneles de acero con una capa de aislamiento y consistirán en paredes verticales. Los paneles tendrán rebordes en sus cuatro lados y se soldaran en las esquinas. Todas las costuras se sellaran con un sellador marino.

Los paneles interiores serán de acero LAF de 1.5 mm y consistirán en paneles formados, y diseñados para quedar cómodamente dentro del reborde del panel exterior respectivo y proporcionara un espesor de general de no más de 3 ¼". Los paneles serán empernados.

El techo será fabricado con paneles de acero. Los paneles tendrán rebordes lateralmente hacia arriba. Una protección contra la lluvia contara los rebordes del lado adyacente y se asegurarán con pernos.

El cielo raso consistirá en un panel formado de acero LAF, cada panel tendrá el mismo ancho del panel correspondiente del techo. Se diseñara para agregarle fuerza estructural al panel del techo, retener aislamiento y para proporcionar una superficie lisa de techo, siendo paralelo al techo. El techo tendrá una pendiente de 5% (200mm) para facilitar el drenaje del agua.

EQUIPOS INCLUIDOS

- SISTEMA DE ALARMA CONTRA INCENDIO (DETECCIÓN Y EXTINCIÓN)
- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y TABLERO DE CONTROL DE HVAC (MARCA LIEBERT)
- SWITCHGEAR 34500 V (SWG -51001)
- SWITCHGEAR 4160 V (SWG -51002A/B; SWG -51005A/B)
- MOTOR CONTROL CENTER 480V (MCC – 51002)
- DISTRIBUTION PANEL 40kVA, 480 V (DP-51001/ DP-51002/ DP-51003)
- DISTRIBUTION PANEL 18kVA, 208V (DP-UPS51001)
- UPS 16kVA, 208V (UPS-51001)
- DRY TRANSFORMER 45kVA, 480/208-120V (XFMDP-51002)
- SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL
- DISTRIBUTION PAD MOUNTED TRANSFORMER 250kVA, 4.16/0.48kV

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y TABLERO DE CONTROL DE HVAC (MARCA LIEBERT)

La selección de los equipos de aire acondicionado, se considerarán de acuerdo a las condiciones de temperatura en relación a los equipos a ser instalados dentro de la sala. Temperatura Interior: 15°C a 30°C

La sala eléctrica contará con un sistema de aire acondicionado, tipos: paquete (3 Unidades), teniendo en cuenta el siguiente detalle:

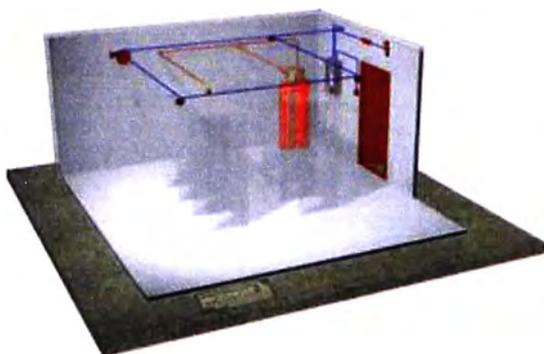
- Tipo Paquete (3 Unidades / 1 por división)
- Voltaje de entrada: 480VAC, 60HZ
- Potencia de 4 TON

Cantidad: 3 Unidades



SISTEMA DE ALARMA CONTRA INCENDIO (DETECCIÓN Y EXTINCIÓN)

La sala eléctrica incluirá el suministro e instalación de un sistema de alarma, detección automática de incendio formado por un panel de alarma contra incendio, detectores de humo tipo ión, estaciones manuales y sirenas con luz estroboscópica, además incluirá extinguidores portátiles todos de acuerdo las características indicadas en las tablas de datos técnicos y según las especificaciones técnicas, así como tanques de ECARO25 para la extinción automática de incendio de tipo FM200.



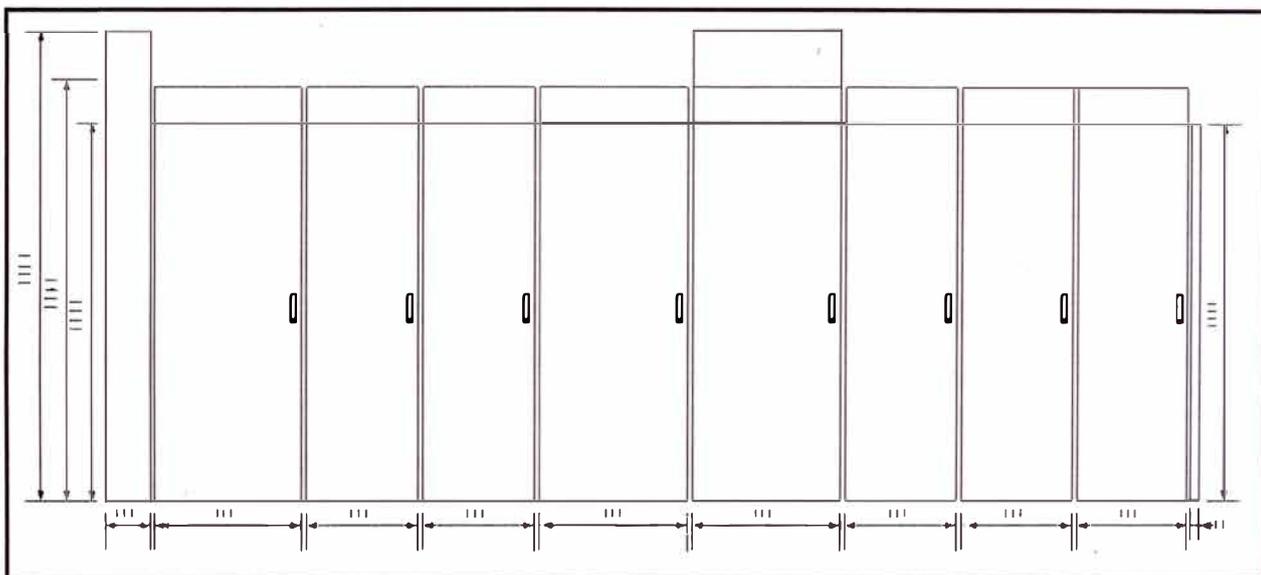
CELDAS DE MEDIA TENSIÓN ENCAPSULADAS EN GAS (SF₆) 34.5 kV (SWG -51001)

Celda aislada en SF ₆ tipo:	ZX1.2
Variante de barras	Barra simple
Tensión nominal:	36 kV
Tensión de servicio:	36 kV
Tensión nominal soportada de impulso:	170 kV
Tensión nominal soportada a frecuencia industrial:	70 kV
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Corriente nominal de corta duración:	25 kA
tiempo:	1 s
Corriente nominal soportada pico:	63 kA
Corriente nominal de barras:	1250 A
Grado de protección de los compartimientos de alta tensión:	IP65
Grado de protección de la bahía de baja tensión:	IP4X
Tensión nominal de alimentación de los circuitos auxiliares :	110 V DC
Tensión nominal de alimentación del motor del interruptor:	110 V DC
Tensión nominal de alimentación del motor del seccionador:	110 V DC
Condiciones del sitio:	interior, limpio y seco
Máximo:	40°C

Máximo 24 horas promedio:	35°C
Mínimo:	-5°C
Máxima altura permitida del sitio:	≤ 1,000 m
Color del tablero (puertas delanteras y cubiertas laterales)	RAL 7035
Normas IEC	60694, 62271-200

Clasificaciones para IEC 62271-200

Clasificación de la segregación	PM (Partition Metallic)
Clasificación de la continuidad de servicio (LSC):	No aplica
Compartimientos de terminales de cable	LSC2B
Clasificación de arco interno (IAC):	AFLR 25 kA, 1 s



Tipo de alimentador		Cant.
Llegada 1;	H01	1
Salida 1;	H02	1
Salida 2;	H03	1
Medición ;	H04	1
Capacitor;	H05	1
Salida 3;	H06	1
Salida 4;	H07	1
Salida 5;	H08	1

CELDAS DE MEDIA TENSIÓN ENCAPSULADAS EN GAS (SF₆) 4160 V (SWG - 51002A/B; SWG -51005A/B)

Información técnica de la celda: SWG -51002A/B; SWG -51005A/B

Celda aislada en SF ₆ tipo:	ZX2
Variante de barras	barra simple
Tensión nominal:	12 kV
Tensión de servicio:	12 kV
Tensión nominal soportada de impulso:	28 kV
Tensión nominal soportada a frecuencia industrial:	75 kV
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Corriente nominal de corta duración:	40 kA
tiempo:	1 s
Corriente nominal soportada pico:	100 kA
Corriente nominal de barras:	1250 A
Grado de protección de los compartimientos de alta tensión:	IP65
Grado de protección de la bahía de baja tensión:	IP4X
Tensión nominal de alimentación de los circuitos auxiliares:	110 V DC
Tensión nominal de alimentación del motor del interruptor:	110 V DC
Tensión nominal de alimentación del motor del seccionador:	110 V DC
Condiciones del sitio: interior, limpio y seco	
Máximo:	40°C
Máximo 24 horas promedio:	35°C
Mínimo:	-5°C
Máxima altura permitida del sitio:	≤ 1,000 m
Color del tablero (puertas delanteras y cubiertas laterales)	RAL 7035
Normas IEC	60694, 62271-200

Clasificaciones para IEC 62271-200

Clasificación de la segregación PM (Partition Metallic)

Clasificación de la continuidad de servicio (LSC):

No aplica debido a que son compartimientos llenos de gas

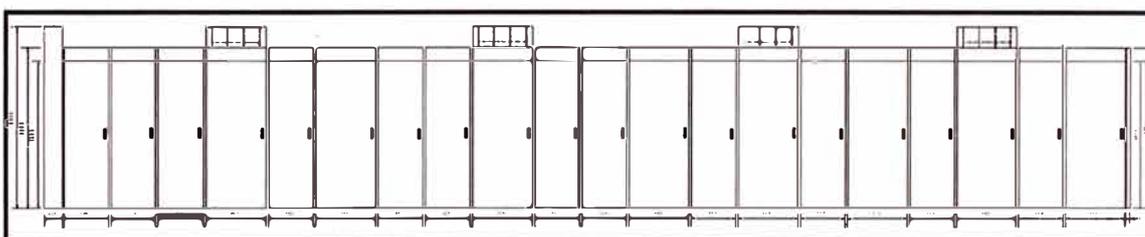
Compartimientos de terminales de cable LSC2B

Clasificación de arco interno (IAC)

AFLR 25 kA, 1 s con conducto de alivio de presión y amortiguador de gases o descarga al aire libre.

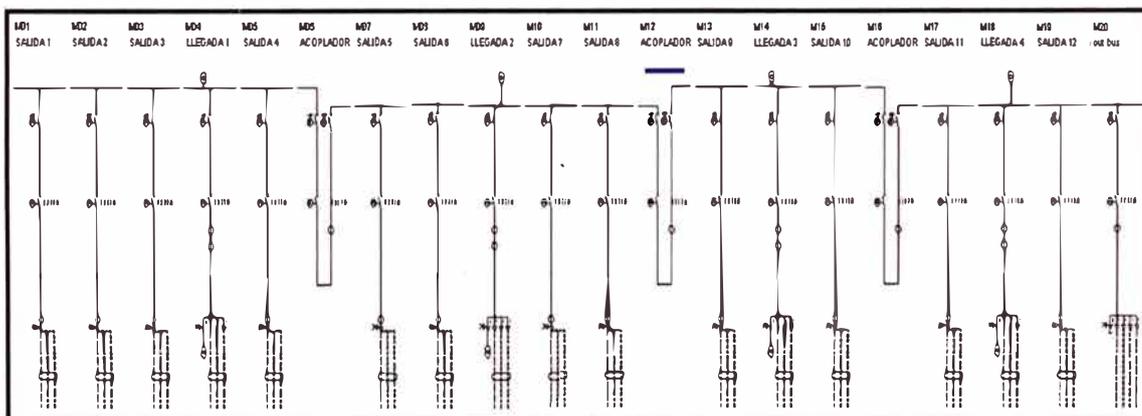
Esquema Mecánico

Las celdas vistas frontalmente representan un frente uniforme con cuatro juegos de transformadores de tensión en la parte superior del compartimiento de barras según se presenta en la figura.



Esquema Unifilar

Las celdas se presentan en un sistema de simple barra con tres interruptores de barra (acopladores), cuatro celdas de llegada, doce celdas de salida y una salida out/bus.



SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

El presente documento tiene como objetivo poner a consideración, la evaluación de PETROAMAZONAS la propuesta técnica –para la implementación de la salas Switchgear 34.5KV – 4.16KV y el sistema de comunicación del panel de control PetroAmazonas.

Alcance

El proyecto comprende el suministro, instalación, transporte, pruebas, puesta en servicio el sistema de comunicación con la integración de los IEDs (Intelligent Electronic Device), permitiendo el monitoreo, control y supervisión de los equipos.

El sistema estará compuesto del siguiente equipamiento:

Con un MicroScada Pro SYS600C ABB: es un servidor de comunicación inteligente escalable desde la comunicación Gateway, Aplicaciones de Monitoreo, supervisión de eventos y Sistema de control integrada al HMI con capacidad de almacenamiento secuencial de Alarmas, eventos, tendencias, adicionalmente dispone de las funcionalidades de PLC para la automatización de Subestaciones.

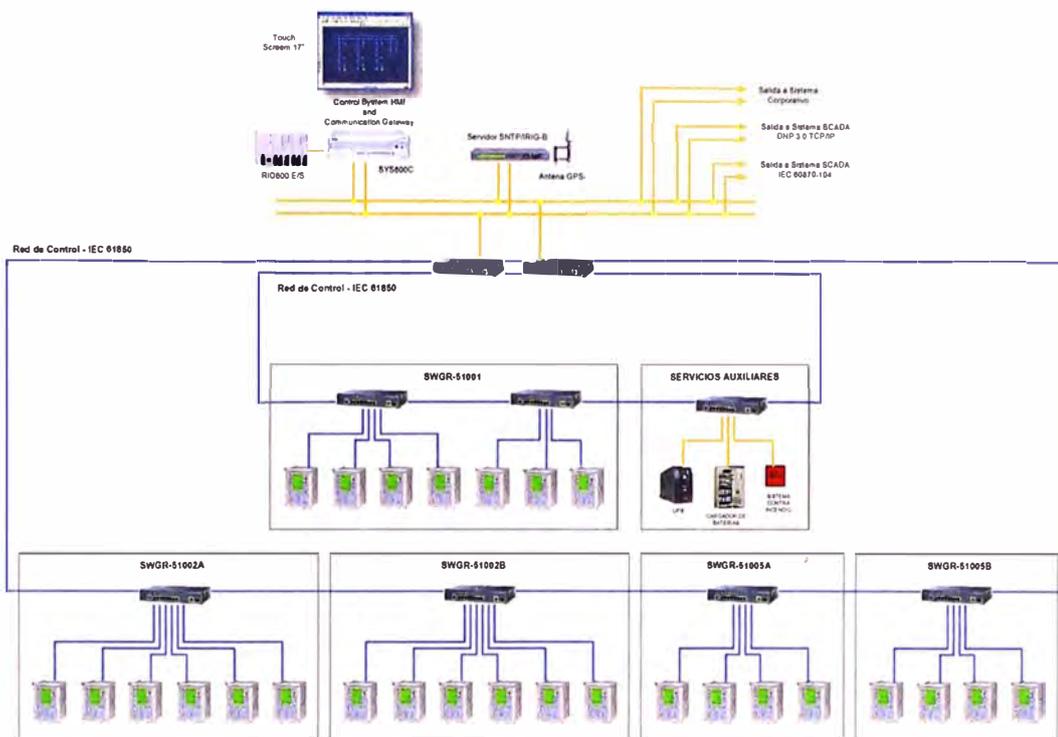
EL SYS600C se implementara en el Switchgear 34.5KV – 4.16KV conectadose a Switchs Cisco IE300 en una red IEC 61850 donde el sistema SYS600C captura las entradas analógicas, entradas digitales de los IEDs permitiendo el sincronización de hora a través de un GPS que será implementado en el panel de control.

Para capturar las entradas y salidas de señales digitales se comunicaran con el RIO600 Relion ABB es un dispositivo para expandir las I/O permitiéndole tener una comunicación IEC 61850 GOOSE horizontal, máxima flexibilidad en la conectividad entre los IEDs (Intelligent Electronic Device) permitiendo 20 entrada por un (1) Power Supply y 40 I/O por dos (2) Power Supply, El RIO600 se adapta al sistema de automatización donde se refleja las señales en la base de dato del MicroSCADA.

Red de Datos de Subestación: IEC 61850

La red de datos del sistema de control Apaika se diseñó una arquitectura de comunicación distribuida y redundante, en topología del tipo ANILLO para ser implementada con enlaces de fibra óptica Multimodo a nivel de switch y de switch a cada IED, garantizando una transmisión de datos en alta velocidad (10/100 Mbps) e inmunidad a las interferencias electromagnéticas presentes en las subestaciones.

Esta configuración tipo anillo proporciona niveles de redundancia superior si alguna de las conexiones del anillo falla el otro enlace de fibra Multimodo no permite perder la trasmisión de la señales.



Sincronización Horaria

La sincronización del tiempo está dada por un sistema de GPS modelo Arbiter Systems, con una precisión de 1 microsegundo, el cual sincroniza todos los equipos del sistema en anillo por el protocolo SNTP, asegurando los estampados de tiempo en la data en los equipos de Protección y Control, quienes transmitirán los eventos y alarmas con estampa de tiempo. Incluye el cable coaxial, la antena GPS y los accesorios de montaje de los mismos.

Descripción Técnica

Un (01) Sistema de Automatización en Comunicación IEC 61850.

- Un (01) Gabinete autoportado Marca ABB Modelo IS2 de 1200*2000*600mm con puerta de cristal de seguridad tipo ESG.
- Un (01) Servidor de Comunicación SYS600C para ser integrado en el Sistema de Control Plataforma Apaika para comunicarse en una red IEC 61850 permitiendo un alto performance de la red.
- Una (1) licencia para funcionalidad de HMI. Esta función permite la configuración de despliegues gráficos de la subestación para la supervisión y control de los equipos de maniobra y la totalidad de señales que integra el SYS600. La licencia soporta Protocolo IEC 61850.
- Un (01) Computador Industrial Touch Screen Advantach
- Nueve (09) Switches Cisco modelos IE3000.

- Un (01) GPS con Servidores de Sincronización SNTP e IRIG-B, Marca Arbiter
- Seis (06) Modulos RIO de 40 Entradas Digitales
- Dos (02) Modulos RIO de 40 Salidas Digitales
- Dos (02) Modulos RIO de 8 Entradas Analógicas
- Patch Cords y Materiales Auxiliares

Un (01) Tablero de Comunicación COM-51001.

- 01 Gabinete autosoportado Marca ABB Modelo IS2 de 1200*2000*600mm con puerta de cristal de seguridad tipo ESG.
- Cuatro (04) Switches Cisco modelos IE3000 para comunicación en los IEDs (Intelligent Electronic Device) con una configuración redundante tipo anillo en fibra óptica Multimodo.
- Dos (02) Switches Ethernet, Cisco IE3000-8TC.
- Un (01) Sistema de Alimentación SOLA:
 - 02 Redundant Power Supply. In 120 Vac, Out 24 Vdc, 10 A, CL1, DIV 2.
 - 01 External Redundancy module for SOLA Power Supply.
 - 02 Surge Suppressor, 120 Vac, single phase (L-N)
 - 02 Patch Panel de RJ-45.
 - 01 Optical Fiber Patch Panel, 48 to fibers.
 - 01 Optical Fiber Patch Panel, 24 to fibers.
- Fibra Óptica y Patch coords de interconexión dentro de la Sala de Control
- Conectores, Accesorios y Materiales menores, de acuerdo a Layout y Especificaciones Técnicas de COM-51001.

SISTEMA DE EQUIPOS MENORES (ILUMINACIÓN Y OTROS TABLEROS)

Luminaria Externa

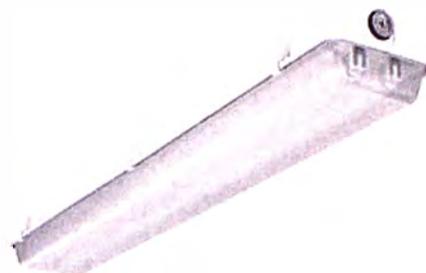
Ítem	Floodlight
Lamp Type	HPS
Fixture Wattage	150
Voltage	220
Socket Type	médium
Light Distribution	Horiz. 5x6
Min. Starting Temp. (F)	-20
Mounting	Steel Yoke
Housing Material	Die Cast Aluminum



Housing Finish	Bronze
Lamp Included	Yes
Control	Photocontrol, Threaded
Standards	UL

Luminaria interna

Ítem	Wet Location Fluorescent
Lamp Type	F32T8
Lamp Watts	32
Fixture Wattage	60
Voltage	220
Lens Type	Impact Resistant Acrylic
Ballast type	T8 Electronic
Ambient Temp. (F)	0 a 104
Standards	UL



Luminaria de emergencia

Ítem	Wet Location Fluorescent
Lamp Type	Halogen
Lamp Watts	9
Number of lamps	2
Fixture Wattage	60
Voltage	220
Battery type	Nickel-Cadmium
Output volts DC	6
Ballast type	T8 Electronic
Standards	UL



SISTEMA DE BANDEJAS Y CONDUITS

La sala eléctrica incluirá un sistema de bandejas porta cables y todos los accesorios para su instalación y sujeción, estas bandejas tendrán un solo nivel y estarán dimensionadas para soportar los esfuerzos mecánicos producidos por su propio peso y los cables que soporten internamente. Las bandejas consideradas tendrán un acabado galvanizado en caliente de 80 micras en promedio y serán fabricadas bajo norma Nema 10C.

Adicionalmente se incluye un sistema de conduits y accesorios (cajas, conectores, etc.), estos conduits serán de diámetro adecuado para permitir el paso de los conductores de alimentación a enchufes, tomacorrientes, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Design Guide for Rural Substations, United States Department of Agriculture, Edition 2001.
- [2]. IEC 62271-200:2003(E). INTERNATIONAL. STANDARD. IEC. 62271-200. First edition. 2003-11.
- [3]. ABB Switchgear Manual 11th Ed. 2006
- [4]. Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas - Gilberto Enriquez Harper, Edición 2011.
- [5]. ZX2 Gas Insulated Medium Voltage Switchgear, ABB, Druckschrift Nr. DEABB/PT-PM 2356 06 E Gedruckt in Deutschland (0.08-000-AMCI)
- [6]. Celdas tipo 8DH10 hasta 24 kV, aisladas en gas, modulares, Siemens, Catálogo HA 41.11· 2009.
- [7]. GMA - GIS 24kV-1250A-25kA, by Schneider Electric, Edición 2012.
- [8]. Guía de Producto - Protección de Alimentador REF 615 ANSI - 1VAD386601-AG Rev. A Marzo 2008.
- [9]. Proyecto Apaika Power Control Room, Petroamazonas, Año 2011.