



Ingeniería, compra y construcción para la actualización del PMS (Power Management System) de la refinería de Cartagena.

Anyi Natalia Ochoa Blanco

Informe de práctica presentado para optar a título de Ingeniera Electricista

Asesor

Jaime Alejandro Valencia Velásquez, Doctor (PhD) en Ingeniería Eléctrica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Eléctrica
Medellín, Antioquia, Colombia
2024



Cita	Ochoa Blanco [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] N. Ochoa Blanco, “Ingeniería, compra y construcción para la actualización del PMS (Power Management System) de la refinería de Cartagena.”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2024.



Agradezco profundamente a la Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, departamento de Ingeniería Eléctrica por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y por el apoyo constante durante mi proceso educativo. La calidad de la enseñanza y el compromiso de sus profesores han sido fundamentales en mi desarrollo profesional.

A la empresa ACEMA Ingeniería, por ofrecerme un valioso espacio para realizar mis prácticas profesionales. Gracias por la confianza depositada en mí y por permitirme aplicar y expandir mis conocimientos en un entorno real. Agradezco a todo el equipo de ACEMA Ingeniería por su apoyo, orientación y colaboración durante mi periodo de prácticas.

Este trabajo de grado es el resultado de la combinación de conocimientos teóricos adquiridos en la Universidad de Antioquia y la experiencia práctica obtenida en ACEMA Ingeniería. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.



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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio César Saldarriaga

Jefe departamento: Noé Mesa Quintero

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

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional y su apoyo constante. Gracias a doña Belcy por nunca desconfiar de mis capacidades, siempre estar al pie del cañón y ayudarme a estudiar álgebra en el primer semestre y a Don Herson por enseñarme a insistir, persistir y nunca desistir, además de no permitir que me retirara de la carrera a mediados del primer semestre.

A Lisa y Emely porque día a día me motivan a ser mi mejor versión, para que en mí puedan ver un ejemplo.

A Sebastián, por su paciencia y comprensión, y por ser mi apoyo y motivación durante este proceso.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta meta.

A mis padres, mis profesores, mis amigos y compañeros de estudio gracias a todos por su contribución y apoyo en esta etapa tan importante de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. OBJETIVOS	13
A. Objetivo general	13
B. Objetivos específicos	13
III. MARCO TEÓRICO	14
IV. METODOLOGÍA	17
V. RESULTADOS	18
VI. ANÁLISIS	32
VII. CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS	34

LISTA DE TABLAS

TABLA I ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MERGING UNIT 6MU85	18
--	----

LISTA DE FIGURAS

<i>Ilustración 1. Diagrama unifilar unidades de generación.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 2. Diagrama de conexión módulo PS201.</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 3. Diagrama de conexión módulo PS204.</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 4. Diagrama de conexión módulo IO202.</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 5. Trifilar unidad 5 señales de tensión.</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 6. Trifilar unidad 5 señales de corriente.</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 7. Diagrama de conexonado Merging Unit 4 de generación SS01.</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 8. Diagrama de conexonado Merging Unit 6 de generación SS01.</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 9. Toma señales de medida unida 4 de generación SS01.</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 10. Toma de señales de medida unidad 6 de generación SS01.</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 11. Disposición física unidad 5 de generación SS01.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 12. Disposición física unidad 5 de generación SS01.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 13. Gabinete Deslastre Esclavo SS01.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 14. Vistas laterales Gabinete Deslastre Esclavo SS01.</i>	<i>30</i>

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

PMS	Power Management System
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
PDF	Portable Document Format
DWG	Formato de archivo informático de dibujo computarizado
CPU	Central Processing Unit
CT's	Transformadores de corriente
PT's	Transformadores de potencia
CA	Corriente alterna
GEI	Gases Efecto Invernadero
PLC	Power Line Communications
MU	Merging unit

RESUMEN

La Refinería de Cartagena se especializa en la refinación de petróleo, produciendo combustibles, gases y productos industriales para consumo nacional e internacional, exportando aproximadamente el 30% de su producción. Es una refinería de conversión profunda con capacidad para procesar crudos pesados y producir una variedad de productos como gasolina, diésel, y polipropileno.

El sistema de gestión de energía (*PMS*) es crucial para controlar, supervisar y gestionar la energía eléctrica en plantas industriales. Este sistema incluye funciones *SCADA*, control de generadores y transformadores, supervisión de eventos y sincronización temporal, entre otras.

Actualmente, en Colombia, las plantas de generación y subestaciones carecen de sistemas integrales de control y supervisión, lo que afecta la gestión óptima de la carga. Los sistemas de deslastre de carga existentes no son efectivos, utilizando relés convencionales y esquemas anticuados.

El proyecto propone actualizar el *PMS* de la refinería de Cartagena para mejorar el control y la confiabilidad del sistema eléctrico, permitiendo una adquisición de datos óptima y una gestión eficiente de la generación de energía. Esto busca optimizar costos, reducir emisiones de GEI y minimizar la probabilidad de apagones que afecten la operación continua de la refinería. La integración del *PMS* se realizará mediante una interfaz segura y autorizada que permita realizar funciones de ingeniería sin interrupciones.

***Palabras clave* — Sistema *PMS*, deslastre de carga, confiabilidad, optimización de costos, supervisión y adquisición de datos.**

ABSTRACT

The Cartagena Refinery specializes in oil refining, producing fuels, gases, and industrial products for both national and international consumption, exporting approximately 30% of its production. It is a deep conversion refinery with the capacity to process heavy crude and produce a variety of products such as gasoline, diesel, and polypropylene.

The Power Management System (*PMS*) is crucial for controlling, supervising, and managing electrical power in industrial plants. This system includes *SCADA* functions, generator and transformer control, event supervision, and time synchronization, among others.

Currently, in Colombia, generation plants and substations lack integrated control and supervision systems, affecting optimal load management. Existing load shedding systems are ineffective, using conventional relays and outdated schemes.

The project proposes updating the *PMS* of the Cartagena refinery to improve electrical system control and reliability, allowing optimal data acquisition and efficient energy generation management. This aims to optimize costs, reduce greenhouse gas emissions, and minimize the probability of blackouts affecting the continuous operation of the refinery. *PMS* integration will be done through a secure and authorized interface, allowing engineering functions to be performed without interruptions.

***Keywords* — *PMS* System, Load Shedding, Reliability, Cost Optimization, Supervision and Data Acquisition.**

I. INTRODUCCIÓN

La Refinería de Cartagena se dedica a la refinación del petróleo para obtener combustibles, gases y productos industriales para consumo tanto nacional como internacional. En la actualidad Cartagena exporta aproximadamente el 30% de su producción al mercado petrolero internacional; tiene una configuración tipo craqueo, es una refinería de conversión profunda por su capacidad de procesar crudos pesados y su alto índice de conversión, actualmente procesa petróleo crudo para generar gasolina, nafta virgen, queroseno, diésel, Jet gasóleo atmosférico, polipropileno, etileno, coque GLP y, azufre y arotar. Los productos son consumidos localmente y exportados [1].

El sistema *PMS* proporciona un conjunto integrado de funciones de control, supervisión y gestión para la generación, distribución y suministro de energía eléctrica en plantas industriales. Esta funcionalidad tan amplia se representa parcialmente mediante módulos comúnmente utilizados en la industria bajo diferentes nombres. Además de las funciones tradicionales de supervisión y adquisición de datos (*SCADA*), el sistema ofrece: Funciones eléctricas *SCADA*: Control de generadores, que incluye la integración con el regulador y el controlador de excitación, control de interruptores automáticos, que incluye la integración con relés de protección, supervisión de sucesos y sincronización de tiempos con 1 ms de resolución, control de transformadores y reguladores, la función de control cambia el modo con que se controlan el regulador y el controlador del generador y los sistemas de excitación, de acuerdo con el estado de la red eléctrica, control de motores, que incluye la integración con centros de control de motores, sincronización temporal, re arranque automático secuencial y supervisión de su reaceleración después de restringir la carga o en estado de subtensión [2].

Las subestaciones y las plantas de generación actuales en Colombia carecen de sistema integral de control, operación, supervisión, predicción, simulación y monitorización. Los sistemas de deslastre de carga, que gestionan el balance entre generación y carga, no actúan de manera óptima ocasionando la reducción excesiva o insuficiente de la carga. Los sistemas actuales de deslastre de carga utilizan relés convencionales de baja-frecuencia (81) y/o soluciones que usan

los Interlocks de Breakers con *PLC's*, intentando renovar un anticuado esquema de preservación de la carga [3].

El control de máquinas eléctricas es la tecnología esencial en el campo del control de movimiento. Las máquinas eléctricas están agregando el módulo de comunicación de red en su unidad de control tradicional, el control de movimiento en red basado en Web es realmente una forma de desarrollar el control de movimiento remoto en un área abierta; Brinda más posibilidades de operar y actualizar los equipos de control de movimiento lejos del lugar donde se encuentran ubicados [5].

El proyecto involucra la actualización del *PMS* (Power Management System) o Sistema de Control Integral de Generación Eléctrica de la refinería de Cartagena, que permita el control secundario y terciario de generación de energía eléctrica de la Refinería, mejorando la confiabilidad del sistema eléctrico y la escalabilidad necesaria para adaptarse a las necesidades futuras.

La finalidad del proyecto consta de la realización del despacho de potencia según el modo operativo que aplique de forma automática y con respuestas óptimas ante contingencias que salvaguarden la integridad del sistema eléctrico, permitir una óptima y completa adquisición de datos, además de tener la capacidad de generar los comandos y consignas sobre las diferentes fuentes de generación para poder realizar el despacho eléctrico optimizando costos y emisiones de GEI y disminuir la probabilidad de ocurrencia de posibles black out parciales o totales que deriven en afectación de la continuidad operativa de la Refinería.

La integración del *PMS* con el control de generación se dimensiona mediante una interfaz desde los controladores ubicados en la sala de comunicaciones y servidores del centro de operaciones remoto a través de accesos autorizados, ejecutar funciones de ingeniería como reconfiguración en línea, puesta en servicio, mantenimiento, ajustes y diagnóstico del sistema de control, sin ocasionar perturbaciones o interrupciones.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Actualización del sistema de control de nivel 3 de la refinería de Cartagena (REFICAR), aplicado para el control de generación y mejora la confiabilidad del sistema eléctrico con miras al crecimiento de la refinería a futuro.

B. Objetivos específicos

Definir y evaluar los equipos necesarios para la adquisición de datos al interior del sistema eléctrico (Mergings units).

Diseñar en autocad los planos de conexionado que integran la mergings units que aplican en las diferentes subestaciones de la refinería.

Diseñar en autocad los planos de disposiciones físicas donde serán ubicadas las mergings units (Gabinetes nuevos y existentes)

III. MARCO TEÓRICO

La situación en cualquier apagón es casi siempre la misma: se produce el fallo de una parte del sistema y los equipos cercanos se ven forzados a absorber su carga. Esto provoca la sobrecarga y el fallo posterior de esos equipos. Estos múltiples fallos encadenados se acumulan hasta que un área importante acaba quedándose en la oscuridad, con consecuencias muy negativas: pérdida de producción, daños en los equipos e incluso pérdida de vidas humanas. Es imprescindible evitar las perturbaciones e interrupciones del proceso industrial, porque producirían efectos negativos sobre los resultados financieros, medioambientales y sociales de una compañía. La fiabilidad del suministro de energía y la calidad de la misma afectan al rendimiento y a la seguridad; así pues, evitar los apagones y las perturbaciones eléctricas son cuestiones de gran importancia para cualquier planta de proceso industrial. La industria necesita imperiosamente soluciones que le ayuden a reducir sus costes de explotación y su impacto medioambiental. El sistema *PMS* (Power Management System), es una solución que ayuda a lograr estabilidad de funcionamiento, de modo que la instalación eléctrica en conjunto puede resistir mayores perturbaciones originadas dentro o fuera de la planta. Este paquete de aplicación no sólo contiene la tradicional funcionalidad *SCADA*, sino también una serie completa de soluciones eléctricas, entre las cuales están el control de potencia y la restricción de cargas [3].

Los objetivos para que su implementación sea perfectamente aprovechada son los siguientes:

- ◇ Funcionalidad completa de manejo y visualización en sistema operativo Windows sobre cualquier PC estándar.
- ◇ Arquitectura abierta que permita combinaciones con aplicaciones estándar y de usuario, que permitan a los integradores crear soluciones de mando y supervisión optimizadas.
- ◇ Interfaces amigables con el usuario.
- ◇ Permitir la integración con las herramientas ofimáticas y de producción.
- ◇ Fácilmente configurable y escalable, debe ser capaz de crecer o adaptarse.
- ◇ Funciones de mando y supervisión integradas.
- ◇ Comunicaciones flexibles para poder comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión) [4].

En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

Los protocolos de comunicación aplicados en la industria se pueden clasificar en:

- Señales de instrumentos (Nivel de Instrumentación y Control):
 - o Tradicionales: 4-20mA, Pulsos, mV y Resistencia.
 - o Última tecnología Hart, Profibus, Fieldbus e Inalámbricos
- Protocolos de equipos (Nivel Control y SCADA):
 - o Modbus, tcp/ip, opc [4].

Las ventajas ofrecidas por el sistema PMS son claramente visibles en varios momentos:

- ◇ Fase de definición de la planta: la mayor estabilidad del sistema permite un dimensionado más ajustado, por tanto, con menores costos.
- ◇ Puesta en marcha de la planta: el sistema *PMS* garantiza que no se sobrepasará en ningún momento la capacidad del sistema eléctrico, retrasando órdenes de arranque de cargas hasta que el sistema pueda proporcionar la potencia requerida para arrancar una carga particular. Esto ayuda a conseguir que la planta entre en servicio con gran seguridad y rapidez.
- ◇ Todas las fases de operación de la planta: el sistema *PMS* controlará los generadores y los reguladores de los transformadores para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema eléctrico, así como para supervisar y controlar el intercambio de energía activa y reactiva con la red pública. La carga de trabajo general y el número de intervenciones de los operadores se reducen.
- ◇ Planificación del mantenimiento: El sistema registra y reúne gran número de datos sobre el estado de los equipos eléctricos [3].

Particularmente lo que se busca en la refinería es poder tener un mayor control en el deslastre de carga y en el control de la operación diaria, dado a que se debe trabajar sobre algo que ya existente se debe hacer un estudio cuidadoso de los equipos, funcionamiento y estado de las celdas a intervenir.

Actualmente el tren de generación de la refinería cuenta con una subestación de doble barra generando así un respaldo apropiado para cualquier caso de contingencia, pero siendo esto un poco más difícil al momento de controlar dado que se tienen dos fuentes de alimentación, a continuación, se muestra el diagrama unifilar de las unidades 4, 5, 6 las cuales permiten realizar este proceso de respaldo.

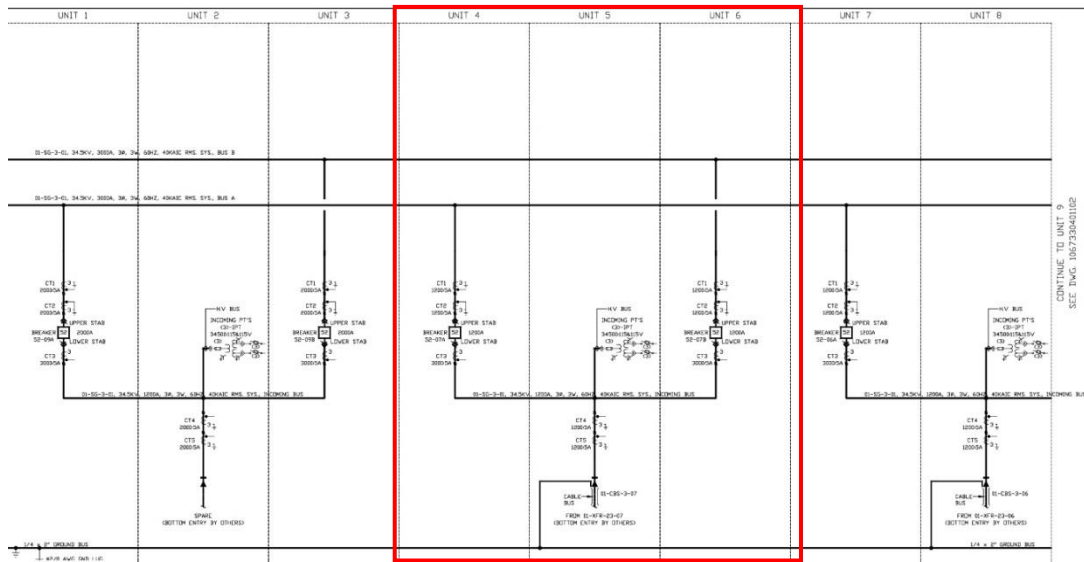


Ilustración 1. Diagrama unifilar unidades de generación.

Como anteriormente se indicó, el sistema *PMS* nos garantiza un óptimo control del sistema no obstante para realizar este tipo de control el *PMS* necesita obtener señales de ingreso las cuales le dan al sistema una vista más exacta de todo lo que pasa a nivel eléctrico por lo que los equipos mostrados en la imagen anterior como Interruptores, CT'S PT'S son de vital importancia para el desarrollo del mismo ya que de estos se obtiene toda la información necesaria para el control como lo son señales de posición, tensión, corriente.

IV. METODOLOGÍA

Las actividades por realizar para poder cumplir con los objetivos planteados en este documento son las siguientes:

- ✓ Estudiar y definir las características técnicas para la implementación de las merging unit según la necesidad del proyecto, luego de tener la referencia y marca del equipo obtener datos como la energía consume, número de entradas análogas y digitales que permite y así saber cómo integrar dicho equipo al sistema de control existente.
- ✓ Realizar un análisis detallado del estado de cada una de las celdas a intervenir donde se incluyan los puntos de conexión necesarios para obtener las señales de ingreso a la *MU* como posiciones de interruptores, señales de corriente y tensión y adicional a esto el espacio necesario para la instalación del equipo.
- ✓ Realizar los planos de conexiónado de las merging unit que apliquen según el alcance que sea entregado y realizar la integración a las subestaciones existentes de la refinería de Cartagena.
- ✓ Realizar los planos de disposición física donde se evidencie la posición e integración de las mergings units en los gabinetes nuevos y existentes al interior de la refinería.
- ✓ Revisión de la totalidad de los entregables teniendo en cuenta los comentarios por el cliente.

V. RESULTADOS

El trabajo se materializa con entregables, los cuales son documentos que se clasifican en dos tipos *pdf* y *dwg*, en estos se hace la representación gráfica de planos y disposiciones físicas donde se pueden evidenciar la integración de la Merging Unit que permiten realizar el deslastre de carga de manera segura y confiable cuando sea necesario. A continuación, se presentan las sesiones que sintetizan de manera general la información relevante para cumplir con el objetivo de este proyecto.

V.I. Descripción de la Merging Unit

Los equipos cumplen con la adquisición de datos que serán instalados para el tren de generación y el tren de distribución para la integración del sistema PMS de la refinería de Cartagena, los cuales se utilizan como transductores de respuesta rápida para consolidar y procesar múltiples flujos de datos de tal manera que se pueda analizar, monitorear y controlar equipos eléctricos en tiempo real y así tener un sistema eficiente de energía. La marca a utilizar que se tiene en cuenta para este proyecto es SIEMENS SIPROTEC 5 de referencia 6MU85.

Las unidades de protección SIPROTEC han sido diseñadas universalmente sobre la base del sistema flexible SIPROTEC 5 para transformadores de instrumentos convencionales y no convencionales (LPIT) y permite que todos los datos primarios se digitalicen cerca del proceso.

Las soluciones de bus de proceso SIPROTEC 5 permiten una amplia gama de opciones de implementación y conceptos de migración para sistemas nuevos y existentes. En la TABLA I se observan las características fundamentales de la Merging Unit utilizadas en la refinería de Cartagena.

TABLA I
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MERGING UNIT 6MU85

Referencia	6MU85
Firmware	Versión actual
Entradas binarias	19
Salidas binarias	15 relés (3 estándar, 18 rápidos, 0 de alta velocidad, 0 de potencia)
Transformadores de corriente	8 para protección
Transformadores de tensión	8 entradas de transductor de medida estándar
Ancho de carcasa	2/3 x 19"
Tipo de vivienda	Superficie montañosa
Módulos en 19" fila 1	IO202, PS201, IO202, PS204
LED/pulsadores	16 LED

Panel de operaciones	Integrado
Tipo de visualización	Pequeña pantalla
Diseño frontal	Estándar
Fuente de alimentación	DC 60V-250V, AC 100V-230 V
Fuente de alimentación redundante	Integrado
Cifrado de comunicaciones	Normal
Puerto Ethernet integrado J	Para DIGSI 5
Módulo enchufable posición E	<p>ETH-BD-2FO: 2x Ethernet óptico 100 Mbit/s, 1300 nm, conector LC dúplex 2 km sobre fibra óptica multimodo de 50/125 um o 62,5/125 um.</p> <p>Protocolos de comunicación: aplicable para DIGSI 5, IEC61850-9-2 Processbus Unidad de cliente y fusión, IEC 61850-8-1 MMS y GOOSE, IEEE1588v2/PTP (precisión 1us), Protocolo 7SS85CU, DNP3 IP, IEC 60870-5-104, Modbus TCP, Profinet IO, IEEE C37.118 PMU, DHCP, interfaz de protección avanzada, SNTP, SNMP.</p> <p>Protocolos de redundancia: Modo Línea, PRP, HSR, RSTP.</p>
Módulo enchufable posición F	<p>ETH-BD-2FO: 2x Ethernet óptico 100 Mbit/s, 1300 nm, conector LC dúplex, 2 km sobre fibra óptica multimodo de 50/125 um o 62,5/125 um.</p> <p>Protocolos de comunicación: aplicable para DIGSI 5, IEC61850-9-2 Processbus Cliente y unidad de fusión, IEC 61850-8-1 MMS y GOOSE,</p>

	IEEE1588v2/PTP (precisión 1us), Protocolo 7SS85CU, DNP3 IP, IEC 60870-5-104, Modbus TCP, Profinet IO, IEEE C37.118 PMU, DHCP, interfaz de protección avanzada, SNTP, SNMP. Protocolos de redundancia: modo de línea, PRP, HSR, RSTP.
Garantía del equipo	5 años

V.II. Módulos Merging Unit

Adicional a las especificaciones anteriores, se revisan los manuales correspondientes a la referencia SIPROTEC 5, con el fin de mostrar cada uno de los módulos que componen las Merging Unit.

Módulo PS201:

PS201 es el módulo de alimentación y siempre está instalado de forma permanente en el módulo base.

Su función principal central es suministrar energía a todos los módulos, se puede ver su diagrama de conexión en la *Ilustración 2*.

En el módulo PS201 se puede encontrar lo siguiente:

- 2 posiciones para módulos enchufables (módulos de comunicación, módulos de transductores de medición).
- Terminales para la sincronización horaria, el panel de control in situ, una interfaz Ethernet integrada y una interfaz de enlace COM.
- Un terminal de tensión de 14 polos (3 entradas binarias y 3 salidas binarias).
- Batería para la CPU.

La alimentación de los demás módulos se establece automáticamente a través de la conexión del bus enchufable cuando se montan. Las siguientes 2 variantes están disponibles para el rango de tensión nominal:

- CC de 24 V a 48 V
- CC de 60 V a CC 250 V y CA de 100 V a CA de 230 V (50 Hz y 60 Hz)

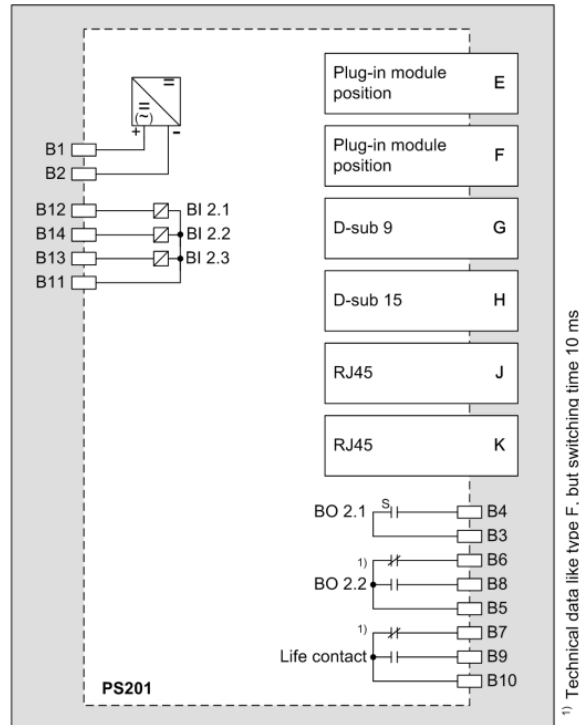


Ilustración 2. Diagrama de conexión módulo PS201.

Módulo PS204:

Es un módulo de alimentación redundante. El módulo de alimentación PS204 no tiene ninguna funcionalidad adicional, funciona exclusivamente como una fuente de alimentación redundante en el dispositivo y solo está activo si falla la fuente de alimentación principal o su fuente de alimentación auxiliar. La variante de tensión nominal del módulo de alimentación PS204 debe coincidir siempre con el módulo de alimentación PS201 del módulo base, a continuación, su diagrama de conexión en la Ilustración 3.

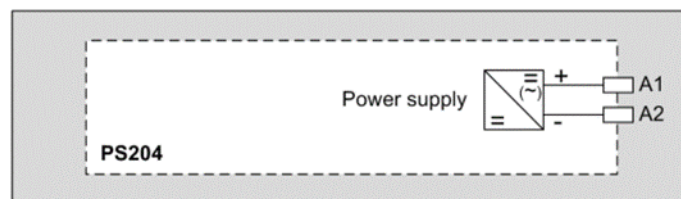


Ilustración 3. Diagrama de conexión módulo PS204.

Módulo IO202:

IO202 es un módulo de entradas y salidas que cuenta con los siguientes bornes:

- 4 transformadores de corriente (opcionalmente transformadores de corriente de protección o transformadores de medida).
- 4 transformadores de tensión.
- 8 entradas binarias.
- 6 salidas binarias, de las cuales:
 - 4 contactos de conexión de alta velocidad (tipo F)
 - 2 contactos de conmutación de alta velocidad (tipo F)

Las conexiones se distribuyen en:

- 1 terminal de corriente de 8 polos
- 3 terminales de tensión de 14 polos

Se puede ver su diagrama de conexionado en la *Ilustración 4*.

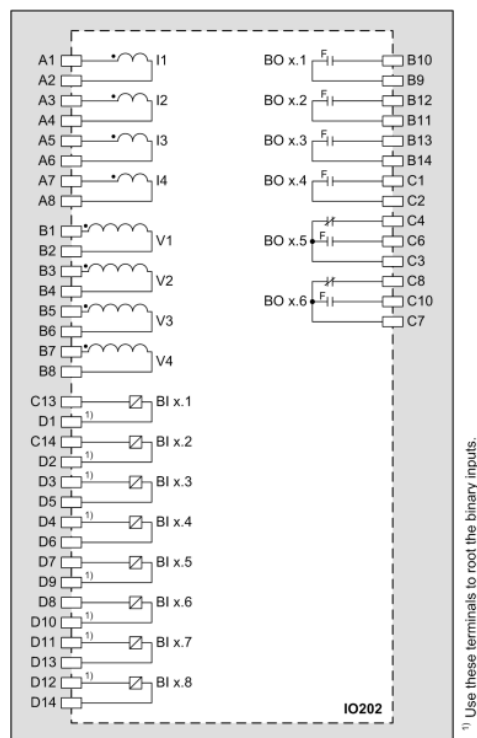


Ilustración 4. Diagrama de conexión módulo IO202.

Enlaces de catalogo:

<https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/protection-relays-and-control/siprotec-5/merging-unit/merging-unit-siprotec-6mu85.html>

V. II. Conexionado Merging Unit

La refinería de Cartagena está compuesta por seis subestaciones, donde la subestación SS01 contiene celdas de generación, distribución y deslastre de carga y las demás subestaciones SS10, SS11, SS14, SS15 y SS16 contienen celdas propiamente de deslastre de carga.

Con el fin de plasmar los objetivos presentados en este documento, se toma como ejemplo los planos correspondientes a la subestación SS01, debido a que esta es la más completa con relación a las demás. Esta subestación cuenta con 28 celdas de generación en las cuales el desarrollo de la ingeniería se realiza por grupos de a tres, es decir, la adquisición de señales de corrientes y tensiones se toman de la celda de la mitad en la cual se encuentra las Mergin Unit y el control que realizan estos dispositivos se transmite a las celdas de los extremos que es donde se encuentran los interruptores de potencia.

Las celdas se nombran de acuerdo con los planos existentes que conforman la refinería. A continuación, se presenta cada uno de los tipos de celdas:

V.II.I Unidad 5 de generación

En esta unidad se toman los puntos de conexión para los CT's y PT's esto dado por el criterio del cliente, para este caso se toman los puntos enmarcados en el recuadro verde tal como se evidencia en la Ilustración 5. Estos puntos se verifican mediante un levantamiento en campo a la refinería para comprobar disponibilidad de bornes, burden y saturación.

Del punto de conexión bornera TB4, que se ve en el cuadro verde, ver Ilustración 5, bornes 1, 2, 3 y 4 se toman las señales de tensión, las cuales se llevan a las Merging Unit de la celda 4 y 6.

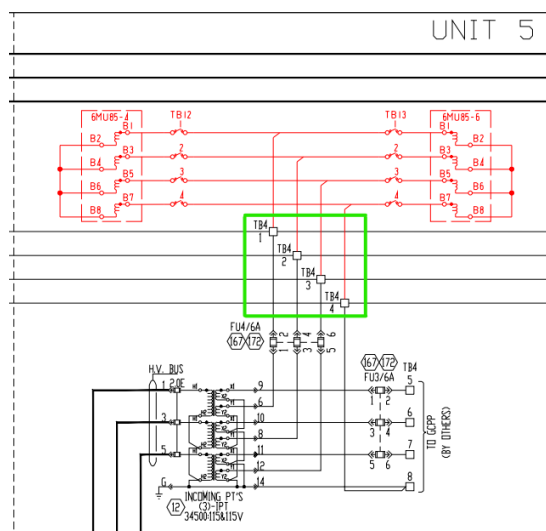


Ilustración 5. Trifilar unidad 5 señales de tensión.

En los cuadros amarillos, ver Ilustración 6, se evidencia el punto de conexión para las señales de corriente, siendo la bornera cortocircuitable TS-1 de los bornes 2, 6 y 10 de donde se toman las corrientes para la Merging Unit de la celda 4 y del equipo TPR 345 bornes D9, D10, D11 se toman las señales de corriente para la Merging Unit de la celda 6.

Para la obtención estas señales son necesaria la instalación de borneras cortocircuitables debido a que en caso de mantenimiento y retiro del equipo estos circuitos deben ser cortocircuitados para no generar daños en los CT's.

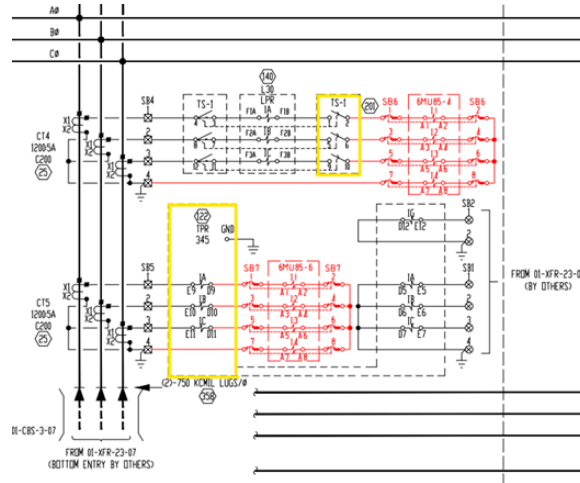


Ilustración 6. Trifilar unidad 5 señales de corriente.

Dado que las dos Mergin Unit deben estar físicamente en la unidad 5 debido al poco espacio disponible en las celdas aledañas el diagrama de conexión principal se plasma en el entregable correspondiente a esta celda.

En la Ilustración 7 y en la Ilustración 8 se muestran las señales de medida necesarias para el control de dichas celdas, las cuales van desde señales de posición hasta ordenes de deslastre de carga. Para el desarrollo de esta ingeniería se acordó con el cliente nombrar las señales así: interruptor cerrado, interruptor abierto, interruptor desconectado y disparo general.

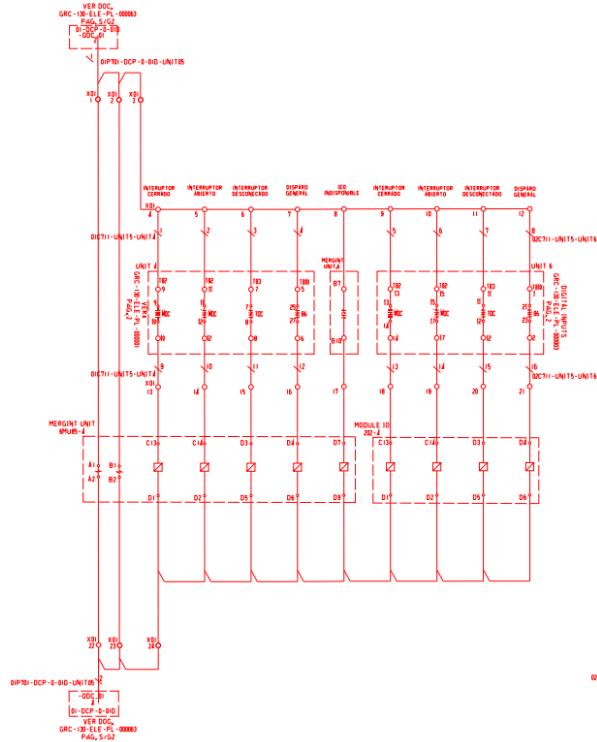


Ilustración 7. Diagrama de conexión de la Unidad 4 de generación SS01.

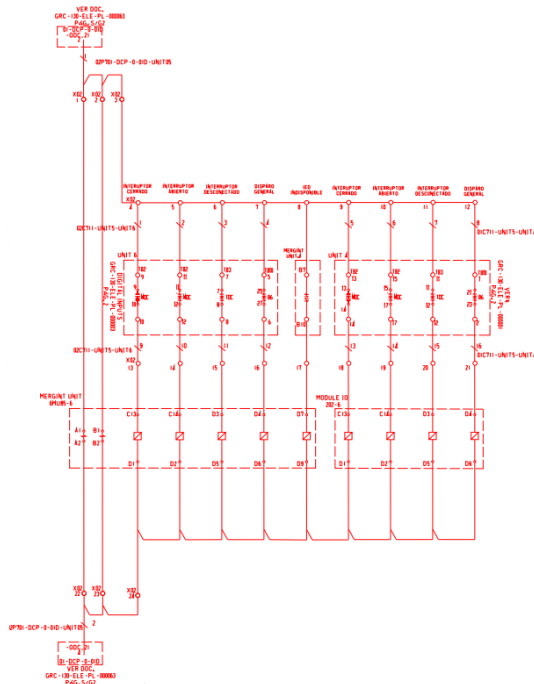


Ilustración 8. Diagrama de conexión de la Unidad 6 de generación SS01.

V.II.II Unidad 4 y 6 de generación

Las señales de medida anteriormente mencionada son tomadas de donde está físicamente el interruptor, es decir, unidades 4 y 6, que se puede evidenciar en la *Ilustración 9* y en la *Ilustración 10*, respectivamente.

Dichas señales se obtienen de bornes existentes los cuales cuentan con un conexionado previo de control donde ya hay espacios destinados a nuevos puntos de conexión se obtienen señales de control y posición ya definidas como lo son posiciones del interruptor, y señales de disparo del interruptor principal, se realiza un conexionado con respaldo para tener una mayor seguridad en caso de contingencia es decir se llevan señales independientes de distintos puntos a cada una de las *MU* instaladas en la unidad 5.

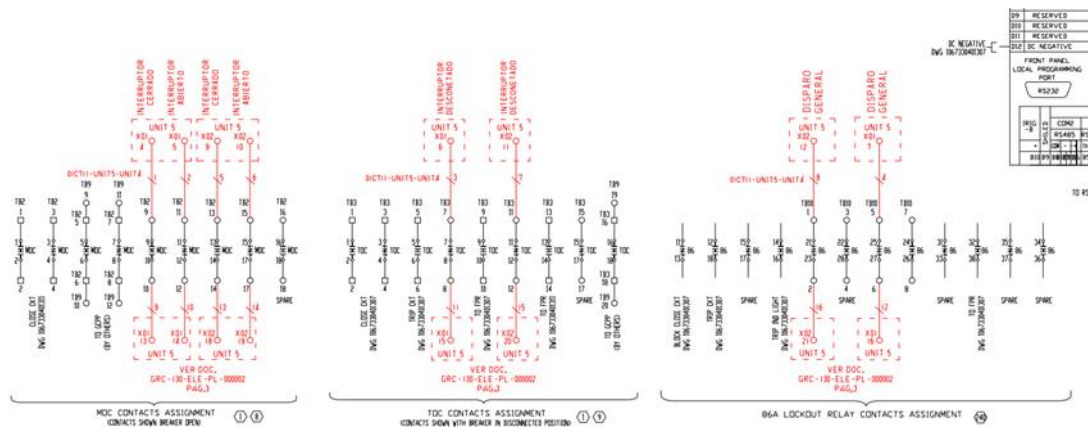


Ilustración 9. Toma señales de medida unida 4 de generación SS01.

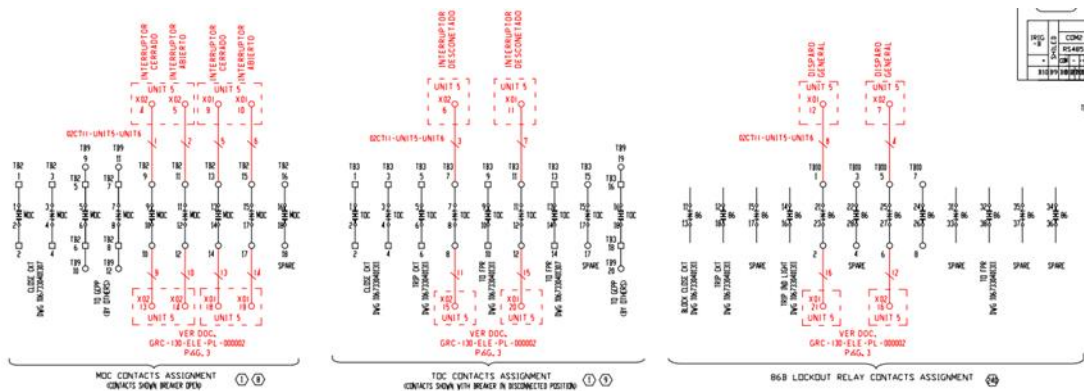


Ilustración 10. Toma de señales de medida unidad 6 de generación SS01.

V.III Plano disposición física

V.III.I Disposición física gabinetes existentes:

Este plano presenta la disposición física de la celda existente donde se va a ubicar la Merging Unit y los grupos de borneras adicionales para realizar el conexionado del *PMS*, es decir se realiza una representación gráfica de como sería la distribución real en la refinería, aquí se debe tener en cuenta las medidas de los dispositivos y de ser necesario reubicar equipos que estén instalados en la celda para generar espacio y poder colocar los

dispositivos nuevos, se debe dejar plasmado en el plano para que a la hora de hacer las modificaciones en campo sean claros los cambios.

VISTA CENTRAL

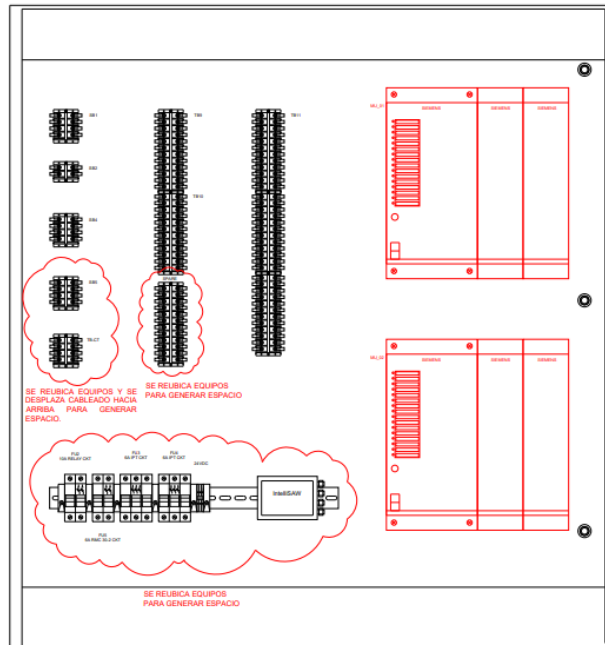


Ilustración 11. Disposición física unidad 5 de generación SS01.

VISTA CENTRAL

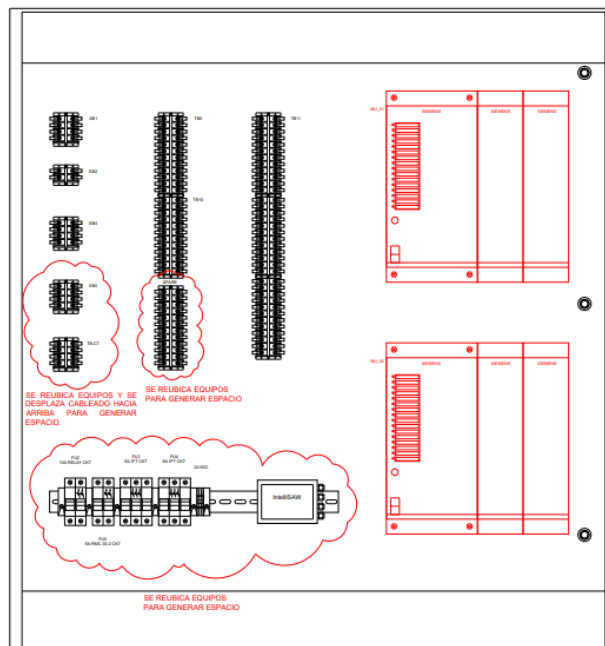


Ilustración 12. Disposición física unidad 5 de generación SS01.

V.III.II Disposición física gabinetes nuevos

Para las celdas de deslastre de las subestaciones se diseñaron gabinetes, dado que en los actuales no se cuenta con espacio para poder instalar las Merging Units. Para cada una de las subestaciones el gabinete diseñado contemplara físicamente todas la Mergins Units de cada una de las celdas que se encuentran en dicha subestación. Para ejemplo tomaremos el Gabinete Deslastre Esclavo de la subestación 1, el cual fue diseñado de acuerdo con las especificaciones y necesidades del cliente, las cuales podemos encontrar a continuación:

Los gabinetes deben ser autosoportados y cableados completamente, además deben cumplir con las medidas estándar de mercado y con un mismo color y deberán contar con un grado de protección IP para instalaciones en interior. Deben ser aptos para ser usados solos o en combinación con otros gabinetes para formar un conjunto uniforme, además se deben dotar con paneles metálicos en los costados laterales, fondo, techo y piso, y en la parte frontal con bastidor basculante para el montaje de los equipos electrónicos.

Las bisagras deben permitir que la puerta y el bastidor basculante roten como mínimo 120° a partir de la posición cerrada.

El bastidor basculante debe suministrarse con manija. Cada puerta debe suministrarse con manija provista de cerradura con llave, la cual debe ser removible en posición de bloqueo o de desbloqueo.

Los gabinetes deben ser a prueba de animales. Deben tener aberturas con rejillas en la parte superior e inferior para ventilación del equipo.

Con acceso delantero y trasero.

Los gabinetes deben tener una barra en platina de cobre continúa conectada intencionalmente al sistema de puesta a tierra del cuarto eléctrico existente o a un sistema de puesta a tierra de referencia de señales para las comunicaciones, con borne para conectar el cable de puesta a tierra. Esta barra debe tener previsión para la conexión de las pantallas de los cables multiconductores.

Todos los gabinetes deberán contar con el respectivo sistema de alimentación de servicios auxiliares en AC/DC según aplique, las cuales deberán incluir sus respectivas protecciones, Dispositivos de protección contra sobretensiones e interruptores para cuidar los equipos en caso de presentarse una sobre tensión o sobre corriente en el mismo.

Los cables para conexiones a otros gabinetes se deben llevar a borneras y el cableado interno debe ser organizado en tal forma que permita un fácil acceso e intervención en labores de mantenimiento. En ambos casos el desarrollado, no debe contemplar empalmes y con arreglo uniforme de los circuitos. Los cables deben ser dispuestos en forma tal que se prevengan cruces entre los haces. Los haces de cables deben ser dispuestos debidamente alineados dentro de canaletas, con ángulos de 90° cuando se requiera cambio de dirección.

Todos los haces deben tener correas a intervalos iguales, de tal manera que el haz retenga su forma original en un conjunto compacto.

Los conductores que conectan los dispositivos a las borneras deben marcarse en ambos extremos con elementos de identificación termoencogibles.

Los gabinetes deben tener borneras puenteables para suministro de auxiliares de C.A. e interruptor miniatura para alimentar los siguientes dispositivos:

- Calefacción controlada por higrostatato sin ventilación.
- Lámpara tipo ahorradora, controlada por conmutador de puerta y con desconexión manual.
- Tomacorriente doble según IEC 60884-1.
- Las diferentes alimentaciones que se tengan al interior del tablero, que sean definidas en los diagramas esquemáticos.
- Interruptor de puerta, sin cable de conexión.
- Cantoneras Flex-Block.
- Rieles para montaje en suelo.
- Suelo completo modular para gabinete.
- Paredes laterales atornilladas.

Las dimensiones son 2000x1000x600 cm, el tipo Autosoportado, Cofre, color RAL 7032, protección NEMA 12 y marca HOFFMAN.

En la Ilustración 13 se puede evidenciar el montaje de equipos realizado tanto en vista frontal como posterior, además de la lámpara que es requisito, en la Ilustración 14 podemos ver tanto las protecciones como los equipos auxiliares los cuales van desde higrostatos, resistencias de calefacción hasta los bornes destinados a la conexión de las nuevas señales de ingreso de las *MU*.

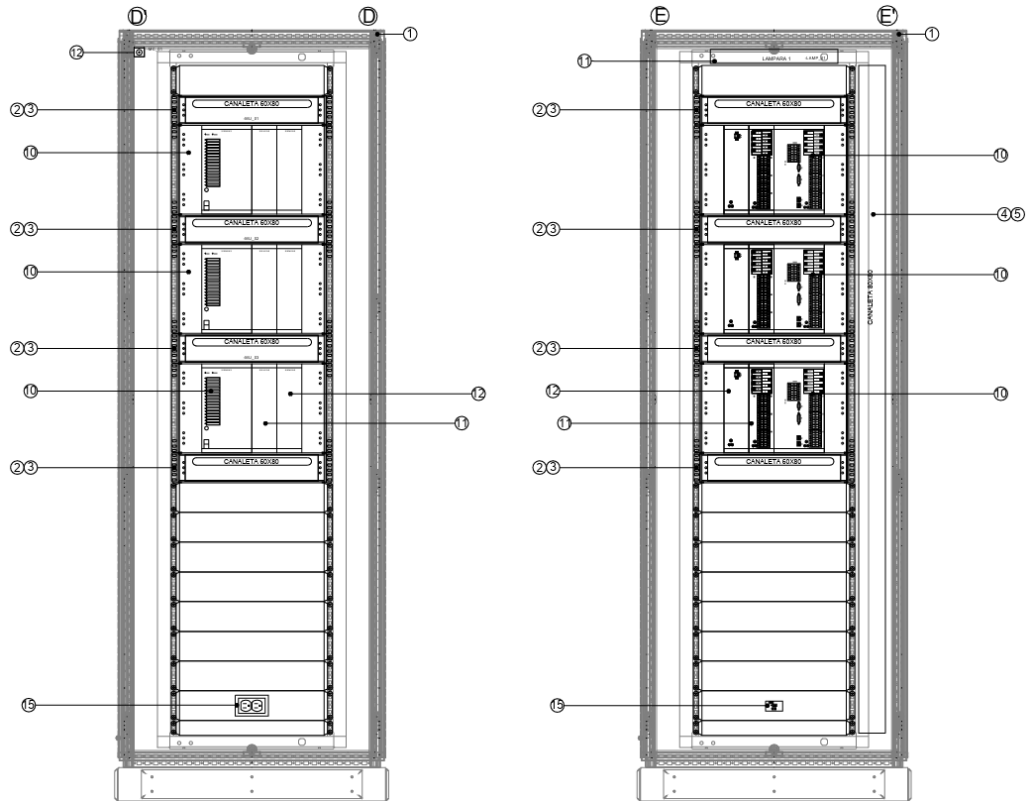


Ilustración 13. Gabinete Deslaste Esclavo SS01.

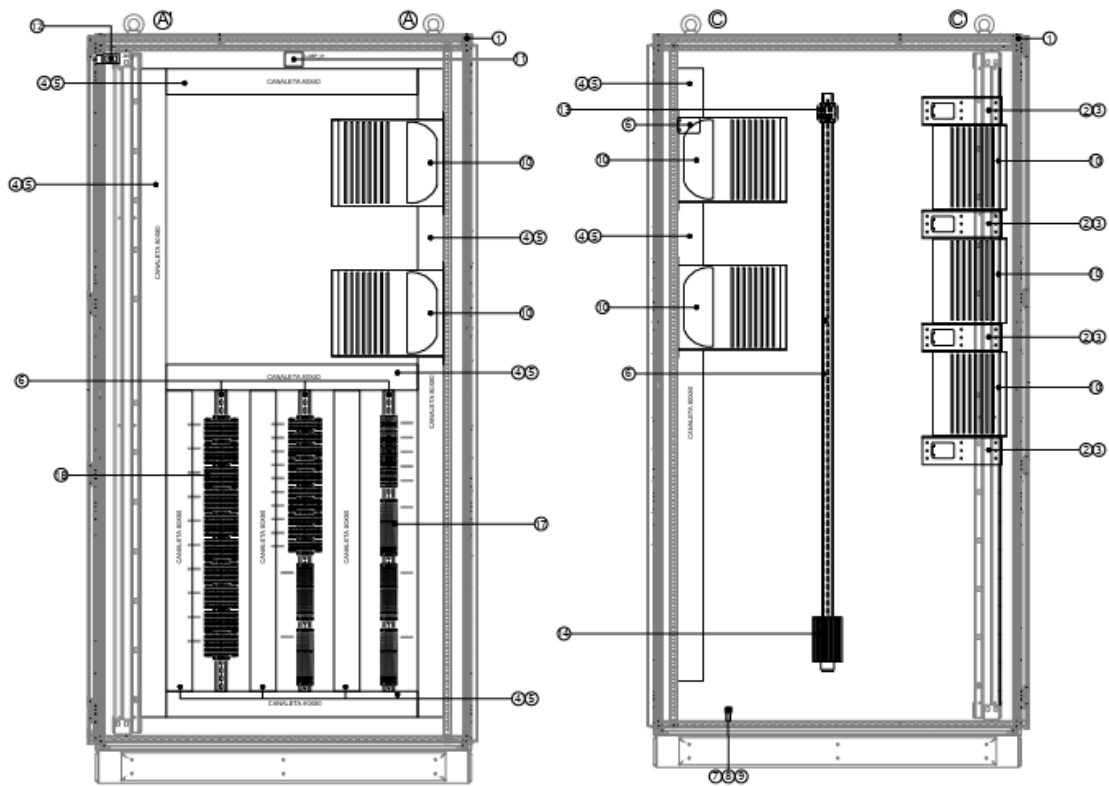


Ilustración 14. Vistas laterales Gabinete Deslaste Esclavo SS01.

V.IV. Entrega documentación

Para hacer la entrega de documentación al cliente, esta primero pasa por una revisión interna en donde si es necesario se ajustan o se hacen cambios, de ahí se emiten los entregables al cliente, el cual tiene siete días hábiles para expresar a la empresa comentarios, cambios o ajustes que consideren necesarios para la ingeniería garantizar su alineación con los objetivos estratégicos y las expectativas del cliente o partes interesadas.

VI. ANÁLISIS

El proyecto se concreta a través de documentos clasificados en dos tipos: *PDF* y *DWG*. Estos documentos representan gráficamente planos y disposiciones físicas, mostrando la integración de la Merging Unit para asegurar un deslastre de carga seguro y confiable.

La integración del Sistema *PMS* en la refinería de Cartagena busca mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico. A través de la implementación de Merging Units avanzadas y la optimización de la disposición física de los gabinetes, se pretende lograr un control preciso y seguro del deslastre de carga. La documentación exhaustiva y los procesos de revisión aseguran que el proyecto cumpla con los estándares y necesidades específicas del cliente, contribuyendo significativamente a la mejora del sistema de gestión de energía de la refinería.

VII. CONCLUSIONES

La integración de las Merging Units facilitan la adquisición y procesamiento de datos en tiempo real, lo que optimiza el monitoreo y control de los equipos eléctricos, asegurando una respuesta rápida y precisa ante cualquier eventualidad.

El deslastre de carga ahora se puede llevar a cabo de manera más segura y confiable, minimizando las interrupciones y asegurando la estabilidad del sistema eléctrico.

La generación de documentos *PDF* y *DWG* permiten una visualización clara y detallada de la integración de las Merging Units, facilitando tanto la instalación inicial como el mantenimiento futuro del sistema.

La personalización y precisión en el diseño aseguran que los nuevos dispositivos se integren sin problemas con los sistemas existentes.

Al mejorar la eficiencia del sistema de gestión de energía y optimizar los procesos de control y supervisión, el proyecto contribuye significativamente a reducir la probabilidad de apagones parciales o totales. Esto, a su vez, protege la continuidad operativa de la refinería, asegurando una producción constante y estable de productos refinados para el mercado nacional e internacional.

Mi práctica ha sido una experiencia enriquecedora que me ha ayudado a aterrizar y ampliar mis conocimientos y habilidades.

También ha sido un viaje de autodescubrimiento y crecimiento personal. Me siento más preparada y motivada para enfrentar los próximos desafíos en mi carrera y en mi vida personal, llevando conmigo las lecciones aprendidas y la confianza ganada.

REFERENCIAS

- [1] Reficar. "Un Proyecto de Clase Mundial", en Reficar - Sala de Prensa, 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.reficar.com.co/Repositorio/06_SalaPrensa/01_Boletines/2015/9.%20Septiembre/4.%20Un%20Proyecto%20de%20Clase%20Mundial.pdf. Accedido en: 25 de noviembre de 2023.
- [2] ABB. "El sistema ABB de gestión de la energía evita paradas multimillonarias ", en ABB Library, marzo 2005. [En línea]. Disponible en: <https://library.e>. Accedido el: 25 de octubre de 2023.
- [3] Petroquimex. "Deslastre de Carga Inteligente en Sistemas de Potencia", en Petroquimex, marzo-abril 2016. [En línea]. Disponible en: <https://petroquimex.com/PDF/MarAbr16/PTI-Deslastre-de-Carga-Inteligente-en-Sistemas-de%20otencia.pdf>. Accedido el: 25 de octubre de 2023.
- [4] C. D. Acevedo Lara y R. A. Rueda Blanco, "Implementación de LabVIEW como sistema SCADA para la arquitectura de control SNAC PAC Opto 22 mediante una aplicación OPC", Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Electrónica, 2010. [En línea]. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/880/digital_19218.pdf?isAllowed=y&sequence=1. Accedido el: 25 de octubre de 2023.
- [5] Wu Zhuanfeng, Liu Weiguo, Zhou Xiwei y Ma Xin, "Study on web-based network electric machine control", Conferencia internacional sobre máquinas y sistemas eléctricos de 2005, Nanjing, 2005, págs. 1640-1643, doi: 10.1109/ICEMS.2005.202831.