

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTROTÉCNIA



**TRABAJOS DE INGENIERO DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
EN LA INDUSTRIA HIDROCARBURÍFERA**

Proyecto Integrador Profesional presentado por:

CRISTIAN ARIEL GARCIA

Ante la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue para acceder
al título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

Dirección

Director: CASAROTTO CARLOS

Codirector: DILUCENTE FERNANDO

Neuquén, Septiembre 2024

Copyright © 2024 por Cristian García. Todos los derechos reservados.

“La educación es el arma más poderosa que
puedes usar para cambiar el mundo”

por Nelson Mandela

Dedicatorias y Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a la Universidad, a Toto y a Fernando; a mis compañeros de estudio por el acompañamiento durante los años de estudio; a mis amigos más cercanos por estar siempre para escuchar; y a mi familia por apoyarme siempre. Una mención especial de agradecimiento a mi mujer Brenda por estar siempre, a mi hija Suri que fue la mayor de las motivaciones; y por último a mi madre, que sin ella nada de esto hubiera sido posible.

Resumen

En el presente documento, se deja registro de los trabajos realizados como ingeniero de mantenimiento eléctrico, trabajando para la empresa YPF S.A., dentro de la industria hidrocarburífera. El puesto de Ingeniero de Mantenimiento se desarrolla en el sector de MANTENIMIENTO E INTEGRIDAD del negocio, que forma parte del subsector de Ingeniería de Mantenimiento (IDM) de forma transversal para distintos activos de la compañía, en donde dentro de mis principales responsabilidades son las de elaborar, modificar y actualizar los planes de mantenimiento de los equipamientos eléctricos del Negocio, ser el soporte técnico para la operación, realizar los análisis de fallas necesarios; velar por el stock de repuestos vitales, como así también liderar y llevar adelante proyectos de mejoras en lo referido a la parte eléctrica.

Para los casos desarrollados en este documento, se detallará para cada uno, cual es el problema, como se llevó a cabo el proceso de resolución/ejecución, los métodos utilizados y por último los resultados obtenidos. Los casos por desarrollar son listados a continuación:

- Proyecto Resolución 900/15
- Análisis de Falla – Fusible Bomba Despacho en Estación de Bombeo
- Análisis de falla – Problemas en Sistema de energía con paneles solares
- Análisis de falla – Exceso de temperatura en conductores eléctricos
- Relevamiento de equipamiento según Áreas Clasificadas
- Acondicionamiento de sistemas de transferencia automática

Como conclusión general del documento, se pretende dejar plasmado parte del registro de algunas de las tareas más relevantes llevadas a cabo durante el periodo de 1,5 años trabajando como ingeniero de mantenimiento eléctrico y dejando constancia del crecimiento personal y profesional alcanzado durante el proceso en el puesto.

Abstract

This document records the work carried out as an electrical maintenance engineer, working for the company YPF S.A., in the Oil and Gas industry. The position of Maintenance Engineer is developed in the MAINTENANCE AND INTEGRITY sector of the business, which is part of the Maintenance Engineering subsector (IDM) in a transversal way for different assets of the company, where my main responsibilities are prepare, modify and update the maintenance plans of the electrical equipment of the Business, be the technical support for the operation, to carry out the necessary failure analysis; ensure the stock of vital spare parts, as well as to lead and carry out improvement projects in relation to the electrical part.

For the cases developed in this document, the problem will be detailed for each one, how the resolution/execution process was carried out, the methods used and finally the results obtained. The cases to be developed are listed below:

- Resolution 900/15 Project
- Failure Analysis – Dispatch Pump Fuse in Pumping Station
- Failure Analysis – Problems in Energy System with Solar Panels
- Failure Analysis – Excessive Temperature in Electrical Conductors
- Equipment Survey according to Classified Areas
- Conditioning of Automatic Transfer Systems

As a general conclusion of the document, it is intended to record part of some of the most relevant tasks carried out during the period of 1.5 years working as an electrical maintenance engineer and leaving a record of the personal and professional growth achieved during the process in the position.

Índice	
Dedicatorias y Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Abstract	v
1 Introducción y objetivos.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Descripción de la Empresa.....	2
1.4 Descripción de las tareas/trabajos realizados:	4
2 Proyecto Resolución 900/15	6
2.1 Introducción.....	6
2.2 Marco Teórico.....	6
2.2.1 Puesta a tierra	6
2.2.2 Esquemas de conexión de neutro	6
2.2.3 Lazo de falla.....	9
2.2.4 Resolución 900/15.....	11
2.3 Metodología y Desarrollo	12
2.3.1 Medición de PAT	12
2.3.2 Pruebas de Protecciones	15
2.3.3 Confección de los documentos del protocolo RES900/15	15
2.3.4 Adecuaciones de PAT	16
2.4 Resultados.....	19
3 Análisis de Falla – Fusible Bomba Despacho en Estación de Bombeo	20
3.1 Introducción.....	20
3.2 Marco Teórico.....	20
3.2.1 Arranque de motores trifásicos de inducción	20
3.2.2 Protección contra sobreintensidades.....	23
3.2.3 Medición de resistencia de aislación.....	27
3.3 Metodología y Desarrollo	30
3.4 Resultados.....	36
4 Análisis de falla – Problemas en Sistema de energía con paneles solares	37
4.1 Introducción.....	37
4.2 Marco Teórico.....	37
4.2.1 Generalidades.....	37
4.2.2 Paneles solares	38
4.2.3 Reguladores de carga	40

4.2.4 Inversores.....	41
4.2.5 Baterías.....	43
4.2.6 Introducción al sistema actual de energía del sitio.....	44
4.2.7 Introducción al sistema actual de respaldo del sitio.....	45
4.3 Metodología y Desarrollo.....	49
4.4 Resultados.....	52
5 Análisis de falla – Exceso de temperatura en conductores eléctricos.....	53
5.1 Introducción.....	53
5.2 Marco Teórico.....	53
5.2.1 Introducción a las Instalaciones eléctricas.....	53
5.2.2 Conductores eléctricos (cables).....	54
5.2.3 Canalizaciones eléctricas.....	56
5.2.4 Accesorios adicionales.....	57
5.2.5 Dispositivos de protección.....	58
5.3 Metodología y Desarrollo.....	62
5.3.1 Relevamiento información.....	62
5.3.2 Actividades.....	64
5.4 Resultados.....	72
6 Relevamiento de equipamiento según Áreas Clasificadas.....	73
6.1 Introducción.....	73
6.2 Marco Teórico.....	73
6.2.1 Términos y definiciones según la AEA 90079-10-1.....	73
6.2.2 Introducción.....	74
6.2.3 Clasificación en base a la temperatura.....	75
6.2.4 Materiales aptos para ser instalados en áreas clasificadas.....	76
6.2.5 Las cuatro fases de una instalación segura.....	79
6.3 Metodología y Desarrollo.....	81
6.4 Resultados.....	87
7 Acondicionamiento de sistemas de transferencia automática.....	88
7.1 Introducción.....	88
7.2 Marco Teórico.....	88
7.2.1 Introducción.....	88
7.2.2 Grupo electrógeno.....	88
7.2.3 Sistemas de transferencia automáticos.....	92
7.3 Metodología y Desarrollo.....	94
7.4 Resultados.....	102

8 Conclusiones.....	103
8.1 Conclusiones	103
8.2 Recomendaciones o Trabajos futuros	103
9 Bibliografía.....	104
10 Anexos.....	106
10.1 Anexo A: Evidencias.....	106
10.2 Anexo B: Imágenes	114

Listado de ilustraciones

Ilustración 1: fases de la industria Oil&Gas. https://www.7puentes.com/blog/2020/03/10/industria-oil-and-gas-como-las-tecnicas-de-machine-learning-agregan-valor/	3
Ilustración 2: Ubicación de los yacimientos dentro de la provincia de Neuquén.....	4
Ilustración 3: Esquema TN-S de conexión a tierra.....	7
Ilustración 4: Esquema TT de conexión a tierra.....	8
Ilustración 5: Esquema IT de conexión a tierra.....	9
Ilustración 6: Lazos de falla en sistemas TN y TT	10
Ilustración 7: Medición de PAT por método caída de potencial con jabalina mas alejada a unos 5mts aproximadamente.....	13
Ilustración 8: Efecto del gradiente de potencial con y sin solapamiento en electrodos de PAT	14
Ilustración 9: Trabajos de adecuaciones de Puesta a tierra	18
Ilustración 10: Comparativo I vs t según tipos de arranques.....	22
Ilustración 11: símbolo fusible según UNE-EN	25
Ilustración 12: Clases de curvas de fusión de un fusible.....	26
Ilustración 13: Históricos de resistencias de aislación de 2 equipos iguales.....	29
Ilustración 14: ejemplo de medición de resistencia de aislación entre la fase 1 y tierra con un megóhmetro.....	29
Ilustración 15: Tablero vs Unifilar	31
Ilustración 16: trozos de cubierta reseca del cable que produjo la falla	33
Ilustración 17: Cámara con presencia de agua y tapa de cámara con hueco	34
Ilustración 18: Fuente: www.textoscientificos.com	37
Ilustración 19: Clasificación de celda, panel y modulo en orden creciente	39
Ilustración 20: Estructura de los componentes que forman un módulo fotovoltaico	39
Ilustración 21: Curva I-V de un módulo fotovoltaico	40
Ilustración 22: Esquema de funcionamiento Inversor/cargador	41
Ilustración 23: Diferencia entre los diferentes tipos de onda generada por los inversores de sistemas aislados	42
Ilustración 24: Esquema de sistema solar fotovoltaico con generador alternativo de respaldo	44
Ilustración 25: Generador montado en el sitio.....	45
Ilustración 26: Esquema sistema conversión motor HONDA a gas natural.....	46
Ilustración 27: Bornera de conexión con cables invertidos.....	50
Ilustración 28: Puntos de ajustes de caudal y presión del ingreso de combustible al motor del Generador.....	51
Ilustración 29: Punto regulación rpm del motor del generador	51
Ilustración 30: Esquema de un cable eléctrico de un hilo con aislación y cubierta protectora	54
Ilustración 31: https://www.freepik.es/vector-premium/cables-realistas-cables-electricos-flexibles-diferentes-tipos-aislamiento-paquetes-coaxiales-3d-cables-alimentacion-coloridos-retorcidos-conductores-electricos-trenzados-conjunto-vectores-nucleo-metalico_31797537.h	55
Ilustración 32: Especificación de la AEA 90364 771.16.2.3.4 algunos cables	57
Ilustración 33: Distintos tipos de borneras de potencia. https://www.tekox.es/bornas-para-cuadros-electricos/productos/bornas-para-cuadros-electricos---euro_117_1_ap.html	

https://www.sybyd.com.ar/producto/bornes-fijos/	https://redcoind.pe/producto/nsytrv952bb-bornera-tipo-barra-de-potencia-95mm2-gris/	58
Ilustración 34: Selectividad de protecciones		61
Ilustración 35: Exceso de temperatura en punto de conexión sobre uno de los tableros de interconexión.....		63
Ilustración 36: calcinamiento de conductor principal entre Transformador MT/BT y tablero principal BT.....		63
Ilustración 37: unifilar eléctrico de la instalación		65
Ilustración 38: Relevamiento de temperaturas por tramos		66
Ilustración 39: Medición de energía con instrumento FLUKE 1738		66
Ilustración 40: Curvas corriente/tiempo operación de fusibles gG		70
Ilustración 41: símbolos preferidos para las zonas de las áreas peligrosas		73
Ilustración 42: Triángulo de fuego obtenido del manual WEG de Atmósferas explosivas		74
Ilustración 43: Marco Normativo de áreas clasificadas. Se obtuvo de www.delga.com		75
Ilustración 44: Tabla comparativa de clasificación de áreas en los distintos marcos normativos. Se obtuvo de www.delga.com		75
Ilustración 45: Tabla clase de temperatura del equipamiento según normativa. Información obtenida de www.weg.net		76
Ilustración 46: Modos de protección (IEC). Información obtenida de www.delga.com		76
Ilustración 47: Marcación de áreas clasificadas según marco normativo. Información obtenida de www.weg.net		77
Ilustración 48: Tablero pulsadores Ex		78
Ilustración 49: Plano áreas clasificadas zona KOD.....		83
Ilustración 50: Plano áreas clasificadas zona TK FLASH		83
Ilustración 51: Plano áreas clasificadas zona servicios auxiliares (AGUA/ACEITE).....		84
Ilustración 52: Estadísticas de relevamientos motores eléctricos.....		85
Ilustración 53: Motor sin chapa y chapa sin lectura		86
Ilustración 54: motor ATEX vs NO ATEX según su forma constructiva.....		86
Ilustración 55: https://amperonline.com/wp-content/uploads/2022/03/ART-GG.EE_.pdf		88
Ilustración 56: Componentes de un grupo electrógeno abierto		91
Ilustración 57: Esquema de funcionamiento de TTA.....		93
Ilustración 58: Esquema de conmutación automática de la instalación que no estaba funcionando correctamente		94
Ilustración 59: Plaqueta controladora con signos de componentes quemados.....		95
Ilustración 60: nuevo controlador con sus borneras de conexión identificadas		96
Ilustración 61: borneras con 24V.....		97
Ilustración 62: Imagen de las señales de tensión sobre el controlador del generador		97
Ilustración 63: imagen de la conexión de las fases sobre el conmutador automático ABB		97
Ilustración 64: Entradas binarias en controlador TTA de otra instalación		98
Ilustración 65: esquema de conexión de salidas binarias		98
Ilustración 66: Fotografías de las pruebas realizadas para las conexiones.....		99
Ilustración 67: Operadores trabajando en falla encontrada durante las pruebas		99
Ilustración 68: Antes vs después de los controladores de la TTA.....		100
Ilustración 69: Llave conmutadora transferencia con falla mecánica en pestillos rotos que no trababan		101
Ilustración 70: Llave conmutadora ABB nueva montada		101
Ilustración 71: Información de la posición en sistema YPF.....		106
Ilustración 72: organigrama actual a 1/6/2024 de la empresa. Este organigrama cambió hace 2 meses con una reestructuración interna de la empresa.		106

Ilustración 73: Correo de minuta con contratista por reunión para mejorar proceso RES900(15)	107
Ilustración 74: Validación de YPF del proyecto de adecuaciones de PAT en LLL	107
Ilustración 75: Resumen de evaluación de desempeño período 2023	108
Ilustración 76: Certificado curso “Protección contra Descargas Eléctricas y Puesta a Tierra” dictado por IAPG	108
Ilustración 77: Curso/Charla IAPG/WEG “Motores para zonas clasificadas”	109
Ilustración 78: Evidencia participación en Webinar “Termografía”	109
Ilustración 79: Evidencia de cursos internos de YPF realizados	110
Ilustración 80: evidencia cursos motores y Diseño eléctrico	110
Ilustración 81: Evidencia reunión comunidad mtto eléctrico YPF agosto 2023 – Buenos Aires, Argentina	111
Ilustración 82: Evidencia reunión comunidad mtto eléctrico YPF agosto 2023 - Torre Puerto Madero YPF	111
Ilustración 83: Asistencia al VII CONGRESO DE CONFIABILIDAD UPSTREAM septiembre-2023, Neuquén, Argentina	112
Ilustración 84: Evidencia reunión comunidad mtto eléctrico YPF diciembre 2023 - Neuquén, Argentina	113
Ilustración 85: Evidencia reunión comunidad mtto eléctrico YPF mayo 2024 – Neuquén, Argentina	113

Listado de imágenes del Anexo B

Imagen 1: Extracto de informe con error de criterio	114
Imagen 2: Extracto de manual de TELURIMETRO METREL MI3102BT	114
Imagen 3: Definición de prioridades de puntos de PAT según su categoría	114
Imagen 4: fusible repuesto	115
Imagen 5: Unifilar & equipos reales	115
Imagen 6: Chapa motor WEG	116
Imagen 7: fusible quemado	116
Imagen 8: interruptor principal de tablero del Arrancador Suave	116
Imagen 9: Características AS del modelo ATS 48C66Q según catálogo	117
Imagen 10: Arrancador Suave Schneider	117
Imagen 11: simulador selección de protecciones del sitio https://www.lowvoltage-tools.abb.com/soc/	118
Imagen 12: Configuración de interruptor	118
Imagen 13: Sistema de control del sistema más banco de baterías	119
Imagen 14: VDF calcinado en evento de Julio 2018	120
Imagen 15: Quemadura conexión en tablero interconexión II en evento septiembre 2018	120
Imagen 16: Tableros de interconexión	121
Imagen 17: Tablero Principal Eléctrico BT (donde ingresa la alimentación del Transformador MT/BT)	121
Imagen 18: Transformador elevador de tensión 0,38/0,48kV de bomba 753 (hay uno por cada bomba)	122
Imagen 19: Transformador 13,2/0,4kv de alimentación de la instalación	122

Imagen 20: Cambio de conductores de salida del transformador MT/BT hacia tablero principal BT.....	123
Imagen 21: Fusibles L/gG 250A en tablero principal BT	123
Imagen 22: Placa característica de uno de los motores de las bombas principales	124
Imagen 23: Motor Bomba N°1 KOD	125
Imagen 24: Motor Bomba N°2 KOD	126
Imagen 25: Pulsadores KOD	126
Imagen 26: Motor Bomba A “FLASH”	127
Imagen 27: Desvíos detectados en Motor Bomba A “FLASH”	127
Imagen 28: Motor Bomba B “FLASH”	128
Imagen 29: Desvío detectado en Motor Bomba B “FLASH”	128
Imagen 30: Motor Bomba C “FLASH”	129
Imagen 31: Tableros “FLASH”	130
Imagen 32: desvío detectado en Tablero VDF A	130
Imagen 33: desvío detectado en Tablero VDF B	131
Imagen 34: Motor Bomba AGUA	131
Imagen 35: Pulsador bomba AGUA.....	132
Imagen 36: Motor bomba 32 “ACEITE”	132
Imagen 37: Motor bomba 34“ACEITE”	133
Imagen 38: Desvío motor bomba 34“ACEITE”	133
Imagen 39: Pulsadores bombas “ACEITE”	134
Imagen 40: Controlador de la TTA con problemas para realizar las maniobras de conmutación automática.....	135
Imagen 41: Plano de conexiones de comando del controlador de la TTA	136
Imagen 42: Tablero de la transferencia automática con conmutador ABB.....	137
Imagen 43: conexiones en tablero TTA	138
Imagen 44: Bornera de conexiones de tablero TTA.....	138
Imagen 45: Tablero Grupo electrógeno.....	139
Imagen 46: conexiones con fusibles en tablero grupo.....	139
Imagen 47: reles de comando en tablero grupo	139
Imagen 48: Controlador tablero grupo	140
Imagen 49: Entradas/salidas de controlador grupo según manual	140
Imagen 50: esquema de conexión de controlador grupo	141
Imagen 51: esquema de conexión con ambos controladores.....	141
Imagen 52: Entradas/salidas binarias controlador TTA nuevo, según manual	142
Imagen 53: rele de conexión de salidas binarias	142

1 Introducción y objetivos

1.1 Introducción

A partir del 1 de diciembre de 2022 se comenzó a trabajar como ingeniero de mantenimiento eléctrico dentro de la industria Oil & Gas en la empresa YPF S.A.

A lo largo de 18 meses se estuvo trabajando abocado al mantenimiento de los equipos eléctricos (ver evidencia en Ilustración 71 del Anexo A), con lo cual fue necesaria la capacitación tanto de forma oficial con cursos, como de forma autodidacta de forma virtual (ver evidencias de cursos en las Ilustración 76, Ilustración 77, Ilustración 78, Ilustración 79 e Ilustración 80 del Anexo A) . Cabe destacar también que el contacto con el día a día de la operativa en campo y nutriendo el estudio con la experiencia de campo de operadores y supervisores hizo que luego de este periodo los conocimientos y habilidades (tanto técnicas como organizativas, de gestión y liderazgo) se incrementaran notablemente.

1.2 Objetivos

Elaborar un informe que evidencie el crecimiento profesional en base a las tareas realizadas y experiencia obtenida, desempeñándome como Ingeniero de mantenimiento eléctrico dentro de la empresa YPF S.A en el periodo de 18 meses.

Para cada caso expuesto en este documento, la intención es resolver distintos tipos de problemas de diferente índole, ya sea la elaboración de pliegos y proyectos para tratar a mediano/largo plazo un desvío de seguridad, ayudar a resolver una falla en campo, elaborar informes para determinar el origen de una falla y evitar su repetición, realizar relevamiento técnico de los equipos eléctricos, o bien, elaborar una propuesta para solucionar un problema repetitivo.

Cabe destacar, que el tratamiento de cada problema/caso, es tratado siempre cumpliendo con todos los requerimientos y normativas de la empresa y legales. En ellos se tuvo en cuenta

tener presente todas las normas de seguridad e higiene laboral, resolver criteriosamente un evento, y todo esto en un marco de respeto y cuidado hacia las personas y el medioambiente.

Si bien los objetivos específicos de cada caso pueden variar uno de otro, la línea es la misma para todos y se desarrollará en cada caso particular durante este documento.

1.3 Descripción de la Empresa

YPF es la principal compañía energética de la Argentina, con posición de liderazgo en toda la cadena de valor de petróleo y gas en el país (producción, refinación y venta de combustibles). Cuenta, además, con un negocio creciente en generación de electricidad y renovables, así como una empresa enfocada en innovación y nuevas energías.

Datos generales de la empresa:

Dirección: M. Güemes 515 , CABA (1106)

CUIT: 30-54668997-9)

Teléfono: 0800-1222-973

Sitio web oficial: <https://www.ypf.com/>

Link LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/ypf-s-a-/>

Link Facebook: <https://www.facebook.com/YPFoficial>

Link Instagram: <https://www.instagram.com/ypfoficial/?C=todo-sobre-ypf>

Dentro de la empresa, nos ubicaremos en la industria del Oil & Gas y dentro de lo que se denomina UPSTREAM, el cual es el término dentro de esta industria que hace referencia a todo el proceso inicial que involucra las tareas de búsqueda de potenciales yacimientos, perforación y explotación de los pozos que llevan el petróleo crudo o el gas natural hasta la superficie, y que junto con el MIDSTREAM y el DOWNSTREAM constituyen la división de los 3 grandes sectores de la industria.



Ilustración 1: fases de la industria Oil&Gas.

<https://www.7puentes.com/blog/2020/03/10/industria-oil-and-gas-como-las-tecnicas-de-machine-learning-agregan-valor/>

Ya dentro del UPSTREAM de YPF, nuestras tareas se desempeñan más precisamente en el sector de MANTENIMIENTO E INTEGRIDAD del negocio, de donde se desprende el subsector de Ingeniería de Mantenimiento (IDM) que trabaja de forma transversal para distintos activos de la compañía dentro del mismo negocio. Para dar más precisión nos ubicaremos dentro del negocio Loma La Lata ubicado en el centro-sur de la provincia de Neuquén (ver Ilustración 2).



Ilustración 2: Ubicación de los yacimientos dentro de la provincia de Neuquén

Nuestra labor dentro de la compañía se desarrolló bajo el puesto de Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico, con jornadas laborales de 9hs por día, de lunes a viernes, con una modalidad de trabajo híbrida asistiendo a los yacimientos de trabajo al menos 3 días a la semana, y con el fin de garantizar siempre la integridad de los activos de la empresa, haciendo foco en los equipamientos eléctricos de la misma. En la Ilustración 72 del Anexo A se puede ver el organigrama actual de la empresa y nuestra posición dentro de la compañía.

1.4 Descripción de las tareas/trabajos realizados:

Las principales tareas de un Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico en el subsector de Ingeniería de Mantenimiento (IDM) dentro de la empresa YPF S.A. son:

- i. Analizar y determinar la criticidad de los módulos funcionales.
- ii. Diseñar y mantener actualizados los documentos que soportan los estándares del proceso “Gestionar Mantenimiento Upstream”.
- iii. Diseñar y mantener actualizados planes de mantenimiento y rutinas estándares de ejecución de su especialidad.
- iv. Realizar análisis de fallas/causa raíz de los equipos de su especialidad.
- v. Contribuir como referente técnico.
- vi. Contribuir con la formulación del presupuesto anual del sector.
- vii. Realizar seguimiento y asistir al personal operativo en la implementación de nuevas tecnologías, metodologías y procesos.

- viii. Identificar y gestionar las necesidades de formación de los Supervisores y Ejecutantes de la especialidad.
- ix. Realizar Auditorías de los Sistemas de Gestión de Integridad y Mantenimiento a proveedores/ servicios contratados.
- x. Coordinar y participar en los procesos de identificación de necesidades de compras.
- xi. Participar en actividades para la elaboración y revisión técnica de criterios de contratación, pliegos de condiciones, especificaciones técnicas, y otros documentos necesarios para la contratación de servicios externos.

En este informe se pretende dejar constancia de alguna de las tareas vinculadas a las responsabilidades del puesto, que fueron tratadas y documentadas, en donde se contemplan 1 o más puntos de los detallados anteriormente. En estas tareas se realizaron informes técnicos, se auditaron procedimientos, se asistió en campo técnicamente a los operadores/supervisores, se desarrollaron pliegos técnicos como así también se confeccionaron proyectos con análisis técnicos-económicos, se revisaron condiciones de seguridad de los equipos, o también se propusieron mejoras a los sistemas existentes.

A continuación, se comenzará a detallar cada tema de forma individual, proponiendo un pequeño marco teórico, para luego detallar las tareas realizadas y los resultados obtenidos.

2 Proyecto Resolución 900/15

2.1 Introducción

En base a lo establecido en la RES900/15, se realiza un relevamiento de todas las tareas/documentos que se ejecutaron hasta el momento, se revisaron los procedimientos como así también reglamentaciones vigentes, para comenzar un plan de remediación de los sistemas de puesta a tierra, a fin de verificar el grado de cumplimiento con los estándares establecidos por la resolución y por la empresa.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Puesta a tierra

Es un conjunto de elementos, interconectados eléctricamente entre sí y vinculados con la tierra mediante diferentes tipos de electrodos, cuya finalidad es drenar corriente a tierra, y que, junto con otros elementos de protección, conforman un sistema de puesta a tierra destinado a proteger a las personas de los efectos dañinos de la corriente eléctrica.

En función de tipo de sistema de PAT con el que cuente la instalación, se procederá a medir la resistencia de PAT (Sistema de TT) o impedancia la lazo para sistemas TN-S (o IT para la 2da falla).

2.2.2 Esquemas de conexión de neutro

Los esquemas de conexión a neutro o ECT (esquemas de conexión a tierra) definen la “Clasificación según la conexión a tierra de las redes de alimentación y de las masas eléctricas de las instalaciones eléctricas consumidoras” y se identifican de acuerdo con lo indicado en la reglamentación AEA 90364-7-771, en general, con dos letras: TT, TN e IT. Hay variaciones en los sistemas, en los que una identificación admite una letra adicional que se incorpora a la definición principal separándola de la misma con un guion. Así se tienen los esquemas TN-C, TN-S y TN-C-S. A continuación, se detallan los principales esquemas utilizados:

Esquema de Conexión a Tierra TN-S

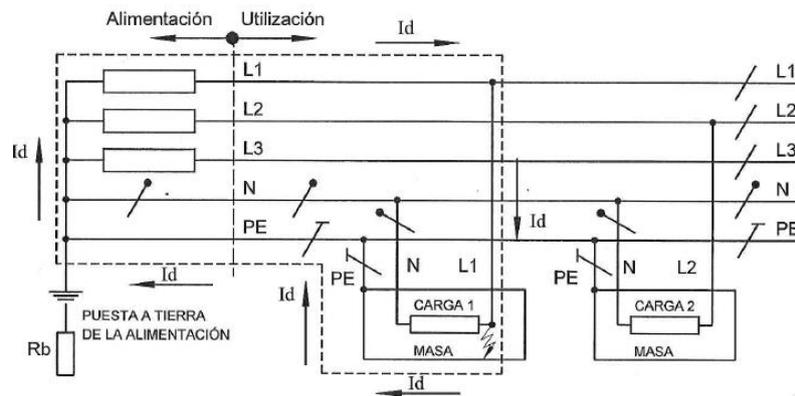


Ilustración 3: Esquema TN-S de conexión a tierra

Tanto Neutro de la alimentación (Rb: Puesta a tierra de servicio) como las carcassas y las masas extrañas están vinculadas rígidamente a tierra en un mismo punto (ver Ilustración 3). Sus principales características son:

- Tanto la fase L1, L2 y L3 como el conductor de neutro N, pueden seccionarse en donde se lo requiera.
- El conductor de tierra PE recorrerá toda la instalación y NO podrá seccionarse bajo ningún concepto.
- En caso de una falla de aislación la corriente de falla “ I_d ” circula por “cobre”, a través del denominado lazo de falla.
- Por lo general estos esquemas de PAT aseguran una elevada corriente de falla
- La desconexión automática de la alimentación en caso de falla puede efectuarse mediante dispositivos de corriente diferencial o dispositivos de protección contra sobrecorrientes (Interruptores automáticos, fusibles)

Esquema de Conexión a Tierra TT

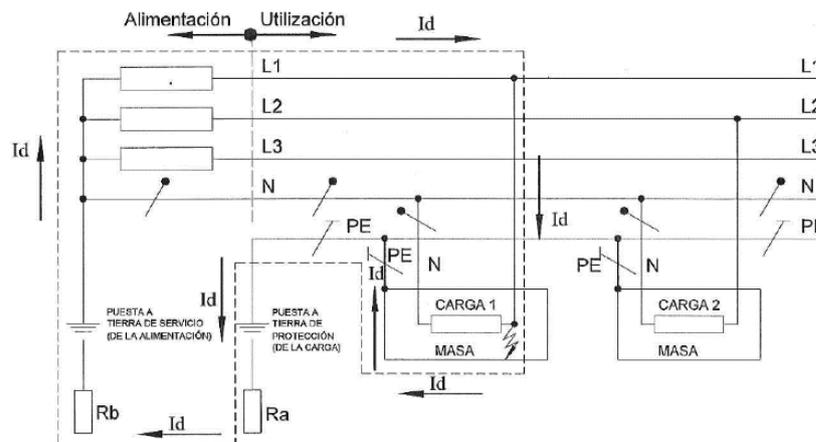


Ilustración 4: Esquema TT de conexión a tierra

El neutro de la alimentación se conecta a tierra (R_b : Puesta a tierra de servicio) de manera independiente al resto del sistema de puesta a tierra, sobre el cual se conectan las carcassas y las masas extrañas (R_a : Puesta a tierra de protección), para que el sistema sea considerado TT la distancia entre R_b y R_a como mínimo debe ser de 10 veces el radio equivalente de la jabalina de R_b (ver Ilustración 4). Sus principales características son:

- Tanto la fase L1, L2 y L3 como el conductor de neutro N, pueden seccionarse en donde se lo requiera.
- El conductor de tierra PE recorrerá toda la instalación y NO podrá seccionarse bajo ningún concepto y NO está vinculado a la puesta a tierra de servicio
- En caso de una falla de aislamiento la corriente de falla " I_d " circulará por "tierra".
- Por lo general estos esquemas de PAT generan bajas corrientes de falla
- La desconexión automática de la alimentación en caso de falla solo debe efectuarse mediante dispositivos de corriente diferencial.

Esquema de Conexión a Tierra IT

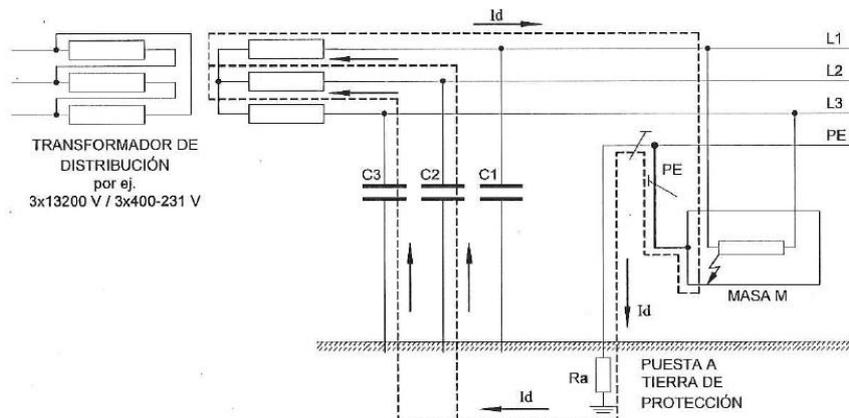


Ilustración 5: Esquema IT de conexión a tierra

El neutro de la alimentación NO está conectado a tierra (aislado) o podría estarlo a través de una impedancia elevada. Las masas y las masas extrañas estarán vinculadas entre sí y conectadas a tierra (ver Ilustración 5). Sus principales características son:

- Neutro aislado de tierra
- No se recomienda distribuir en neutro, en caso de hacerlo de deberá asegurar su aislación de tierra en todo su recorrido
- Tiene la ventaja de la continuidad del servicio
- Se requiere el empleo obligatorio de un monitor permanente de aislación.
- Si se produce la primera falla de aislación, esta debe identificarse y subsanarse.
- Luego de producida la primera falla y hasta tanto no se restaure la condición original del sistema, este se comporta como un sistema del tipo TN-S.

2.2.3 Lazo de falla

El lazo de falla es el circuito eléctrico cerrado que interviene durante falla en una instalación eléctrica, y su medición resulta de gran valor al momento de evaluar el estado de esta, y la apropiada selección de sus protecciones.

Cuando un lazo de corriente está protegido por dispositivos de protección de sobrecorriente, (interruptores automáticos o fusibles), debe medirse entonces la impedancia del

lazo de falla (Z_s). Esta impedancia de falla debe tener un valor relativamente bajo como para permitir la interrupción del circuito por medio de la actuación del dispositivo de protección instalado, siempre dentro del intervalo de tiempo establecido por la norma.

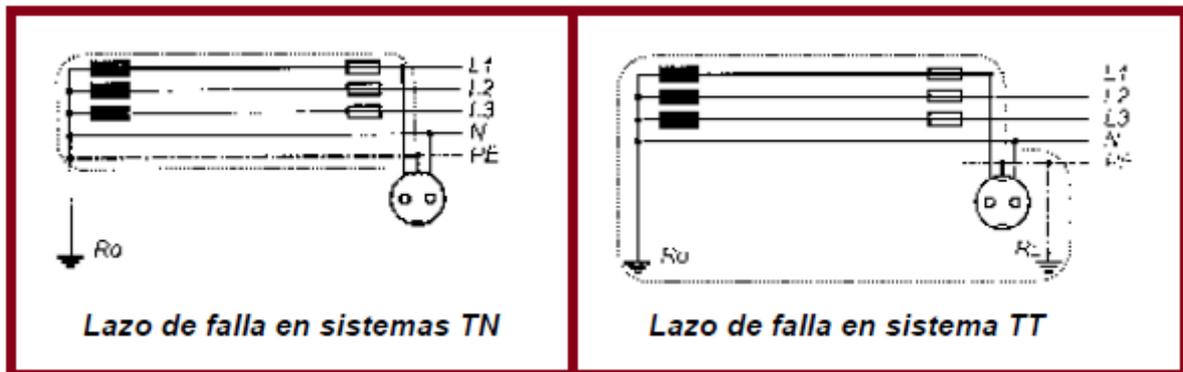


Ilustración 6: Lazos de falla en sistemas TN y TT

La impedancia del lazo de falla en sistemas TN está compuesta por las siguientes impedancias parciales:

- La Impedancia del secundario del transformador de distribución.
- La resistencia del conductor de fase desde el transformador al punto de la falla.
- La resistencia del conductor de protección desde el punto de la falla hasta el transformador.

La impedancia del lazo de falla en sistemas TT está compuesta por las siguientes impedancias parciales:

- La Impedancia del secundario del transformador de distribución.
- La resistencia del conductor de fase desde el transformador de potencia a la situación de la falla.
- La resistencia del conductor de protección desde la situación de la falla al electrodo de puesta a tierra.
- La Resistencia de Tierra R_E .
- La resistencia del electrodo de puesta a tierra R_E hasta el transformador de potencia.
- La Resistencia del sistema de puesta a tierra del transformador de potencia (R_o)

2.2.4 Resolución 900/15

El 28 de abril de 2015 la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) publicó en el Boletín Oficial una nueva Resolución, la N°900 (Res. SRT 900/2015) denominada “Protocolo para la Medición del valor de puesta a tierra y la verificación de la continuidad de las masas en el Ambiente Laboral” (Protocolo de PAT) con fecha de vigencia a los treinta días hábiles posteriores a la fecha de su publicación en el Boletín.

El objetivo de la Res. SRT 900/2015, es verificar el real cumplimiento de las condiciones de seguridad de las instalaciones eléctricas frente a los riesgos de contacto indirecto a que pueden quedar expuestos los trabajadores. Dado esto, el protocolo estandarizado de medición y verificación exige mediciones confiables, claras y de fácil interpretación.

Interpretación de la Res. 900/2015.

Art. 1° .Da carácter obligatorio a la medición de puesta a tierra y verificación de la continuidad de las masas en el ambiente laboral.

Art. 2°.Tendrán una validez de 12 meses los valores de la medición de PAT y verificación de la continuidad de las masas cuyos datos se manifiesten en el Protocolo aprobado por la Res. 900/15.

Art. 3°.Ante el incumplimiento de los valores de la Reglamentación AEA en referencia al protocolo para la medición del valor de Resistencia de PAT o falta de Continuidad de las masas, se deberá elaborar un plan de acción para adecuarse a lo especificado.

Art. 4°. Se debe controlar periódicamente el adecuado funcionamiento de los dispositivos contra los contactos indirectos por corte automático de la alimentación. Se aconseja la prueba con frecuencia mensual de los dispositivos, para verificar su funcionamiento mecánico.

2.3 Metodología y Desarrollo

En primera instancia fue necesario conocer el estado actual de las instalaciones, experiencia y capacidades de los operadores, como así también el contenido de los entregables de las empresas contratadas para las tareas de medición. Para ello se comenzó un proceso de auditorías a las empresas contratistas en donde se evaluaron las metodologías utilizadas y se comenzó a elaborar un proyecto que permitiera avanzar con las mejoras. Este proyecto se dividió en 4 partes centrales:

- Medición de PAT
- Prueba de Protecciones
- Confección de los documentos del protocolo RES900/15
- Adecuaciones de PAT

El proceso de trabajo en este caso consistió en comenzar con auditorías a las empresas que realizaban los trabajos, relevar las tareas y detectar desvíos en las mismas. Por último, estudiar los procesos y normativas, como así también especializarse técnicamente en el tema para luego poder abordar las mejoras y lograr una evolución en las tareas que inicialmente se estaban realizando.

2.3.1 Medición de PAT

De las auditorías a las empresas que se encontraban realizando mediciones bajo RES900/15 fueron surgiendo distintos puntos a tratar que se fueron viendo en conjunto con las empresas y corrigiendo:

-Medición de todos los puntos de PAT de una instalación: Una de las empresas realizaba las mediciones de PAT punto por punto y demoraba semanas en medir plantas enteras de +300 puntos de PAT. Se habló con el encargado de las mediciones a fin de que se pudieran acoplar al procedimiento interno de la empresa donde se especificaba que, midiendo un punto central de referencia y luego garantizando continuidad ($<1\Omega$) entre este punto y el resto, se podía garantizar cumplimiento de los valores de PAT acorde a la normativa (caso de no tener

continuidad se detallaba ese punto perteneciente a otra malla y se repite el procedimiento de medición de continuidad con los puntos adyacentes.

-Distancia de jabalinas en medición por caída de potencial: Se notó que una de las empresas ponía la jabalina mas alejada (electrodo de corriente) a unos 5 metros de distancia (ver Ilustración 7), y otra hacía cada medición ubicando el electrodo de corriente a 100metros de distancia o lo máximo que le permitiera la topología y vegetación del terreno.



Ilustración 7: Medición de PAT por método caída de potencial con jabalina mas alejada a unos 5mts aproximadamente.

Luego de estudiar el tema se conversó con ambas empresas y se les explicó que lo ideal es:

i. Tomar como distancia mínima de la jabalina más alejada 10 metros (cuanto más lejos mejor, y si bien se considera aconsejable en algunos documentos a partir de los 50 metros, no necesariamente se necesitan 100m y no necesariamente una medida a 10m estaría errada)

ii. Para saber si el valor se puede tomar como verdadero lo importante es verificar si el valor medido varía al cambiar de lugar la jabalina del medio (electrodo de potencial), ya que si bien se suele conectar al 62% de la distancia del electrodo de corriente, al ir acercando el electrodo de potencial al de corriente (al 70%, al 75%, etc), la resistencia medida no debería variar y en ese caso la medición es aceptable, pero sí en cambio la medición si varía, la misma está dentro de la zona de influencia y deberíamos alejar más la jabalina de corriente y repetir el proceso. Ver Ilustración 8 de referencia.

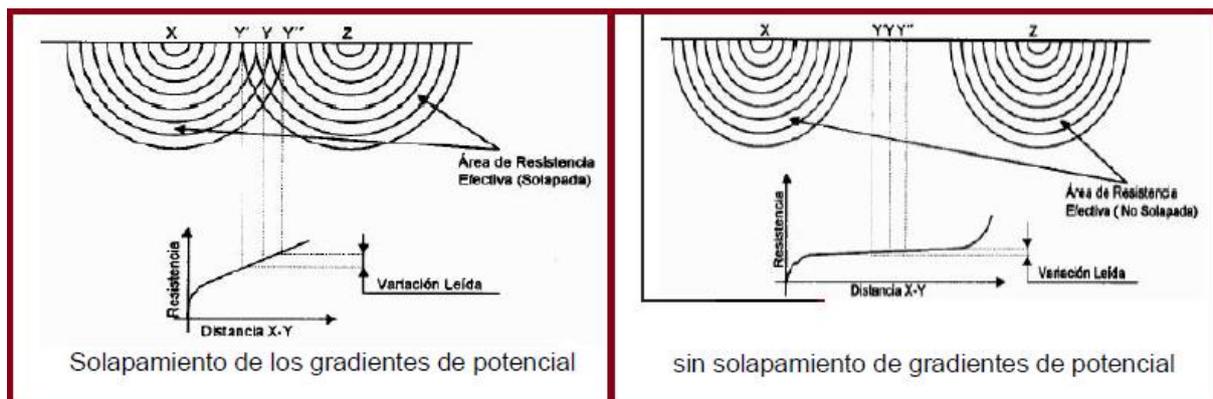


Ilustración 8: Efecto del gradiente de potencial con y sin solapamiento en electrodos de PAT

-Desconexión de PAT para la medición de continuidad: Se observó que una de las empresas incluía en su procedimiento la desconexión del total de los puntos de la planta para medir la continuidad entre puntos, dado que explicaban que con eso evitaban una confusión por continuidad entre puntos por una estructura metálica. Ante esto, y luego de analizar el tema, se les indicó que la desconexión no era necesaria, que solo era cuestión de elegir adecuadamente el punto de referencia y así evitar una confusión por continuidad entre estructuras metálicas (además de que los valores en OHM deberían ser distintos).

2.3.2 Pruebas de Protecciones

Durante las auditorías de los ensayos a las protecciones se observó que la empresa además de ensayar los tiempos de actuación de los Interruptores Diferenciales (solicitado por las RES900/15), nos exponía que “ensayaban los interruptores termomagnéticos” realizando el ensayo del telurómetro Zloop en ellos. Esto se realizaba en el 100% de las instalaciones. De esto se desprendieron 2 cuestiones:

- i. En los informes acusaban que cuando ensayaban algunas termomagnéticas, los Diferenciales se accionaban y no podían realizar la medición (ver imagen 1 del Anexo B). Ante esto y estudiando el manual del instrumento se determinó que era un problema en la utilización de este, ya que este cuenta con 2 ensayos de Impedancia de bucle y para cuando hubiera diferenciales de 30mA aguas arriba de los termomagnéticos, hay que usar el ensayo “Zs RCD” (en lugar del “Zloop”). Ver imagen 2 del anexo B.
- ii. Por otro lado, se notó que en el 100% de las instalaciones medían los tiempos disparo de los ID, como así también las impedancias de lazo de todos los ITM. Al estudiar el tema se determina que si es un esquema TT (en donde la protección es exclusiva de ID), la protección por contactos indirectos se realiza exclusivamente mediante los ID y es lo único que se debería ensayar. Sin embargo, la medición del lazo de falla solo sería necesario cuando el esquema de conexión a neutro sea TN-S y la protección se realice mediante ITM (verificando luego si el ITM verifica la desconexión ante un contacto indirecto según los tiempos de la AEA)

2.3.3 Confección de los documentos del protocolo RES900/15

Se revisaron los documentos brindados por las empresas que realizaban el servicio y se fueron detectando y corrigiendo desvíos respecto a lo que pide la RES900/15 y lo que presentaban, ya que, si bien en algún caso ellos entregaban un informe mucho más completo

que lo que pedía la RES900/15, no se estaba cumpliendo con lo que la misma solicita. Este proceso se fue realizando por correos electrónico mostrando ejemplos de lo que necesitábamos y realizando distintas reuniones de forma virtual.

Por otro lado, se elaboró una planilla de seguimiento en donde parte de la información se descargaba de forma automática y otra parte se fue cargando a mano, para poder controlar la presentación de la documentación por parte de la empresa, dado que se fueron detectando casos en donde hasta 6 meses después de las mediciones aún no contábamos con los informes (ni tampoco los informaban como pendientes).

Por último, se notó que en algunos casos las protecciones no se ensayaban dado que dichas pruebas las realizaban efectuando un paro general de la planta, y estos no era posible en el 100% de las instalaciones del negocio. Ante esto se revisó el procedimiento, los riesgos asociados a la seguridad de las personas y operatividad de la planta, y luego de hablarlo con los distintos sectores (PRODUCCIÓN, PLANTAS, PROCESOS, MANTENIMIENTO) se terminó que no era necesario detener en funcionamiento la instalación para realizar estas pruebas, y solo era necesario verificar antes que los sistemas de UPS funcionen adecuadamente y revisar los unifilares previo a las tareas. Finalmente se comenzaron a realizar las mediciones de las protecciones durante los días de medición de continuidad de las masas y/o PAT con la asistencia de una cuadrilla eléctrica conocedora de los circuitos (además de proveyéndoles un plano unifilar de la instalación). Ver Ilustración 73 de la evidencia del correo que inició el proceso formal por varios temas de los mencionados.

2.3.4 Adecuaciones de PAT

Esta parte una de las más importantes en este proyecto, ya que era la única parte que no se estaba realizando hasta el momento, dado que el protocolo de la RES900/15 te exige una

medición anual y un plan de acción para atacar los desvíos, pero no exige la corrección de estos en un plazo de tiempo determinado.

Ante esto, se trabajó en recolectar la información de los informes de las 60 instalaciones en nuestro negocio, se elaboró un documento con datos y proyecciones de tiempo y costo estimado de la necesidad que teníamos respecto a las adecuaciones y se vio la necesidad de adquirir más recursos, ya que con los actuales no se podía afrontar dichas tareas que en algunos casos requieren de obras de gran envergadura.

Durante todo el año se trabajó en el proyecto llegando a la aprobación del dinero pertinente por parte de la empresa, dado que al ser una necesidad legal no dudaron en acceder. Con esto durante el 2023 se consiguió comenzar a adecuar algunas de las instalaciones. Una de las premisas a tener en cuenta es que, para poder ser más eficientes en cuanto a la seguridad de los trabajos, se decidió separar los tipos de adecuaciones según su prioridad en base al riesgo que ocasionaban para las personas (ver imagen 3 del anexo B de cuadro de prioridades establecidas), fue así que durante el 2023 se adecuaron los puntos de prioridades 1 de 7 instalaciones del negocio.

Durante el proceso de adecuaciones no solo tuvimos que realizar relevamientos previos a las tareas para constatar con la información de los informes obtenidos en 2022, sino también tuvimos que encargarnos de conseguir materiales para todas las tareas y de ir supervisando los avances de estas. Ver Ilustración 9 de alguno de los trabajos de adecuaciones supervisados.



Ilustración 9: Trabajos de adecuaciones de Puesta a tierra

El proyecto que se presentó a la empresa tiene un tiempo estimado de 8 años, con lo cual queda aún mucho trabajo pendiente hasta poder cumplir con el 100% de los puntos en condiciones para tener las instalaciones óptimas bajo la res900/15. Ver evidencia Ilustración 74 de la aprobación del proyecto).

2.4 Resultados

Durante el año 2023 se trabajó mucho en los temas de Puesta a Tierra, logrando no solo mejorar/optimizar las tareas que se venían llevando a cabo, especializarnos en el tema, sino también llevar adelante un proyecto para comenzar a realizar los cambios de mejoras necesarios para cumplir la reglamentación vigente. El trabajo dejó mucho aprendizaje y también algunas propuestas de mejoras para seguir trabajando en el tema los años posteriores.

3 Análisis de Falla – Fusible Bomba Despacho en Estación de Bombeo

3.1 Introducción

Ante un evento de paro de bomba de despacho, se observa el fusible quemado y se comienza investigación y mitigación del problema.

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Arranque de motores trifásicos de inducción

3.2.1.1 Fundamentos básicos del motor de inducción

El motor de inducción es el motor de mayor uso en la actualidad para la industria. El motor consta de un estator y un rotor, montado este último sobre cojinetes y separados del estator por un entrehierro. Existen dos tipos de motores a inducción: rotor bobinado y tipo jaula de ardilla.

El principio de funcionamiento de estos motores se basan en una corriente alterna que alimenta los devanados del estator y éstos crean campos magnéticos que inducen corrientes en los devanados del rotor. Esto establece una fuerza magnetomotriz (fmm) rotórica que resulta en una onda de flujo de magnitud constante rotando a velocidad constante, conocida como velocidad sincrónica. Esta velocidad sincrónica es fijada por dos parámetros.

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

Donde: f es la frecuencia de la fuente, P el número de polos, y N_s la velocidad de sincronismo

El motor de inducción gira a la velocidad del eje N_r que es menos que la velocidad del sincronismo N_s . La diferencia de estas velocidades es conocida como deslizamiento s .

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

3.2.1.2 Métodos de arranque de motores trifásicos de inducción

Según Bolaños/Portilla (2002), “el objetivo principal de cualquier sistema de arranque que sea utilizado por el motor será que durante la fase de arranque se desarrolle un par suficiente y pueda acelerar desde cero hasta la velocidad nominal y en un determinado tiempo, la carga con la que está acoplado.

La selección del tipo de arranque a utilizarse es determinada fundamentalmente por el par resistente y el momento de inercia de la carga acoplada al motor eléctrico.

Otro factor de alta relevancia y muy importante de ser considerado, es el valor alcanzado por la corriente de arranque. Para un motor de inducción arrancando a voltaje nominal, el valor de la corriente es del orden de 4 a 8 veces la corriente del motor a plena carga; y aunque puede ser de corta duración, producirá sobrecargas en la línea y consecuentemente caídas de voltaje muy incidentes en la red.

Estas corrientes por si solas no perjudican al motor, siempre y cuando no se mantengan durante mucho tiempo, pero si pueden ocasionar caída de tensión en la red principal, que a la vez pueden dar lugar a un gran choque en la máquina accionada en el momento del arranque. Por este motivo es mucho mejor efectuar el arranque del motor a tensión reducida, con el objeto de reducir la intensidad absorbida en el momento del arranque en la misma proporción.”

Existen distintos tipos de arranques, que en este caso solo mencionaremos los más utilizados:

- Arranque DIRECTO
- Arranque por AUTOTRANSFORMADOR
- Arranque ESTRELLA-TRIANGULO
- Arranque con ELEMENTOS DE ESTADO SÓLIDO

3.2.1.3 Arrancador suave

El arrancador suave es un tipo de arranque electrónico que se basa principalmente en elementos de estado sólido. A través del arranque electrónico podemos obtener un importante aumento de la vida útil de todas las partes mecánicas involucradas, con el consiguiente ahorro de repuestos y tiempos de parada de mantenimiento.

Estos arrancadores están equipados con un control de ángulo de fase manejado por un microprocesador para el arranque y parada suaves. De esta forma se varía solamente la tensión del motor; la frecuencia es constante y corresponde siempre a la de la red. Durante el arranque, al motor se le entrega una tensión reducida, por lo cual se reduce el par del motor en forma cuadrática, y dado que también la corriente se mantiene aproximadamente lineal a la tensión, el motor arranca suavemente.

El resultado final de este proceso, será una considerable disminución de las exigencias sobre el motor, la máquina accionada y la red. En la Ilustración 10 se puede observar la comparación de corrientes de arranque vs tiempo este método comparado con otros.

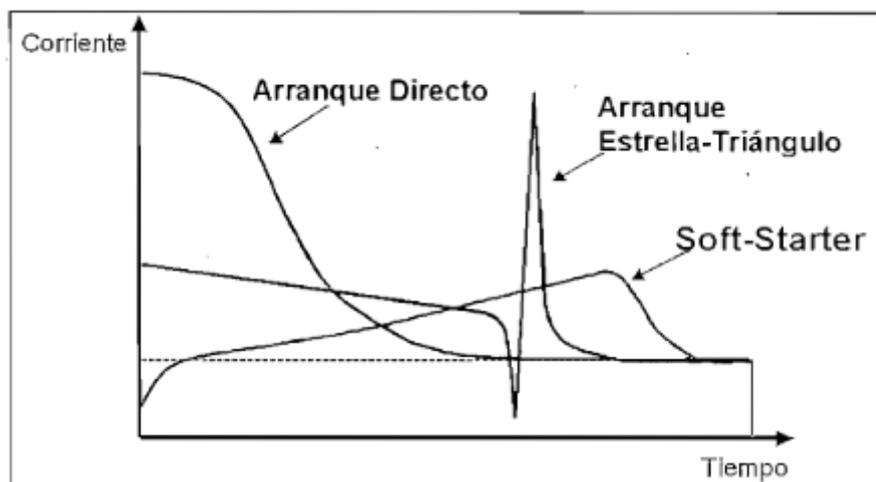


Ilustración 10: Comparativo I vs t según tipos de arranques

Según Bolaños/Portilla (2002), “cuando se quiere arrancar motores de gran potencia y ahorrar pérdidas en servicio permanente en los elementos estáticos de potencia es recomendable

usar contactor de by-pass, dado que por un lado se ahorran las pérdidas de potencia de los tiristores, y por otro lado el aprovechamiento de las partes de potencia es mucho más alto, ya que tras el arranque pueden enfriarse rápidamente hasta la temperatura ambiente.”

Una de las aplicaciones más comunes para estos arrancadores suaves es en bombas, en donde la corriente de arranque es reducida en aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal y la rampa de desaceleración reduce drásticamente las subidas de presión en la desconexión de la bomba.

3.2.2 Protección contra sobreintensidades

Todo circuito debe estar protegido contra los efectos de las sobreintensidades (es decir, contra corrientes superiores a las previstas para dicho circuito) que se puedan producir en el mismo.

Las sobreintensidades pueden ser debidas a varias causas que podemos englobar en las sobrecargas y los cortocircuitos.

3.2.2.1 Sobrecargas

Una sobrecarga se produce en un circuito cuando por él circula una corriente superior a su intensidad nominal o asignada (máximo valor eficaz de la intensidad admisible en el circuito) sin que exista un defecto de aislamiento.

Según Pozueta/Aranda, “de forma convencional se puede considerar como sobrecarga a una sobreintensidad de valor entre 1 y 10 veces la intensidad asignada de la instalación, aunque normalmente las sobrecargas suelen ser inferiores al doble de la corriente asignada.

Una sobrecarga produce un calentamiento anormal del circuito lo que eleva su temperatura. Por lo tanto, esta puede alcanzar valores peligrosos en los cuáles se empiezan a deteriorar los

aislantes. Esto reduce la vida de estos aislantes e incluso puede acabar provocando su destrucción.”

3.2.2.2 Cortocircuitos

Se produce un cortocircuito cuando se origina accidentalmente una conexión de baja impedancia entre dos puntos de un circuito entre los cuáles existe una diferencia de potencial, lo cual origina la circulación de una corriente muy elevada.

Los cortocircuitos suelen estar originados principalmente por fallos de aislamiento en el circuito o por avería o conexión incorrecta de los receptores conectados a dicho circuito.

Según Pozueta/Aranda, “las corrientes de cortocircuito son más elevadas que las de sobrecarga y producen un aumento muy rápido de la temperatura en los conductores del circuito. En este caso enseguida la temperatura empieza a alcanzar valores peligrosos (en fracciones de segundo o en pocos segundos). Además de los efectos térmicos, los cortocircuitos producen efectos electrodinámicos. En efecto, al circular las elevadas corrientes de cortocircuito por los conductores, los cuáles suelen estar colocados próximos entre sí, aparecen inmediatamente entre ellos fuerzas mecánicas de atracción o de repulsión. Estas fuerzas son debidas al campo magnético que generan dichas corrientes y pueden llegar a tener un valor muy elevado, pudiendo deformar los conductores cuando éstos son rígidos (barras de conexión) y provocar su deterioro.

Por lo tanto, un cortocircuito es peligroso para una instalación prácticamente desde el mismo momento de su inicio, por lo que la protección contra cortocircuitos debe actuar lo más rápidamente posible.”

3.2.2.3 Fusible

Un fusible es una protección basada en la fusión de un conductor cuando la corriente que lo recorre es superior a su intensidad asignada, y está diseñada para proteger contra sobrecargas.

Los fusibles se presentan en forma de cartuchos que se colocan sobre una base soporte adecuada y que deben ser sustituidos tras su fusión. Suelen disponer de un elemento indicador de su estado para poder conocer su estado sin necesidad de medir la continuidad del mismo.

Según la norma UNE-EN 60617-7, el símbolo general para un fusible es el indicado en la Ilustración 11, y la magnitud más importante es la corriente asignada (o nominal) de un cartucho fusible (I_n), que es el valor de la corriente que el cartucho fusible es capaz de soportar de manera



Ilustración 11: símbolo fusible según UNE-EN

continua sin fundirse en unas condiciones normalizadas. De esta forma, el fusible sólo actuará si se supera dicha corriente. Sus valores normalizados son: 2, 4, 6, 8, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 A.

Los fusibles se pueden clasificar según su curva de fusión mediante dos letras (ver Ilustración 12). La primera letra indica la zona de corrientes previstas donde el poder de corte del fusible está garantizado. La segunda letra indica la categoría de empleo en función del tipo de receptor o circuito a proteger.

CLASES DE CURVAS DE FUSIÓN		
1ª Letra	g	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir todas las corrientes desde su intensidad asignada (I_n) hasta su poder de corte asignado. Cortan intensidades de sobrecarga y de cortocircuito
	a	Cartucho fusible limitador de la corriente que es capaz de interrumpir las corrientes comprendidas entre el valor mínimo indicado en sus características tiempo-corriente (k_2I_n en la Fig. 18) y su poder de corte asignado. Cortan solo intensidades de cortocircuito
2ª Letra	G	Cartuchos fusibles para uso general
	M	Cartuchos fusibles para protección de motores
	Tr	Cartuchos fusibles para protección de transformadores
	B	Cartuchos fusibles para protección de líneas de gran longitud
	R	Cartuchos fusibles para la protección de semiconductores
	D	Cartuchos fusibles con tiempo de actuación retardado

Ilustración 12: Clases de curvas de fusión de un fusible

3.2.2.4 Fusibles Clase aR – Ultrarrápidos

Según se expresa en el documento Automatización de WEG, “los fusibles aR ultrarrápidos tienen como función la protección contra cortocircuito de semiconductores que pueden ser encontrados, por ejemplo, en dispositivos electrónicos de baja tensión como convertidores de frecuencia y arrancadores suaves. Están disponibles en dos formas constructivas:

- Con Conexiones Tipo Contacto Cuchilla (Blade Contact)
- Con Conexiones Tipo Rosca (Flush End)

Por ser de la clase aR, los fusibles ultrarrápidos no poseen protección contra sobrecargas. No pueden operar por encima de su corriente nominal, conforme es indicado en la curva tiempo vs corriente. En caso contrario, el fusible sufrirá una sobrecarga térmica que reducirá su capacidad de interrupción y su vida útil. De esta forma, para la completa protección del equipo, es obligatorio el uso de algún dispositivo complementario de protección contra sobrecarga.

Para valores elevados de múltiplos de corriente, el fusible actúa rápidamente, abriendo el circuito e impidiendo que el valor de corriente de cortocircuito presumida I_P sea alcanzado.”

3.2.3 Medición de resistencia de aislación

3.2.3.1 Generalidades

Toda instalación eléctrica o equipamiento eléctrico consta de elementos/materiales conductores destinados a facilitar la circulación de la corriente eléctrica, y materiales aislantes que se encargan de aislar a los elementos portadores de corriente eléctrica, oponiéndose a la circulación de ésta entre puntos que se encuentren a distinta tensión. Los materiales aislantes utilizados en la construcción de maquinaria/equipamiento no son perfectamente dieléctricos cuando se los somete a una tensión eléctrica, ya que se produce a través de ellos una corriente de conducción que no sigue caminos definidos, razón por la cual se la llama “corriente de dispersión”. La resistencia de aislación es un parámetro que determina la magnitud de dicha corriente de dispersión, dada una cierta tensión aplicada. Cuanto mayor sea la resistencia de aislación de un material dieléctrico (o material aislante), menor será esta corriente de dispersión a través del dieléctrico cuando este sea sometido a la tensión de funcionamiento para la cual fue fabricado. Idealmente, la resistencia de aislación debería tender a infinito, por lo cual, la corriente de dispersión debería tender a cero.

3.2.3.2 Factores que afectan la calidad aislante del material

El objetivo de medir resistencias de aislación de un equipo es constatar el estado del material aislante que separa eléctricamente las partes activas en el circuito y con respecto a tierra; esto partiendo de que las propiedades dieléctricas de los materiales aislantes se van degradando progresivamente durante la utilización del equipo en cuestión, debido a un proceso de envejecimiento natural ocasionado por el transcurso del tiempo.

A pesar de lo expuesto, este proceso de degradación se puede ver acentuado, incluso hasta el punto de provocar una falla de aislación, por una o varias de las causas siguientes:

- Calentamientos o enfriamientos excesivos.

- Daños mecánicos.
- Vibraciones.
- Polvos, suciedades, etc.
- Aceites.
- Vapores y humos corrosivos.
- Humedad originada en procesos industriales.
- Humedad del ambiente.
- Sobre tensiones eléctricas.

En base a lo desarrollado, teniendo en cuenta el papel importante que desempeñan los materiales aislantes en la seguridad de los equipos eléctricos y la posibilidad de una disminución peligrosa de su resistencia de aislación, queda evidenciada la necesidad de realizar mediciones preventivas periódicas para determinar los puntos débiles en la aislación y así evitar posibles fallas de los equipos, como también accidentes que podrían involucrar a personal humano.

Es fundamental que los resultados de estos ensayos sean registrados con el fin de tener una historia del estado de aislación de la máquina, aparato o instalación y poder compararlo en el tiempo. En la Ilustración 13 puede observarse la importancia de esto, ya que apreciamos como el equipo B con “mejor aislación”, a partir del 6to año comienza a observarse un claro deterioro de la aislación que sostiene con los años subsiguientes; y en cambio el equipo A se mantiene constante con un buen nivel de aislación durante los 10 años del historial.

Por último, es importante aclarar que la resistencia de aislación disminuye su valor en el aumento de la temperatura del aislante ensayado, con lo cual una medición es ideal realizarla estando la máquina a su temperatura de funcionamiento. Caso contrario, hay factores de corrección de temperatura para ajustar los valores obtenidos de las mediciones.

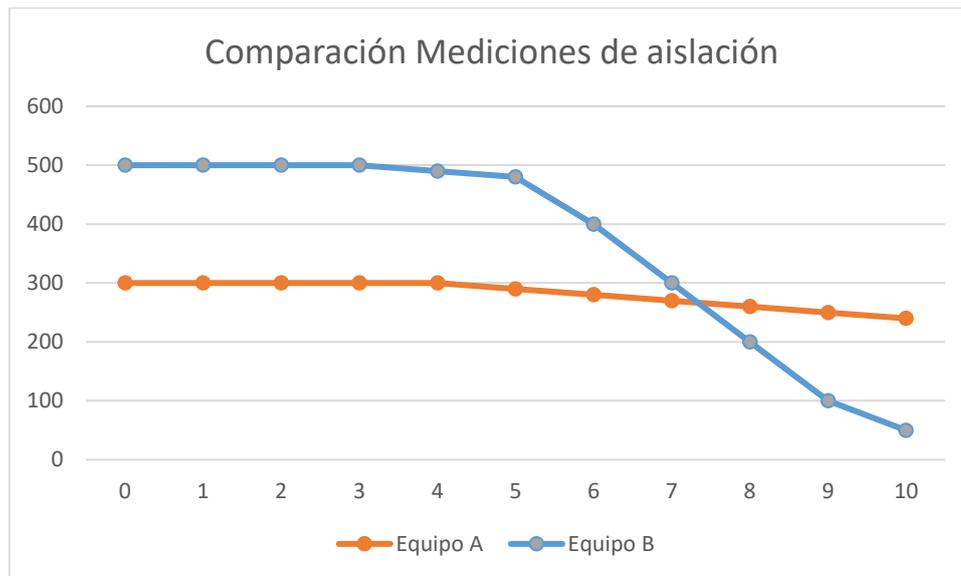


Ilustración 13: Históricos de resistencias de aislación de 2 equipos iguales

3.2.3.3 Principio de la medición del aislamiento y factores de influencia

Según expresa la Guía de la medición de aislamiento de Chauvin Arnoux Group, “la medición de la resistencia del aislamiento no es destructiva en las condiciones de prueba normales, y se basa en la ley de Ohm. Se lleva a cabo aplicando una tensión continua de magnitud inferior a la de la prueba dieléctrica y da un resultado expresado en kW, MW, GW incluso TW. Esta resistencia expresa la calidad del aislamiento entre dos elementos conductores. Su naturaleza no destructiva (puesto que la energía es limitada) hace que esta prueba sea especialmente interesante para el seguimiento del envejecimiento de los aislantes durante el período de explotación de un equipo o de una instalación eléctrica. Esta medición se lleva a cabo mediante un comprobador de aislamiento llamado también megóhmetro.”

Esta prueba sea especialmente interesante para el seguimiento del envejecimiento de los aislantes durante el período de explotación de un equipo o de una instalación eléctrica. Esta medición se lleva a cabo

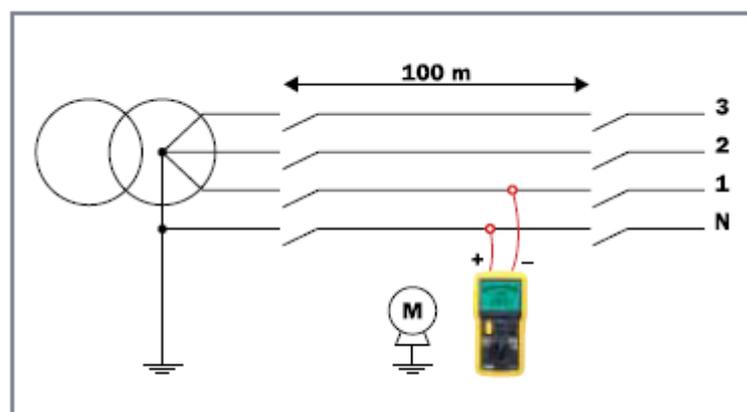


Ilustración 14: ejemplo de medición de resistencia de aislación entre la fase 1 y tierra con un megóhmetro

mediante un comprobador de aislamiento llamado también megóhmetro.”

3.3 Metodología y Desarrollo

Nos acercamos al lugar con personal eléctrico y supervisor de la zona a fin de poder recabar información del evento y dejar en servicio el bombeo nuevamente. En primera instancia se habló con personal de Planta en donde nos comentaron que se detuvo la bomba principal N°2 y como no les fue posible volver a ponerla en servicio, inmediatamente pusieron en servicio la bomba N°1, la cual operó sin problemas. Los operadores de planta además nos comentan que este tipo de problemas ya se había dado años atrás.

Con personal eléctrico especializado se comienza una revisión y se revisa dentro del tablero de comando de la bomba (ver Ilustración 15) y se encuentra un fusible quemado (ver imagen 7 del anexo B) aguas arriba del Arrancador Suave. Ante esto se procede a revisar las bornes del motor y a realizar un megado de las bobinas del motor, y por otro lado de los conductores, encontrando que estos últimos tenían una falla de aislación. A partir de este momento comienzan 2 tareas a tratar en simultáneo:

1. Cambio del cable de alimentación y reposición de fusible quemado
2. Averiguar el motivo de la falla de aislación del cable y ver si las protecciones actuaron de forma correcta.

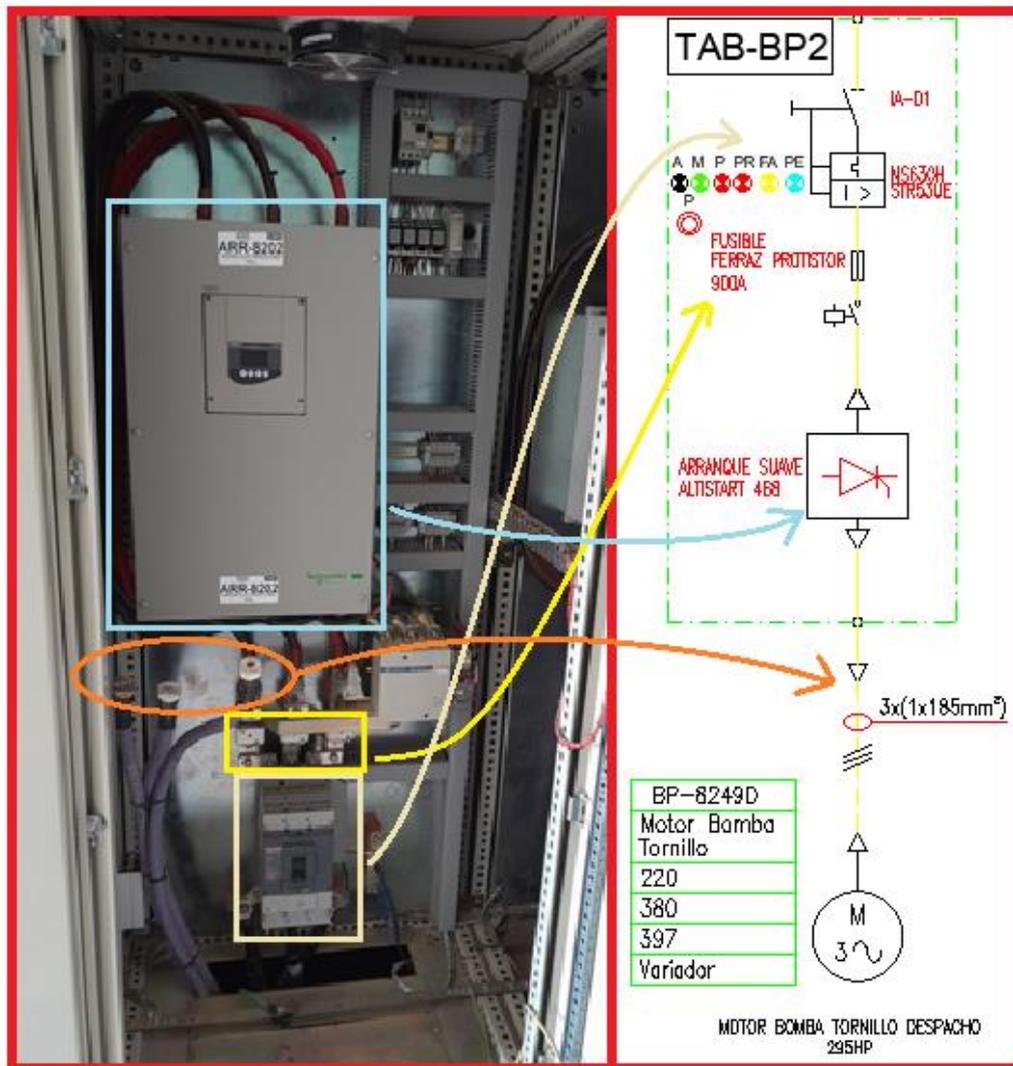


Ilustración 15: Tablero vs Unifilar

A continuación, se detallan el proceso del conjunto de tareas llevadas a cabo por el equipo de trabajo:

1. Día posterior al evento, se comenzó con la tarea de conseguir repuestos para poder cambiar el fusible y el cable con falla de aislación.
 - i. Se disponían fusibles EATON de repuesto (ver imagen 4 del anexo B) por parte de personal de MOP, pero al momento de cambiarlos se quedaron sin stock por posibles nuevos eventos.

- ii. Se consiguió en almacenes propios cable de 185mm² y terminales para las conexiones. Se identificó los códigos y se generó la reserva para retiro del material.
 - iii. Se consiguió proveedor nacional para reponer el STOCK del producto
2. Al día siguiente se comenzaron las tareas de remplazo de cables y fusibles, lo cual demoró 3 días.
3. En paralelo se comenzó investigación del evento:
- i. Por un lado, estudio del motivo de la falla de aislación del cable
 - ii. Por otro lado, estudiar la actuación de las protecciones.

Sobre este último punto es donde centraremos el desarrollo, el cual consistió en primera instancia en conocer a la perfección los equipamientos y sus conexiones. Ver imagen 5 del anexo B) para más detalles del esquema de conexión y a continuación se detalla brevemente los equipamientos:

-MOTOR: WEG de 220KW, 380V y 397A. Ver imagen 6 del anexo B de la chapa del motor.

-CONDUCTOR: 120mm²

-ARRANCADOR SUAVE: ATS 48C66Q Schneider Electric. Ver imagen 10 del anexo B del equipo.

-FUSIBLE: Ultra rápido de 900A FERRAZ. Ver imagen 7 del anexo B.

-INTERRUPTOR: Compact NS630H Schneider Electric. Ver imagen 8 del anexo B.

Ya revisado el unifilar y los componentes, se evalúa la situación de cada uno:

-CONDUCTOR: El conductor defectuoso era de 120mm² a diferencia de lo que decía el unifilar que debía ser de 185mm².

Según pudimos averiguar, este conductor tiene una Iz (corriente admisible) del orden de los 379A (si fuese XLPE), con lo cual está por debajo de la In del motor (397A) y evidentemente un sobrecalentamiento en el tiempo ha sido la principal razón de la falla de aislación.

Al retirar el conductor se pudo apreciar el deterioro de la aislación ya que la misma estaba reseca y se quebraba a medida que el mismo se retiraba. Ver Ilustración 16.



Ilustración 16: trozos de cubierta reseca del cable que produjo la falla

Por otro lado, la cámara de inspección de los conductores se encontraba llena de agua y sin los sellados de los conductos. Esto puede haber ocasionado junto con el mal dimensionado de los conductores, la falla de aislación de este. En las tapas de las cámaras, se observan unos huecos por donde quizás puede ingresar el agua. Ver Ilustración 17 del estado de la cámara.



Ilustración 17: Cámara con presencia de agua y tapa de cámara con hueco

-ARRANCADOR SUAVE: El arrancador suave en principio está apto para la aplicación y acorde a las características del motor eléctrico. Como detalle, el fabricante solicita la colocación de fusibles ultrarrápidos en caso de coordinación de tipo 2 (según IEC 60 947-4-2) para la protección del mismo. Ver imagen 9 del anexo B.

Por otro lado, creemos que debería revisarse la protección térmica de la configuración del AS contra sobrecargas, ya que ningún dispositivo de protección detectó el calentamiento del conductor.

-FUSIBLE: Actuó fusible Ultra rápido de 900A

Se revisó la selección de este fusible de 900A y el mismo es correcto para proteger el AS, según puede observarse en la imagen 11 del anexo B de una simulación que realizamos según recomendaciones de ABB. Por otro lado, verificamos la condición I^2t y confirmamos consultando a un proveedor de tableros que simuló en un software propio.

-INTERRUPTOR: 630A de corriente Nominal → NO ACTUÓ

En principio el Interruptor está configurado de la siguiente manera: I_n : 586 y I_{sd} : 3.5 kA, con lo cual entendemos que el Corto circuito fue visto antes por el fusible de muy rápida acción, lo cual es correcto dada sus características especiales para la protección del AS. Ver imagen 12 del anexo B.

Este interruptor aguas arriba del AS, se determina que solo sirve como interruptor de apertura/cierre del circuito (o backup), dadas las características configuradas y el circuito. Se podría coordinar, siempre teniendo en cuenta que debería actuar antes de la protección térmica del AS y de la protección contra CC de los fusibles que protegen al AS.

3.4 Resultados

Finalmente, la gestión fue exitosa, no solo detectándose la falla, reponiéndose los equipos averiados y detectando una mala selección del conductor principal de la bomba, sino también gestionando los repuestos necesarios para disponer ante futuros posibles fallos.

Por otro lado, se relevó la bomba N°3 y se observó estaba en la misma situación con conductores de 120mm², con lo cual se dio aviso del cambio de estos en cuanto los tiempos de las cuadrillas lo permitiesen.

Por último, se dio un resumen del evento y se compartió con los sectores intervinientes de la empresa:

- El mal dimensionamiento de los conductores generó la falla en la aislación del mismo.
- No actuó la protección térmica del AS → Revisar configuración solo para asegurar
- El agua en el recinto de inspección puede apresurar el deterioro de los conductores con el tiempo.
- El fusible actuó según lo esperado protegiendo al AS del Corto-Circuito.
- El interruptor solo trabaja como apertura/cierre de circuito.

4 Análisis de falla – Problemas en Sistema de energía con paneles solares

4.1 Introducción

Se instala sistema de respaldo de energía con paneles solares y motogenerador durante enero-23, y la primera semana de días nublados, el generador no acciona dejando el sitio sin energía, con lo cual se asiste al sitio con el equipo de la zona a solucionar el problema.

4.2 Marco Teórico

4.2.1 Generalidades

Según Orbegozo & Arivilca, “la energía solar, es la energía radiante producida por el sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

La conversión de la radiación solar en energía eléctrica se realiza por medio de celdas fotovoltaicas y su aplicación práctica se realiza a partir de sistemas solares fotovoltaicos.

El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, y así se genera una corriente eléctrica.”

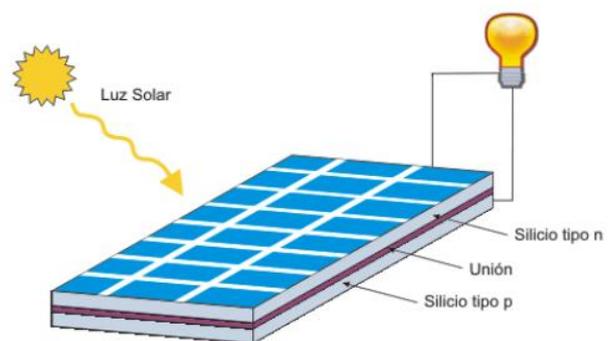


Ilustración 18: Fuente: www.textoscientificos.com

Los sistemas solares fotovoltaicos son un conjunto de equipamiento encargados de producir energía eléctrica directamente de la radiación solar. El principio básico de funcionamiento es el de absorber la radiación solar mediante un módulo fotovoltaico (o panel solar), y mediante él generar corriente continua a una tensión que normalmente suele ser 12, 24 o 48V.

La energía producida es almacenada en banco de baterías, de modo de garantizar el abastecimiento de energía cuando no se disponga de radiación solar adecuada a partir del clima o simplemente de los horarios nocturnos.

Entre las baterías y los paneles se utiliza un dispositivo conocido como “regulador de carga”, el cual se encarga de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando sobrecargas y descargas de las baterías, asegurando un uso eficiente y prolongando la vida útil de la misma.

Por último, para los casos en donde la demanda se abastece en corriente alterna, es necesario utilizar a la salida de los reguladores de carga un equipo conocido como “inversor solar” o “convertidor” el cual mediante electrónica se encarga de convertir la corriente continua en alterna.

A continuación, se detallará un poco más cada equipo del sistema.

4.2.2 Paneles solares

Los módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles solares, son los encargados de convertir la energía radiante del sol, en energía eléctrica. La eficiencia de conversión de un módulo, depende principalmente de la tecnología con la cual está fabricado. La elección de una u otra dependerá de las circunstancias de uso y los requerimientos específicos.

El material más utilizado para la fabricación de módulos solares es el silicio, y con él se pueden obtener eficiencias de conversión del orden del 18%. Este elemento es purificado y modificado químicamente para lograr las propiedades requeridas. La mayoría de los módulos fotovoltaicos que se comercializan son básicamente de alguna forma de silicio dado que presenta la mejor relación precio-rendimiento. Las tecnologías de mayor rendimiento son más costosas y tienen aplicaciones específicas como por ejemplo la industria aeroespacial.

Estos módulos se componen de unidades más pequeñas llamadas celdas fotovoltaicas, las cuales, dependiendo de la cantidad definen el tamaño del módulo (o panel). A su vez, varios paneles constituyen un

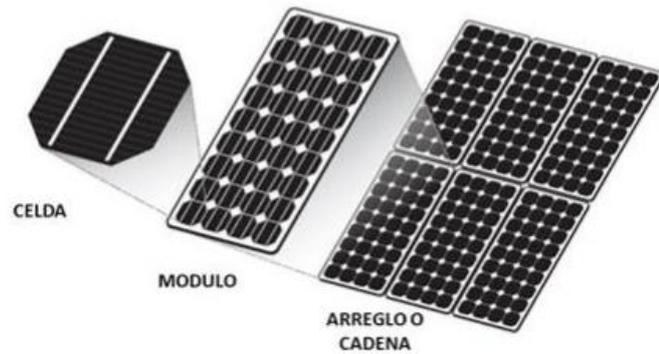


Ilustración 19: Clasificación de celda, panel y módulo en orden creciente

arreglo o una cadena dependiendo del tipo de interconexión de los módulos. Para más detalles se puede ver la Ilustración 19.

Las celdas fotovoltaicas antes mencionadas, son el corazón del panel solar, sin embargo, la composición de un módulo (o panel solar), requiere de otros materiales que garanticen una superficie sobre la cual montarse e interconectarse; como así también protección contra



Ilustración 20: Estructura de los componentes que forman un módulo fotovoltaico

la acción de la humedad y la intemperie. En la Ilustración 20 puede observarse un esquema de diferentes materiales que acompañan a las celdas.

Ya habiendo introducido al tema, es importante hablar de la potencia que entrega un módulo fotovoltaico, ya que la misma depende esencialmente de la radiación solar disponible y la temperatura de las celdas del panel. Esta potencia se expresa en “Watt Pico” (Wp) y es la potencia eléctrica que genera en las condiciones STC (del inglés, Standard Test Condition). Fuera de estas condiciones específicas, y según sean las condiciones ambientales donde se encuentre instalado, el panel podrá generar mayor o menor potencia.

Cada panel posee una curva característica que describe la variación de la corriente en función de la tensión, bajo diferentes condiciones de trabajo. La misma se denomina “Curva I-V” y puede observarse en la Ilustración 21. La determinación de la curva I-V, define consecuentemente los siguientes parámetros característicos de cada panel.

Isc: Corriente de corto circuito. Indica la máxima corriente que se puede extraer del panel.

Voc: Tensión de circuito abierto. Indica la máxima tensión que se puede obtener del panel.

Vmp: Tensión del punto de máxima potencia. Indica la tensión que entrega el panel en el punto de trabajo donde se obtiene la máxima potencia.

Pmax: Máxima potencia que entrega el panel

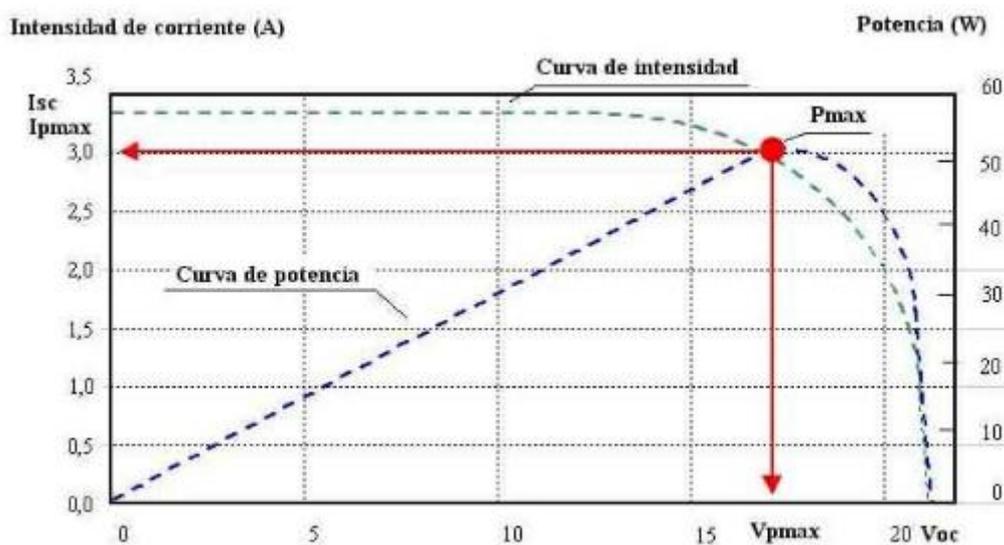


Ilustración 21: Curva I-V de un módulo fotovoltaico

4.2.3 Reguladores de carga

La función del regulador de carga es estabilizar la tensión y la corriente que entregan los paneles a la batería, dado que la tensión y la corriente de los paneles fluctúan en función de la radiación solar. La utilización de éste, garantiza una tensión constante de alimentación desde los paneles a la batería y además evita el flujo inverso, protegiendo así a la batería frente a

sobrecargas y sobre descargas profundas, controlando constantemente el estado de carga de las baterías y regulando la intensidad de carga de las mismas, para alargar su vida útil. Por otro lado, el regulador modifica el régimen de carga dependiendo de la tensión de baterías, siendo la primera etapa a corriente constante y una vez que la batería llega a tensión deseada pasa a tensión constante. Dependiendo de este tipo de regulación de carga podemos encontrar dos tipos de reguladores: los PWM y los MPPT

Si bien los PWM son un poco más baratos que los MPPT con lo cual suelen utilizarse en instalaciones muy chicas; los MPPT permiten extraer un 30% más de energía de los paneles fotovoltaicos, con lo cual suelen ser la mejor opción en cuanto a performance. El regulador se selecciona en función de la tensión de trabajo de las baterías y de la corriente máxima de carga.

4.2.4 Inversores

Dado que la corriente generada por el módulo fotovoltaico es generada en corriente continua (DC) y que todos los sistemas de energía domiciliarios conectado a la red poseen consumo en corriente alterna (AC), es por ello, que es necesario introducir un equipamiento denominado “inversor” cuya función es convertir la corriente continua en corriente alterna, como se muestra esquemáticamente en la Ilustración 22.

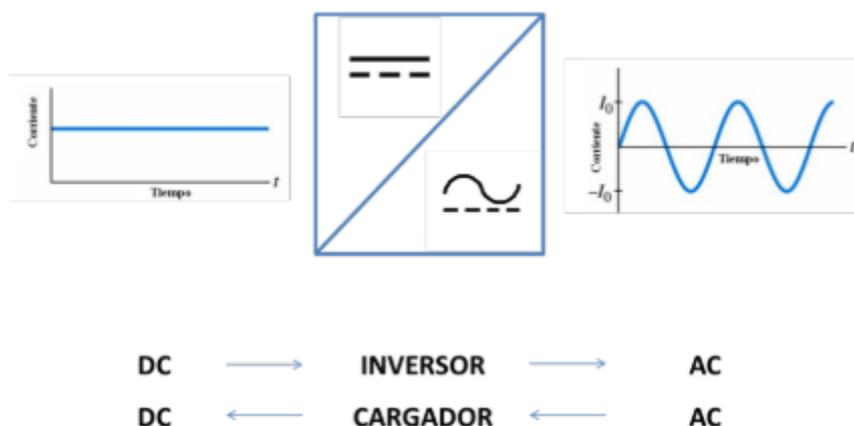


Ilustración 22: Esquema de funcionamiento Inversor/cargador

A la hora de seleccionar un inversor es necesario conocer dos variables:

- Potencia nominal de salida. Potencia que puede brindar el inversor en forma continua.
- Potencia pico. Potencia que puede proveer durante un breve período de tiempo.

Por otro lado, el inversor se clasifica en función del tipo de onda de tensión alterna que genera, y en base a esto, se definen tres tipos de inversores cuyas salidas se muestran en la Ilustración 23:

- Onda cuadrada. Los inversores de onda cuadrada son muy básicos y sólo sirven para ciertos consumos muy simples como iluminación.
- Onda cuadrada modificada. Los inversores de onda modificada son un poco más avanzados y pueden atender la mayoría de los consumos que no requieren el uso de electrónica sensible y pequeños motores.
- Onda senoidal pura. Generan la misma onda que la que recibimos en el hogar. Son más caros que los de onda modificada, pero pueden utilizarse con todo tipo de aparatos con motor, simples, complejos o de electrónica sensible ofreciendo un funcionamiento excelente.

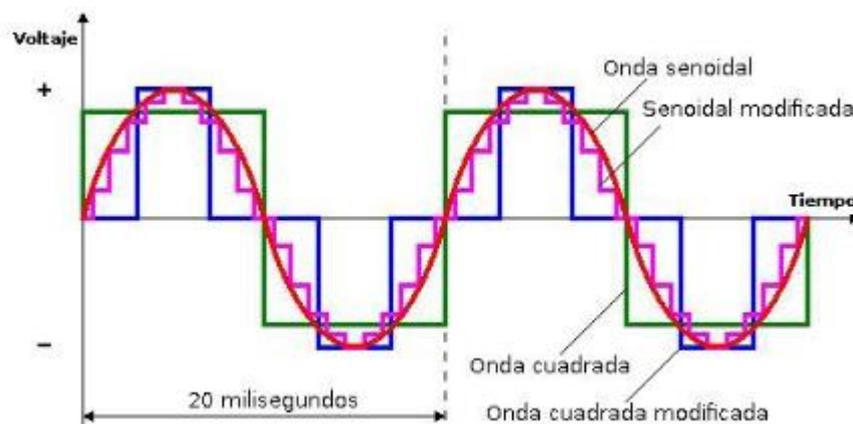


Ilustración 23: Diferencia entre los diferentes tipos de onda generada por los inversores de sistemas aislados

En resumen, la selección del inversor adecuado para sistemas aislados requiere conocer la potencia nominal del inversor, la potencia pico y el tipo de onda de salida del mismo.

4.2.5 Baterías

Las baterías son componentes esenciales de cualquier sistema aislado, ya que acumulan la energía generada por los paneles para luego entregar esta cuando sea necesario. Existen varias tecnologías de baterías para almacenar energía eléctrica, sin embargo, para aplicaciones aisladas mayormente se utilizan tres tipos de baterías según el estado del electrolito según se expresa en el Manual de Generación distribuida solar fotovoltaica de la Secretaría de energía (2019):

“• Baterías de electrolito líquido. Estos son las típicas baterías de Plomo-Ácido o cualquier otro par de elementos químicos y se caracteriza porque el electrolito se encuentra en estado líquido. Por este motivo, requieren controlar frecuentemente el nivel de electrolito para su funcionamiento óptimo. La temperatura ambiente afecta el funcionamiento de las mismas dado que cambia la densidad del electrolito. Los gases generados durante la carga y descarga son liberados al exterior.

• Baterías de electrolito absorbido. También conocidas como AGM. Este tipo de batería poseen el electrolito adsorbido en un paño de fibra de vidrio que está en contacto con los dos electrodos. No requieren mantenimiento y por lo tanto son selladas. La temperatura ambiente no afecta tanto su funcionamiento como a las de electrolito líquido. Los gases generados durante la carga y descarga se recombinan haciendo más eficiente el ciclo de funcionamiento.

• Baterías de electrolito en gel. Este tipo de baterías posee el electrolito en forma de gel. Con el uso, el gel tiende a rigidizarse. No obstante, al ser un medio viscoso, la transferencia de energía de un electrodo a otro es más lenta, de tal manera que la velocidad de carga y descarga requiere más control. No requieren mantenimiento y no se ven tan afectadas por la temperatura ambiente.”

Las baterías se caracterizan por su capacidad de descarga, su tensión y corriente. Las baterías para sistemas aislados de energía son de descarga profunda, diseñadas para poder ser descargadas en un 80% a ritmos menos violentos que en un arranque.

4.2.6 Introducción al sistema actual de energía del sitio

El sitio cuenta con energía abastecida por un sistema de paneles solares, un banco de baterías y un dispositivo que se encarga de trabajar como inversor, controlar la carga solar (MPPT) y de conmutar automáticamente ante un corte de energía por agotamiento del banco de baterías.

En la imagen 13 del anexo B se puede apreciar el banco de baterías del sistema solar, que está compuesto por 2 baterías de Litio UP5000 48V 4.8kwh; y el controlador Victron EasySolar con sus módulos correspondiente para realizar todas las acciones antes mencionadas.

En definitiva, este sistema es el que abastece de energía el lugar, y como respaldo se tiene un segundo sistema vinculado a este, en donde en base a ciertas condiciones preestablecidas, se conmuta entre uno u otro. Ver la Ilustración 24.

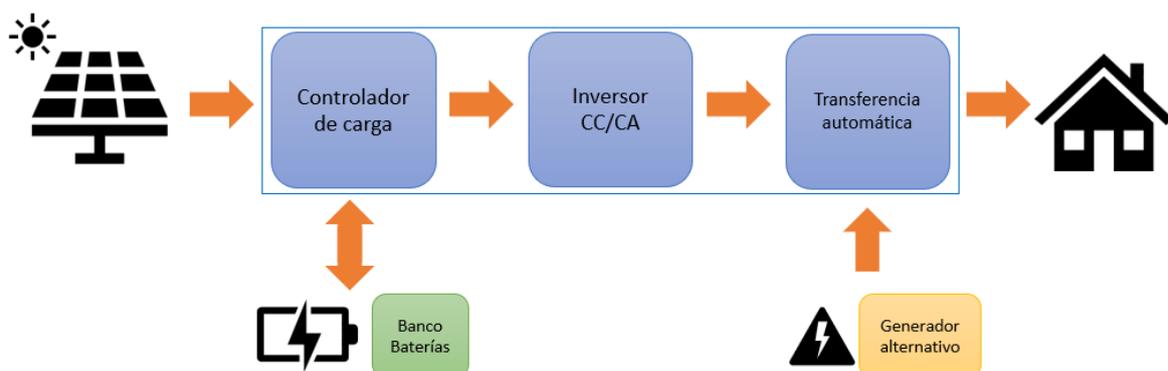


Ilustración 24: Esquema de sistema solar fotovoltaico con generador alternativo de respaldo

4.2.7 Introducción al sistema actual de respaldo del sitio

El generador utilizado en este caso fue diseñado para suministrar energía eléctrica ante interrupciones del servicio de red (o en este caso del servicio de energía provisto por los paneles solares). El mismo es accionado por un motor a combustión interna que utiliza gas natural envasado y la cabina, insonorizada e ignífuga, garantiza bajo nivel de ruido y vibraciones al equipo apto para residencias, comercios y oficinas.



Ilustración 25: Generador montado en el sitio

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Motor HONDA GX 390 - 690
- Combustible: funcionamiento con gas natural.
- Cabina insonorizada de chapa galvanizada, con paneles ignífugos e insonorizantes.
- Controlador DKG 207 / DEEP SEA 4520

4.2.7.1 Funcionamiento del sistema del sitio

El generador está equipado con un motor HONDA de 4 tiempos ciclo OTTO tipo aspirado con válvulas a la cabeza. Este motor está diseñado para funcionar con nafta, sin embargo, es convertido para funcionar a gas natural conforme al esquema de la Ilustración 26.

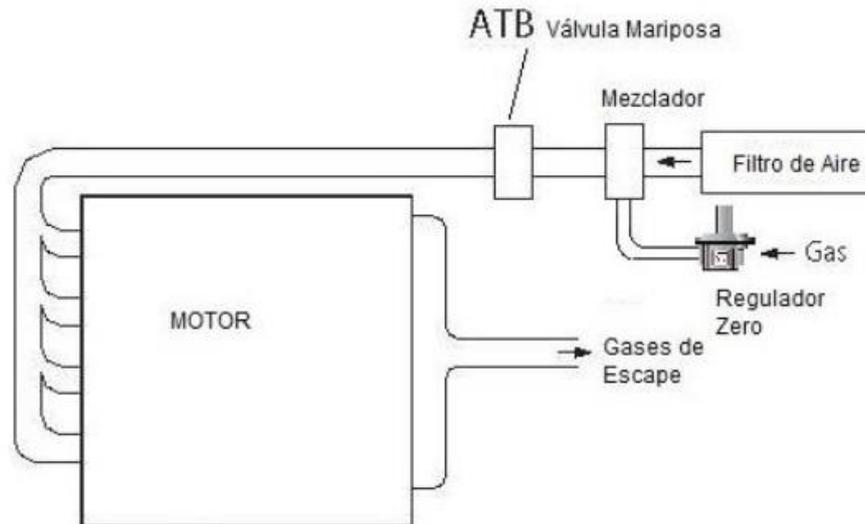


Ilustración 26: Esquema sistema conversión motor HONDA a gas natural

El suministro de gas al motor es proporcionado por el regulador zero y mientras el motor está detenido el paso de gas está bloqueado.

Luego, según explica la memoria técnica de Grupos electrógenos Familia ENERGÍA GLOBAL; “al ponerse en marcha el motor, el aire que circula por el mezclador produce una presión manométrica negativa (vacío) sobre la salida del regulador cero. Esta presión negativa habilita el paso de gas. Cuanto menor sea la presión aguas abajo (a la salida) del regulador, mayor será el caudal de gas.

Con el motor en régimen, la presión manométrica aguas abajo (a la salida) del regulador zero está en el orden de -12.50 mmca. En la puesta en marcha, esta presión está comprendida entre -6.00 y -9.00 mmca. Por tal motivo la presión de la mezcla aire-gas en el múltiple de admisión es sensada después 90 segundos de iniciada la secuencia de puesta en marcha.

El aire y el gas se mezclan en el mezclador (mixer), y la mezcla fluye hacia la válvula mariposa.

La válvula mariposa regula el caudal de mezcla al motor variando la posición de la clapeta. La posición queda determinada por el sistema de levas accionadas por el controlador de r.p.m. La función del controlador de r.p.m. es mantener constante las revoluciones del motor.

La mezcla aire-gas a la salida de la válvula mariposa descarga en el múltiple de admisión y finalmente a los cilindros donde tiene lugar la ignición de la misma.

La frecuencia y tensión eléctrica generada es función del número de revoluciones del rotor (rpm de régimen). En caso de caudal de aire sea insuficiente (filtro tapado, por ejemplo), la presión aguas arriba del regulador zero será más alta y el caudal a través del mismo menor. El caudal de la mezcla aire-gas resulta menor al necesario para mantener el número de revoluciones de régimen, y por tal motivo la frecuencia y tensión disminuirán. En ese caso se produce la parada por seguridad del equipo.”

4.2.7.2 Control de operación del motor

El funcionamiento del generador es controlado por la unidad DKG 207 / DEEP SEA 4520, que ante la demanda de suministro de energía eléctrica, inicia la puesta en marcha del equipo.

Cuando la unidad DKG 207 / DEEP SEA 4520 pone en marcha el grupo electrógeno, el cuadro de conmutación abre el interruptor de red y cierra el del grupo, y luego hace el proceso inverso al retornar la red comercial (o fuente primaria en nuestro caso).

El proceso se inicia con la energización de las válvulas de seguridad (VAC). Las VAC's son normal cerradas. Una VAC es de apertura rápida, con tiempo de apertura 1 segundo. La otra VAC es de apertura lenta con tiempo de apertura 5 segundos.

El tiempo de apertura de las VAC es compatible el tiempo requerido para alcanzar el régimen sin carga (600 a 800 rpm). La puesta fuera de servicio por seguridad tiene lugar en caso que la puesta en marcha del motor no se logre luego de 3 intentos de encendido.

Logrado el régimen sin carga, la unidad de control conecta el suministro de energía eléctrica. En respuesta a la carga demandada.

El motor está equipado de fábrica con un control mecánico de r.p.m. y un control de nivel de aceite. Este último, impide el funcionamiento del motor por bajo nivel de aceite actuando sobre el sistema de encendido.

La unidad de control controla la frecuencia, tensión y corriente de suministro. En caso de que cualquiera de las variables controladas esté fuera del rango de operación segura, la unidad de control produce la puesta fuera de servicio de la unidad. A tal fin interrumpe el suministro de energía eléctrica a las VAC's, produciendo el bloqueo del suministro de gas. También genera la activación de alarma luminosa.

La causa de la puesta fuera de servicio por seguridad queda registrada en la unidad de control y es mostrada en su pantalla.

El grupo posee además un golpe de puño como parada de emergencia que produce la puesta fuera de servicio por seguridad.

4.2.7.3 Instalación eléctrica

El grupo está equipado con un tablero para el conexionado en obra, donde todos los componentes del circuitos eléctrico satisfacen la norma IRAM aplicable. El mismo permite distinguir:

- a) Las borneras que se encuentran a distintas tensiones
- b) El polo vivo donde se instalan todos los interruptores de seguridad y de operación.
- c) La bornera donde deben conectarse los límites operativos para el re arranque automático de la bornera de conexión de los límites de seguridad para el re arranque manual.

4.3 Metodología y Desarrollo

El jueves 16/04/2023 (a 3 meses de la PEM del sistema), y durante una semana de mal clima y continuidad de días nublados, las baterías no pudieron realizar su carga completa durante el día, el generador de respaldo no funcionó; dejando sin energía el sitio. Este mismo día la cuadrilla de Mantenimiento Operativo asiste sin lograr poner en servicio el generador ni encontrar la falla. Se evidenciaron 2 problemas:

1. El sistema automático no conmuta para que el generador encienda, cuando se agotan las baterías
2. Al intentar encender de forma manual el generador, el mismo no enciende.

Ante esta situación comentada nos llega el pedido de asistencia, y dado que el sector de IDM no participó y no estaba al tanto de esta instalación, se solicita información al respecto (equipos instalados, manuales, etc), y como dato importante nos comentan que durante la Puesta en Marcha (PEM), el generador se probó con una garrafa de gas envasado, ya que aún no estaba le suministro de gas en el sitio.

El viernes 17/04/2023 se asiste en conjunto (MOP (eléctricos e instrumentistas), IDM y el proveedor del servicio), se trabaja con el equipo multidisciplinario y luego de varias pruebas se determinan 4 fallas en el sistema:

1. Cables de señales de conmutación invertidos.
2. Valores seteados para la conmutación no adecuados, para la carga existente del momento
3. Al generador no le estaba llegando el gas necesario para encender

4. La regulación del gas-combustible de ingreso al generador no era adecuada para las condiciones operativas.

A continuación se resumen y detallan las tareas realizadas:

CONMUTACIÓN AUTOMÁTICA:

a. Se encontraron 2 cables de señales invertidos y se normalizaron. Ver Ilustración 27.

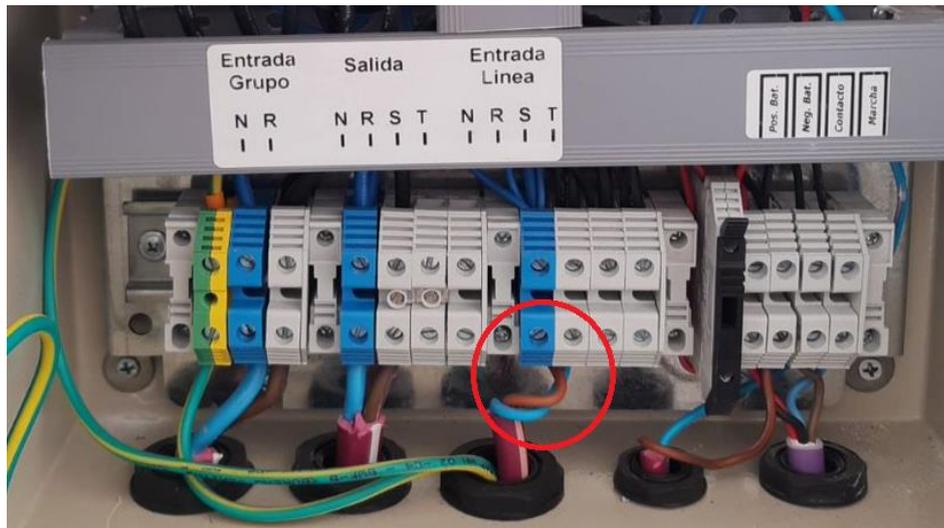


Ilustración 27: Bornera de conexión con cables invertidos

b. Se probó el funcionamiento del automatismo y se encontraron problemas por mucha cantidad de arranques del generador por picos de alta demanda de energía. Desde la empresa ALTER ENERGY modificaron los Set Point de arranque de generador (se sube SP)

c. Se modificó el Set Point de BAJO CARGA de baterías (arranque de generador cuando la batería esté entre 15 a 25% de carga aproximadamente).

GENERADOR:

a. Se verificó que la línea de gas-combustible tenía aire, se realiza un barrido del aire con gas-combustible, quedando la línea en condiciones operativas.

b. Se ajustó la presión y el caudal del gas-combustible para que el GENERADOR trabaje de forma óptima. Ver Ilustración 28.

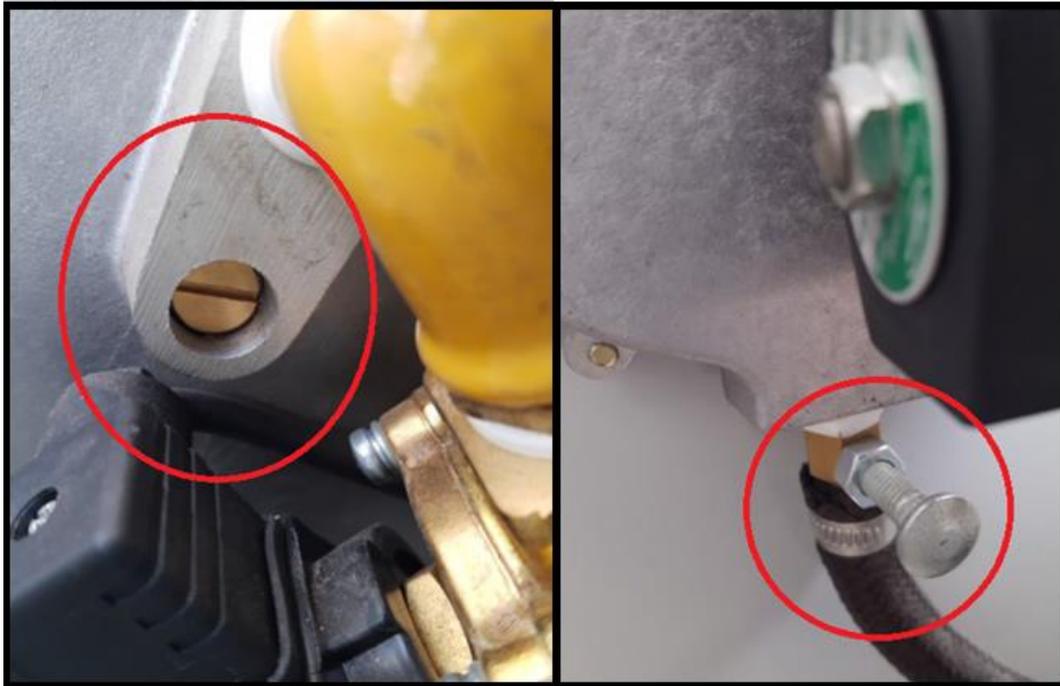


Ilustración 28: Puntos de ajustes de caudal y presión del ingreso de combustible al motor del Generador

c. Se ajustaron las RPM del GENERADOR para que el mismo trabaje a frecuencia de 50Hz, contemplando la carga máxima del sitio. Ver Ilustración 29.



Ilustración 29: Punto regulación rpm del motor del generador

4.4 Resultados

Finalmente, las pruebas fueron muy satisfactorias, ya que no solo se dejó operativo el generador que no arrancaba solucionándole el pasaje de gas al mismo y se detectó mal conexionado eléctrico, sino que también se setearon parámetros del controlador asociados al nuevo consumo del sitio, debido a una diferencia del consumo del momento respecto al consumo durante la PEM. Por otro lado, se le dio seguimiento durante los meses de invierno no teniendo ningún otro tipo de problema.

5 Análisis de falla – Exceso de temperatura en conductores eléctricos

5.1 Introducción

Se produjeron 2 eventos de excesos de temperaturas en distintos puntos eléctricos de una instalación durante un lapso menor a 30 días. Ante esto hubo que realizar un relevamiento de la instalación y un análisis de falla a fin de determinar si los 2 eventos estaban relacionados y que los mismos no se repitan.

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Introducción a las Instalaciones eléctricas

Según expresa Harper en su Manual, “el objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, proporcionar servicio con el fin de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformarán según sean las necesidades.”

Entenderemos como instalación eléctrica al conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica, con el fin de emplearla en las máquinas y equipamientos receptores para su utilización final. Cumpliendo con los siguientes requisitos:

- Ser segura contra accidentes e incendios
- Eficiente y económica
- Accesible y fácil mantenimiento
- Cumplir con los requisitos técnicos asociados

En una instalación eléctrica de baja tensión, intervienen elementos principales que garantizan la conducción, protección y control de la energía eléctrica y los dispositivos finales que funcionan con ella. Dicho elementos se listan a continuación:

- Conductores eléctricos
- Canalizaciones eléctricas
- Conectores para las canalizaciones eléctricas
- Accesorios adicionales
- Dispositivos de protección

Estos elementos pueden ser visibles, ocultos, parcialmente ocultos, o a prueba de explosiones, según sean las necesidades que se requieran en el servicio a prestar. Cada elemento o material empleado en una instalación eléctrica es importante estén normalizados o sean fabricados y ensayados de acuerdo a las normas IRAM o IEC correspondiente en cada caso.

5.2.2 Conductores eléctricos (cables)

Se entiende por conductores a los materiales que pueden conducir a través de ellos la corriente eléctrica mientras están sometidos a una diferencia de potencial o tensión. A estos se los conoce como “cables desnudos”. Los materiales más comunes para fabricar conductores son el cobre, aluminio y aleaciones de este último.

Los cables se forman mediante los conductores propiamente dichos (que pueden ser sólidos o formados por varios hilos) y su correspondiente aislamiento, el cual se encarga de evitar que la energía eléctrica que circula por el conductor entre en contacto con las personas u objetos. Los materiales aislantes más utilizados son el Policloruro de Vinilo (PVC), el Caucho etileno-Propileno (EPR) o el Polietileno reticulado (XLPE). Cada uno de ellos tiene sus propias características. En algunos cables también se les suma una cubierta protectora que sirve para

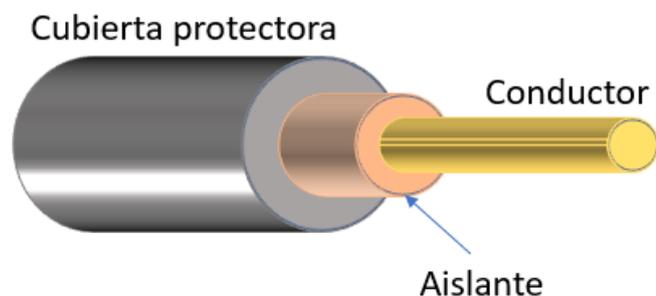


Ilustración 30: Esquema de un cable eléctrico de un hilo con aislamiento y cubierta protectora

- La capacidad de conducción de corriente
- La caída de tensión para cada tramo

Por otro lado, siguiendo las recomendaciones de instalación de las normas correspondientes, deberemos tener en cuenta las canalizaciones de los conductores, el agrupamiento de los mismos y el tipo de material del conductor y de la aislación, entre otras cosas; ya que de esta forma podremos asegurar que un cable no trabaje por encima de la temperatura apta para sus materiales; como así también la correcta instalación de conexiones, empalmes y acometidas de los mismos.

5.2.3 Canalizaciones eléctricas

Definimos canalización eléctrica al conjunto de elementos destinados a conducir la corriente eléctrica en forma eficiente y segura. Este conjunto está compuesto por: los cables, los distintos accesorios para sopórtalos, identificarlos, fijarlos, conectarlos y también brindarles la protección mecánica necesaria según el caso. Los conductores podrían instalarse directamente enterrados o bien en conductos según normativas vigentes.

Tanto para el tendido directamente enterrado como para los caños utilizados para la canalización, es necesario seguir las especificaciones de las normativas vigentes (ver referencia de la AEA en Ilustración 32), a fin de poder contemplar todos los coeficientes de corrección por temperatura necesarios para garantizar la corriente admisible por ellos en las condiciones de instalación para cada tramo.

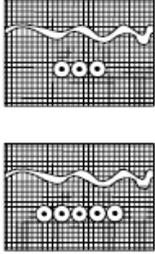
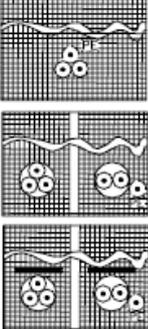
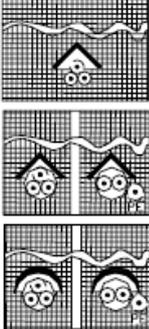
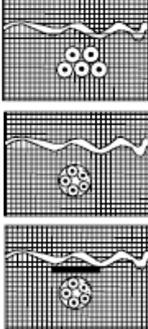
	Método D2 Directamente enterrado Aislación XLPE / Termoestable IRAM 2178 IRAM 62266				
					
[mm ²] Cobre	1x	2x	2x	3x	3x
1,5	34	34	29	29	25
2,5	45	46	39	39	33
4	56	60	50	51	42
6	70	76	63	64	52
10	94	102	83	87	69
16	121	135	106	113	89
25	157	175	137	148	114
35	189	210	165	177	138
50	231	251 *	196 *	209	163
70	280	307 *	241 *	256	202
95	327	369 *	285 *	308	239
120	379	420 *	325 *	351	272
150	424	472 *	367 *	393	307
185	473	535 *	411 *	447	344
240	555	623 *	475 *	519	398
300	624	704 *	537 *	586	449
400	710	---	---	---	---
500	825	---	---	---	---
630	941	---	---	---	---

Ilustración 32: Especificación de la AEA 90364 771.16.2.3.4 algunos cables

5.2.4 Accesorios adicionales

Uno de los accesorios adicionales más importantes de las conexiones, además de las bandejas o caños que son el medio de transporte de los cables, son los bornes de conexión, los cuales se utilizan para conectar los cables dentro de los tableros eléctricos. Los hay de diversas formas y características constructivas y se fabrican para soportar distintas corrientes nominales.

Ver Ilustración 33.



Ilustración 33: Distintos tipos de borneras de potencia. https://www.tekox.es/bornas-para-cuadros-electricos/productos/bornas-para-cuadros-electricos--euro_117_1_ap.html <https://www.sybd.com.ar/producto/bornes-fijos/> <https://redcoind.pe/producto/nsytrv952bb-bornera-tipo-barra-de-potencia-95mm2-gris/>

La utilidad de estos elementos puede resumirse de forma general como se detalla a continuación:

- Control del flujo de corriente eléctrica entre un equipo y otro.
- Mantener un equipo eléctrico en constante suministro de energía.
- Permite el uso de varios equipos conectados a un solo punto.
- Es ideal para monitorizar el consumo de energía.
- Reduce los riesgos de sobrecalentamiento de un equipo eléctrico.

Otros de los elementos adicionales importantes de una instalación eléctrica son los dispositivos de maniobra, los cuales, a través de un contacto abren o cierran un circuito o, en el caso de contactos pivotantes o deslizantes, mantienen la continuidad del circuito. Ejemplos de este tipo de equipos son pulsadores, contactores, interruptores, etc.

5.2.5 Dispositivos de protección

A la hora de elegir una adecuada protección eléctrica para la instalación, es necesario comprender que como se mencionó en 3.2.2, que todo circuito eléctrico debe estar protegido contra los efectos de las sobrecorrientes que se puedan producir en el mismo.

Tanto los fusibles como los interruptores automáticos en principio pueden proteger un circuito, cable o equipo eléctrico, ya que la función de ambos es abrir el circuito, sin embargo, se deberá analizar para cada caso la elección de estos, además de realizar una correcta selectividad del conjunto de protecciones de la instalación.

A la hora de elegir uno u otro tipo de protección se deberá tener en cuenta al menos 3 aspectos:

-La importancia del circuito: este aspecto está directamente relacionado a los costos, y la decisión de la protección dependerá en parte, que tanto puede afectar el tiempo que la instalación tarde en restablecer luego de una falla. Esto teniendo en cuenta que un fusible debe ser cambiado por personal competente y un interruptor puede restablecerse simplemente por cualquier persona (una vez solucionado el problema).

-Ubicación de la protección: Para una zona de área clasificada que no se pueda permitir chispas (porque se podría una explosión o incendio) el fusible es la opción más simple y económica, teniendo en cuenta que un interruptor debe fabricarse exclusivo para este tipo de condiciones.

-Tipo de curva: Este es el punto más importante de todos, ya que, dependiendo de los tiempos de actuación y sus corrientes de actuación, es que elegimos uno u otro. En función a las corrientes de cortocircuito y sobrecarga es que elegiremos que dispositivo se adapta mejor al circuito.

Durante una falla en la instalación que pudiera producir una sobreintensidad, es necesario que solo actúe el dispositivo de protección situado inmediatamente aguas arriba del punto de defecto. De esta manera solo se desconectará la parte de la instalación afectada por el defecto y el resto podrá seguir funcionando normalmente. Adicionalmente también se busca que, si el dispositivo de protección aguas arriba del defecto resulta incapaz de solucionarlo, se produzca

la actuación del siguiente elemento de protección situado aguas arriba del que ha fallado. Esta coordinación de las protecciones de sobreintensidad antes desarrollada se denomina selectividad. Esta selectividad se cumple cuando:

- i. Cuando se produce una sobreintensidad las protecciones deben interrumpir solamente el circuito con sobreintensidad.
- ii. Los picos de corriente usuales en el servicio, como las debidas a los arranques de motores, no deberán provocar la actuación de las protecciones.
- iii. En el caso de producirse una sobreintensidad y de fallo de un dispositivo de protección deberá actuar la protección inmediatamente anterior. De esta manera, la protección aguas arriba actúa como respaldo de la protección aguas abajo.

La selectividad a las sobrecargas entre dos protecciones se consigue si las curvas de tiempo inverso de ambas protecciones no se cortan y para la selectividad por cortocircuitos existen varias técnicas, pero en definitiva lo necesario es verificar que haya una importante zona de diferencia entre ambas protecciones. En la Ilustración 34 se puede apreciar 2 ejemplos de selectividad en donde las curvas de la izquierda corresponde a una selectividad total y la de la derecha a una parcial.

Selectividad total: una instalación se la considera totalmente selectiva si para cualquier valor de la corriente de defecto solo abre y permanece abierto el dispositivo de protección más próximo aguas arriba al punto de defecto.

Selectividad parcial: una instalación tiene selectividad parcial si solo existe selectividad hasta cierto valor de la corriente por defecto. Por encima de este valor de corriente de defecto, no se cumple la condición.

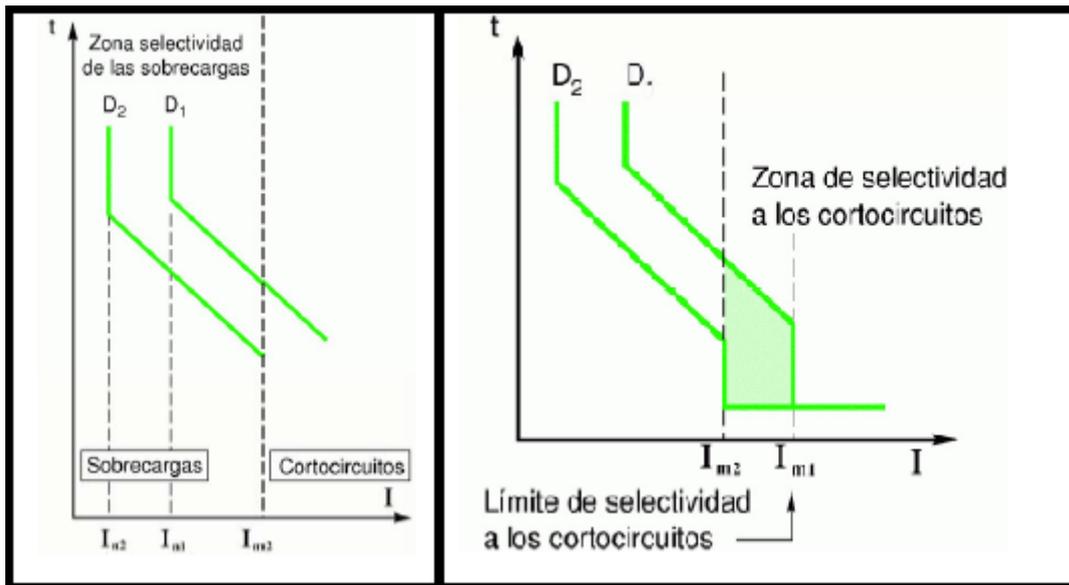


Ilustración 34: Selectividad de protecciones

5.3 Metodología y Desarrollo

5.3.1 Relevamiento información

Al recibir la segunda alerta y el pedido de investigar el motivo de esta “repetividad” de fallas se comenzó a averiguar el historial de eventos y antecedentes de la instalación. Lo que se pudo investigar se resume a continuación:

- Inicialmente la instalación estaba abastecida de 3 generadores, uno por cada bomba principal
- Se migró a un abastecimiento desde la red por problema de continuidad en el abastecimiento
- Se detectaron 2 eventos de energía importantes en 2018.
- Se dieron 2 eventos de energía importantes durante 2024.

Eventos:

-Jul-2018: Incendio en VDF. Ver Imagen 14 del anexo B.

-Sep-2018: Quemadura conexión en tablero interconexión II. Ver Imagen 15 del anexo B.

A continuación se detalla los eventos actuales a analizar:

Ene-24: Conexión calcinada en tablero de interconexión (ver Ilustración 35) que unen conductores desde el tablero principal BT (ver Imagen 16 del anexo B) y los transformadores de cada bomba (ver Imagen 18 del anexo B).



Ilustración 35: Exceso de temperatura en punto de conexión sobre uno de los tableros de interconexión

Feb-24: Conductores calcinados entre el transformador MT/BT (ver Ilustración 36) y el tablero principal BT.



Ilustración 36: calcinamiento de conductor principal entre Transformador MT/BT y tablero principal BT

NOTA: En ambos casos asiste la cuadrilla eléctrica de turno y detectan cables calcinados. Ante esto se cambian los cables/conexiones para recuperar operatividad durante turnos de guardia.

5.3.2 Actividades

A partir del pedido y en base a lo investigado, se comienza a tratar el tema y se definen los puntos a tratar:

- Relevamiento y análisis de falla
- Coordinar las tareas de cambios y repuestos necesarios caso de ser necesario

Dentro de las tareas realizadas se destacan las siguientes:

i. 06/03/2024 se asiste con los distintos sectores, ENERGÍA y O&M y se realiza:

-Consignas/Desconsignas eléctricas en MT y BT

-Relevamiento de Unifilar de la Instalación completa. Ver Ilustración 37.

-Inspección del estado de las instalaciones eléctricas

-Toma de datos en distintos puntos: Tensión, Corriente, Energía, Temperaturas.

ii. Posterior a la asistencia anterior, se realiza análisis de falla y documentos para presentar a los distintos sectores

iii. Se comienza la gestión de conseguir repuestos y coordinar recursos para realizar las modificaciones necesarias.

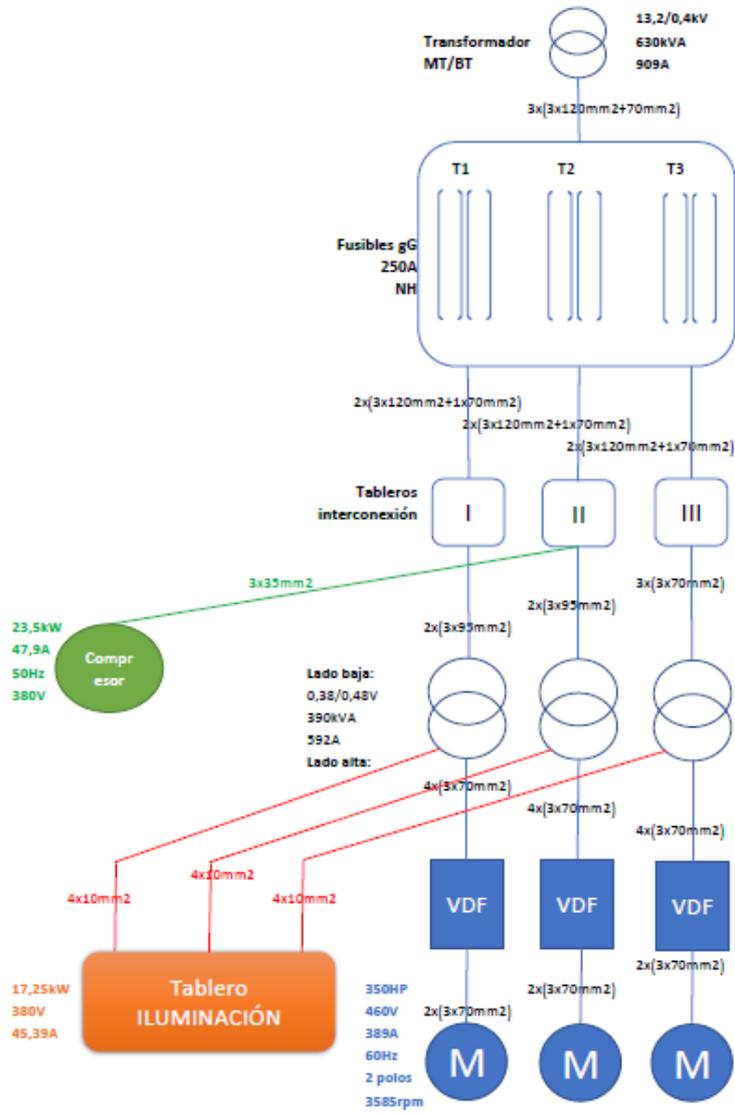


Ilustración 37: unifilar eléctrico de la instalación

Punto 1: RELEVAMIENTO

-Mediciones de Temperatura relevadas: Utilizando un pirómetro se realizó un relevamiento de las temperatura de los conductores en distintos tramos del circuito. Ver Ilustración 38.

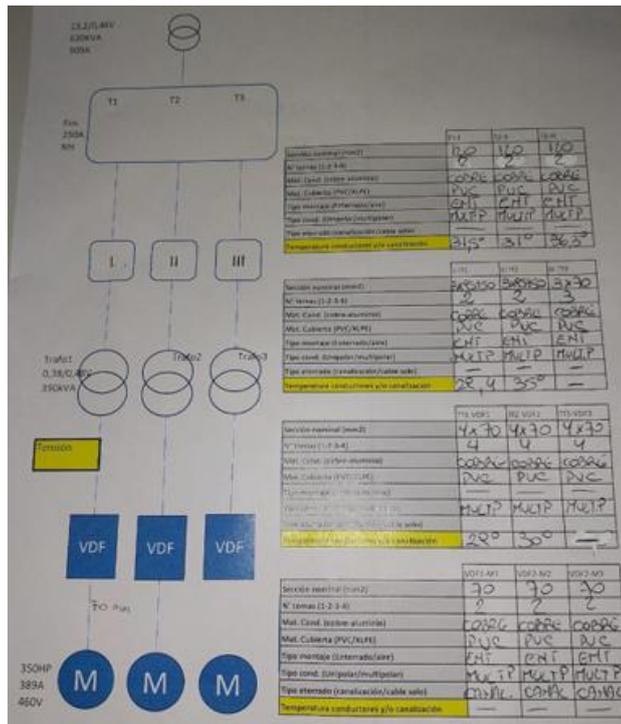


Ilustración 38: Relevamiento de temperaturas por tramos

-Mediciones de energía: Utilizando un instrumento de medición FLUKE 1738 especificado como registrador trifásico de calidad eléctrica se tomaron valores de tensión, corriente y energía durante la operación de la instalación por algunas horas. Ver Ilustración 39.

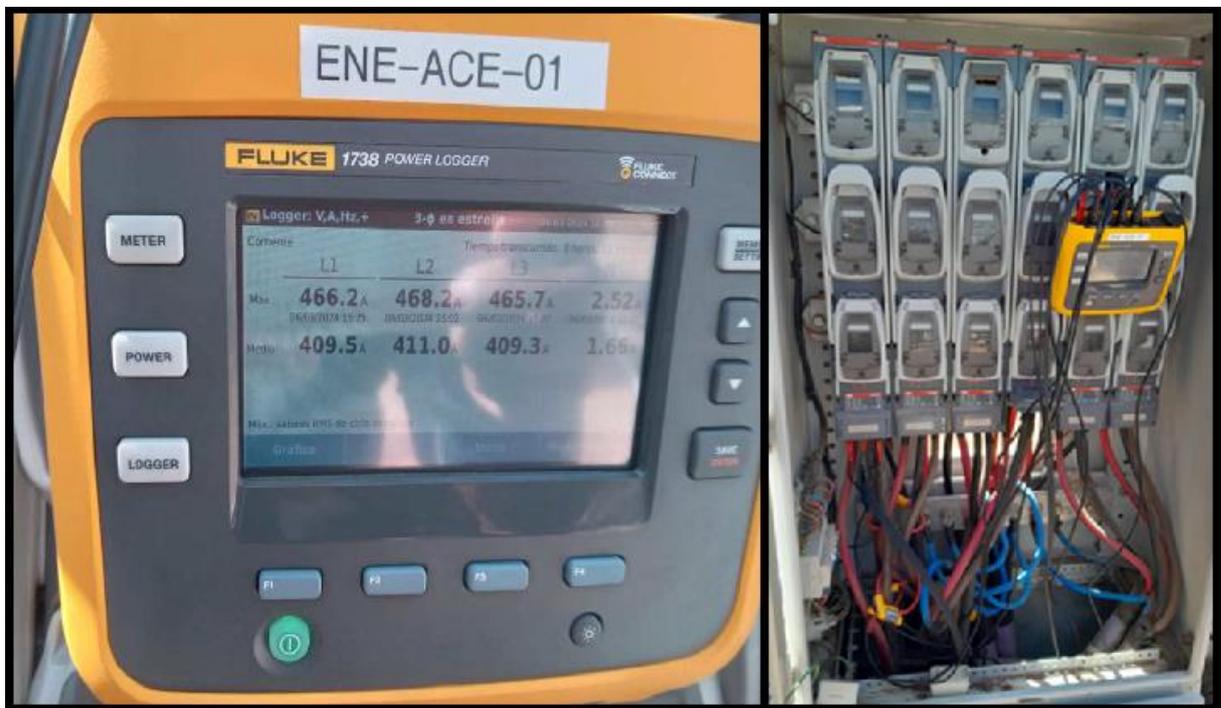


Ilustración 39: Medición de energía con instrumento FLUKE 1738

Punto 2: Análisis de falla → Método de los 5 PORQUE

PROBLEMA POR ESTUDIAR	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	Resultado del análisis
Se produce calcinamiento de conductores/conexiones	Altas temperaturas en los conductores	Exceso de corriente	Mal dimensionamiento de los conductores	Corrientes mayores a las estimadas en el cálculo del proyecto	Modificaciones posteriores o error	Recalcular las corrientes de trabajo y selección de conductores
		Mal montaje de los conductores (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)	modificaciones o mantenimientos posteriores al proyecto inicial	inexperiencia, falta de capacitación o falta de recursos	-	Rever montajes, y tableros de conexiones
	No actuó protección eléctrica	No había protección aguas arriba del tablero Principal de BT	No se contempló necesario por ser un tramo de 5 metros hacia el transformador	inexperiencia, o falta de recursos	-	Se sugiere evaluar si económicamente es viable incluir una protección en bornes del transformador para proteger dicho tramo

CONDUCTORES

Para el cálculo y selección de los conductores se consideraron distintos factores de corrección (por temperatura, agrupamiento, terreno) y se ajustaron los conductores necesarios para cada tramo del circuito según AEA.

-CONDUCTORES MOTORES-VDF y VDF-TRANSFORMADORES: $I_{nom}=389A$

Tramo MOTORES-VDF: 2 cables por fase unipolares 70mm² XLPE. Según la potencia nominal de los motores (ver imagen 22 del anexo B) y el montaje de los conductores, Los conductores actuales no son admisibles para trabajar a potencias nominales. Para mejorar esta situación es necesario cambiar los conductores por 2 ternas multipolares de 95mm² o 120mm² XLPE. Esta tarea requiere de una obra de modificación ya que no es posible utilizar las instalaciones actuales (canalizaciones pequeñas).

Tramo VDF-TRANSFORMADORES al tener 4 ternas de 70 da aceptable. Ante esto solo se sugiere verificar la integridad de los conductores y si están bien dejarlos; caso contrario cambiar por 2 ternas multipolares de 120mm² o 95mm² XLPE al igual que el tramo anterior. Caso de cambiarlos, hay que ver si las canalizaciones son suficiente para los conductores de mayor tamaño.

Tabla 1: Cálculos selección de conductores Tramo Motores-Transformadores BT

		Conductores actuales		PROPUESTAS		
Conductores necesarios	ladm TOTAL (A)	313,50	432,10	370,93	394,11	448,53
	Cantidad de ternas	2	4	2	2	2
	ladm corregida	156,752	108,0248	185,464	197,0555	224,264
	Correc. Agrup. Enterrado/caño	0,8	0,68	0,8	0,85	0,85
	Corrección T°	0,97	0,94	0,97	0,97	0,97
	Corrección terreno	1	1	1	1	1
	Sección nominal	70	70	95	95	120
	Conductor	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre
	Aislante	XLPE	PVC	XLPE	XLPE	XLPE
	Montaje	Caño enterrado	Caño enterrado	Caño enterrado	Caño enterrado	Caño enterrado
	Tipo	unipolares	multipolares	unipolares	multipolares	multipolares
Disposición	13	13	13	13	13	
Consideraciones	Corriente adm (25/40°C)	202	169	239	239	272
	Temperatura	30	30	30	30	30
	Cantidad de caños	1	2	2	2	2
	Separación de circuitos (m)		en contacto	en contacto	en contacto	en contacto
	Circuitos por caño	2	2	1	1	1

NOTA: Si bien los motores de las bombas tienen una corriente nominal de 389A, de las mediciones se observa que la corriente suele tener como máxima la intensidad de 360A y hay momentos en donde la bomba suelen operar y consumir 280A.

-CONDUCTORES TRAF0 BT-TABLERO INTERCONEXIÓN (Inom:509A) y TABLERO INTERCONEXIÓN -TABLERO PRINCIPAL (Inom:539A):

En función a los factores aplicados y considerando la carga máxima como referencia, se observa que los conductores están exigidos. En la imagen 16 del anexo B se puede observar una foto de los tableros de interconexión.

Tramo TRAF0 BT-TABLERO INTERCONEXIÓN: hoy se dispone de 3 ternas de 70mm² PVC y 2 ternas de 95mm² PVC. Se sugiere agregar una terna más por fase del mismo tipo de conductor; o bien como mejora, cambiar por 2 ternas de multipolares de 120mm² XLPE separados a 0,125m de distancia entre cables, o bien 3 ternas caso que los conductores queden en contacto directo entre ellos.

Tramo TABLERO INTERCONEXIÓN -TABLERO PRINCIPAL: hoy se dispone de 2 ternas 120mm PVC. Como propuesta se sugiere colocar 2 ternas de 185mm² XLPE por fase, o bien 3 ternas de 120mm² XLPE en contacto, o bien 2 ternas de 120 XLPE a una distancia mayor de 0,125m entre conductores.

Tabla 2: Cálculos selección de conductores Tramo Transformador BT-Tablero principal BT

		Conductores actuales			PROPUESTAS						
Conductores necesarios	ladm TOTAL (A)	417,78	379,98	433,84	519,90	502,92	554,93	571,39	558,56	541,06	623,57
	Cantidad de ternas	3	2	2	4	3	2	4	3	3	2
	ladm corregida	139,26	189,992	216,92	129,976	167,64	277,4655	142,848	186,186	180,352575	311,7825
	Correc. Agrup. Enterrado/cañ	0,75	0,85	0,85	0,7	0,75	0,85	0,6	0,65	0,65	0,75
	Corrección T*	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Corrección terreno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Sección nominal	70	95	120	70	95	120	70	95	120	185
	Conductor	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre	cobre
	Aislante	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE
	Montaje	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado
Consideraciones	Tipo	multipolares	multipolares	multipolares	multipolares	multipolares	multipolares	multipolares	multipolares	multipolares	
	Disposición	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
	Corriente adm (25/40°C)	211	254	290	211	254	351	256	308	351	
	Temperatura	35	35	35	35	35	35	35	35	35	
	Separación de circuitos (m)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	en contacto	en contacto	en contacto	

NOTA: del transformador elevador nos queda una corriente para los motores de 491Amp, mas una corriente extra por las cargas de los compresores, iluminación y el resto de las cargas de la instalación.

-CONDUCTORES TABLERO PRINCIPAL-TRAFO MT/BT

Estos conductores (que se quemaron) al cambiarlos se verificó la incorrecta instalación y contemplando los factores de corrección correspondiente se determina la necesidad de cambiar por 4 ternas de 185mm² de XLPE.

Tabla 3: Cálculos selección de conductores Tramo Tablero principal BT-Transformador MT/BT

		Conductores actuales		PROPUESTA	
Conductores necesarios	ladm TOTAL (A)	603,25	758,95	952,56	1178,72
	Cantidad de ternas	3	3	4	4
	ladm corregida	201,0825	252,9825	238,14	294,679
	Correc. Agrup. Enterrado/cañ	0,75	0,75	0,7	0,7
	Corrección T*	0,81	0,89	0,81	0,89
	Corrección terreno	1	1	1	1
	Sección nominal	120	120	185	185
	Conductor	cobre	cobre	cobre	cobre
	Aislante	PVC	XLPE	PVC	XLPE
	Montaje	enterrado	enterrado	enterrado	enterrado
Consideraciones	Tipo	unipolares	unipolares	unipolares	unipolares
	Disposición	14	14	14	14
	Corriente adm (25/40°C)	331	379	420	473
	Temperatura	40	40	40	40
	Separación de circuitos (m)	0,125	0,125	0,125	0,125

PROTECCIONES

Por un lado, el evento en el tramo del transformador MT/BT al tablero principal BT no había ninguna protección, con lo cual podría ser factible incluir alguna.

Por otro lado, el evento del tablero de interconexión fue a causa de un mal contacto y sobrecalentamiento del borne de conexión de potencia, con lo cual, más allá de hacer una imagen térmica de puntos calientes, no se podría haber previsto. A pesar de ello, se observó que el tablero principal cuenta con fusibles seccionadores HN1 de 250Amp del tipo gG (ver Imagen 21 del anexo B) por cada terna con cables de 120mm²; la cual si bien protege contra sobrecarga a partir de los 1,6In y cortocircuito (ver Ilustración 40), no es la mejor opción para proteger el circuito en este caso, ya que al tener más de 1 terna por fase, la caída de una terna provocaría una sobrecarga en la otra terna que la sacaría de servicio también, pero luego el motor quedaría operando con 2 fases, sobrecargando no solo a los conductores, sino también a los bobinados del motor con el riesgo que eso implicaría.

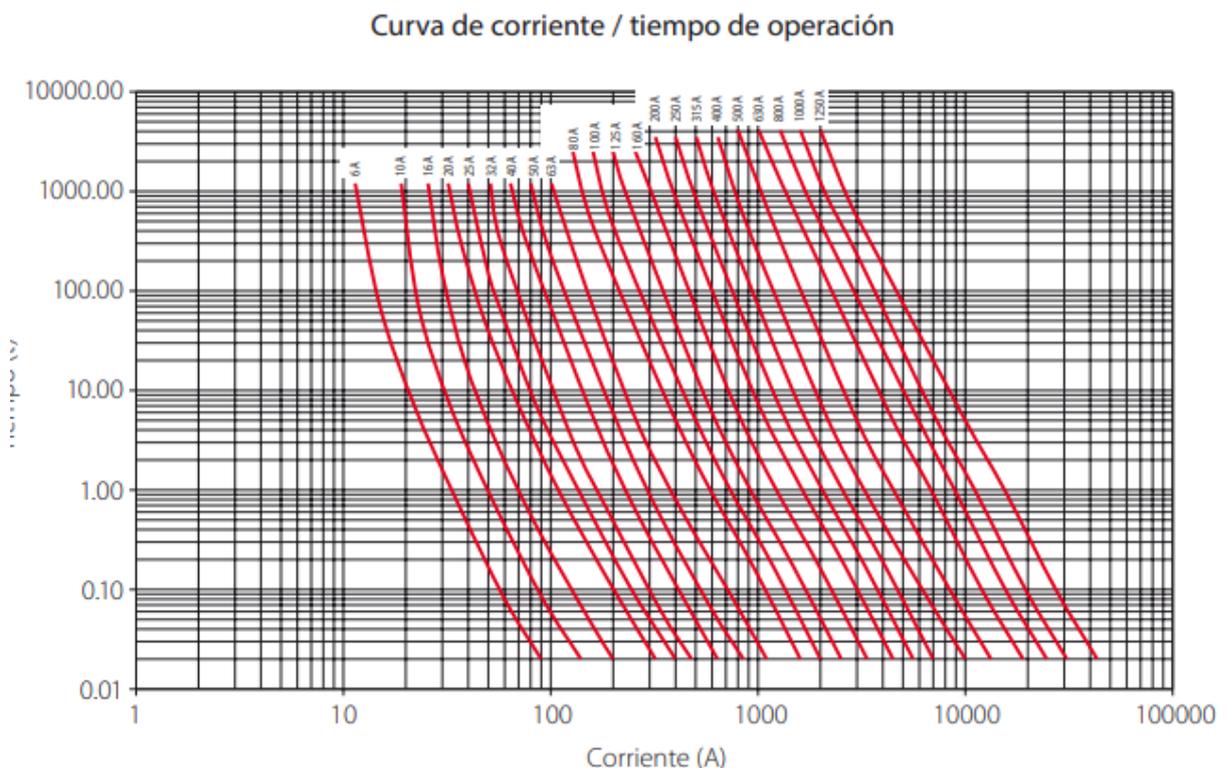


Ilustración 40: Curvas corriente/tiempo operación de fusibles gG

Ante esto se recomienda:

Al corto plazo: Adecuar los tableros de interconexión para prevenir nuevos puntos calientes en las conexiones y revisar protecciones de los VDF sobre los motores.

-Al mediano plazo: PROPUESTAS DE MEJORAS mediante una obra que incluya:

Cambio de tablero principal por interruptores automáticos TETRAPOLARES, que por un lado permitan detectar sobrecargas más eficientemente y por otro lado evitar la pérdida de fases.

Cambio de tableros de interconexión por tableros con mayor espacio y posibilidad de conectar cada terna de forma individual reduciendo así los puntos calientes al apilar terminales sobre un contacto.

Ver factibilidad de agregar una protección sobre la salida del transformador MT/BT para proteger el tramo hacia el tablero principal BT.

MATERIALES EN STOCK

-TRAMO MOTORES-VDF → Necesidad: 20mts aprox.

Opción 1: 3x(3x70mm²) PVC o 2x(3x70mm²) XLPE

Opción 2: 2x(3x95mm²) XLPE

-TRAMO VDF-TRANSFORMADORES → Necesidad: 10mts aprox.

Opción 1: Dejar los conductores actuales si están en buenas condiciones

Opción 2: 2x(3x120mm²) PVC o XLPE

Opción 3: 2x(3x95mm²) XLPE

-TRAMO TRAFIO BT-TABLERO INTERCONEXIÓN y TRAMO TABLERO INTERCONEXIÓN -TABLERO PRINCIPAL → Necesidad: 55mts aprox.

Opción 1: 2x(3x185mm²) PVC o XLPE

Opción 2: 2x(3x150mm²) XLPE

-TRAMO TABLERO PRINCIPAL-TRAFO MT/BT – 4x(3x185mm²+1x70mm²) XLPE →
NECESIDAD: 5mts

5.4 Resultados

De todo el análisis se arrojaron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

-Los cálculos originales de la instalación fueron realizados con una carga mucho menor a la actual.

-Es necesario cambiar conductores eléctricos y adecuar los montajes según recomendaciones de la AEA.

-Es necesario cambiar tableros eléctricos y colocar protecciones adecuadas.

-Para utilizar 2 motores a máxima capacidad es necesario agregar otro transformador o cambiar el actual por uno de mayor capacidad.

Recomendaciones	Responsable	Fecha
1.Revisar conexiones y verificar integridad de conductores	MOP	26/03/2024
2.Remplazar/agregar protecciones eléctricas/conductores según recomendaciones	MOP	A definir
3.Cambiar/acondicionar tableros eléctricos BT	MOP	A definir
4.Ampliar capacidad transformador MT/BT	ENERGÍA	A definir
5.Cambio conductores Trafo MT/BT-Tablero principal BT	ENERGÍA	26/03/2024
6.Ajustar inspección de termografías	IDM	05/04/2024
7.Revisión de Planes de Mantenimiento de equipos eléctricos	IDM	05/04/2024
8.Ver necesidad de materiales sin STOCK	IDM	05/04/2024

6 Relevamiento de equipamiento según Áreas Clasificadas

6.1 Introducción

Se realiza auditoría interna de instalación a los efectos de disminuir las fuentes de ignición de origen eléctrico, asegurar que los equipos eléctricos / electrónicos instalados en la Estación Compresora de gas sean certificados y adecuados al área clasificada correspondiente (según conjunto normativo IEC), y que los mismos se encuentren correctamente instalados.

6.2 Marco Teórico

6.2.1 Términos y definiciones según la AEA 90079-10-1

Atmósfera explosiva: mezcla con aire, en condiciones atmosférica, de sustancias inflamables en forma de gas, vapor, polvo, fibras o partículas en suspensión las cuales, tras la inflamación, permiten una propagación auto sostenida de la llama.

Área peligrosa: área en la que una atmósfera gaseosa explosiva está presente, o se espera que esté presente en cantidades tales que se requieren precauciones especiales para la construcción, la instalación y el uso del material.

Zonas: Las áreas peligrosas se clasifican en zonas basándose en la frecuencia de aparición y en la duración de la presencia de una atmósfera gaseosa explosiva, de acuerdo con lo siguiente:

-Zona 0: área en la que está presente una atmósfera gaseosa explosiva en forma continua, durante largos períodos o frecuentemente.

-Zona 1: área en la cual es probables que se produzca una atmósfera gaseosa explosiva ocasionalmente en funcionamiento normal.

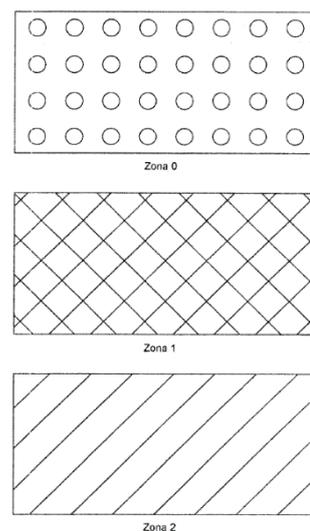


Ilustración 41: símbolos preferidos para las zonas de las áreas peligrosas

-Zona 2: área en la cual no es probable que se produzca una atmósfera gaseosa explosiva en funcionamiento normal, pero si se genera persiste solamente durante un periodo corto.

Funcionamiento normal: situación en la que el material opera dentro de sus parámetros de diseño.

Extensión de la zona: Distancia en cualquier dirección desde la fuente de escape al punto donde la mezcla de gas/aire se ha diluido por el aire a un valor por debajo del límite inferior de explosividad

Nivel de Protección del Equipo: Nivel de protección asignado al equipo basado en la probabilidad de convertirse en una fuente de ignición y que distingue las diferencias entre una atmósfera de gas explosivo, atmósfera de polvo explosivo y atmósferas explosivas.

6.2.2 Introducción

Cuando nos referimos a equipos eléctricos que deben ser instalados en áreas peligrosas, hay que tener en cuenta que los mismos sean capaces de eliminar o aislar la fuente de ignición, evitando la presencia simultánea de los tres componentes que forman el triángulo del fuego: Combustible, oxígeno y fuente de ignición.

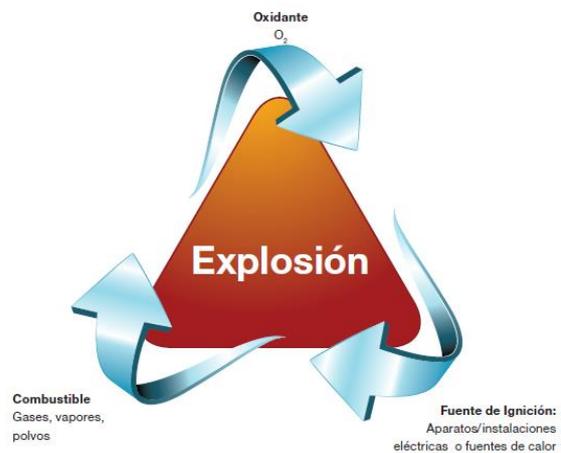


Ilustración 42: Triángulo de fuego obtenido del manual WEG de Atmósferas explosivas

La Clasificación de áreas peligrosas es un método para analizar y clasificar el ambiente donde puede aparecer una atmósfera de gas explosiva y así facilitar la correcta selección e instalación de aparatos para ser usados con seguridad en el ambiente. La clasificación tiene

igualmente en cuenta las características de inflamabilidad del gas o del vapor, tales como la energía de ignición (grupo de gas) y la temperatura de ignición (clase de temperatura). Esta clasificación de áreas puede variar según su marco normativo. Ver Ilustración 43 e Ilustración 44.



Ilustración 43: Marco Normativo de áreas clasificadas. Se obtuvo de www.delga.com

PRESENCIA DE ATMÓSFERA EXPLOSIVA	NORMATIVA	CONTÍNUA		INTERMITENTE		EN CONDICIONES ANORMALES	
		Gases	Polvos	Gases	Polvos	Gases	Polvos
Argentina	IEC	Zona 0	Zona 21	Zona 1	Zona 21	Zona 2	Zona 22
Europa	CENELEC		Zona Z (10)		Zona Z (10)		Zona Z (11)
Norte América	NEC	División 1				División 2	
	NEC 505	Zona 0		Zona 1		Zona 2	

GAS REPRESENTATIVO	ARGENTINA IRAM IEC 60079-0	EUROPA EN 50 014 IEC 60079-0	E.E.U.U. NEC ART. 500 (CLASE I)	ENERGÍA MÍN. DE IGNICIÓN (MICROJULIOS)
Acetileno	IEC	IIC	A	20
Hidrógeno	CENELEC	IIC	B	20
Etileno	NEC	IIB	C	60
Propano	NEC 505	IIA	D	180

Ilustración 44: Tabla comparativa de clasificación de áreas en los distintos marcos normativos. Se obtuvo de www.delga.com

6.2.3 Clasificación en base a la temperatura

Como se mencionó previamente, uno de los componentes de una explosión es la energía que puede ser provista por una chispa o por la temperatura de un componente. Con lo cual, la temperatura superficial máxima de un aparato (máxima temperatura desarrollada por un aparato eléctrico en funcionamiento en un ambiente de 40°C) no debe exceder la mínima temperatura de ignición de la atmósfera explosiva. Para más referencias ver Ilustración 45.

Clase de temperatura		Máxima Temperatura Superficial (°C)
IEC	NEC	
T1	T1	450
T2	T2	300
-	T2A	280
-	T2B	260
-	T2C	230
-	T2D	215
T3	T3	200
-	T3A	180
-	T3B	165
-	T3C	160
T4	T4	135
-	T4A	120
-	T5	100
-	T6	85

Ilustración 45: Tabla clase de temperatura del equipamiento según normativa. Información obtenida de www.weg.net

6.2.4 Materiales aptos para ser instalados en áreas clasificadas

En el entorno NEC, los materiales aptos para ser instalados en un Área Clasificada se encuentran regulados por las normas UL correspondientes, según el tipo de aplicación y uso que ellos tengan; sin embargo en el sistema internacional IEC, es según el modo de protección (medidas especiales que se aplican al material para evitar la ignición de la atmósfera explosiva que lo rodea) y el nivel de protección (EPL). A continuación, en la Ilustración 46 se pueden observar los distintos modos de protección (IEC):

MODO DE PROTECCIÓN	LETRA CARACT.	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
ANTIFLAGRANTE	d	Modo de protección en el cual el material eléctrico es encerrado dentro de una envoltura capaz de resistir la explosión y de no transmitir esta inflamación al ambiente circundante.	
SEGURIDAD AUMENTADA	e	Modo consistente en aplicar las medidas necesarias con el fin de evitar la posibilidad de sobrecalentamientos o la aparición de arcos o chispas en el interior y sobre las partes externas del material eléctrico.	
SEGURIDAD INTRÍNSECA	i	Se define la seguridad intrínseca como las medidas adoptadas, para limitar la energía en un circuito eléctrico y que ninguna chispa, arco o efecto térmico, sea capaz de provocar la inflamación de una atmósfera explosiva dada.	
SOBREPRESION INTERNA	p	En este modo, se impide la penetración de una atmósfera explosiva circundante al interior de la envoltura que contiene el material eléctrico, por contener dicha envoltura un gas inerte a una presión superior a la de la atmósfera explosiva externa.	
INMERSION EN ACEITE	o	Modo de protección en el cual el material eléctrico o parte de este, está sumergido en aceite de forma tal que es incapaz de inflamar la atmósfera explosiva que la rodea.	
RELLENO PULVERULENTO	q	En este modo, la envoltura que contiene el material eléctrico esta rellena de un polvo de manera tal que ni un arco que se produzca en su interior ni un calentamiento excesivo de las paredes de la envoltura puedan producir la inflamación de la atmósfera circundante.	
ENCAPSULADO	m	Modo de protección en el cual las partes que pueden inflamar una atmósfera por chispas o calentamientos están embebidas en una resina de tal forma que esta atmósfera no pueda inflamarse.	
SIMPLIFICADO	n	Modo de protección que, aplicado a la construcción de material eléctrico, lo incapacita durante el servicio normal, de provocar la ignición de una mezcla explosiva circundante. Existen tres categorías: Antichispas (nA), Respiración restringida (nR) y Simplificado para zona 2 (nC).	

Ilustración 46: Modos de protección (IEC). Información obtenida de www.delga.com

Es necesario tener en cuenta que, dependiendo del modo de protección, será el tipo de juntas (planas, roscadas, selladas, etc), como así también el modo de acceder (acometer) a una envolvente, ya sea con roscas Métrica ISO o Roscas NPT para instalaciones rígidas (caños).

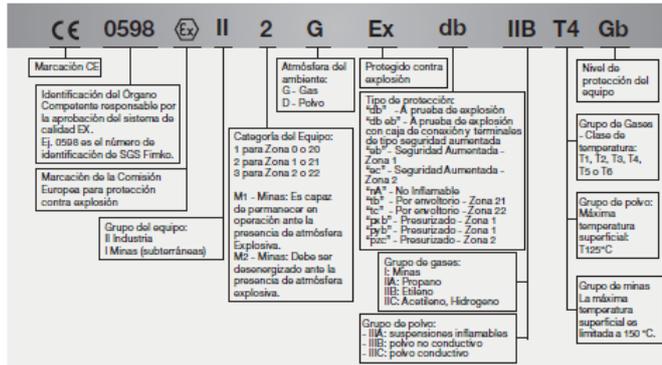
Es requisito normativo que el material para áreas clasificadas debe estar marcado de forma indeleble tal que pueda ser perfectamente identificado.

En la imagen de la derecha pueden apreciarse los distintos tipos de marcaciones según el marco normativo del equipamiento.

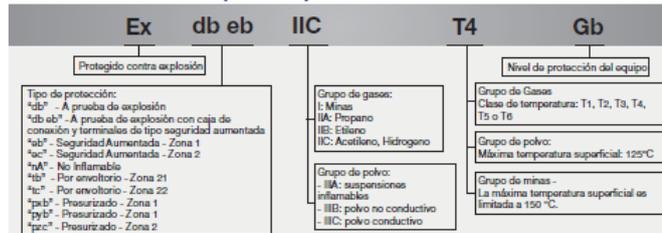
El concepto de niveles de protección (EX) no están asociadas a un solo material o equipos, sino que el análisis, ensayos y certificación del producto para garantizar su aptitud de ser instalado en presencia de una atmosfera explosiva determinada, deberá realizarse al producto terminado incluyendo sus componentes. Esto

incluye el lugar de orificios en las envolventes, garantizar el correcto ajuste o calibración de roscas, etc. De esta forma un componente “Ex” es “parte del material eléctrico o un módulo, marcado con el símbolo “U”, que no está destinado para utilizarlo solo y requiere

Marcación ATEX (Europea)



Marcación IECEx (Global)



Marcación NEC/CEC (Norteamericana)

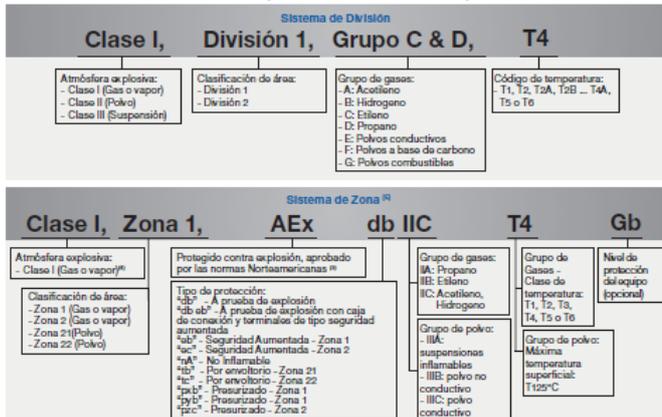


Ilustración 47: Marcación de áreas clasificadas según marco normativo. Información obtenida de www.weg.net

consideraciones adicionales cuando se incorpora dentro del material eléctrico o en sistemas para uso en atmósferas explosivas” (IEC 60079-0).

Según expresa el documento INFORMACIÓN TÉCNICA de delga.com, “un componente Ex puede ser una envolvente vacía, un material o conjunto de materiales utilizados en una instalación eléctrica (niple, unión, etc) y se deberá tener en cuenta los siguiente:

- El marcado se encuentra dentro de la envolvente.
- El material cumple con los requerimientos de normas IEC 60079-0 e IEC 60079-1 para componentes Ex
- En una instalación, el certificado de componente Ex (finalizado en U) de una envolvente no es suficiente para demostrar su aptitud.
- El certificado será tomado como base para la certificación del material definitivo.

El certificado “Ex” en un material, es un certificado preparado para un material distinto de un componente Ex. Este material puede incluir Componentes Ex, pero siempre se requiere una evaluación adicional como parte de su incorporación dentro del material.



Ilustración 48: Tablero pulsadores Ex

Partiendo entonces de una envolvente certificada como componente Ex, la aplicación para un tablero particular (es decir, conteniendo elementos y componentes eléctricos determinados y con los accesos necesarios) será analizada y si corresponde ensayada para verificar su aptitud de cumplir con los requerimientos normativos.

- La envolvente certificada como Componente Ex fue modificada y ha sido analizada, ensayada y certificada como material Ex, cumpliendo con los requisitos de normas IEC-60079-0 e IEC 60079-1.

- Para facilitar el proceso, se suele solicitar al fabricante el producto “a medida” es decir con todos sus componentes y la certificación correspondiente.
- El marcado se encuentra en el exterior.”

6.2.5 Las cuatro fases de una instalación segura

Por último y para concluir se pretende dejar en claro que una instalación segura no solo depende de un solo aspecto, sino que hay que tener 4 puntos a considerar para garantizar el prevenir una explosión y evitar daños irreversibles en ella. A continuación, los 4 puntos a tener en cuenta:

6.2.5.1 Clasificación de áreas

El estar en presencia de una posible atmósfera explosiva, da lugar a la clasificación del área según el tipo de sustancia y el tiempo que la misma pueda estar presente en el ambiente. Esta clasificación debe ser realizada por personal adecuado con las competencias acreditadas para tal fin.

6.2.5.2 Elección del material adecuado

Una instalación eléctrica se deberá ejecutar con material apto para la clasificación de áreas determinada para el sitio, garantizando un modo de protección apropiado para el Nivel de Seguridad (EPL) correspondiente a la clasificación obtenida.

El material debe ser diseñado, ensayado y cumplir con los requerimientos del marco normativo correspondiente para Áreas Clasificadas.

6.2.5.3 Mano de obra competente

El personal que trabaje en instalaciones eléctricas en áreas clasificadas deberá acreditar competencias inherentes al rubro, que incluyen conocimientos de clasificación de áreas, materiales, tipos de instalación, inspección y mantenimiento. Esto a partir, de que un material

adecuado aplicado en la zona correcta, puede no garantiza seguridad si no ha sido instalado en condiciones óptimas y normativamente correctas.

6.2.5.4 Mantenimiento adecuado

Como toda instalación, la existente en un Área Clasificada debe contar con un mantenimiento preventivo y correctivo adecuado; para ello existen normativas y se requieren competencias adecuadas donde la inspección periódica cumple una función primordial. Además, los talleres capaces de brindar el servicio de mantenimiento en cuanto a la readaptación, modificación o puesta nuevamente en servicio de un material, debe contar con las condiciones adecuadas.

6.3 Metodología y Desarrollo

Parte de nuestras tareas como ingeniero de mantenimiento consistieron en garantizar la seguridad y estado de los equipos eléctricos dentro de los yacimientos. En función a esto se comenzó a realizar una serie de auditorías con el fin de por un lado determinar el estado de los equipamientos, conocerlos, pero el punto más importante de todos fue evaluar las características de estos equipos frente a la clasificación de áreas de cada instalación.

Nuestro trabajo consistió en 4 partes:

- a. Estudiar tema de áreas clasificadas y las normativas asociadas
- b. Releva en campo los equipamientos
- c. Conseguir plano de áreas clasificadas y definir situación de cada instalación
- d. Elaborar informe al respecto y enviar a las personas interesadas

En primera instancia, se trató el punto a y se armó para el punto b una planilla con los aspectos más relevantes para auditar en campo.

Aspectos a Auditar: Equipamiento eléctrico: Referente a clasificación de áreas, estado de preservación, consignaciones, etc.

Equipamiento Eléctrico	SI	NO	NA
Cajas de conexión en general			
1 Corresponden a la clasificación de área explosiva?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Se encuentran en buen estado de conservación?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Existen faltantes de bulones en tapas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Existen orificios o aberturas que afecten el grado de estanquidad?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipos, consignaciones, etc.			
1 Existen faltantes de equipos eléctricos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Están colocadas las tarjetas de consignación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Están correctamente aislados los conductores?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Siguiendo el punto b, se muestra como ejemplo el relevamiento realizado en una de las instalaciones, que, junto con el análisis del plano de áreas clasificadas correspondiente, su relevamiento se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 4: Tabla resumen relevamiento equipamiento eléctrico según áreas clasificadas, en instalación de referencia

Sector	Zona	Equipo	Tipo equipamiento	Acometida	¿Verifica?	Observación
KOD	Zona 1	Bomba N°1	No ATEX	OK		
		Bomba N°2	OK	OK		
		Pulsadores	OK	OK		
BOMBAS "FLASH"	Zona 1	Bomba A	No ATEX	VER		Ver nota 1
		Bomba B	OK	VER		Ver nota 2
		Bomba C	No ATEX	OK		
TABLEROS "FLASH"	Fuera de áreas clasificadas	VDF A	OK	VER		Ver nota 3
		VDF B	OK	VER		Ver nota 4
		VDF C	OK	OK		
		A+B	VER	VER		Fuera de Servicio
AGUA	Fuera de áreas clasificadas	Bomba	OK	OK		Ver nota 5
		Pulsador	OK	OK		
ACEITE	Zona 2	Bomba 32	OK	OK		
		Bomba 34	OK	VER		Fuera de Servicio
		Pulsadores	OK	OK		

NOTA: para más detalles ver imágenes en el Anexo B

A continuación, el detalle de las notas de cada equipo:

Ver nota 1	Colocar/cambiar tapón de metal antiexplosivo y perno, en caja de bornes.	Ver Imagen 27
Ver nota 2	Colocar tapón de metal antiexplosivo en caja de bornes	Ver Imagen 29
Ver nota 3	Falta sellador antichispa	Ver Imagen 32
Ver nota 4	Falta sellador antichispa	Ver Imagen 33
Ver nota 5	El motor es ATEX, aunque no es necesario	Ver Imagen 38

A continuación el detalle de los planos:

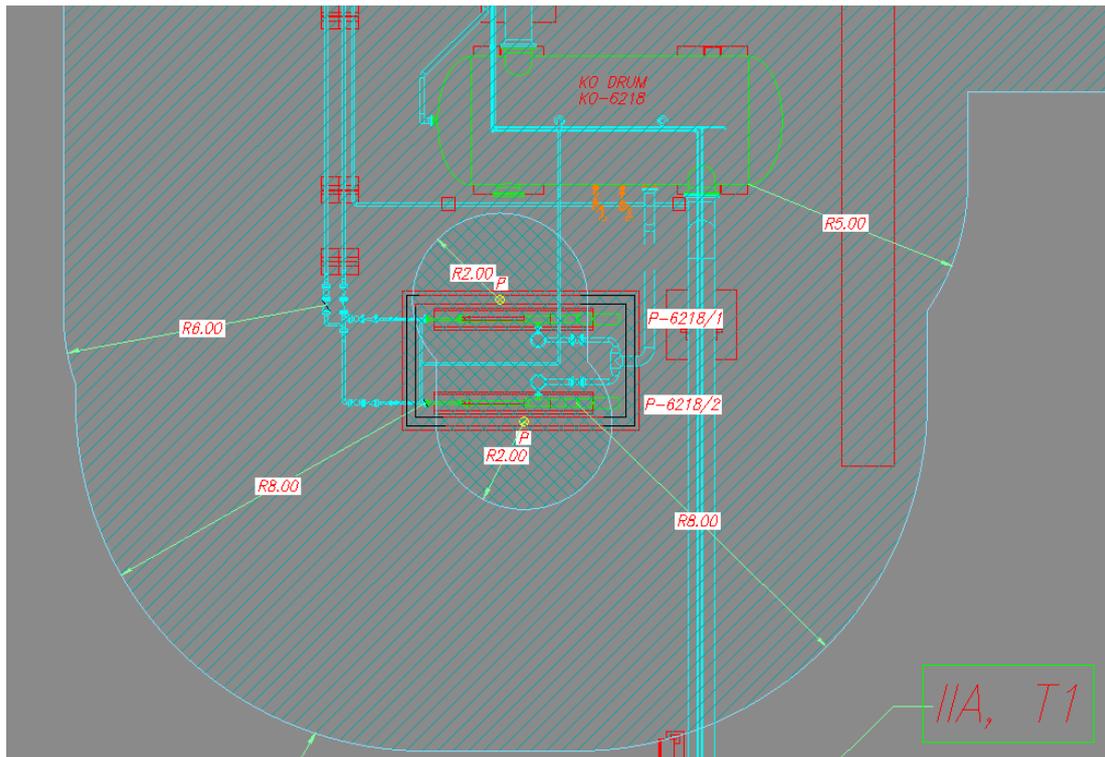


Ilustración 49: Plano áreas clasificadas zona KOD

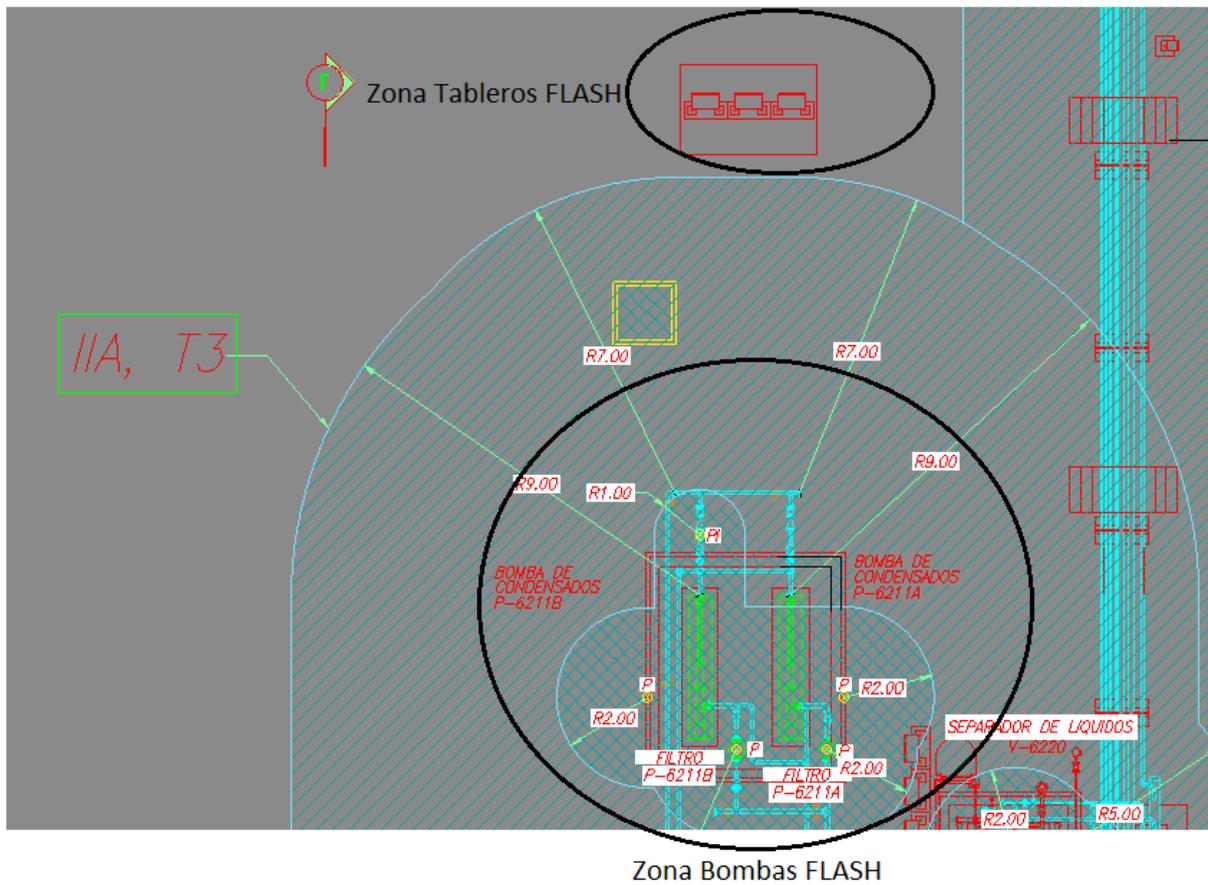


Ilustración 50: Plano áreas clasificadas zona TK FLASH

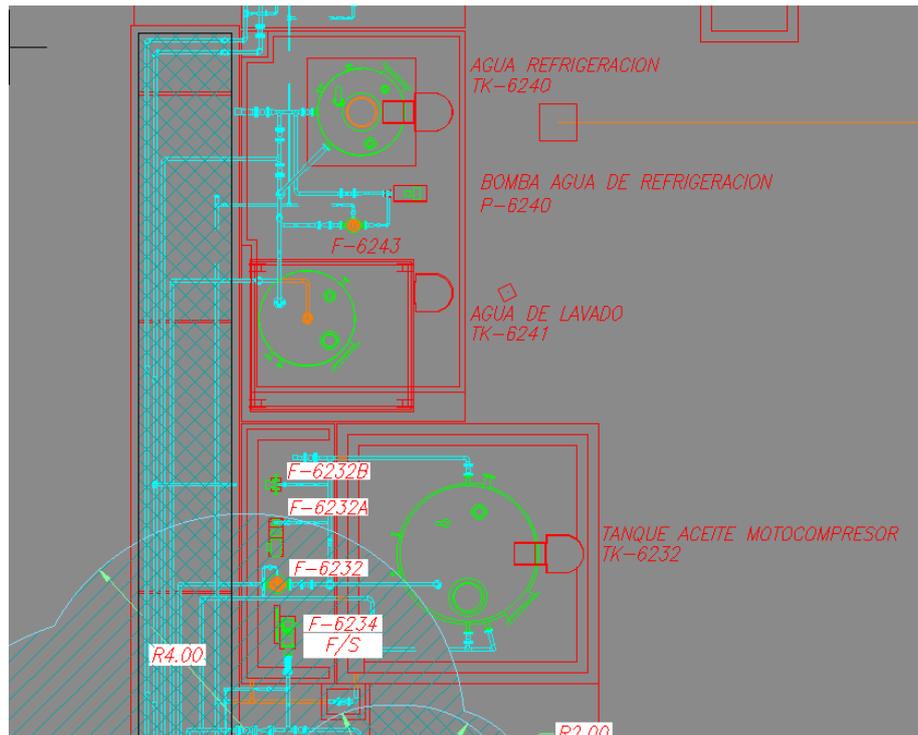


Ilustración 51: Plano áreas clasificadas zona servicios auxiliares (AGUA/ACEITE)

Por último, se determinó la situación de cada equipo y se elaboró el informe correspondiente, el cual fue enviado a las personas correspondientes.

4) Alertas

Es necesario cambiar motores, por unos ATEX que garanticen seguridad en áreas clasificadas Zona 1.

Los motores a cambiar serían:

- Motor SIEMENS BOMBA 1 KOD
- Motor WEG BOMBA A FLASH
- Motor WEG BOMBA C FLASH

Por otro lado se necesita acondicionar por Zona 1:

- Colocar tapones antiexplosivos y pernos en las cajas de bornes en los motores del FLASH

Por último en zona fuera de área clasificadas:

- Acondicionar acometidas de tableros con selladores, prensacables adecuados y tapones para generar estanqueidad en los tableros de las bombas del FLASH.

Del total de los relevamientos se pudo observar que aproximadamente el 40% de los motores son aptos para Zona 1, que casi el 30% corresponde a Zona 1 y el restante son no aptos para zonas clasificadas. Por otro lado, en función a la clasificación de áreas de cada motor se pudo observar que más del 75% de los motores cumplen con la clasificación de áreas necesaria, pero se deberá trabajar para normalizar la situación de ese 24% que no lo cumple. Ver Ilustración 52.

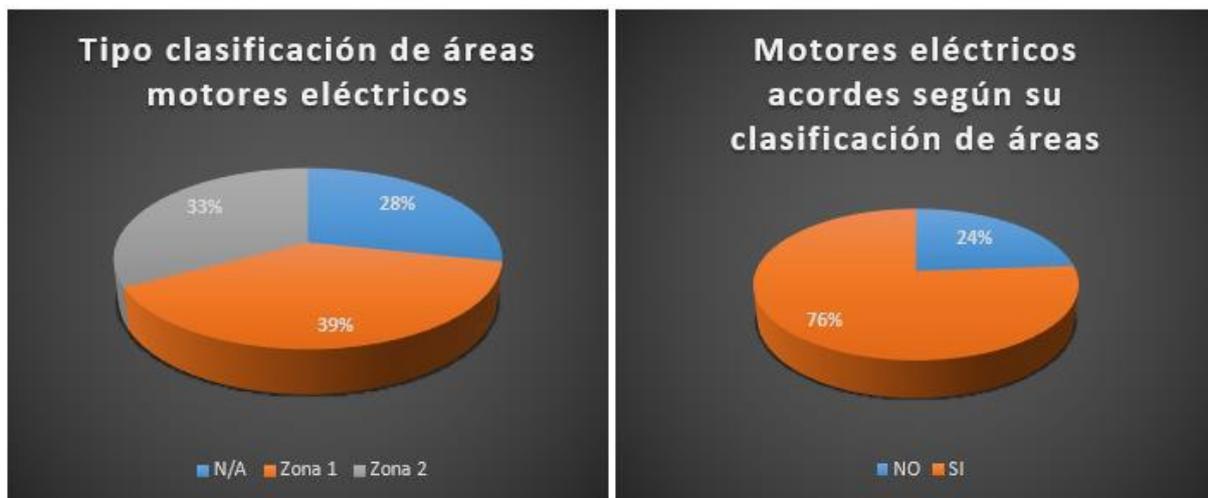


Ilustración 52: Estadísticas de relevamientos motores eléctricos

Cabe destacar que, teníamos casos en donde las chapas no estaban, o eran ilegibles. Ver Ilustración 53; con lo cual fue necesario además de los estudiado indagar en como poder determinar la clasificación de áreas de los motores visualizándolos. Para ello se determinó que 2 datos importantes eran la distancia de la caja de bornes y la carcasa (en los ATEX, la caja de bornes suele separarse más), y por otro lado la cantidad de bulones de las tapas (un ATEX tiene al menos 8 bulones). Ver Ilustración 54 con ejemplos.

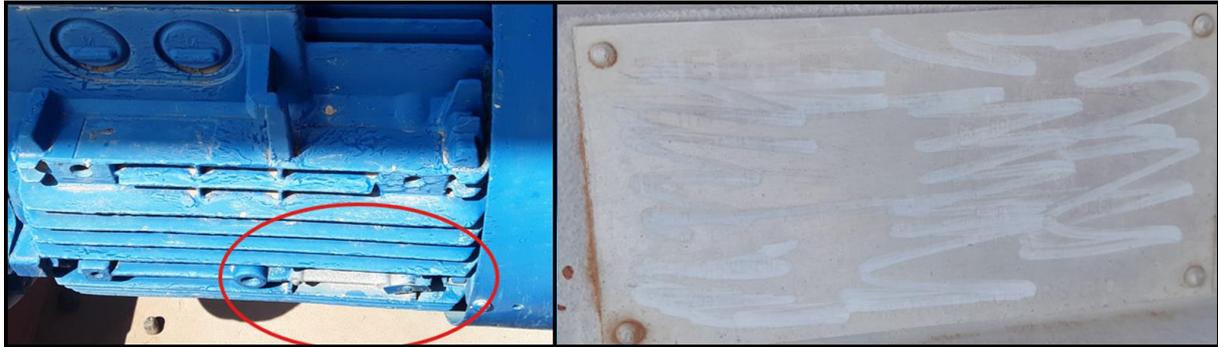


Ilustración 53: Motor sin chapa y chapa sin lectura

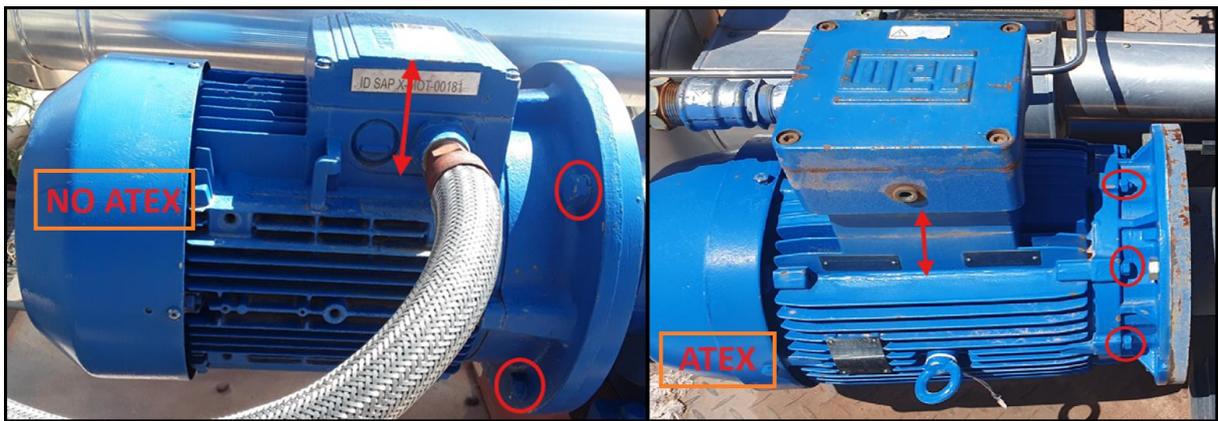


Ilustración 54: motor ATEX vs NO ATEX según su forma constructiva

6.4 Resultados

Más allá del resultado del relevamiento mostrado en este documento, podemos decir que el resultado global de los relevamientos fue muy positivo ya que se encontraron distintos desvíos en cuanto a estado de equipamiento y como premisa más importante revisar el estado de seguridad de los equipos, las instalaciones y las personas.

Para cada caso fue informado a las personas involucradas en tomar las decisiones pertinentes sobre las mejoras a realizar o bien cambiar los equipos.

Por nuestra parte nos encargamos también de luego de ver la necesidad de cambiar algunos motores eléctricos, de conseguir los mismos ya sea con compra de nuevos equipos, conseguir equipamiento de otros almacenes, como así también enviar a reparar motores con desperfectos que estaban sin uso en talleres o almacenes.

7 Acondicionamiento de sistemas de transferencia automática

7.1 Introducción

Dentro del negocio se tienen sistemas de transferencias automática para la conmutación del sistema de energía a un generador en caso de corte de energía de la red. Estos sistemas son mantenidos por una empresa externa llamada a demanda que no estaba pudiendo realizar los trabajo y teníamos problemas con los sistemas de algunas instalaciones.

7.2 Marco Teórico

7.2.1 Introducción

A medida que en los últimos años se ha desarrollado un gran crecimiento en diferentes sectores de la industria, paralelamente ha surgido una gran necesidad para implementar grupos electrógenos dentro de su respaldo eléctrico de emergencia, esto debido a muchos factores como las cargas críticas que operan; un paro de producción traducidos en pérdidas monetarias, no obstante también pueden ser utilizados para minorizar costes al servicio eléctrico comercial como también para ser una fuente de alimentación principal en sitios aislados donde no se dispone de una red eléctrica comercial.

7.2.2 Grupo electrógeno

Un Grupo Electrónico basa su funcionamiento en un ciclo de transformación de dos tipos de energías que dan como resultado la energía eléctrica. El proceso comienza convirtiendo la energía calorífica (Diesel) en energía mecánica a través de un motor mecánico, para luego esta energía mecánica convertirse en energía eléctrica por medio de la

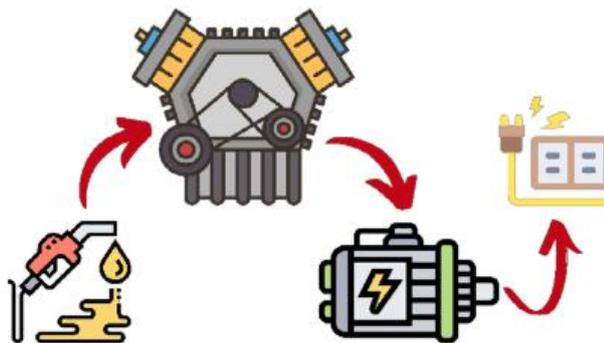


Ilustración 55: https://amperonline.com/wp-content/uploads/2022/03/ART-GG.EE_.pdf

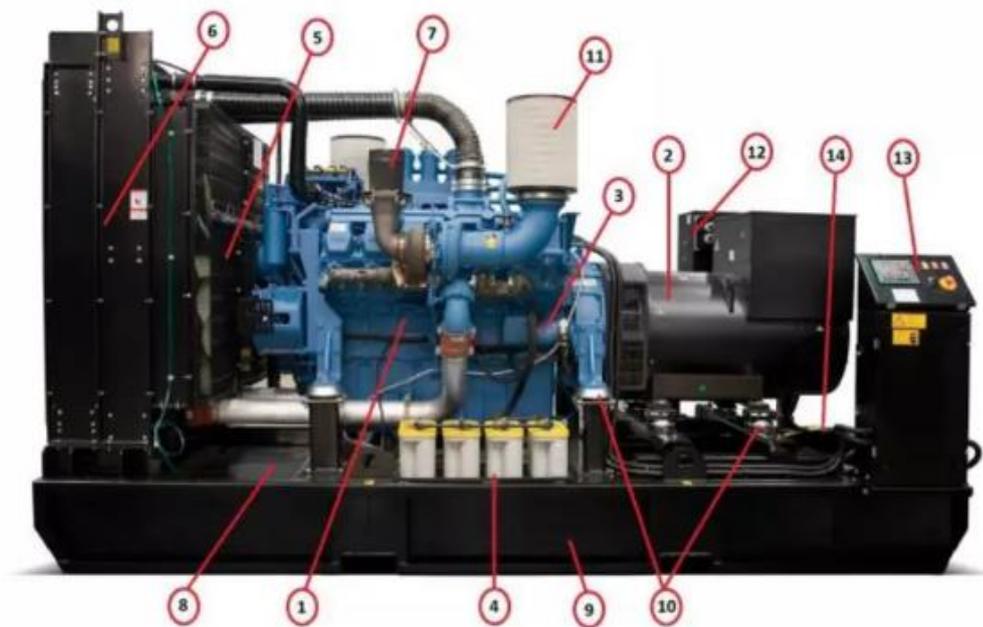
rotación constante del rotor generando un campo magnético en medio del devanado del estator (bobina) del alternador.

A los fines de este documento, a continuación listaremos los principales componentes de un grupo electrógeno:

- **Motor.** El motor representa la fuente de energía mecánica para que el rotor del alternador gire y genere electricidad. Existen dos tipos de motores: motores de gasolina y de gasoil (diésel). Generalmente los motores diésel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.
- **Regulación del motor.** El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación al requerimiento de la carga. La velocidad del motor es directamente proporcional con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.
- **Sistema eléctrico del motor.** El sistema eléctrico del motor es de 12V o 24V, negativo a masa. El sistema incluye un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un manoswitch de presión de aceite, un termoswitch de temperatura y un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.
- **Sistema de refrigeración.** El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

- Alternador. La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado o generador síncrono, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores, en algunas ocasiones se ocupan accesorios adicionales como un sistema de anti condensación, excitación secundaria PMG (Permanent Magnetic Generator) y/o sistema de excitación AREP que mejora la respuesta de voltaje del alternador durante la aplicación de carga transitoria, como el arranque del motor
- Depósito de combustible y bancada. El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga en la mayoría de los casos. www.amperonline.com 4
- Cabina insonora. En muchas situaciones es imprescindible contar con esta cabina debido a las normativas que rigen la contaminación acústica, como también contar con un grado de protección IP65 para exteriores.
- Aislamiento de la vibración. El grupo electrógeno está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor-alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- Silenciador y sistema de escape. El silenciador va instalado al motor para reducir la emisión de ruido.
- Sistema de control. Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento mecánico y los parámetros eléctricos de salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento.

- Interruptor automático de salida. Para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del grupo electrógeno con control manual. Para grupos electrógenos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.
- Cuadro de control y maniobra. Es el encargado de la gestión del arranque y la parada del grupo bien sea de manera manual o automática a través de una transferencia. Entre sus funciones está la de vigilar el estado de alarmas y la operación del estado de los interruptores de transferencia.



1. Motor de combustión
2. Alternador
3. Motor de arranque
4. Baterías
5. Ventilador
6. Radiador
7. Silenciador*

8. Depósito de combustible
9. Base estructural o bancada
10. Antivibratorios
11. Filtro de aire
12. Cuadro de protección
13. Cuadro de control
14. Conexión a tierra

Ilustración 56: Componentes de un grupo electrógeno abierto

7.2.3 Sistemas de transferencia automáticos

Cuando la necesidad de no tener cortes de energía tiene un papel tan relevante, a los sistemas de respaldo de energía (como podría ser un grupo electrógeno u otro) es muy importante y necesario, asociarles a un sistema de transferencia automática, puesto que, ante una falla en el suministro principal, transfieren la carga de forma automática a la fuente de alimentación de emergencia (o secundaria).

Básicamente las llaves de transferencia automáticas cumplen la función de realizar la transferencia entre la alimentación de la red y el grupo electrógeno, y si bien hay muchas soluciones para este trabajo, hoy en día la mejor alternativa son aquellas basadas en tecnología de interruptores seccionadores que permiten asegurar la continuidad del suministro y garantizar la seguridad de los operadores, gracias a su capacidad de corte en carga asociada a sus modos de operación en tres niveles de seguridad automática, remota y manual para asegurar y elevar los índices de disponibilidad eléctrica.

Estas llaves de transferencia están equipadas con equipos conmutadores que pueden permutar automáticamente entre la fuente principal y una fuente secundaria en caso de fallos o fluctuaciones en la corriente, garantizando así la continuidad del suministro eléctrico.

Los conmutadores automáticos son dispositivos electromecánicos o electrónicos diseñados para controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito, conmutando automáticamente entre diferentes fuentes de alimentación. Éstos emplean sensores y relés para detectar la presencia o ausencia de corriente en una de las fuentes de alimentación conectadas, y al detectar la ausencia en la línea principal, un microcontrolador (o circuito de control), se encarga de activar el mecanismo de conmutación para cambiar de fuente de alimentación.

Estos equipos son capaces de gestionar la conmutación en milisegundos evitando así interrupciones en el suministro eléctrico. Ver esquema de Ilustración 57 del funcionamiento de un sistema de transferencia automática.

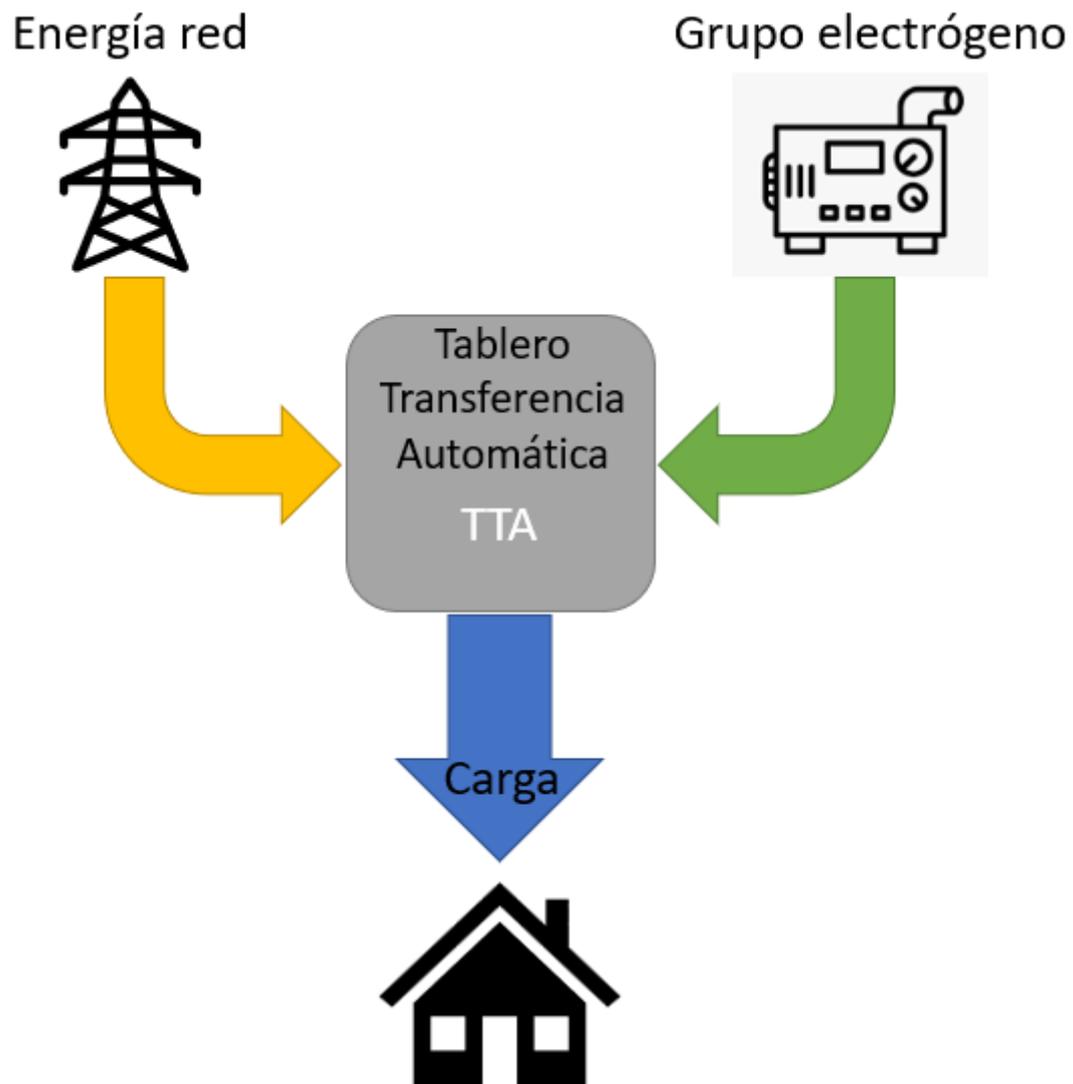


Ilustración 57: Esquema de funcionamiento de TTA

7.3 Metodología y Desarrollo

Dada la situación y la necesidad de contar con sistemas confiables para la reposición de energía ante un corte de la red, se toma el tema y se aprovecha el paro de una de las plantas para estudiar el tema e intentar solucionar el problema de dicha planta con el personal eléctrico de dicha zona.

Teniendo en cuenta que el personal eléctrico habitual de mantenimiento no estaba involucrado en el funcionamiento de estos equipos, de nuestra parte estudiamos el tema, investigamos y conseguimos toda la información necesaria para poder brindarles: documentación de manuales, unifilares; se relevaron distintos sistemas activos se tomaron fotografías (ver imágenes en anexo B), se estudió el sistema y se elaboró un plan para revisar el sistema de la instalación; que iba a tener detenida su operación por unas semanas y era un buen momento para realizar pruebas.

A continuación, en la Ilustración 58, se detalla el esquema actual de equipos y operación del sistema a tratar:

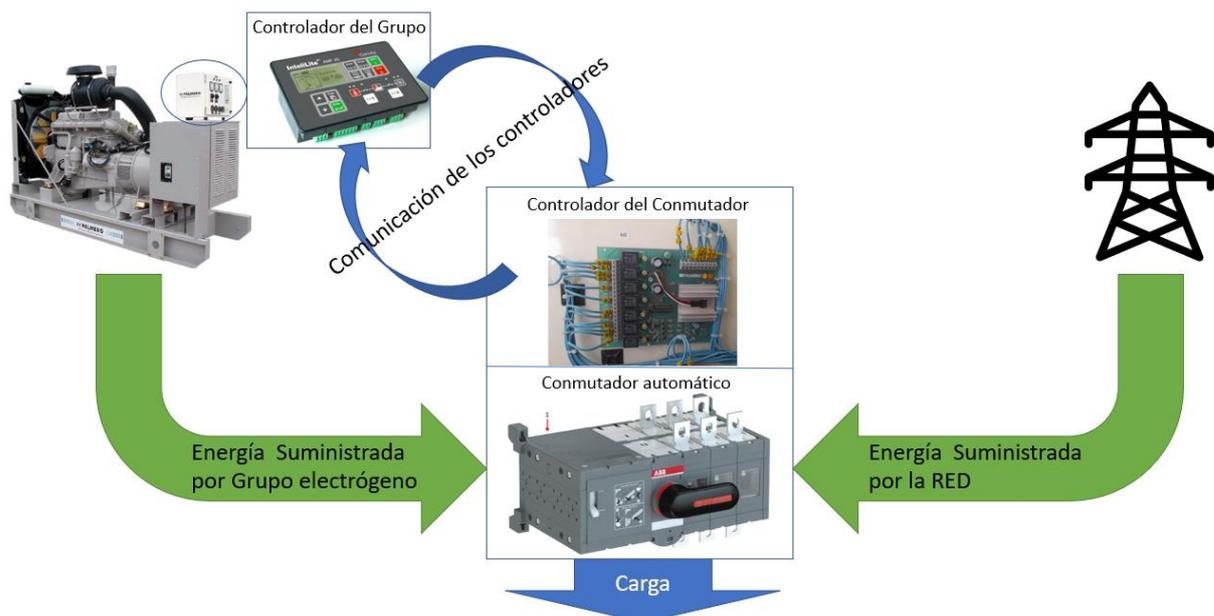


Ilustración 58: Esquema de conmutación automática de la instalación que no estaba funcionando correctamente

- Grupo electrógeno: Dieles PS-253 BASE 253KVA
- Controlador Grupo: IL-NT AMF25 ComAp. Ver imagen 48.
- Conmutador TTA: ABB OTM400E4CM230C. Ver imagen 42.
- Controlador TTA: Plaqueta PALMERO. Ver imagen 40.

Una vez que se contó con toda la información necesaria se habló con el personal eléctrico y con los programadores de tareas para coordinar una jornada de revisión inicial. En dicha asistencia se logró conocer el sistema y realizar algunas pruebas sobre el mismo. En esta primera asistencia se detectó que las conexiones no seguían los planos originales y averiguando encontramos información de que la instalación había sido modificada años atrás y los cambios no quedaron plasmados en ningún plano o esquema eléctrico; sin embargo, el mayor problema fue que la plaqueta controladora del sistema de conmutación tenía signos de tener algún componente quemado (ver Ilustración 59). Por otra parte, se determinaron cuáles eran las conexiones esenciales para la comunicación de los distintos controladores y por otro lado se determinaron los recursos necesarios para continuar con pruebas y consiguieron los repuestos necesarios (controlador nuevo, cables y relé de 24V en este caso).

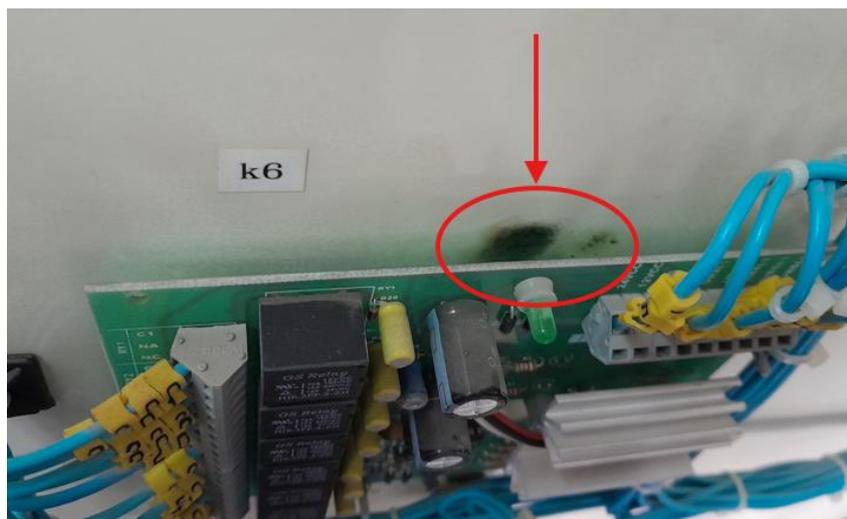


Ilustración 59: Plaqueta controladora con signos de componentes quemados

En función a lo observado en la primera asistencia y luego de conseguir los repuestos necesarios, nos encontramos con el problema de que el controlador conseguido para reponer es distinto al actual, siendo un equipo con una diversa cantidad de funciones y distintas conexiones, con lo cual el nuevo desafío consiste en adaptar las conexiones actuales (sin planos actualizados) para el nuevo controlador del tipo InteliATS STD de la marca ComAp (ver Ilustración 60). En primera medida y analizando las fotos y los planos se pudo determinar algunos puntos a tener en cuenta para las conexiones:

- i. El nuevo controlador posee 5 borneras de conexiones: VOLTAJE GENERADOR, VOLTAJE PRINCIPAL, ENTRADAS BINARIAS, SALIDAS BINARIAS Y ALIMENTACIÓN 24VDC

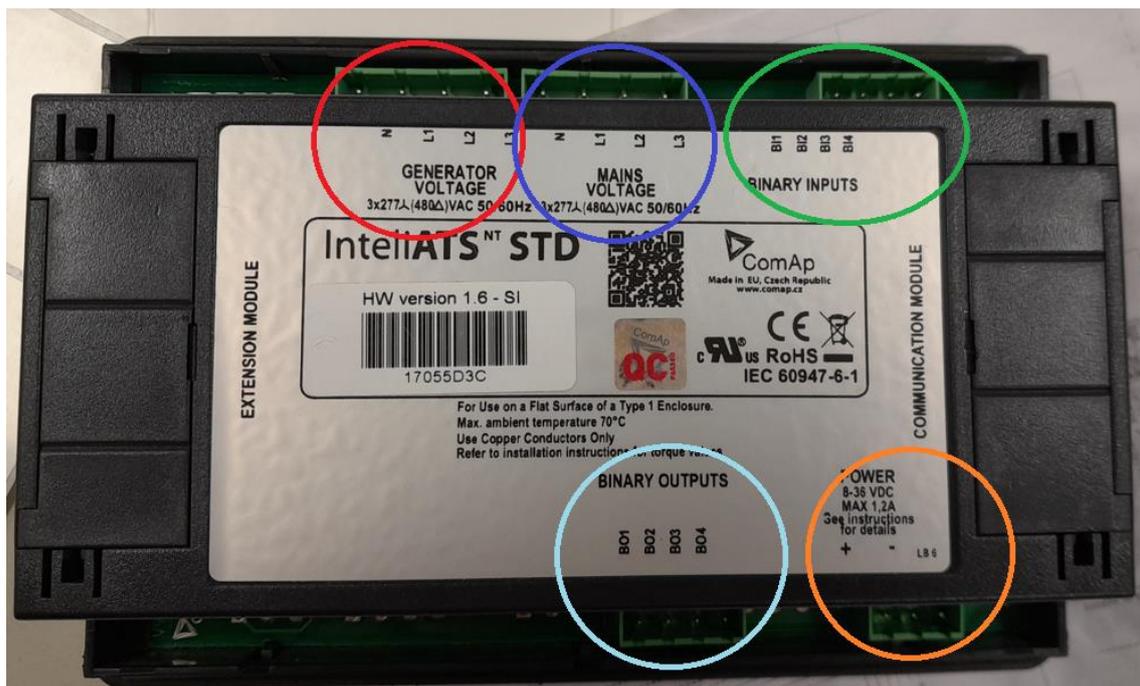


Ilustración 60: nuevo controlador con sus borneras de conexión identificadas

- ii. Del controlador actual (quemado) solo se podrían re-utilizar los cables de la alimentación a la placa que se conectarían en el círculo naranja: el positivo (+) y el negativo (-). Ilustración 61.
- iii. Las entradas de TENSIONES del generador (rojo) y de la línea principal (Azul) no estaban incluidas en el antiguo controlador, pero si en el controlador del tablero del generador. Ver Ilustración 62.



Ilustración 61: borneras con 24V

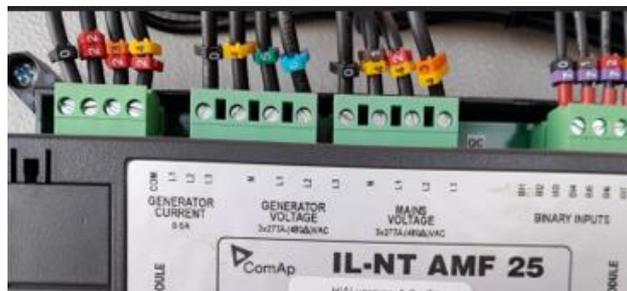


Ilustración 62: Imagen de las señales de tensión sobre el controlador del generador

- iv. Como segunda opción se podrían utilizar las mismas señales de Tensión de la fase 1 de la TTA para cablear las 4 fases. Ver Ilustración 63.



Ilustración 63: imagen de la conexión de las fases sobre el conmutador automático ABB

- v. Las entradas binarias (verde) según pudimos ver desde otro equipo similar que tenemos, solo suelen conectar la BI3 con el conductor N°66, que, si bien hace referencia al REM TRANSFERENCIA, habría que revisar en sitio a donde conectan esta entrada o bien ver si es necesaria. Ver Ilustración 64.



- vi. Por último, las salidas binarias (celestes) van conectadas a distintos RELE y van vinculadas al interruptor conmutador ABB y al Controlador del generador según esquema de Ilustración 65.

Ilustración 64: Entradas binarias en controlador TTA de otra instalación

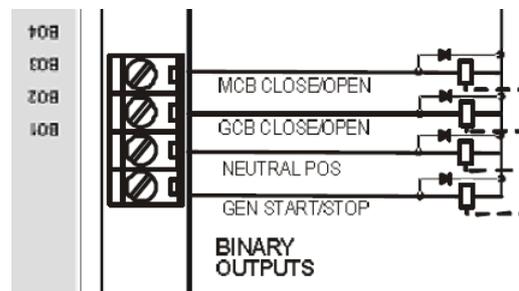


Ilustración 65: esquema de conexión de salidas binarias

En el anexo se detalla el resto de información recolectada (planos, fotos, esquemas de conexión, etc).

Ya con el repuesto en mano y el análisis anterior realizado, se volvió a asistir en 2 oportunidades, ya que luego de varias horas de detección de conductores y distintas pruebas provisionales realizadas en el tablero del controlador del generador (ver Ilustración 66) para asegurar la correcta comunicación entre ellos, se logró dejar operativo el nuevo controlador, aunque si bien conmutaba ante un corte de energía y se encendía el generador de respaldo, no se lograba que al reponer la red la llave vuelva a conmutar y se apagara el generador. Luego de varias revisiones en conjunto (ver Ilustración 67) se encontró el problema ya que la posición de una entrada digital en el controlador del generador estaba cambiada según el manual, con lo cual se cambió el cable de lugar a la entrada correcta y se corrigió el problema logrando la correcta y completa operación del sistema de transferencia automática.

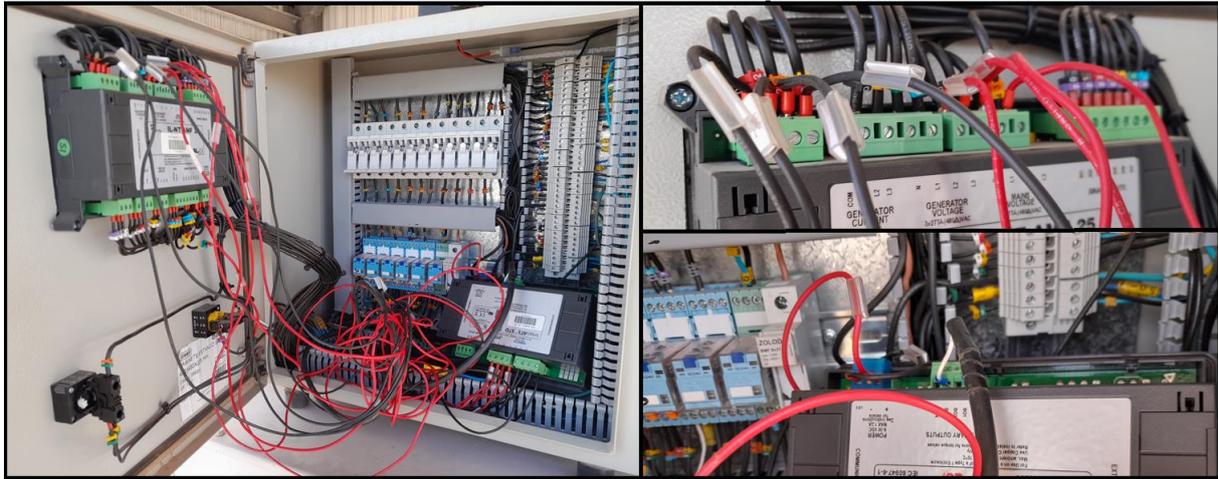


Ilustración 66: Fotografías de las pruebas realizadas para las conexiones



Ilustración 67: Operadores trabajando en falla encontrada durante las pruebas

Por último, se volvió a asistir al lugar ya para montar el controlador en el tablero de la TTA y dejar el trabajo finalizado. Ver Ilustración 68 a continuación



Ilustración 68: Antes vs después de los controladores de la TTA

Este tiempo invertido en resolver el problema no solo fui útil para dejar operativo el sistema de dicha planta, sino que funcionó como entrenamiento y disparador para que la cuadrilla de eléctricos de la zona se familiarice con los sistemas. La evidencia de ello se observó en un próximo paro de planta de otra instalación con problemas en la transferencia, en donde asistimos en conjunto con ellos nuevamente y luego de unas horas de pruebas se determinó que la llave de conmutación ABB tenía una falla mecánica (ver Ilustración 69).



Ilustración 69: Llave conmutadora transferencia con falla mecánica en pestillos rotos que no trababan

Se gestionaron los repuestos y en el mismo día se cambió la llave ABB por una nueva y quedó operativo un segundo sistema de transferencia en pocos meses sin necesidad de contratar a la empresa externa. A continuación en la Ilustración 70 se puede ver el conmutador ABB nuevo instalado.



Ilustración 70: Llave conmutadora ABB nueva montada

7.4 Resultados

La gestión iniciada e incentivada por nosotros no solo generó un ahorro a la empresa, sino que solucionó un problema de confiabilidad en el sistema eléctrico de dos instalaciones del negocio y por sobre todo generó un aumento de la experiencia y capacidades de los recursos de la zona, habilitándolos para poder seguir revisando/reparando otros sistemas con fallas en un futuro; con lo cual el resultado fue muy positivo.

8 Conclusiones

8.1 Conclusiones

A lo largo del documento se pudo evidenciar el crecimiento profesional trabajando como ingeniero de mantenimiento eléctrico, en donde se destacan las aptitudes obtenidas como: experiencia en campo, liderazgo de equipos de trabajo, especialización en Sistemas de Puesta a Tierra (RES900/15), especialización en motores eléctricos, ejecución de análisis de fallas y análisis de casos reales vs casos teóricos y como Ingeniero de Proyecto. Este periodo de trabajo fue crucial para obtener experiencia laboral como ingeniero dentro de la industria hidrocarburífera, abriendo un panorama muy amplio de posibilidades a explorar e investigar en un futuro para mi carrera.

Por otro lado, las experiencias fueron muy gratificantes en donde siempre estuve acompañado de equipos de mantenimiento (supervisores y operadores), como así también el acompañamiento de la COMUNIDAD MANTENIMIENTO ELÉCTRICA de YPF liderada por el Ingeniero Gustavo Assum, que con mucha experiencia simplificaron mis tareas; y siempre pudimos concluir en cada caso resultados positivos para la empresa (ver evidencias de las participaciones en las reuniones de la comunidad eléctrica de YPF en Ilustración 81, Ilustración 82, Ilustración 83, Ilustración 84 e Ilustración 85 del Anexo A).

En la Ilustración 75, del anexo A, puede verse un extracto del resumen del desempeño escrito por el jefe del sector Agustín Bermudez, del periodo desarrollado en este informe.

8.2 Recomendaciones o Trabajos futuros

Si bien dentro del sector de IDM hay múltiples tareas para realizar, me quedo con la investigación e implementación de técnicas predictivas más eficaces y focalizadas a los equipos y cada instalación, como así también la intensión de telemetrizar la mayor cantidad de equipamiento con el fin de ir migrando el mantenimiento a basado a condición.

9 Bibliografía

- Guía Práctica de interpretación de la RESOLUCIÓN SRT. 900/2015
<https://www.argentina.gob.ar/srt/prevencion/publicaciones/protocolos/valor-puesta-a-tierra>
- IMPEDANCIAS DE LAZOS (METREL) – ETA ELECTRO S.A. (www.etaelectro.com)
- AEA 90364 REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES
- AEA 90079 ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS
- IRAM 2281-2* Guía de mediciones de magnitudes de puesta a tierra (resistencias, resistividades y gradientes) 2022
- Resolución 900/2015 Argentina.gob.ar. (s/f-c). Argentina.gob.ar. Recuperado el 18 de diciembre de 2023, de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-900-2015-246348/texto>
- Ley, N. (2003). 19587. Boletín Oficial de la Nación Argentina, Buenos Aires, Argentina, 28.
- <https://www.epm.com.co/content/dam/epm/proveedores-y-contratistas/RA6-015.pdf>
- ARRANCO SUAVE PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN; Carlos Agustín Bolaños Lopez & Alex Javier Portilla Estevez; Quito, Julio 2002
- Instalaciones eléctricas de Miguel Angel Rodriguez Pozueta & José Ramón Aranda Sierra
- Guía de la medición de aislamiento, por Chauvin Arnoux Group, 2010 – Ed.01
- ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA - Manual técnico para instalaciones domiciliarias; M.Sc. Ing. Carlos Orbegozo & Ing. Roberto Arivilca; 2010
- Memoria Técnica – Grupos electrógenos familia EG (Energía Global) – Sistema de combustión 180-19 rev. 06
- Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales De Gilberto Enríquez Harper, 2005
- Instalaciones eléctricas De Marcelo Antonio Sobrevila, Alberto Luis Farina
- Manual General de Instalación, Operación y Mantenimiento de Motores Eléctricos para Atmosferas Explosivas - <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1f/h6b/WEG-WMO-iom-explosive-atmospheres-electric-motors-50034162-manual-pt-en-es-web.pdf>
- EN 60079-10-1 Clasificación de áreas– Atmosferas Gases Explosivos;
- IEC 60079-10-2 Clasificación de áreas– Atmosferas Polvos Explosivos
- Información Técnica – MATERIALES PARA ÁREAS CLASIFICADAS - https://www.delga.com/pdf/notas_tecnicas.pdf
- J. A. Suárez, de *Medidas Eléctricas*, Número ISBN 950-43-9807-3, 2014.

-WEG Automatización - Fusibles aR Tipo NH Contacto Cuchilla, NH Flush End y Tipo D
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h57/h06/WEG-fusibles-ultra-rapidos-tipo-nh-ar-50030486-catalogo-espanol.pdf>

-Atmósferas explosivas – Guía para atmosferas explosivas -
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/he5/h77/WEG-guia-para-atmosferas-explosivas-50076428-brochure-portuguese-web.pdf>

-GRUPOS ELECTRÓGENOS, FUNCIONAMIENTO, DIMENSIONAMIENTO E
IMPACTO ECONÓMICO - Ing. Christhiane Molina – 2022 - https://amper-ecuador.com/wp-content/uploads/2022/03/ART-GG.EE_.pdf

-<https://chintelectricdivisionsur.com/conmutadores->

[automaticos/#:~:text=Los%20conmutadores%20autom%C3%A1ticos%20emplean%20sensores,cambiar%20de%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n">automaticos/#:~:text=Los%20conmutadores%20autom%C3%A1ticos%20emplean%20sensores,cambiar%20de%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n](#)

[es,cambiar%20de%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n](#)

10 Anexos

10.1 Anexo A: Evidencias

Información Organizativa			
Información de la posición			
Efectivo a partir del: 01 abr 2024			
Posición	INGENIERO MANTENIMIENTO ELECTRICO (75006418)	Antigüedad en la posición	1 años 6 meses 1 días
Fecha de entrada en la posición	01 dic 2022		
Información de compensación			
Empresa	YPF S.A. (Y000)	Subdivisión de personal	UE.LOMA LA LATA (Y085)
División	VPE UPSTREAM (DI00000012)	Centro de costos	GCIA. REGIONAL OESTE (Y0000000210001)
Unidad organizativa	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO (55009541)		

Ilustración 71: Información de la posición en sistema YPF

The screenshot displays the YPF system interface. On the left, an organizational chart lists several key personnel:

- HORACIO DANIEL MARIN**: PRESIDENTE Y CEO YPF (7...), 19 / 25396
- MATIAS OSVALDO FARINA**: VICEPRESIDENTE EJECUTIVO..., 12 / 3667
- JUAN MANUEL ARDITO**: VICEPRESIDENTE OPERACIONES..., 13 / 1624
- MARIANO SANMARTIN**: GERENTE NEGOCIO SUR (...), 12 / 254
- LUIS ALBERTO BABUSI**: GERENTE INGENIERIA CON..., 3 / 24, 4 subordinados de matriz
- CHRISTIAN RODRIGO TOLLER**: JEFE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO..., 9 / 9
- CHRISTIAN ARIEL GARCIA**: INGENIERO MANTENIMIENTO...

On the right, the profile for **CHRISTIAN ARIEL GARCIA** is shown in detail:

- CHRISTIAN ARIEL GARCIA** (INGENIERO MANTENIMIENTO ELECTRICO (75006418))
- INGENIERIA DE MANTENIMIENTO (55009541)
- Contact: Oficina, Correo electrónico
- Location: UE.LOMA LA LATA (Y085)
- Supervisor directo: **CHRISTIAN RODRIGO TOLLER** (JEFE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO (75029576))
- Acciones: Todas las acciones

Ilustración 72: organigrama actual a 1/6/2024 de la empresa. Este organigrama cambió hace 2 meses con una reestructuración interna de la empresa.

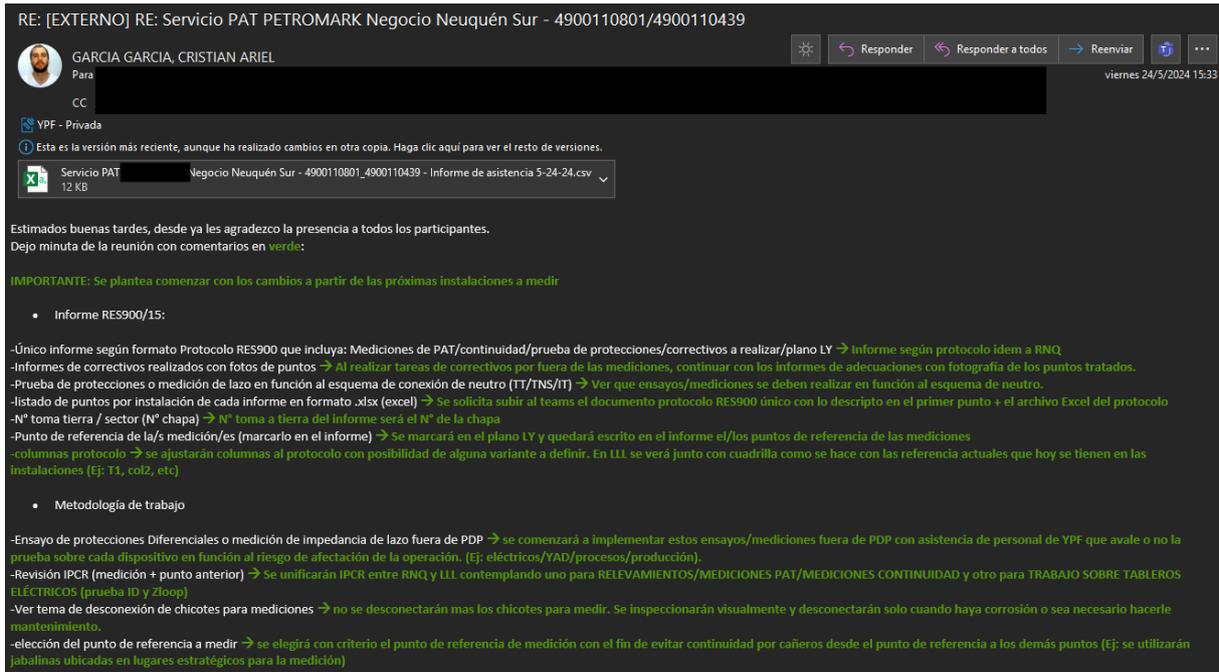


Ilustración 73: Correo de minuta con contratista por reunión para mejorar proceso RES900(15)

LLLT Adec Elect Res 900

Proyecto: LLLT Adec Elect Res 900 PEP: [Redacted] Inicio: 2023 Plazo: Plurianual

Gerente: **DILUCENTE, FERNANDO**

Descripción: **Ecuación de Puestas a Tierra bajo Resolución 900/15, de las IISS del Negocio L**

Ingeniero de proyecto: **GARCIA GARCIA, CRISTIAN ARIEL;BERMUDEZ, AGUSTIN CESAR**
 Ámbito de revisión: **NO CLAVE**
 Estrategia de desarrollo: **Infraestructura**
 Fluido principal: **N/A**

Participación: **100%**
 Jerarquía: **OESTE:Loma La Lata**
 Área de reserva: **VARIOS**

LLLT Adec Elect Res 900

Fases: DEFINICIÓN 2023 - Original

LLLT Adec Elect Res 900-Definición-Original-2023 Original

ID: 993 Fecha estimada reunión: 12/05/2023 Estado: VALIDADA Aprobación Comité: -

Cargar CIUP Ver Ver Reunión Ver Actas

Comentario Final:
 Proyecto aprobado en comité de inversiones el 28-12-2023

Reporte - Tiempos Exportar - Actas Exportar - Observaciones Exportar - Tiempos

CALIDAD DE PROY ✓ Validada	IDM ✓ Validada	P&CG ✓ Validada	SEGURIDAD ✓ Validada
I&O ✓ Validada	OPERACIONES ✓ Validada		

Ilustración 74: Validación de YPF del proyecto de adecuaciones de PAT en LLL

Desempeño y Desarrollo 2023 para CRISTIAN ARIEL GARCIA

Acciones Historial



CRISTIAN ARIEL GARCIA

✓ 0

Itinerario Introducción Datos del Evaluado Comentarios Desempeño **Calificación Global de Desempeño** Plan de Desarrollo

Calificación Global de Desempeño

Calificación Global de Desempeño:

A nivel de lo esperado

Comentarios de la sección



Comentarios del Evaluador

Cristian logró superar sus objetivos y cumplió con los requisitos y con lo esperado, fue competente en su puesto, cumplió con los plazos acordados y generó entregables de valor. Llevó adelante la generación del proyecto de adecuación e PAT del Negocio, logró aumentar la confiabilidad de 3 USP acondicionando las llaves de transferencia automática. Ha sabido comprender y generar valor aun en contextos cambiantes.

Ilustración 75: Resumen de evaluación de desempeño período 2023

FORMACIONES - Externas:



Cristian Ariel García

ha asistido al Curso "Protección contra Descargas Eléctricas y Puesta a Tierra"
dictado el 13 y 14 de julio de 2023

Daniel Rellán
Director Técnico de Petróleo
y Gas IAPG
CAPBA, 14 de julio de 2023

Ilustración 76: Certificado curso "Protección contra Descargas Eléctricas y Puesta a Tierra" dictado por IAPG

Ilustración 77: Curso/Charla IAPG/WEG “Motores para zonas clasificadas”

From: Milagros Brunini <milagrosbrunini@cursostechnicos.com.ar>
 Sent: Friday, September 22, 2023 3:48:24 PM
 To: 'Milagros Brunini' <milagrosbrunini@cursostechnicos.com.ar>
 Subject: Gracias, sigamos en contacto - Webinar Termografía

Estimado/a, buenas tardes,

Muchas gracias por haberte sumado al **WEBINAR GRATUITO DE TERMOGRAFÍA** 😊

Un gusto haber conocido a todos, poder conectarnos de forma remota desde distintos lugares es sin duda una gran ventaja. Si te animas a buscarte en las fotos que compartimos en LinkedIn, Facebook, Instagram y compartir la publicación, nos ayuda mucho!

Te dejamos el contacto de *Termografía Predictiva* para que puedas ver sus servicios y consultar con los especialistas en caso de necesitar algo puntual: <https://www.termografiapredictiva.com.ar/>
 Y si te interesara continuar capacitándote, para el próximo mes tenemos programado un **curso completo sobre Termografía** con Anibal como instructor, toda la info se puede ver en nuestra web: <https://cursostechnicos.com.ar/cursos/termografia/>

Continuamos en contacto, nos vemos pronto en alguna otra actividad, buen fin de semana!

Saludos.

Milagros Brunini
 Cursos Técnicos para la Industria
 Descargue la Agenda 2023 y 2024: [Aquí](#)
 Teléfono: +54.9.11.2364.5208 Email: milagrosbrunini@cursostechnicos.com.ar
 Web: www.cursostechnicos.com.ar
 Buenos Aires, Argentina

Ilustración 78: Evidencia participación en Webinar “Termografía”

MI PORTAL Inicio ▾ Buscar acciones o personas

MI aprendizaje / Historial de formación

Historial de formación

Buscar aprendizaje Fecha de finalización: Tipo: Estado:

Detalles de la actividad completada (35)

Título	Fecha de finalización	Tipo	Horas de Formación	Estado
Análisis de Fallas y Causa Raiz - curso básico -	27/03/2024 01:00 PM	Otros	4.00	Completado
CiberSeguridad Industrial @ (E-learning)	14/03/2024 03:20 PM	Otros	0.50	Completado
ÁREAS CLASIFICADAS Y ESTUDIOS ASOCIADOS (Virtual)	12/05/2023 11:00 AM	Otros	2.00	Completado
CURSO RCM	27/04/2023 12:00 PM	Otros	16.00	Completado

Ilustración 79: Evidencia de cursos internos de YPF realizados



✔ SE CONFIRMÓ

Curso · 4.9 horas

Motores alternativos, impulsores de motores ...

i ⋮



✔ SE CONFIRMÓ

Curso · 7.1 horas

Diseño eléctrico basado en NEC, Instalación y Códigos de...

i ⋮

Ilustración 80: evidencia cursos motores y Diseño eléctrico

Minuta Reunión de Comunidad Eléctrica Agosto 2023

ASSUM, GUSTAVO ALFREDO ☰ Responder ↶ Responder a todos → Reenviar 📎 ⋮

Para CRESPO, MARIANO; SOCCA, PABLO LEANDRO EDUARDO; RIOS, MAXIMILIANO GASTON; COBOS, WALTER SEBASTIAN; DUARTE, CARLOS; SAYAGO SAYAGO, GONZALO; y 3 usuarios más

CC FRACARO, JORGE LUIS; Reuniones 2023 - GR - IdM Comunidad Eléctrica; ARAMENDIA, IVAN ARIEL; COSTARELLI, GABRIEL MARCELO; PIRONIO, NICOLAS; BERMUDEZ, AGUSTIN CESAR; y 5 usuarios más

📍 YPF - Privada

Estimados,
Les agradezco por su participación en la 3ª reunión de Comunidad Eléctrica.

Negocio	Ingeniero Elec	Presente
CHT	Mariano Crespo	si
SCZ	Walter Cobos	si
LLL	Cristian García Ariel	si
RNG	Gabriel Loncha Camargo	si
ELP	Pablo Socca	no
RDS	Rios, Maximiliano Gastón	si
MZN	Carlos Duarte	no
TDF	Sayago, Gonzalo	no
NOC		no
GIT	Gustavo Assum	si

Les paso un resumen de los temas en los cuales venimos haciendo foco y dando seguimiento

- Revisión de Hojas de Ruta Correctivas, se ajustan las actividades en función del síntoma, para los siguientes Perfiles Catálogos

Perfil	Grupo	Cont.
E-ILUM	CORELE99	16
E-TRAFO	CORELE99	17
E-TABELE	CORELE99	19
E-INTERR	CORELE99	20
E-LINELE	CORELE99	21
E-PAT	CORELE99	25
E-MOTELE	CORMEC99	35

 - 1.a) Se continuara con el ajuste de la matriz de la máscara y carga en SAP , Assum
 2. Medición de PAT, actualización de procedimiento

Ilustración 81: Evidencia reunión comunidad mto eléctrico YPF agosto 2023 – Buenos Aires, Argentina



Ilustración 82: Evidencia reunión comunidad mto eléctrico YPF agosto 2023 - Torre Puerto Madero YPF

RECORDATORIO INVITACIÓN y Cronograma VII CONGRESO DE CONFIABILIDAD UPSTREAM...

Integridad y Mantenimiento Upstre
Para

martes 5/9/2023 08:16

YPF - Privada

Crono Congreso Confiabilidad 2023.pdf
681 KB

Documento: YPF-Privado

Estimada gente, buenos días.

Están invitados a participar del congreso de Confiabilidad 2023, a realizarse en Neuquén este 20 y 21 de septiembre.

En el siguiente link podrán completar el formulario de inscripción: <https://forms.office.com/r/tSmmcdJ6My>

Recordamos que el evento **estará también disponible en streaming**.
La inscripción **estará abierta hasta el 10/09**, se enviará confirmación de la misma, la cual se encuentra sujeta al aforo del espacio.



Ilustración 83: Asistencia al VII CONGRESO DE CONFIABILIDAD UPSTREAM septiembre-2023, Neuquén, Argentina

Reunión de Comunidad Eléctrica 28 Noviembre 2023

ASSUM, GUSTAVO ALFREDO
 Para GARCIA GARCIA, CRISTIAN ARIEL; CRESPO, MARIANO; SOCCA, PABLO LEANDRO EDUARDO; COBOS, WALTER SEBASTIAN; DUARTE, CARLOS; LONCHA CAMARGO, HUGO GABRIEL; y 3 usuarios más
 CC FRACARO, JORGE LUIS; Reuniones 2023 - GR - IdM Comunidad Eléctrica; ARAMENDIA, IVAN ARIEL; COSTARELLI, GABRIEL MARCELO; PIRONIO, NICOLAS; BERMUDEZ, AGUSTIN CESAR; y 6 usuarios más

YPF - Privada
 Seguimiento. Comienza el miércoles, 6 de diciembre de 2023. Vence el miércoles, 6 de diciembre de 2023.

Planificación y ejecución de Med de PAT.pdf 4 MB
 Proceso para Cargar imágenes a las OT.pdf 296 KB

Estimados.
 Buenos días, espero que se encuentren muy bien.

Va la minuta la ultima reunión de comunidad del año 2023.

Negocio	Ingeniero Elec	Presente
CHT	Mariano Crespo	SI (virtual)
SCZ	Walter Cobos	SI (virtual)
LLL	Cristian Garcia Ariel	SI (Presencial)
RNG	Gabriel Loncha Camargo	SI (Presencial)
ELP	Pablo Socca	NO
RDS	*****	**
MZN	Carlos Duarte	SI (virtual)
TDF	Sayago, Gonzalo	NO
NOC	Nahuel Vidal	SI (Presencial)
GIT	Gustavo Assum	SI (Presencial)

En principio les quiero agradades por su participación en la reunión de cierre de la Comunidad Eléctrica del periodo 2023 y por el compromiso y voluntad que han demostrado a lo largo del año.

Ilustración 84: Evidencia reunión comunidad mto eléctrico YPF diciembre 2023 - Neuquén, Argentina

RE: Reuniones de Comunidad Eléctrica 2024

ASSUM, GUSTAVO ALFREDO
 Para GARCIA GARCIA, CRISTIAN ARIEL; VIDAL, NAHUEL CAMILO; CRESPO, MARIANO; SOCCA, PABLO LEANDRO EDUARDO; DUARTE, CARLOS; y 2 usuarios más
 CC FRACARO, JORGE LUIS

YPF - Privada
 Seguimiento. Comienza el jueves, 16 de mayo de 2024. Vence el jueves, 16 de mayo de 2024.

Documento: YPF-Privado

Estimados, buenas días.
 Ante todo les agradezco el esfuerzo para participar de la 1º reunión de comunidad 2024.
 En breve les comparto los documentos tratados, para que efectúen una ultima lectura, previa a la publicación correspondiente.

Negocio	Convocado	Día 1	Día 2
CHT / TDF	Mariano Crespo	SI (virtual)	SI (virtual)
SCZ	Martin Alaniz	SI (virtual)	NO
LLL	Cristian Garcia Ariel	SI (Presencial)	SI (Presencial)
RNG	Gabriel Loncha Camargo	SI (Presencial)	SI (Presencial)
ELP/RDS	Pablo Socca	NO	NO
MZN	Carlos Duarte	NO	NO
NEE/NEO	Nahuel Vidal	SI (Virtual)	NO
GIT	Gustavo Assum	SI (Presencial)	SI (Presencial)

Revisión de procedimiento PAT, control de protocolo, pendiente 2023
 Se consensuan los siguientes puntos

Ilustración 85: Evidencia reunión comunidad mto eléctrico YPF mayo 2024 – Neuquén, Argentina

10.2 Anexo B: Imágenes

Instalación	Denom. P.A.T.	Punto N°	Fases	Icc [A]	ZI [Ω]	Dispositivo de protección										Información adicional		
						Tipo	In o Ir [A]	N° de polos	Curva	Pcc [kA]	Dispositivo Diferencial							
											In [A]	I Δn [mA]	N° de polos	td [ms]				
														0,5xIn	1xIn		2xIn	5xIn
Iluminación Exterior	-	-	R	-	-	DD	-	-	-	-	63	30	4	RCD	34.90	14.10	11.80	-
			S	-	-									RCD	35.60	13.20	12.20	
			T	-	-									RCD	56.30	13.10	11.80	
Iluminación Exterior IL 1	Q1	-	R	-	-	ITM	25	3	C	6	-	-	-	-	-	-	-	Al hacer impedancia actua el disyuntor
			S	-	-									-	-	-		
			T	-	-									-	-	-		
Iluminación Exterior IL 2	Q2	-	R	-	-	ITM	25	3	C	6	-	-	-	-	-	-	-	Al hacer impedancia actua el disyuntor
			S	-	-									-	-	-		
			T	-	-									-	-	-		
Iluminación Exterior Reserva	Q3	-	R	-	-	ITM	25	3	C	6	-	-	-	-	-	-	-	Al hacer impedancia actua el disyuntor
			S	-	-									-	-	-		
			T	-	-									-	-	-		
Galpon	-	-	R	-	-	DD	-	-	-	-	63	300	4	-	-	-	-	-
			S	-	-									-	-	-		
			T	-	-									-	-	-		
Tablero Iluminación Galpón	Q4	-	R	-	-	ITM	25	3	C	6	-	-	-	-	-	-	-	Al hacer impedancia actua el disyuntor
			S	-	-									-	-	-		
			T	-	-									-	-	-		
Tablero Iluminación Galpón	Q5	-	R	-	-	ITM	25	3	C	6	-	-	-	-	-	-	-	Al hacer impedancia actua el disyuntor
			S	-	-									-	-	-		
			T	-	-									-	-	-		

Imagen 1: Extracto de informe con error de criterio

- ❑ La medición disparará el RCD en instalaciones eléctricas protegidas con RCD si se selecciona la prueba Zloop.
- ❑ Seleccione la medición Zs rcd para prevenir el disparo del RCD en instalaciones protegidas con RCD

Imagen 2: Extracto de manual de TELURIMETRO METREL MI3102BT

Categoría	Prioridad
Iluminación	Prioridad 1
Tablero	Prioridad 1
Antena	Prioridad 1
Instrumento	Prioridad 1
Sector Bombas/Bomba	Prioridad 1
Cerco	Prioridad 1
Trailer	Prioridad 1
Pulsador	Prioridad 1
Bomba	Prioridad 1
Motocompresor	Prioridad 1
Tanque	Prioridad 2
Separador	Prioridad 3
Patín	Prioridad 3
Calderín	Prioridad 3
Pileta	Prioridad 3
Escalera	Prioridad 4
Soporte	Prioridad 4
Colector	Prioridad 4
Pasarela	Prioridad 4
Skid	Prioridad 4

Imagen 3: Definición de prioridades de puntos de PAT según su categoría



Imagen 4: fusible repuesto

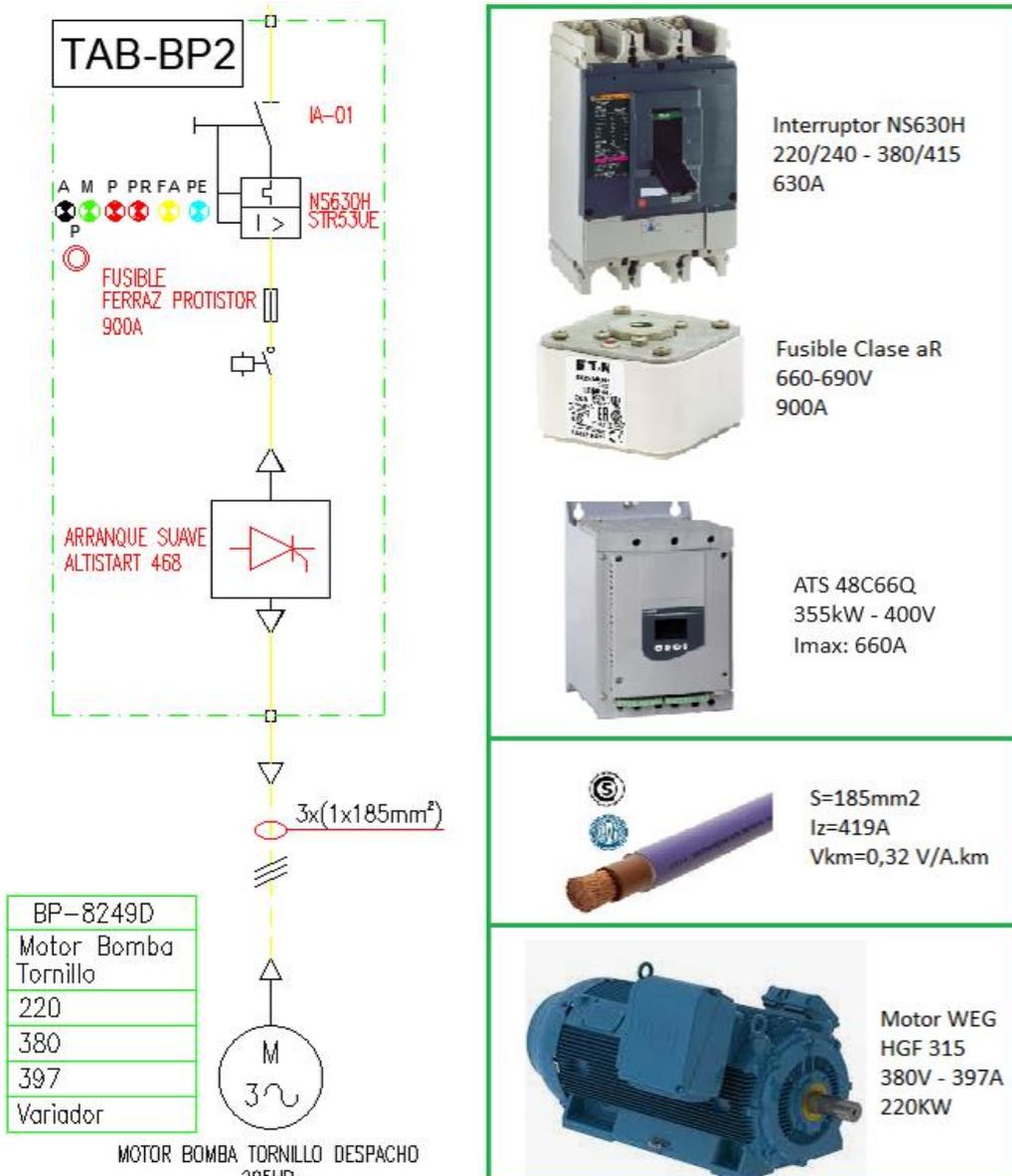


Imagen 5: Unifilar & equipos reales

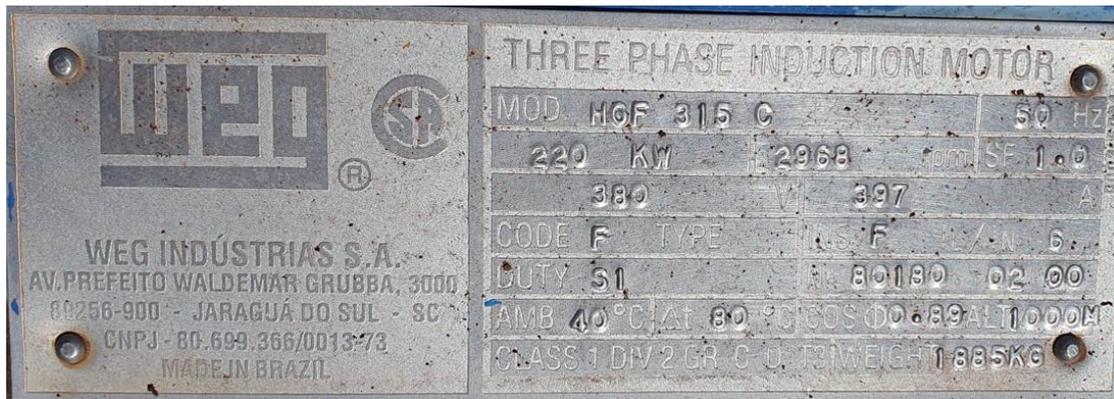


Imagen 6: Chapa motor WEG



Imagen 7: fusible quemado



Imagen 8: interruptor principal de tablero del Arrancador Suave

Aplicación estándar, red de 230 / 415 V, arrancador en línea

Motor		Arrancador 230 / 415 V (+ 10% - 15%) - 50 / 60 Hz		
Potencia indicada en la placa del motor		Corriente máx. permanente en clase 10	Calibre ICL	Referencia del arrancador
230 V	400 V			
kW	kW	A	A	
(1)	355	660	660	ATS 48C66Q

Imagen 9: Características AS del modelo ATS 48C66Q según catálogo



Imagen 10: Arrancador Suave Schneider

2 Tablas de coordinación encontradas												
Motor		Dispositivo de protección				Arranque suave			Protección de sobrecarga		Mesa	
Potencia nominal del motor	Corriente nominal (es decir)	Tipo interruptor-fusible	Característica del fusible	Clasificación	Tipo y tamaño	Tipo	contactor de línea	Contactor de derivación	Temperatura ambiente máxima	Corriente de carga máxima permitida	Estado IDENTIFICACIÓN	
250 kilovatios	430A	OS630D03P	Alta velocidad	g00A	Bussmann 170M6813D	PSTX470-600-70	AF580	Incorporado	40 °C	Incorporado	470A Activo (2634) →	
2 fusibles de interruptor , 400 V CA , 80 kA , arrancador suave (en línea) , tipo de coordinación: IEC tipo 2 , protección contra sobrecarga: Integrado , clase de eficiencia del motor: IE1/IE2/IE3/IE4 , (fusible de alta velocidad - PSTX - AF - 50)												
Potencia nominal del motor	Corriente nominal (es decir)	Tipo interruptor-fusible	Característica del fusible	Clasificación	Tipo y tamaño	Tipo	contactor de línea	Contactor de derivación	Temperatura ambiente máxima	Protección de sobrecarga	Corriente de carga máxima permitida	Estado IDENTIFICACIÓN
250 kilovatios	430A	OS630D03P	Alta velocidad	g00A	Bussmann 170M6813D	PSTX470-600-70	AF460	Incorporado	50 °C	Incorporado	432 un	Activo (2635) →
250 kilovatios	430A	OS630D03P	Semiconductor	1000A	Bussmann 170M6814D	PSTX570-600-70	AF580	Incorporado	50 °C	Incorporado	524 un	Activo (2635) →

Imagen 11: simulador selección de protecciones del sitio <https://www.lowvoltage-tools.abb.com/soc/>



Imagen 12: Configuración de interruptor



Imagen 13: Sistema de control del sistema más banco de baterías



Imagen 14: VDF calcinado en evento de Julio 2018

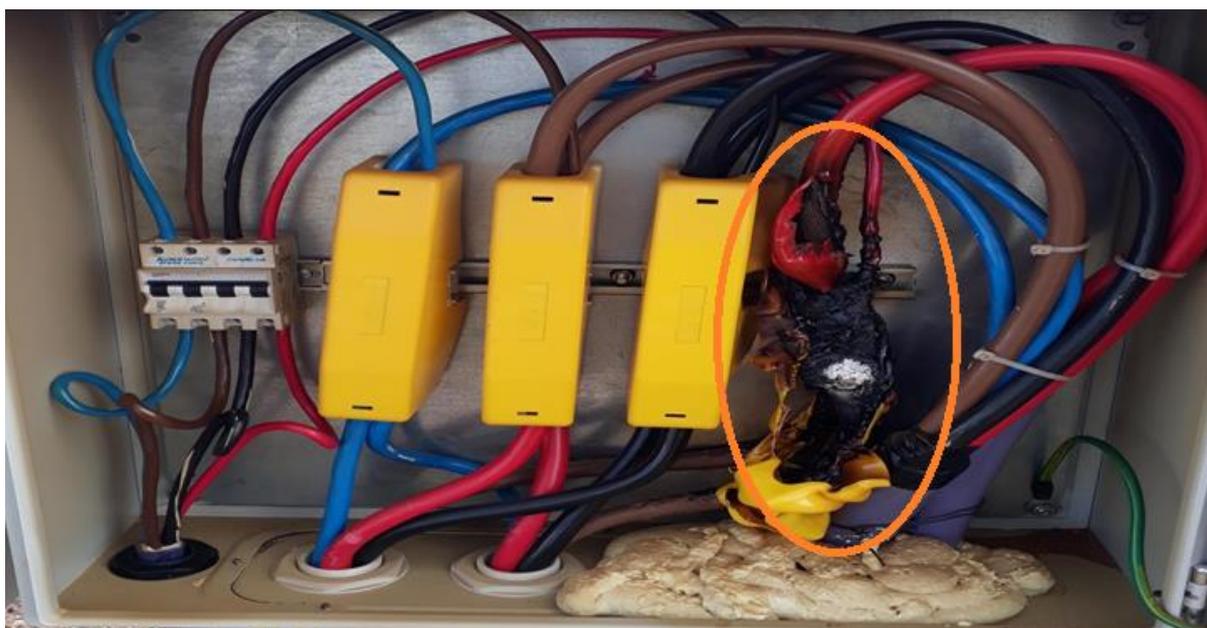


Imagen 15: Quemadura conexión en tablero interconexión II en evento septiembre 2018



Imagen 16: Tableros de interconexión

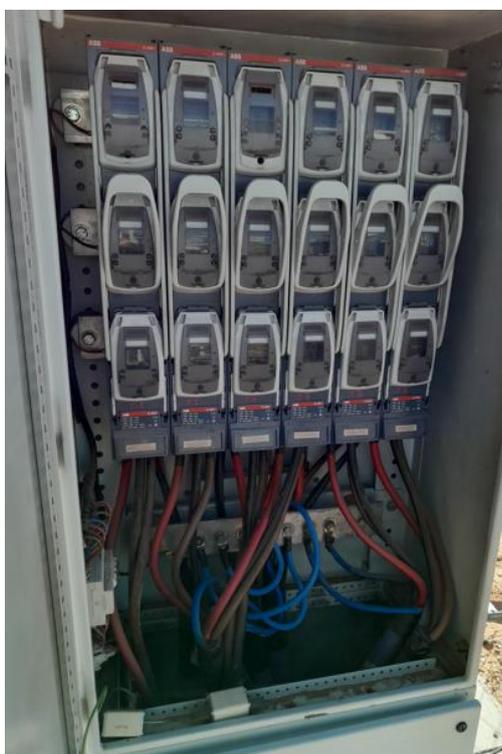


Imagen 17: Tablero Principal Eléctrico BT (donde ingresa la alimentación del Transformador MT/BT)



Imagen 18: Transformador elevador de tensión 0,38/0,48kV de bomba 753 (hay uno por cada bomba)



Imagen 19: Transformador 13,2/0,4kv de alimentación de la instalación



Imagen 20: Cambio de conductores de salida del transformador MT/BT hacia tablero principal BT



Imagen 21: Fusibles L/gG 250A en tablero principal BT

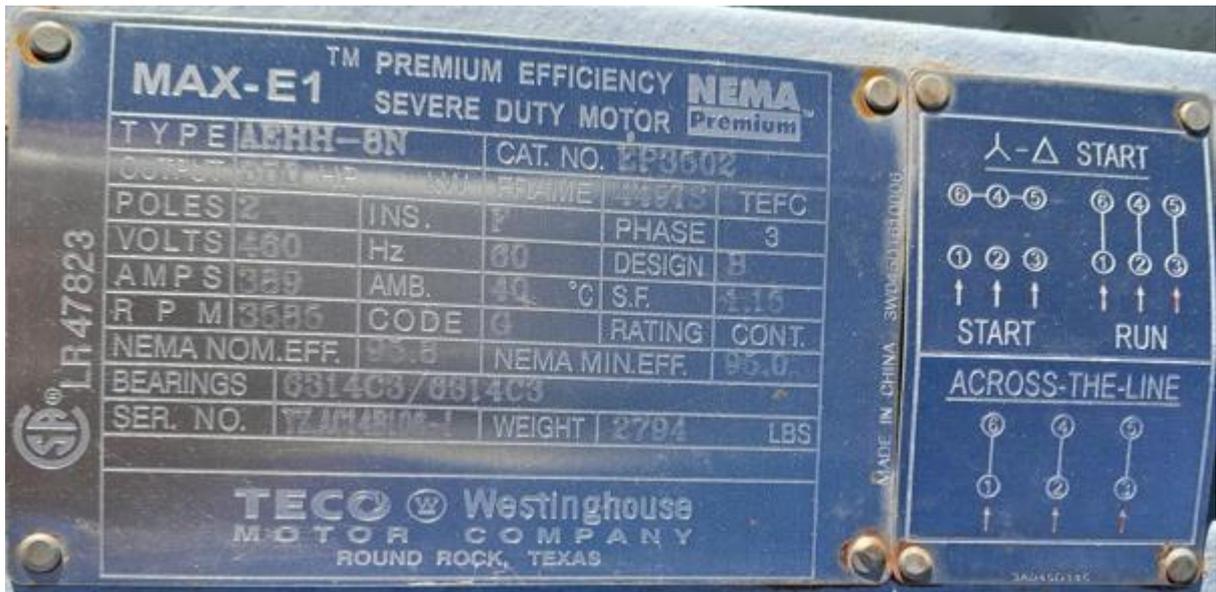


Imagen 22: Placa característica de uno de los motores de las bombas principales



Imagen 23: Motor Bomba N°1 KOD

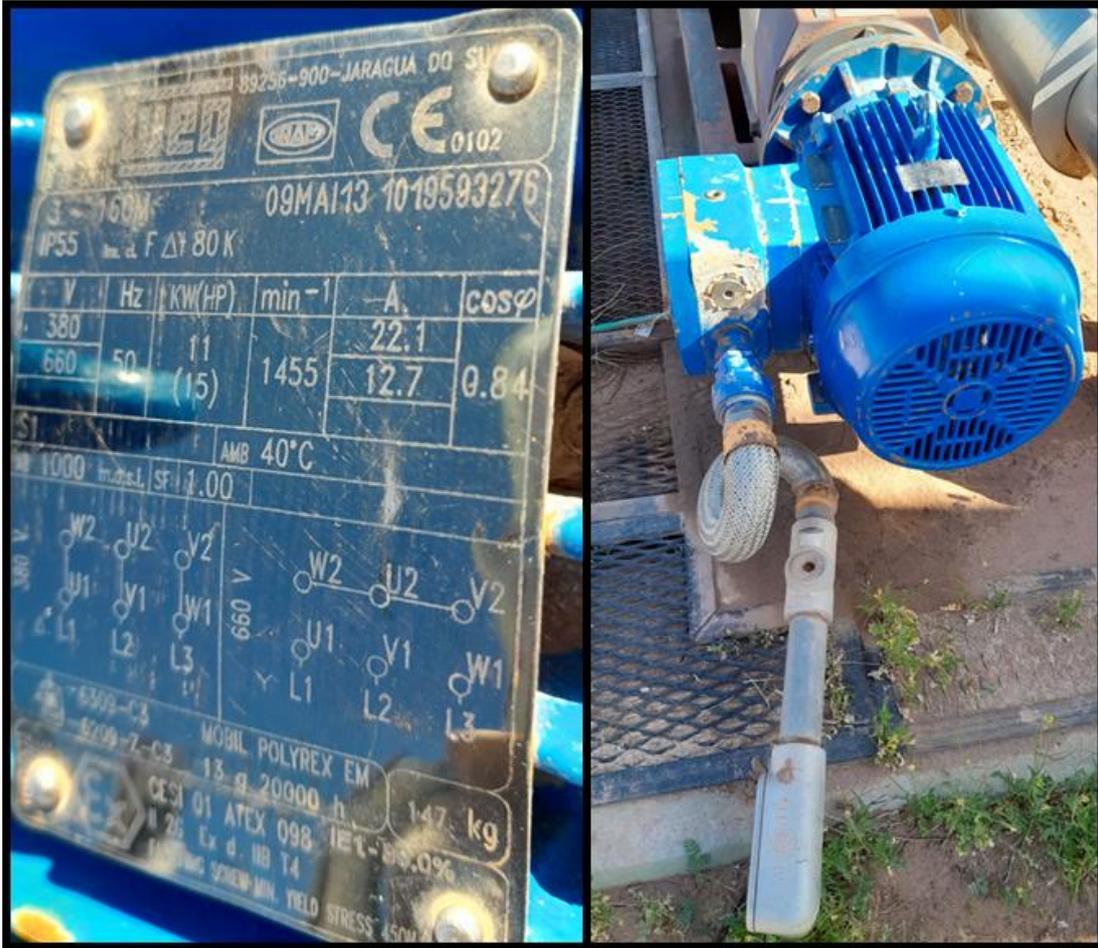


Imagen 24: Motor Bomba N°2 KOD



Imagen 25: Pulsadores KOD

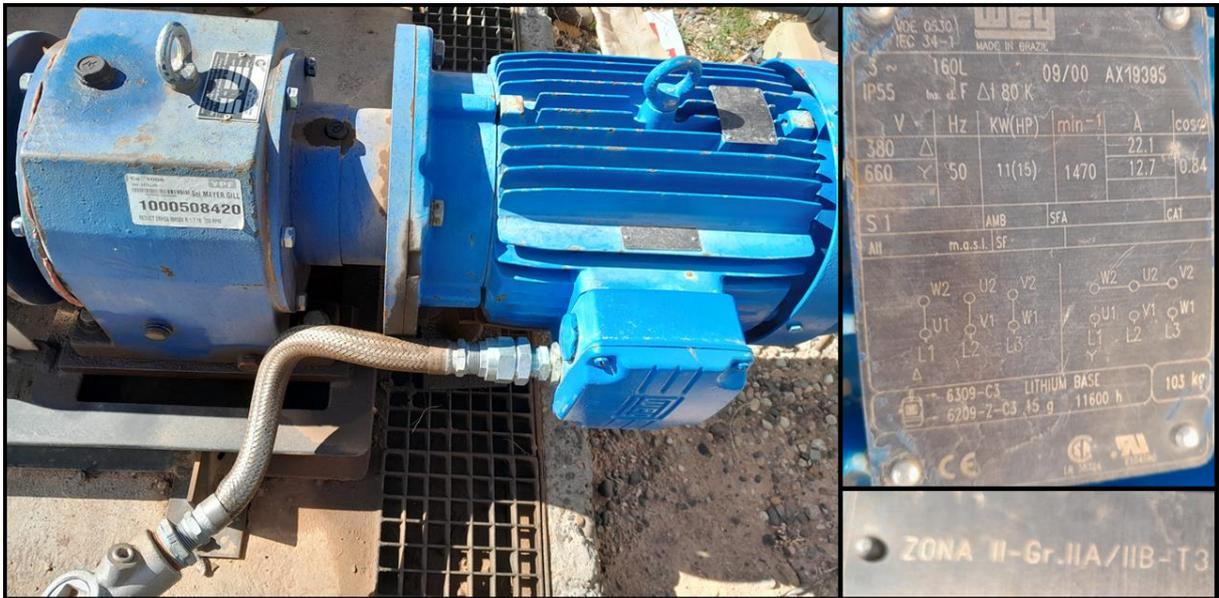


Imagen 26: Motor Bomba A "FLASH"



Imagen 27: Desvios detectados en Motor Bomba A "FLASH"

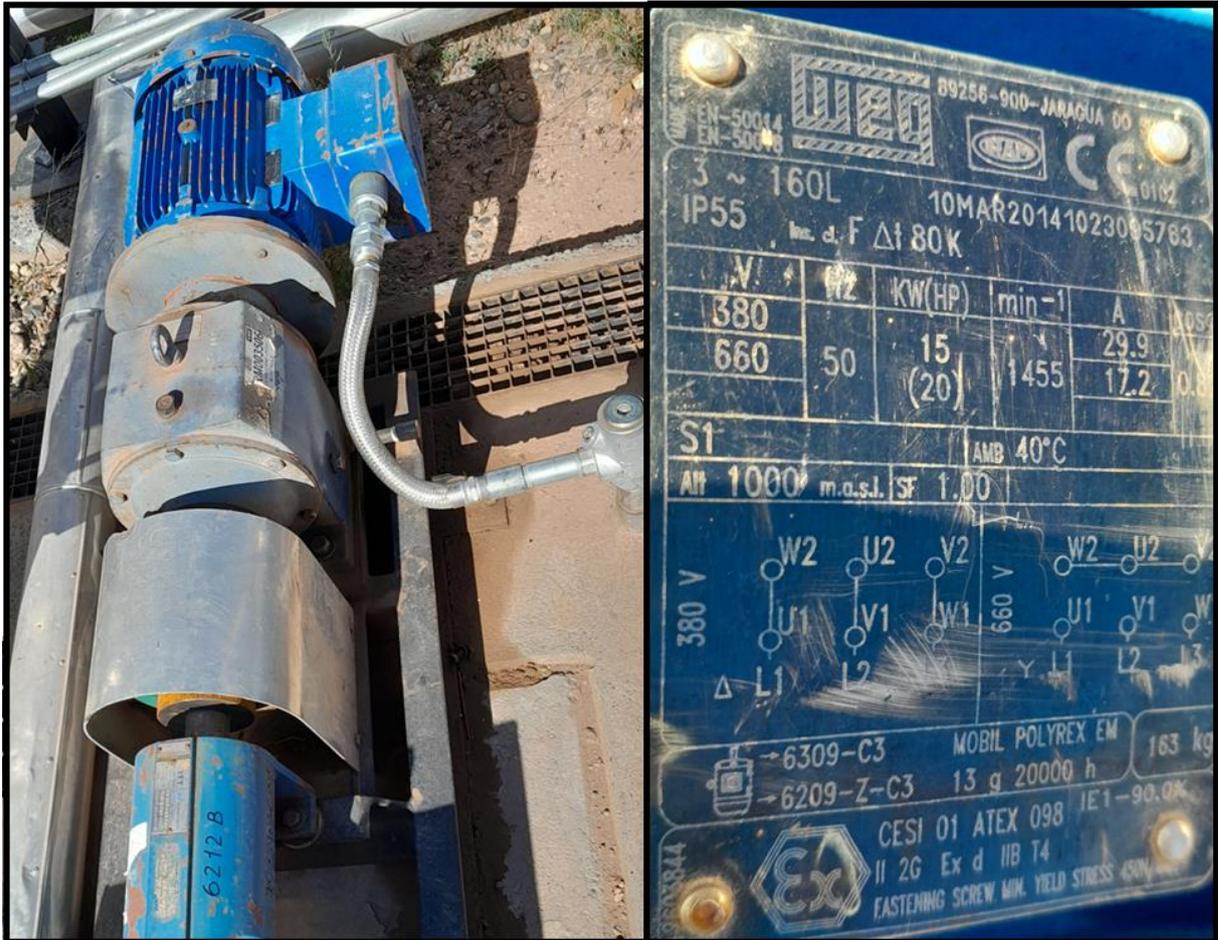


Imagen 28: Motor Bomba B "FLASH"



Imagen 29: Desvío detectado en Motor Bomba B "FLASH"

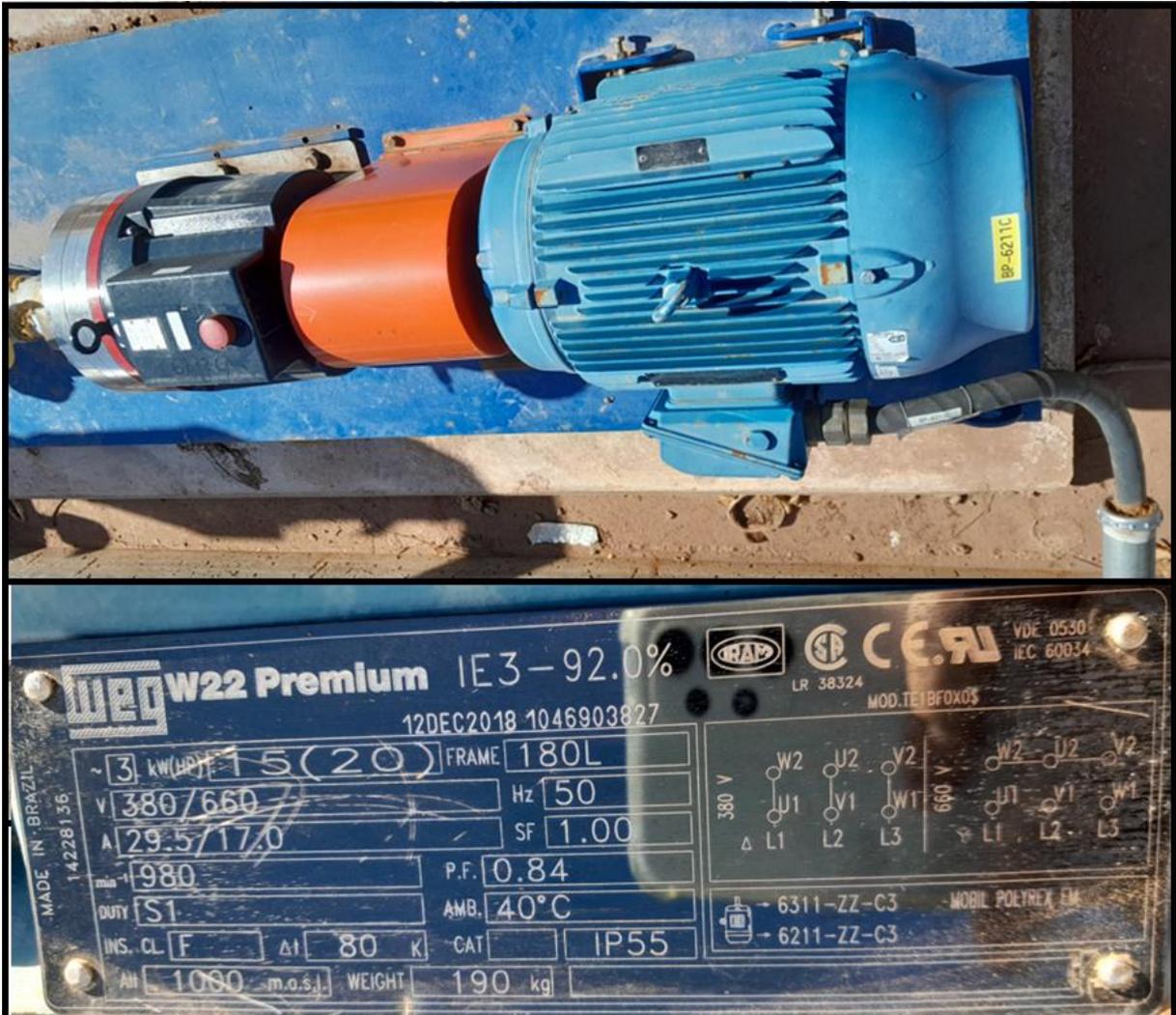


Imagen 30: Motor Bomba C "FLASH"



Imagen 31: Tableros "FLASH"



Imagen 32: desvío detectado en Tablero VDF A



Imagen 33: desvío detectado en Tablero VDF B

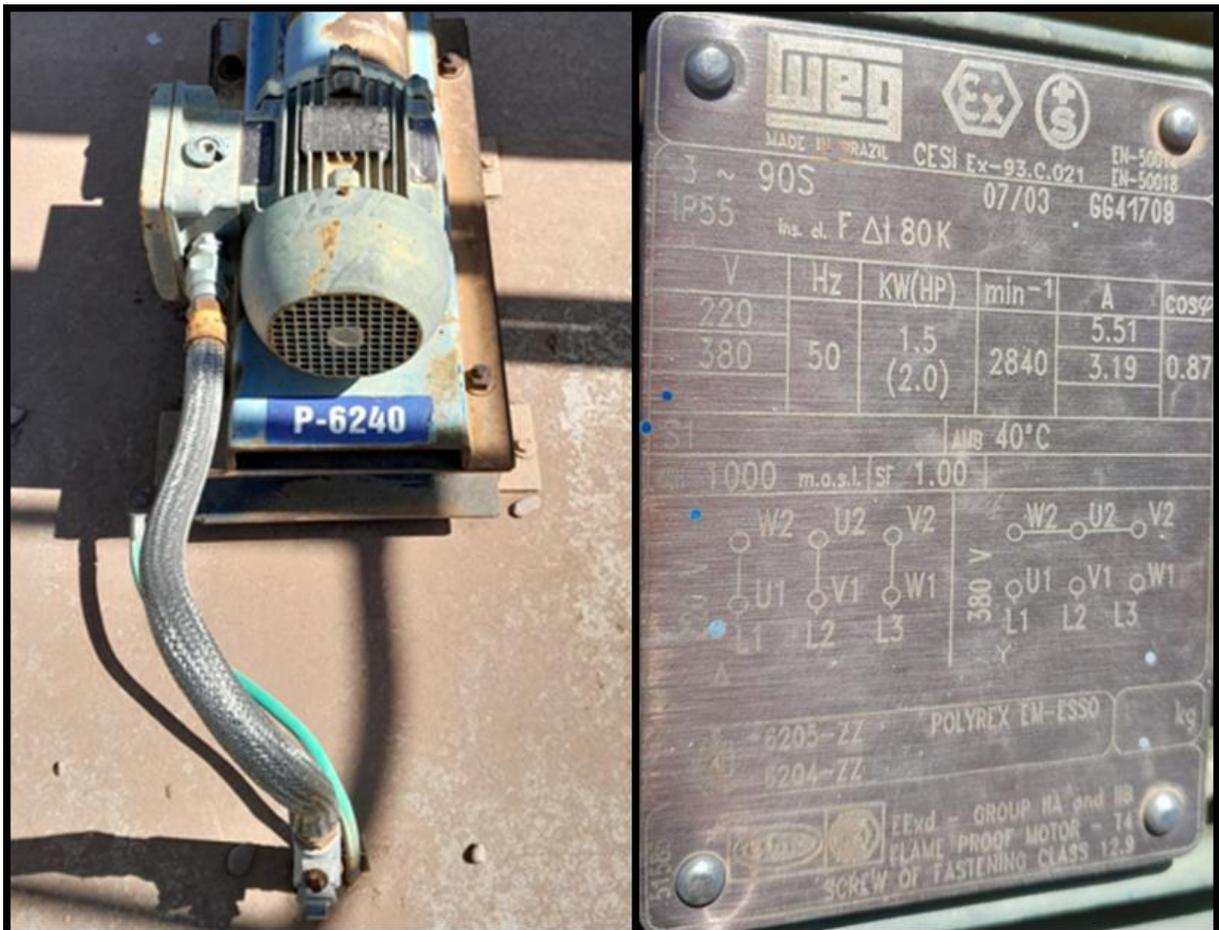


Imagen 34: Motor Bomba AGUA



Imagen 35: Pulsador bomba AGUA

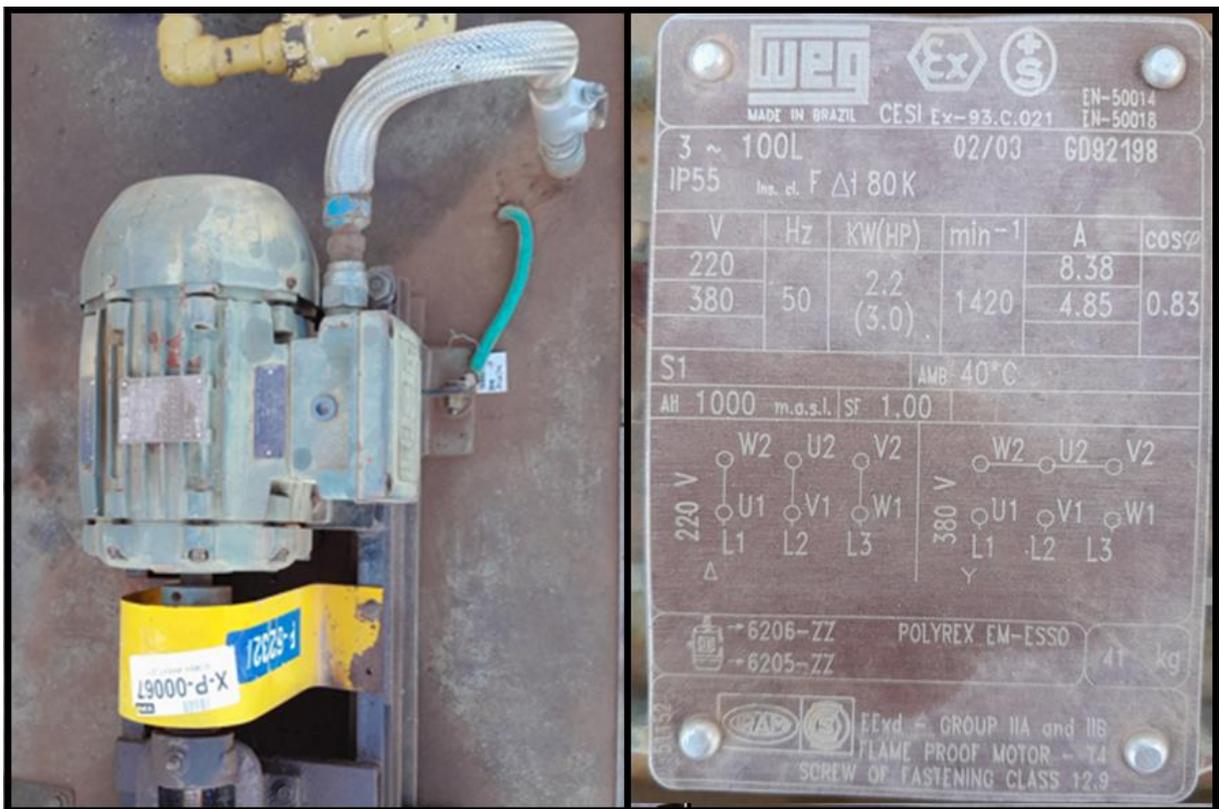


Imagen 36: Motor bomba 32 "ACEITE"



Imagen 37: Motor bomba 34“ACEITE”



Imagen 38: Desvío motor bomba 34“ACEITE”



Imagen 39: Pulsadores bombas "ACEITE"

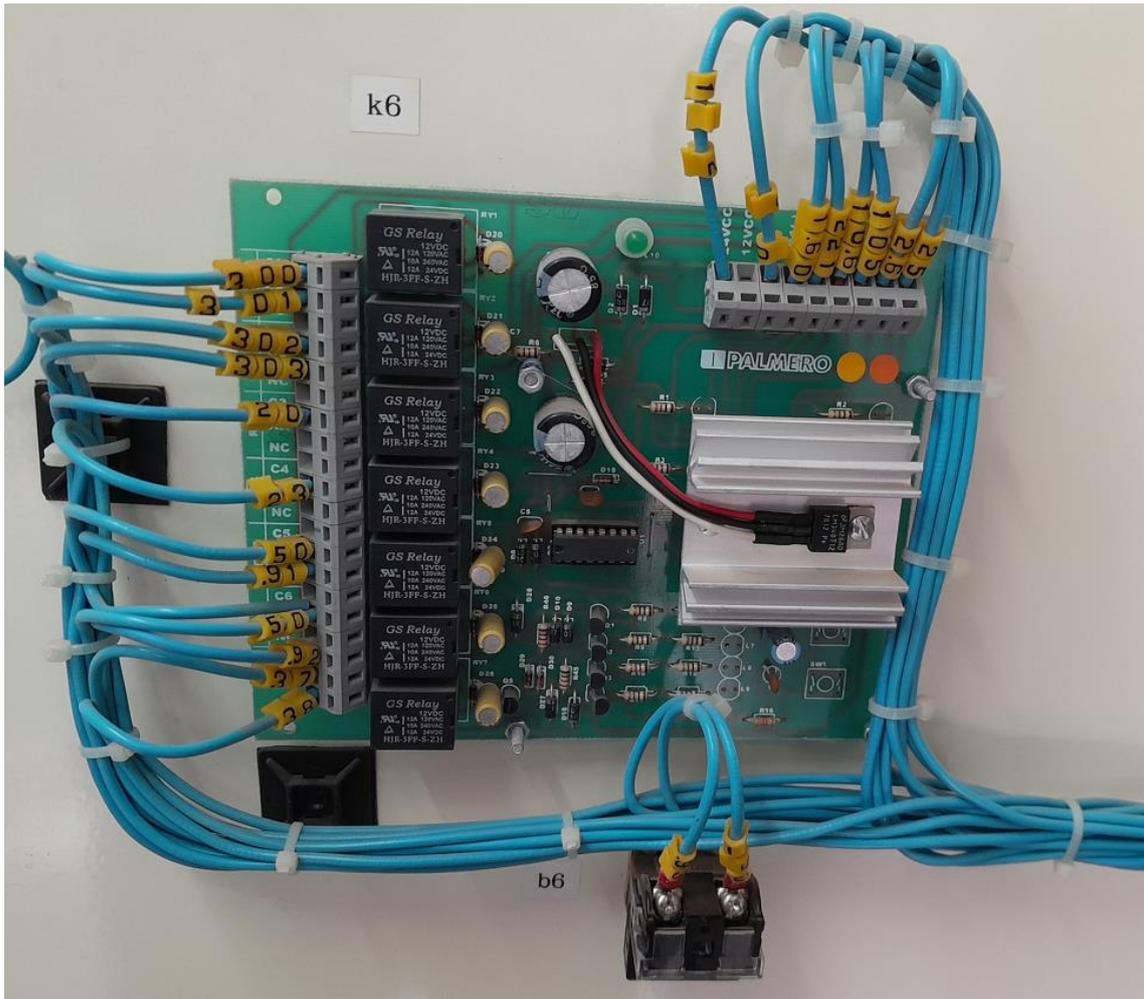


Imagen 40: Controlador de la TTA con problemas para realizar las maniobras de conmutación automática

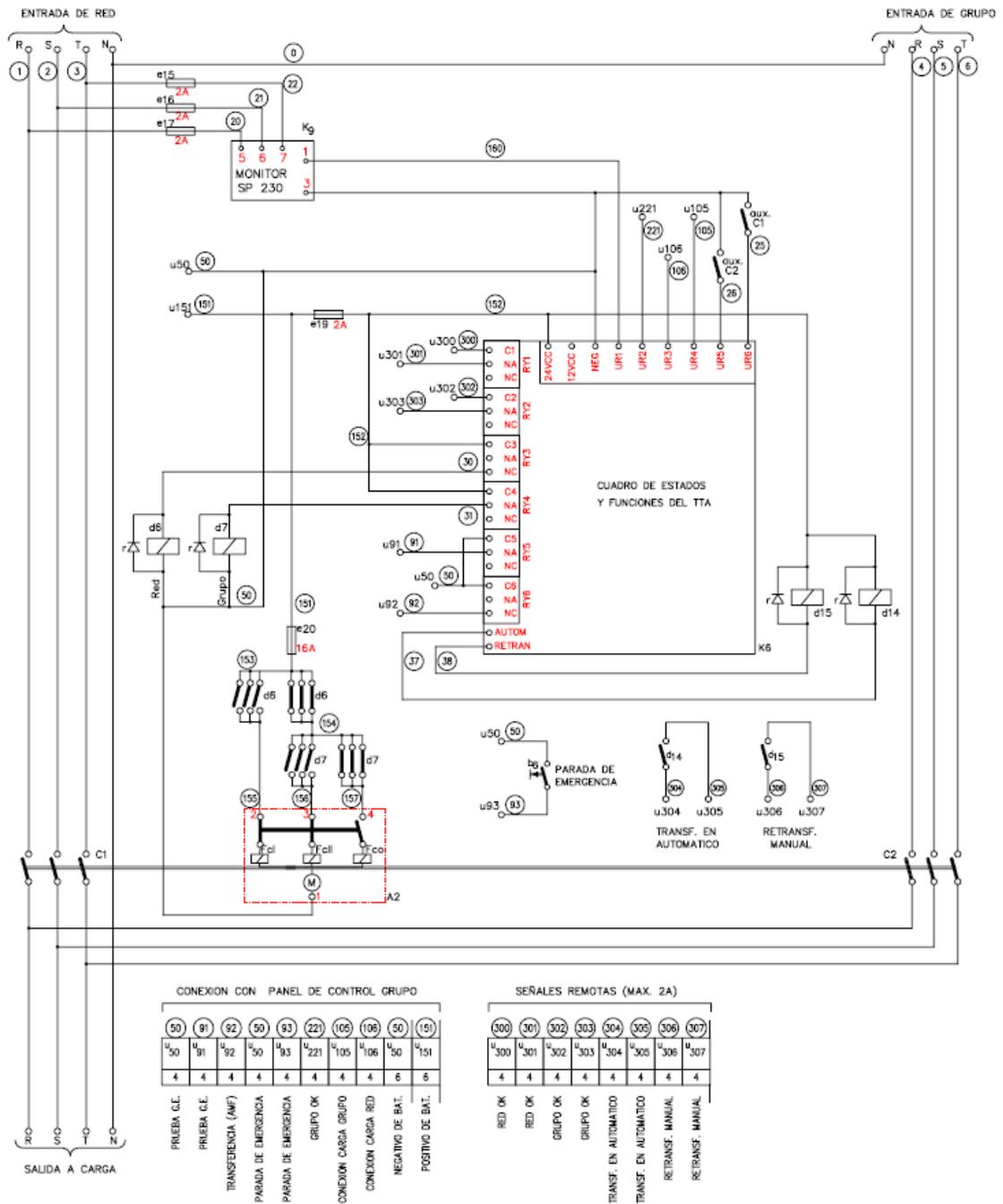


Imagen 41: Plano de conexiones de comando del controlador de la TTA



Imagen 42: Tablero de la transferencia automática con conmutador ABB

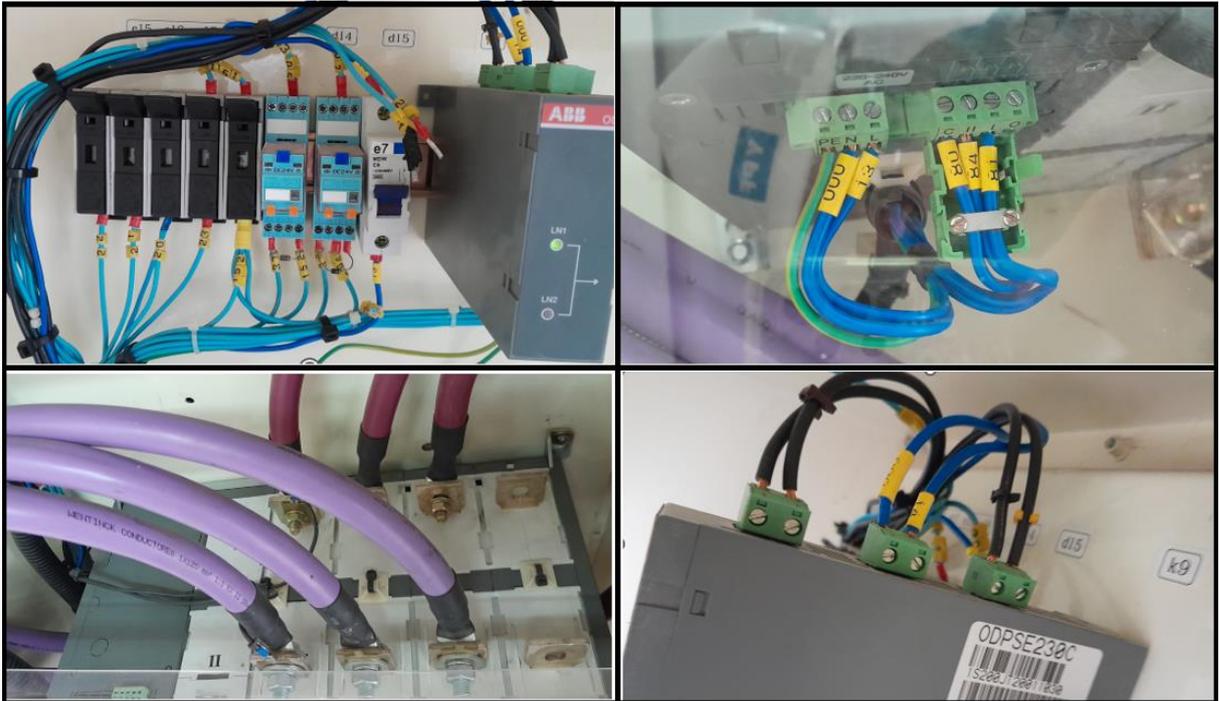


Imagen 43: conexiones en tablero TTA

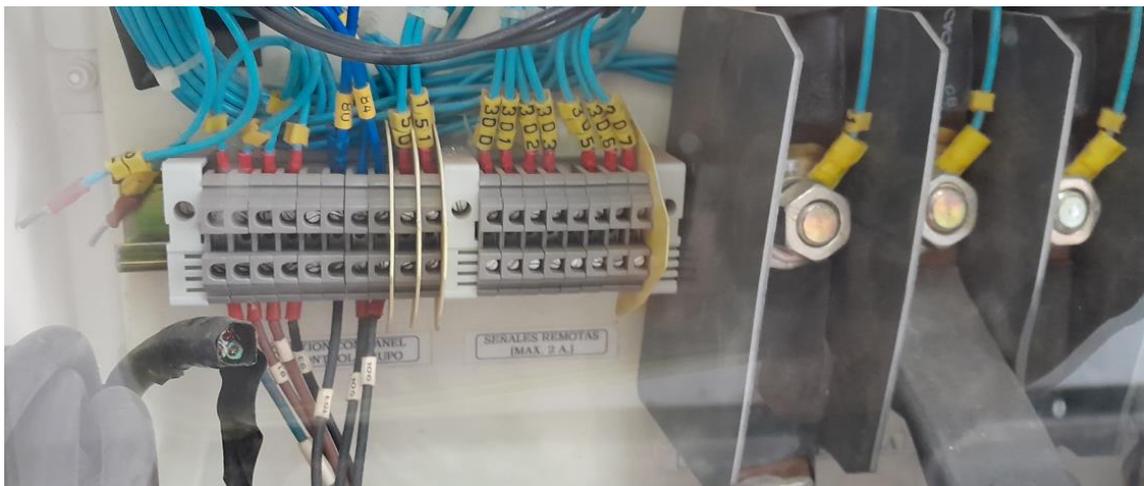


Imagen 44: Bornera de conexiones de tablero TTA



Imagen 45: Tablero Grupo electrógeno



Imagen 46: conexiones con fusibles en tablero grupo



Imagen 47: reles de comando en tablero grupo



Imagen 48: Controlador tablero grupo

Binary inputs IL-NT - default	Binary outputs IL-NT - default
BI1 GCB Feedback	BO1 Starter
BI2 MCB Feedback	BO2 Fuel Solenoid
BI3 Emergency Stop	BO3 GCB Close/Open
BI4 Access Lock	BO4 MCB Close/Open
BI5 Remote OFF	BO5 Prestart
BI6 Remote TEST	BO6 Ready To Load
BI7 Sd Override	BO7 Alarm

Imagen 49: Entradas/salidas de controlador grupo según manual

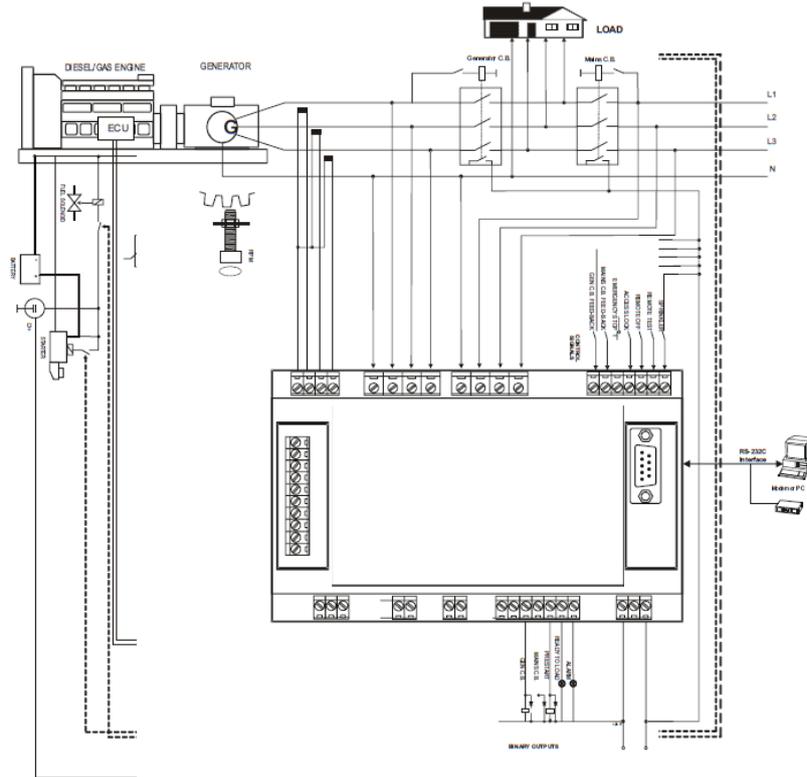


Imagen 50: esquema de conexión de controlador grupo

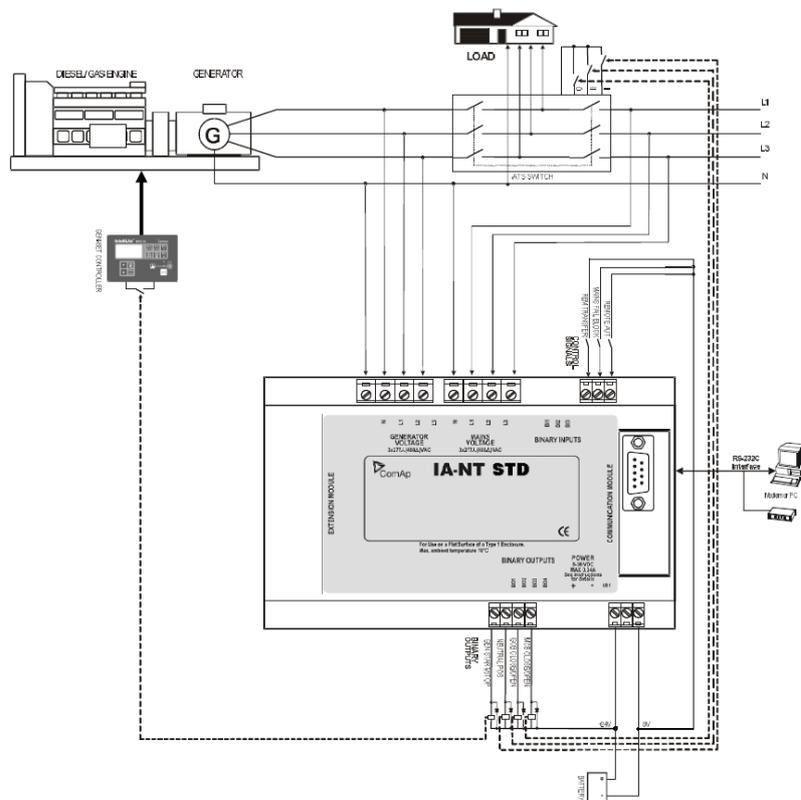


Imagen 51: esquema de conexión con ambos controladores

Binary inputs IA-NT - default

BI1 GCB Feedback
BI2 MCB Feedback
BI3 GenReadyToLoad
BI4 MainsFailBlock*

Binary outputs IA-NT - default

BO1 GenStart/Stop
BO2 Alarm
BO3 GCB Close/Open
BO4 MCB Close/Open

Imagen 52: Entradas/salidas binarias controlador TTA nuevo, según manual

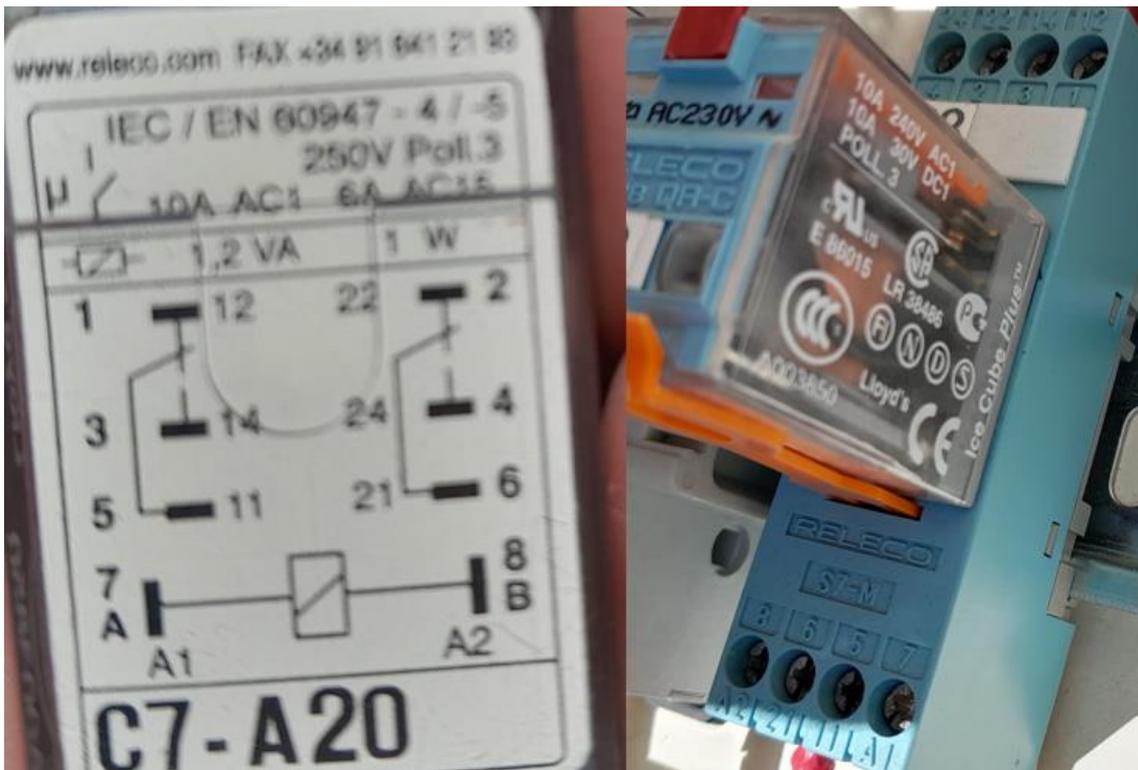


Imagen 53: rele de conexión de salidas binarias