



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**ANÁLISIS DE FALLA DE MOTOR DE 4,16 KV DE TRANQUE DE RELAVES
DE MINERA ESCONDIDA.**

Profesor guía: Jonathan Agüero Ferrera

Daniela Bernardita Mauna Quintana

Marcela Elizabeth Inostroza Rifo

Copiapó, Chile 2024



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**ANÁLISIS DE FALLA DE MOTOR DE 4,16 KV DE TRANQUE DE RELAVES
DE MINERA ESCONDIDA.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener
el título de Ingeniero de Ejecución en Electricidad

Profesor guía: Jonathan Agüero Ferrera

Daniela Bernardita Mauna Quintana

Marcela Elizabeth Inostroza Rifo

Copiapó, Chile 2024

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General.....	1
1.2 Objetivo Específico	1
1.3 Alcances	2
1.4 Metodología	3
1.5.1 Minera Escondida	3
1.5.2 Operaciones MEL.....	4
1.5.3 Procesos previos a la generación de relaves.....	4
1.5.4 Tranque Laguna Seca	5
1.5.5 Descripción del Proyecto WRT2.....	6
1.5.6 Torre de Captación y Sistema de Bombeo	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Definiciones básicas	11
2.1.1 Resistencia eléctrica	11
2.1.2 Inductancia	12
2.1.3 Capacitancia	12
2.1.4 Impedancia	12
2.1.5 Aislante eléctrico.....	12
2.1.6 Relé de protección	12
2.2 Partidor suave.	13
2.3 Motor de inducción trifásico.....	14
2.4 Relé de protección.....	16
2.5 Prueba de aislación	17

2.6 Probador estático de motores	20
2.7 Prueba Surge	21
2.8 Prueba de aislamiento de Voltaje (SV)	22
2.9 Prueba de Índice de Polarización	23
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	25
3.1.1 Características de Motor y Relé	25
3.2 Descripción del problema	27
3.2.1 Desconexión del motor	30
3.2.2 Ingreso valores a instrumento AWA IV	30
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DE PROPUESTA	
ECONOMICA	37
4.1 Resultados obtenidos	37
4.1.1 Resultados obtenidos de la medición de aislación del motor	37
4.1.2 Pruebas en medidor estático	37
4.2 Compra de analizador de falla	38
4.3 Pérdida monetaria por detención de bomba	38
CAPITULO VI: CONCLUSIÓN	41
Bibliografía	43
ANEXO N°1: PAUTA DE MANTENCIÓN	45
ANEXO N°2: PRIMERA COTIZACION	46
ANEXO N°3: SEGUNDA COTIZACIÓN	47
ANEXO N°4: PARA CAMBIO DE MOTOR	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura: 1.1 Minera escondida	4
Figura: 1.2 Diagrama Tranque de Relaves Laguna Seca.....	6
Figura 1.3 Estación de bombeo Booster 3.....	7
Figura 1.4 Esquema sistema agua recuperada	8
Figura 1.5 Bombas instaladas en torre de captación del tranque.	9
Figura 1.6 Layout de sistema de bombeo y alimentación de torre de captación.....	10
Figura 2.1 Partidor suave Motortronics MVC 4-33200.	14
Figura 2.2 Partes del motor de jaula ardilla.....	15
Figura 2.3 Motor trifásico asincrónico vertical flecha hueca abierto.	16
Figura 2.4 Relé de protección de motor multilin 850.....	17
Figura 2.5 Gráfico de distribución de fallas más comunes en un motor.....	19
Figura 2.6 Equipo marca Hioki modelo IR 3455 que se utilizó para realizar la primera prueba de aislación.....	19
Figura 2.7 Instrumento de medición estático en pruebas de variables eléctricas. ...	21
Figura 2.8 Instrumento para realizar prueba de sobretensión.....	21
Figura 2.9 Ejemplo prueba SV.	22
Figura 3.1 Bombas verticales torre de captación	25
Figura 3.2 Falla detectada en inspección visual de partidor suave	27
Figura 3.3 Conexión de Mega- óhmetro en motor de inducción.	29
Figura 3.4 Resultado de primera medición aislación motor 008.	29
Figura 3.5 Desconexión motor 4,16Kv	30
Figura 3.6 Ingreso de datos de placa de motor a instrumento AWA IV.	31
Figura 3.7 Menú selección de pruebas a realizar.....	32
Figura 3.8 Falla de sobre corriente en el motor	32
Figura 3.9 Falla de sobre corriente detectada por el equipo.....	33
Figura 3.11 Valores entregados por prueba PI	33
Figura 3.12 Datos de pruebas realizadas	34
Figura 3.13 Conexión de calefactores en motor de inducción.	35
Figura 3.14 Repetición de las pruebas con calefactor de motor ya conectado	35

RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo analizar los parámetros eléctricos de motores de bombas de impulsión de captación en área tranque de relaves de minera Escondida.

En el capítulo I se presentó una introducción a los análisis sobre las fallas de motores de 4,16 kV en bombas de agua de impulsión de la minera Escondida, las cuales bombean 720 litros por segundo. Los objetivos específicos incluyeron definir la metodología y los equipos a utilizar para las mediciones, medir variables eléctricas, y analizar los resultados obtenidos para proponer mejoras en el sistema.

En el capítulo II se abordó conceptos clave en el diagnóstico y operación de motores eléctricos. Se explicó el funcionamiento del partidador suave, que controla la aceleración del motor y evita peaks de corriente. Se profundizó en los motores trifásicos, relés de protección, pruebas diagnósticas como la prueba de aislamiento y el uso de probadores estáticos, destacando técnicas como la prueba de sobretensión y el índice de polarización.

En el capítulo IV se detalló el problema específico de este proyecto en un motor de 4,16 kV de la torre de captación del tranque de relaves. Se describieron los pasos para diagnosticar y resolver la falla, incluyendo desconexión del motor y realización de pruebas de voltaje y polaridad. Las pruebas realizadas revelaron una desconexión de los calefactores del motor, lo que causó una baja temperatura que afectó los resultados. Tras reconectar los calefactores, se repitieron las pruebas, y los resultados se ajustaron a los valores normales de aislamiento.

En el capítulo V se realizó un pequeño análisis de los resultados obtenidos y junto con esto una propuesta económica sobre los costos asociados de la compra del analizador de motores. En el capítulo VI se concluyó que la alerta generada por el equipo era válida, ya que el valor óhmico aumentaba a infinito después de ciertos periodos de prueba. Durante las revisiones, se encontró que los calefactores del motor estaban desconectados, lo que causó la baja temperatura. Después de reconectar los calefactores y esperar 30 minutos, las pruebas de aislamiento mostraron que los valores obtenidos estaban dentro de la norma (9,73 G Ω frente al mínimo requerido de 4,16 K Ω). Finalmente, el motor fue desbloqueado, puesto en servicio y entregado al supervisor eléctrico tras la verificación de las pruebas realizadas.

PRUEBAS ELÉCTRICAS-MOTOR INDUCCIÓN-CONTINUIDAD OPERACIONAL

ABSTRACT

The project aimed to analyze the electrical parameters of pump motors for the collection of water in the tailings dam area of the Escondida mine.

Chapter I presented an introduction to the analysis of the failures of 4.16 kV motors in water pumps for the Escondida mine, which pump 720 liters per second. The specific objectives included defining the methodology and the equipment to be used for the measurements, measuring electrical variables, and analyzing the results obtained to propose improvements to the system.

Chapter II addressed key concepts in the diagnosis and operation of electric motors. The operation of the soft starter was explained, which controls the acceleration of the motor and prevents current peaks. The study delved into three-phase motors, protection relays, diagnostic tests such as the insulation test and the use of static testers, highlighting techniques such as the overvoltage test and the polarization index. Chapter IV detailed the specific problem of this project in a 4.16 kV motor of the tailings dam's collection tower. The steps to diagnose and resolve the fault were described, including disconnecting the motor and performing voltage and polarity tests. The tests performed revealed a disconnection of the motor heaters, which caused a low temperature that affected the results. After reconnecting the heaters, the tests were repeated, and the results were adjusted to normal insulation values.

In Chapter V, a small analysis of the results obtained was carried out and along with this an economic proposal on the associated costs of purchasing the motor analyzer.

In Chapter VI, it was concluded that the alert generated by the equipment was valid, since the ohmic value increased to infinity after certain test periods. During the reviews, it was found that the motor heaters were disconnected, which caused the low temperature. After reconnecting the heaters and waiting 30 minutes, insulation tests showed that the values obtained were within the standard (9.73 G Ω compared to the minimum required of 4.16 K Ω). Finally, the motor was unlocked, put into service and handed over to the electrical supervisor after verification of the tests carried out.

ELECTRICAL TESTS-INDUCTION MOTOR-OPERATIONAL CONTINUITY

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentará una introducción al análisis y estudio de los datos de fallas de los motores de 4,16 kV que operan las bombas de impulsión de agua, las cuales bombean individualmente 720 litros por segundo cada una. Estas bombas se encuentran ubicadas en una zona crítica del tranque de relaves de Minera Escondida. El estudio se llevará a cabo mediante pruebas de aislamiento y sobretensión utilizando un analizador estático BAKER AWA IV. A través de este análisis, se podrá identificar las fallas de los motores verticales de las torres de captación en dicha área. Además, se desarrollará un estudio económico para evaluar la viabilidad de la reparación o reemplazo de los motores, según los resultados obtenidos. Este enfoque proporcionará un respaldo técnico y económico en un caso futuro.

1.1 Objetivo General

Analizar los resultados de las pruebas eléctricas realizadas al motor 0630-PP-008 de las bombas de impulsión en el área de torres de captación del tranque de relaves de Minera Escondida, con el objetivo de evaluar su rendimiento, identificar posibles irregularidades y proponer acciones correctivas o de optimización, garantizar su eficiencia y confiabilidad.

1.2 Objetivo Específico

- Definir metodología y equipos a utilizar para realizar mediciones.
- Medir variables eléctricas de aislación, para descartar daños en motor de inducción de bombas de agua de impulsión.
- Analizar las variables eléctricas obtenidas del motor de inducción de las bombas de agua de impulsión.
- Proponer mejoras sobre propuesta económica y de análisis de resultados.

1.3 Alcances

- Detallar los métodos y técnicas de medición eléctrica que se emplearán para analizar el rendimiento de los motores de las bombas de impulsión.
- Enumerar y describir los equipos utilizados para realizar las mediciones, como el analizador de motor y el medidor estático BAKER AWA IV.
- Realizar un análisis de las variables eléctricas obtenidas, tales como resistencia entre bobinas y valor de aislación de los motores.
- Comparar los datos recopilados con los parámetros de operación óptimos y establecer desviaciones.
- Documentar el proceso de pruebas estáticas realizadas en los motores, incluyendo las condiciones de operación y los resultados obtenidos.
- Analizar las causas de fallas, como la repetitiva falla “Ground fault loset” y proponer diagnósticos basados en los datos recopilados.
- Evaluar y proponer soluciones económicas para la reparación o el cambio del motor, incluyendo un análisis de costo-beneficio.

Así mismo, fuera del alcance del presente, se encuentra:

- El ajuste y/o cambio de protecciones eléctricas.
- Toma de decisiones sobre la compra o cambio de motor.
- La configuración de los parámetros del partidor suave.

1.4 Metodología

La metodología del informe se centró en diagnosticar una falla en el motor 0630-PP-008 de la torre de captación del tranque. Primero, se obtuvo autorización por parte de los dueños de área que en este caso fue Operaciones de Aguas y Tranques para realizar mediciones tras reportarse un error ("Ground fault loset"). Se aisló y bloqueó el motor en su respectivo Interruptor para garantizar seguridad y se realizó una medición de aislamiento con un megóhmetro Hioki, aplicando 2.63 kV durante 10 minutos. Posteriormente, se utilizó un medidor estático BAKER AWA IV marca Megger para pruebas más completas, ingresando parámetros del motor antes de realizar pruebas como la de Step Voltage, que identificó una sobrecorriente en el motor. Se revisaron los calefactores del motor, encontrándose desconectados y tras reconectarlos, se repitieron las pruebas. Los resultados mostraron valores dentro de los parámetros normales, confirmando que el motor estaba en condiciones de operación. Esta metodología permitió una evaluación exhaustiva y la implementación de acciones correctivas efectivas.

1.5 Antecedentes Generales.

1.5.1 Minera Escondida

Escondida BHP opera en Chile la mina productora de cobre más grande del mundo, la cual se encuentra ubicada a 196 km al sureste de la ciudad de Antofagasta, en la segunda región. Desde el año 2002 Escondida viene operando el depósito de relaves denominado Laguna Seca, con el fin de almacenar los relaves procedentes de las plantas concentradoras Laguna Seca, Los Colorados y OGP1

Figura: 1.1 Minera escondida



Fuente: Orellana (2018)

1.5.2 Operaciones MEL

Existe un procesamiento de los sulfuros, que ocurre en las plantas concentradoras, con la finalidad de beneficiar el mineral, siendo en estos procesos cuando se generan los relaves, los cuales son depositados en el Tranque Laguna Seca (también nombrado como TLS).

1.5.3 Procesos previos a la generación de relaves.

- **Extracción del mineral**, que proviene de los rajos Escondida y Escondida Norte y transporte en camiones hacia destino.
- **Chancado, molienda y molienda secundaria**, disminución progresiva del tamaño del mineral, proveniente de los rajos o acopios para el envío a flotación.
- **Flotación y Remolienda**, proceso mediante el cual se obtiene el concentrado de Cu y se genera el relave, mediante la adición de agua y reactivos químicos al mineral, que tienen por objetivo coleccionar las partículas de cobre y separarlas del material sin valor (relave).

Posteriormente el concentrado de Cu es enviado a los espesadores de concentrado y el relave es enviado a los espesadores de relave.

- **Espesamiento de concentrado**, proceso mediante el cual se extrae parte del contenido de agua al concentrado, para luego enviarlo a estanques de almacenamiento de Los Colorados, Laguna Seca y OGP1.
- **Espesamiento de relaves**, proceso mediante el cual se extrae parte del contenido de agua al relave, para luego enviarlo a un cajón distribuidor, desde donde se envían al tranque Laguna Seca.
- **Disposición de relaves**, Donde se almacenan los relaves en el tranque Laguna Seca. La disposición de los relaves está orientada a obtener la máxima recuperación posible de agua de proceso.

1.5.4 Tranque Laguna Seca

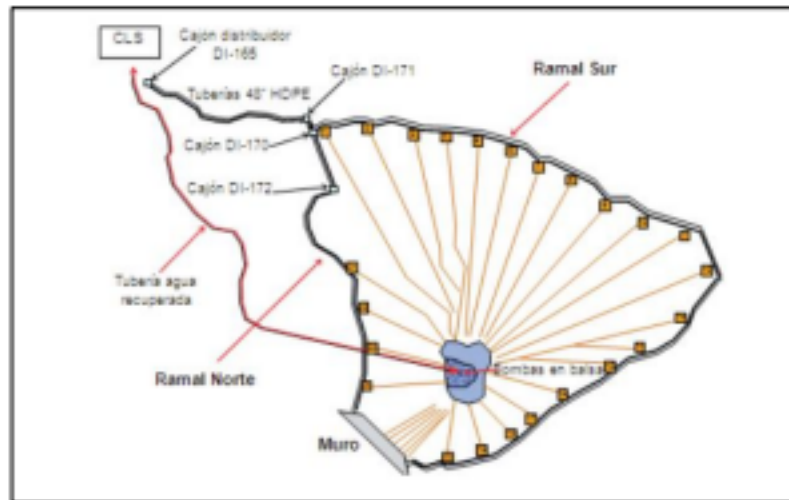
La principal herramienta de recuperación de agua de proceso es el tranque de relaves Laguna Seca, ubicado en el sector de Laguna Seca a 15 km al sureste del yacimiento Escondida.

El tranque Laguna Seca inició sus operaciones de deposición en enero del 2002.

El área tiene forma de herradura y cubre aproximadamente 50 km².

Los relaves generados en MEL provienen de dos plantas concentradoras, Laguna Seca y Los Colorados y estos son depositados en el tranque de relaves Laguna Seca, este tranque está constituido por una serie de cajones distribuidores que reciben los relaves (cajones 165, 170, 171 y 172) y los transporta a través de dos ramales, Sur y Norte, de 8 [km] y 20 [km] respectivamente.

Figura: 1.2 Diagrama Tranque de Relaves Laguna Seca



Las válvulas de descarga están ubicadas cada 1000 metros, en grupos de cuatro, formando cinco sectores de descarga que permiten escurrir hacia la cota más baja de la represa. Los relaves se depositan desde cada uno de los sectores por tiempos predeterminados y van formando playas que generan la laguna desde donde se recupera el agua hacia el proceso. El tranque posee una capacidad de almacenamiento de relaves de 2.100 millones de m³, y tiene 40 años de utilidad a la actual tasa de depósito (240.000 [toneladas por día]). El punto más bajo está a una elevación de 2.876 msnm y el borde de la taza sube a más de 3.000 metros de elevación. La disposición de los relaves está orientada a obtener la máxima recuperación de agua de proceso, para esto el relave es depositado de forma tal que se forme una laguna de aguas claras que se ubique en la superficie, desde la cual es captada el agua mediante bombas horizontales montadas sobre balsas independientes (móviles) que impulsan el agua recuperada hacia una serie de estaciones de bombeo (tipo Booster) que finalmente la impulsan hacia las plantas concentradoras Laguna Seca y Los Colorados según los requerimientos del proceso.

1.5.5 Descripción del Proyecto WRT2

El Sistema de Recirculación de Agua está compuesto por las siguientes áreas:

- Estación de Bombeo Booster N°2
- Estación de Bombeo Booster N°3

- Torre de Captación WRT2

Estación booster:

En este proyecto se utilizan 2 estaciones de bombeo tipo Booster para aumentar la presión del agua dentro de la tubería, así mejorando el caudal de este.

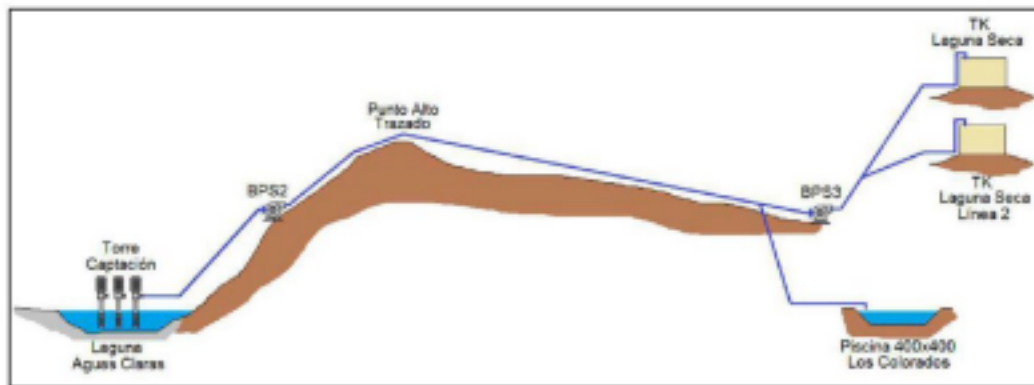
Estas bombas booster son autocebantes (Succionan y elevan el agua sin necesidad de tener la tubería llena) y pueden encenderse o apagarse automáticamente. Son sistemas inteligentes que controlan la presión del sistema en función del consumo de agua instantáneo así que esto permite ahorrar energía, ya que la potencia de la bomba depende de la demanda del sistema.

Figura 1.3 Estación de bombeo Booster 3.



En 2023 se solicitó a la empresa Hatch desarrollar la Ingeniería para reubicación de las bombas del Sistema de Recirculación de Agua de la Torre 2. Se requirió elevar la cota de succión de las bombas existentes, además de agregar una cuarta bomba que servirá como Back-up. Por lo que se desarrolló la Ingeniería para la instalación y puesta en marcha de una cuarta bomba y reubicación de 3 bombas.

Figura 1.4 Esquema sistema agua recuperada.



La operación aportará un caudal máximo de 1.900 l/s con 3 de las 4 bombas operando, el que será captado desde la laguna del Depósito mediante la estación de bombeo de WRT2 (Torre de captación 2). Se estima que en otras condiciones el sistema deberá impulsar aproximadamente un caudal medio de 1.520 l/s con 2 bombas y 840 l/s con 1 bomba.

El funcionamiento de la estación de bombeo de WRT2 considera la rotación de las bombas en operación, con el objetivo de realizar un desgaste uniforme de los equipos. Para este fin, se deberá agregar, en la lógica del sistema de control, un contador de horas de funcionamiento, para la nueva bomba (0630-PP-007), a los contadores de las tres (3) bombas existentes, para medir el tiempo de operación y así determinar cuándo las bombas se deberán intercambiar o cuando un equipo deberá salir de operación, para que se le realice una mantención programada.

Normalmente la cantidad de bombas operando en la Estación Booster N°2 (BPS2) deberá ser la misma que las bombas operando en la Torre de Captación WRT2.

Considerando la derivación de caudal a la piscina 400x400 de Los Colorados, la Estación Booster N°3 (BPS3) operará normalmente con 2 bombas, en caso de impulsar todo el caudal a Laguna Seca y/o a OGPI, operarán 3 bombas. Este diseño implica que cada partida o parada de una bomba vertical en la estación WRT2, activará una partida o parada de una bomba ubicada en la Booster 2 y de otra bomba en la Booster 3.

Figura 1.5 Bombas instaladas en torre de captación del tranque.



1.5.6 Torre de Captación y Sistema de Bombeo

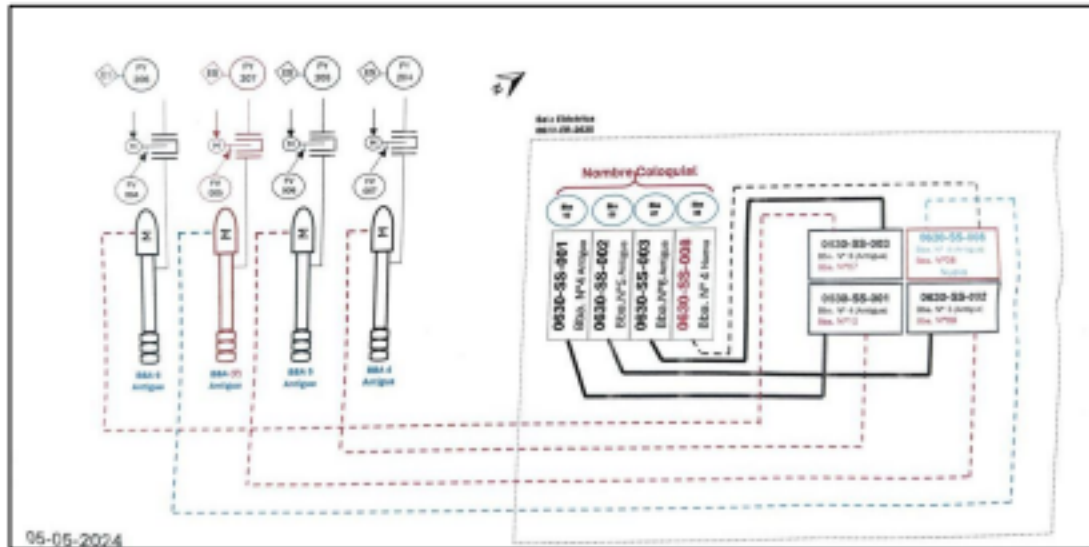
La torre de captación es de hormigón armado de 22 metros de altura y consta de tres (3) bombas verticales existentes, tipo turbina (dispuestas en paralelo), más una (1) bomba proyectada, por la infraestructura existente sólo podrán operar tres (3) bombas simultáneamente.

La WRT2 posee la siguiente instrumentación y equipos:

- Flujómetro sonar para medición de flujo de agua en la salida de la torre.
- Instrumento de medición de nivel de agua de la torre de captación.
- Instrumento de medición de turbiedad del agua de la torre de captación.
- Instrumento de medición de presión de las líneas de impulsión de las bombas Principales.
- Instrumento de medición de interface de relaves en la laguna, instalado sobre balsa flotante cercano a la estación WRT
- Válvulas de cuchillo con actuador motorizado en las líneas de impulsión de las bombas principales y línea de retorno

- Bomba sumergible para la extracción de lodos de la torre de captación
- Equipos del sistema de control y comunicaciones, el cual será migrado a un controlador AC 800M del DCS ABB, que será parte de la red de control del DCS
- ABB 800xA existente.

Figura 1.6 Layout de sistema de bombeo y alimentación de torre de captación.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se puede observar conceptos fundamentales en el diagnóstico y operación de motores eléctricos, comenzando con el partidor suave, que controla la aceleración y evita picos de corriente. Se examina el funcionamiento del motor trifásico, basado en el campo magnético giratorio. Además, se describe los relés de protección, que son esenciales para detectar fallas en sistemas eléctricos. Se presentan pruebas diagnósticas como la prueba de aislamiento y el uso de probadores estáticos, nombrando técnicas como la prueba de sobretensión y el índice de polarización, cruciales para evaluar la integridad del aislamiento y el estado general de los motores.

2.1 Definiciones básicas

2.1.1 Resistencia eléctrica

La resistencia es una medida de la oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico. La resistencia se mide en ohmios, que se simbolizan con la letra griega omega (Ω)
Todos los materiales resisten en cierta medida el flujo de corriente. Se incluyen en una de dos amplias categorías:

- Conductores: materiales que ofrecen muy poca resistencia, donde los electrones pueden moverse fácilmente. Ejemplos: plata, cobre, oro y aluminio.
- Aislantes: materiales que presentan alta resistencia y restringen el flujo de electrones. Ejemplos: goma, papel, vidrio, madera y plástico.

Cuanto mayor sea la resistencia, menor será el flujo de corriente. Todos los conductores emiten cierto grado de calor, por lo que el sobrecalentamiento es un problema que a menudo se asocia con la resistencia. Cuando menor sea la resistencia, mayor será el flujo de corriente. Causas posibles: aisladores dañados por la humedad o un sobrecalentamiento.

2.1.2 Inductancia

La capacidad de un dispositivo para generar voltaje cuando la corriente que lo atraviesa cambia. La inductancia almacena energía en un campo magnético y se mide en Henrios (H).

2.1.3 Capacitancia

La capacidad de un dispositivo para almacenar carga eléctrica. La capacitancia almacena energía en un campo eléctrico y se mide en Faradios (F).

2.1.4 Impedancia

La resistencia que un circuito o componente presenta a la circulación de corriente alterna. Se expresa en ohmios (Ω) y se calcula sumando la resistencia más la reactancia. La impedancia es un número complejo, donde la parte real es la resistencia y la parte imaginaria es la reactancia.

2.1.5 Aislante eléctrico

El término aislamiento se utiliza para referirse a una variedad de materiales que se utilizan para reducir la transferencia de energía. El aislamiento se utiliza alrededor de los cables eléctricos para protegerlos del medio ambiente o al medio ambiente (como las personas) del cable. Es una característica de seguridad clave en el cableado. La exposición al agua puede corroer los cables, lo que aumenta su resistencia, lo que a su vez crea una acumulación de calor para la que el sistema no fue diseñado, lo que puede provocar incendios.

2.1.6 Relé de protección

Un relé de protección es un dispositivo que forma parte de un sistema eléctrico y que detecta condiciones peligrosas o defectuosas en la red. Los relés de protección son un componente crítico de la red eléctrica y sirven para mantener la continuidad de servicio eléctrico y limitar el daño de los equipos de potencia.

2.2 Partidor suave.

“Un partidor suave es un dispositivo que controla la aceleración de un motor eléctrico mediante el control del voltaje aplicado”. (Escobar Betancur, 2021, pág. 69).

Un motor de inducción tiene la capacidad de iniciarse automáticamente debido a la interacción entre el flujo del campo magnético giratorio y el flujo del devanado del rotor, lo que provoca una alta corriente del rotor a medida que aumenta el par (torque). Como resultado, el estator consume una alta corriente y para cuando el motor alcanza la velocidad máxima, se genera una gran cantidad de corriente (mayor que la corriente nominal) y esto puede causar el calentamiento del motor y dañarlo. Para evitar esto, se necesitan los partidores suaves en los motores.

La marca y modelo instalado para el motor, es el Motortronics MVC 4-33200, el cual es un partidor suave de media tensión, el cual se puede apreciar en la figura 2.1.

En el Modo de arranque se encuentran las siguientes funciones de protección cuando recibe un comando de arranque:

- Inversión de Fase (si es habilitada)
- Curva de Arranque
- Temporizador de Aceleración
- Desbalance de Fase
- Revisión previa de la Carga / Corto Circuito
- Falla a Tierra (Opcional), pero que se encuentra habilitada en el equipo a un 20% como máximo.
- Fallas de Entrada Externa
- Protección de Sobrecarga
- Capacidad Térmica

Figura 2.1 Partidor suave Motortronics MVC 4-33200.



2.3 Motor de inducción trifásico.

Desarrollo del par inducido en un motor de inducción

La figura 2.2 muestra un motor de inducción con un rotor de jaula de ardilla.

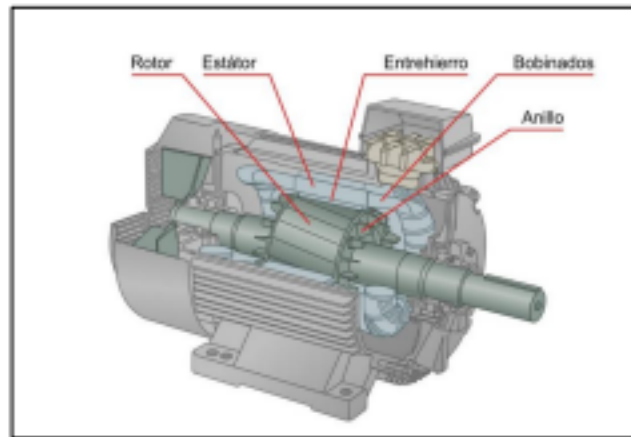
Se aplicó un conjunto trifásico de voltajes al estator y fluye de él un conjunto trifásico de corrientes. Estas corrientes producen un campo magnético que gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj. La velocidad de rotación del campo magnético está dada por la siguiente ecuación:

$$n_{sinc} = \frac{120 * fe}{p}$$

Donde:

- fe es la frecuencia del sistema en Hertz.
- P es el número de polos en la máquina.

Figura 2.2 Partes del motor de jaula ardilla



Fuente: POWER-MI (2014)

Este campo magnético giratorio pasa sobre las barras del rotor e induce un voltaje en ellas. La velocidad del campo magnético aplicadas en el motor de inducción en el caso del equipo utilizado en este proyecto sería:

$$nsinc = \frac{120 \times 50 \text{ HZ}}{6} = 1000 \text{ RPM}$$

En esta operación se utiliza este tipo de motor eléctrico vertical ya que se requiere un eje perpendicular al suelo y son optimizados para operaciones de alta velocidad, este se puede apreciar en la figura 2.3.

Los valores nominales del equipo instalado son:

- Voltaje nominal: 4160 V
- Corriente nominal: 225 A
- Velocidad de rotor: 995 RPM
- Frecuencia: 50Hz
- Potencia mecánica: 1500 kW

Figura 2.3 Motor trifásico asincrónico vertical flecha hueca abierto.



Fuente: US motors (2024)

2.4 Relé de protección

Los relés de protección constituyen una parte esencial en un sistema eléctrico de potencia, ya que permite la detección y el aclaramiento rápido de fallas evitando daños mayores a los componentes del sistema. Los relés tienen aplicación en muchos equipos de los sistemas de eléctricos industriales, comerciales o de potencia. Se clasifican según el parámetro que intentan proteger, de esta manera encontramos relés de protección por sobre corriente, por sobre carga, por corriente diferencial, etc. A lo largo de la historia los relés han presentado desarrollos muy significativos. (Amador, 2007., págs. 6-9)

El modelo y marca que se utiliza en este proyecto es un Multilin 850 de la marca General Electric (GE).

Este es un relé de protección para motores trifásicos, el cual se encuentra configurado para protección, control y diagnóstico de los siguientes parámetros:

- Desequilibrio de corriente
- Potencia inversa
- Protección diferencial de estator

- Modelado térmico de RTD. Entre otras.

Figura 2.4 Relé de protección de motor multilin 850.



2.5 Prueba de aislación

La Norma eléctrica IEEE 43-2000 recomienda un procedimiento para medir la resistencia de aislamiento de los devanados de los motores rotativos. Esta norma se aplica a máquinas de inducción, máquinas sincrónicas, máquinas de CC y condensadores sincrónicos.

La resistencia de aislamiento de un motor eléctrico se puede clasificar de la siguiente manera:

- 5–10 MΩ: Nivel de aislamiento anormal
- 10–50 MΩ: Nivel de aislamiento bueno
- 50–100 MΩ: Nivel de aislamiento muy bueno
- 100 MΩ o más: Nivel de aislamiento excelente

En los equipos eléctricos se debe respetar las características de aislamiento para permitir su funcionamiento con toda seguridad. Ya sea a nivel de los cables de conexión, protección, motores, entre otros. El aislamiento de los conductores eléctricos se lleva a cabo mediante materiales que presentan una fuerte resistencia eléctrica para limitar al máximo la circulación de corriente fuera de los conductores.

La calidad de estos aislamientos se ve alterada al cabo de los años por las exigencias a las que se someten los equipos. Esta alteración provoca una reducción de la resistividad eléctrica de los materiales que a su vez da lugar a un aumento de las corrientes de fuga.

La medición de la resistencia del aislamiento no es destructiva en las condiciones de prueba normales. Esta se lleva a cabo aplicando una tensión continua (DC) de magnitud inferior a la de la prueba dieléctrica y da un resultado expresado en kilo Ω , mega Ω y Giga Ω .

Causas de falla del aislamiento

- La fatiga de origen mecánico

Los ciclos de puesta en marcha y detención, sobre todo si son frecuentes, los defectos de equilibrado de máquinas rotativas y todos los golpes directos contra los cables y de forma más general, contra las instalaciones.

- La fatiga relacionada con los cambios de temperatura

La fatiga mecánica provocada por los ciclos de puesta en marcha y parada de los equipos, las exigencias de la dilatación o contracción afectan las características de los materiales aislantes. El funcionamiento a temperaturas extremas es también un factor de envejecimiento de los materiales.

- La contaminación ambiente:

La acumulación de partículas en entornos húmedos y calurosos provocan también la degradación de las características de aislamiento de las instalaciones.

El siguiente gráfico muestra la distribución de las causas más comunes de fallo en el caso de un motor eléctrico.

Figura 2.5 Gráfico de distribución de fallas más comunes en un motor



Fuente: Chauvin Arnoux (2020)

La temperatura hace variar el valor de la resistencia de aislamiento según una ley casi exponencial. Dentro de un programa de mantenimiento preventivo, es conveniente realizar medidas en condiciones de temperatura similares o, en el caso de que no resultara posible, corregirlas para acercarlas a unas condiciones de temperatura de referencia. Como ejemplo y aproximación rápida, un incremento de 10 °C se traduce por una disminución a la mitad de la resistencia de aislamiento y a la inversa, una disminución de 10 °C de la temperatura duplica el valor de la resistencia de aislamiento. La tasa de humedad influye sobre el aislamiento en función del nivel de contaminación de las superficies aislantes. El equipo que se utilizó para realizar la primera prueba de aislación es de marca Hioki modelo IR 3455 que se describe en la figura 2.6.

Figura 2.6 Equipo marca Hioki modelo IR 3455



2.6 Probador estático de motores

Es un dispositivo móvil que sirve para comprobar el estado de motores y generadores sean estas máquinas nuevas, en funcionamiento o posterior a una reparación. El probador ofrece muchas funciones, la combinación de métodos de pruebas, el diseño compacto, el reporte técnico comparativo con los estándares eléctricos y el funcionamiento con una batería incorporada hacen de esta una herramienta ideal para uso en sitio, incluso si el acceso al motor o generador es difícil. (Madiouni, 2023, págs. 35-46)

Entre las principales características de comprobaciones podemos señalar:

- Prueba de balance resistivo.
- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Pruebas de Inductancia, Impedancia y Capacitancia.
- Prueba Surge Voltage hasta 3 KV.
- Pruebas Peak to Peak.

Figura 2.7 Instrumento de medición estático en pruebas de variables eléctricas.



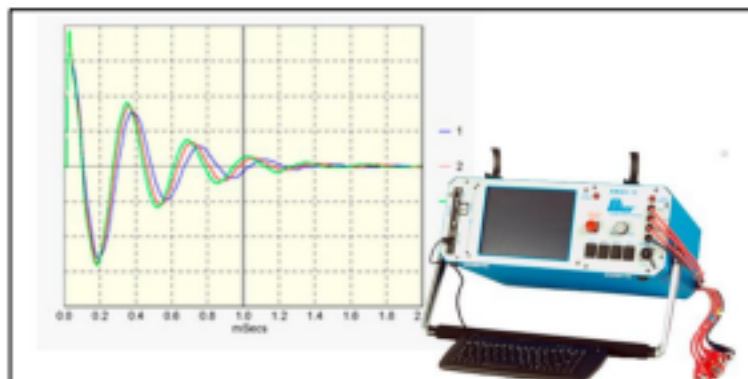
Fuente: Zeitsolutions (2024)

2.7 Prueba Surge

También conocida como prueba de sobretensión, es un test que detecta cortocircuitos y debilidades de aislamiento en bobinas, devanados, motores eléctricos, generadores, alternadores y transformadores.

Estos fallos suelen ser de espira a espira, de bobina a bobina o de fase a fase. Otros problemas que detecta la prueba SURGE son las conexiones internas incorrectas y el recuento de vueltas erróneo en motores de corriente continua.

Figura 2.8 Instrumento para realizar prueba de sobretensión



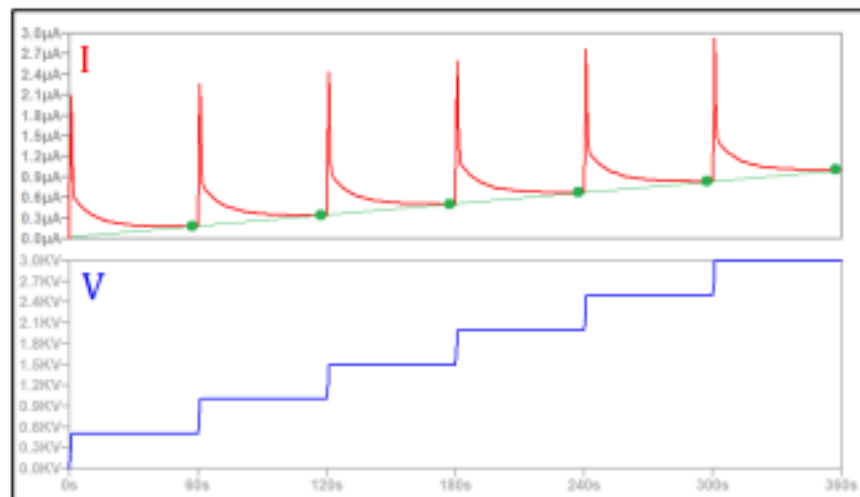
Fuente: (Rensa, 2024)

2.8 Prueba de aislamiento de Voltaje (SV)

La prueba de aislamiento de voltaje (SV) escalonado es un tipo de prueba de resistencia de aislamiento que se utiliza para diagnosticar la calidad del aislamiento eléctrico de un equipo, mediante la aplicación de alto voltaje de Corriente Continua en pasos de amplitud creciente cada 60 segundos. Debe realizarse una prueba en escala, repartiendo en 5 escalones iguales la tensión máxima a aplicar y una duración idéntica, 1 minuto, quedando por debajo de la tensión clásica de ensayo dieléctrico. Los resultados de este método son totalmente independientes del tipo de aislantes y de la temperatura, puesto que no se basa en el valor intrínseco de los aislamientos medidos sino en la disminución efectiva del valor leído al cabo de un tiempo idéntico, para dos tensiones de ensayo diferentes.

Una disminución del 25 % o más de la resistencia de aislamiento entre dos escalones consecutivos es una señal de deterioro del aislamiento habitualmente relacionado con la presencia de contaminantes.

Figura 2.9 Ejemplo prueba SV.



Fuente: (Magnetica, 2024)

2.9 Prueba de Índice de Polarización

En esta aplicación de las mediciones basadas sobre la influencia del tiempo de aplicación de la tensión de ensayo, se efectúan dos lecturas a 1 y a 10 minutos respectivamente. La ratio sin dimensión de la resistencia de aislamiento a 10 minutos sobre la de un 1 minuto se llama Índice de Polarización (PI) y permite definir la calidad del aislamiento.

Tabla 2.1 Índice de polarización

Índice de Polarización	IP: <1	Peligro
	IP: >1 , <1.5	Regular
	IP: >1.5 , <2.0	Precaución
	IP: >2 , <4	Bueno

Fuente: Chauvin Arnoux (2020)

La recomendación IEEE 43-2000 define el valor mínimo del índice de polarización PI para máquinas rotativas AC y DC. De forma general, un índice PI superior a 4 es señal de un aislamiento excelente mientras que un índice inferior a 2 indica un problema potencial.

2.9 Analizador Baker AWA IV

El analizador Baker AWA-IV de la marca Megger es un equipo que se utiliza para realizar pruebas de aislamiento y resistencia de motores de media y alta tensión en rangos de 2 kV a 12 kV.

Este equipo es un probador estático que puede ser programado por el usuario y que permite realizar pruebas repetitivas de forma automática.

Las capacidades de prueba incluyen:

- Balanceo Resistivo
- Megado,

- IP
- HiPot (Rampa, Convencional y Escalón)
- Impulso.

Figura 2.10 analizador estático baker awa iv para pruebas de falla en motor de media tensión



Fuente: (Megger, 2024)

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

En este capítulo se describe del problema, para lograr entender el contexto de la falla del motor, los pasos a seguir para resolver y dar un diagnóstico y una solución final. Se detalla el proceso de desconexión y las pruebas a realizar, que incluyen pruebas de voltaje y polaridad, con el fin de identificar y solucionar la falla de manera efectiva.

La falla se produce en uno de los motores de 4,16 kV de la torre de captación.

3.1. Sistema eléctrico de impulsión

El sistema eléctrico de las bombas de impulsión se encuentra ubicado en la sala eléctrica del tranque 0630-ER-2635 y alimenta desde las barras de alimentación de 4,16 KV.

Figura 3.1 Bombas verticales torre de captación



3.1.1 Características de Motor y Relé

Este proyecto define el típico N°2 para el motor con partidor suave asociado a motores eléctricos de media tensión, velocidad fija, no reversibles y que son comandados desde el

sistema de control y también podrán ser operados localmente, para requerimiento de mantenimiento o pruebas por parte de personal de operaciones.

Este típico dispone de las siguientes señales de monitoreo y comandos en el Sistema de Control:

Señales de monitoreo alambradas del partidor suave hacia sala de control:

- Falla partidor suave
- Detenido/Funcionando

Señales de comando alambradas del partidor suave en botonera de terreno:

- Prueba local
- Local/Remoto
- Parada emergencia

Señales de monitoreo por comunicación del partidor suave visualizadas en sala de control y pantalla del partidor:

- Falla general
- Parada emergencia local
- Falla Partidor Suave
- Falla sobrecarga
- Falla Alta Vibración
- Partidor Suave listo
- Funcionando

Señales de comando por comunicación del partidor suave

- Partir
- Parar
- Operación/Mantenición
- Manual/Automático

Los equipos de baja tensión con accionamiento directo con relé inteligente Multilin dispondrán del monitoreo de las siguientes señales de estado:

- Falla general
- Falla sobrecarga

- Falla a tierra interno
- Selector en Remoto
- Motor funcionando
- Motor detenido
- Estado comunicación

3.2 Descripción del problema

Por parte de operaciones de sala de control, se da aviso de que está ocurriendo una falla repetitiva en uno de los motores de las bombas de las torres de captación del tranque de relaves, específicamente el motor 0630-PP-008.

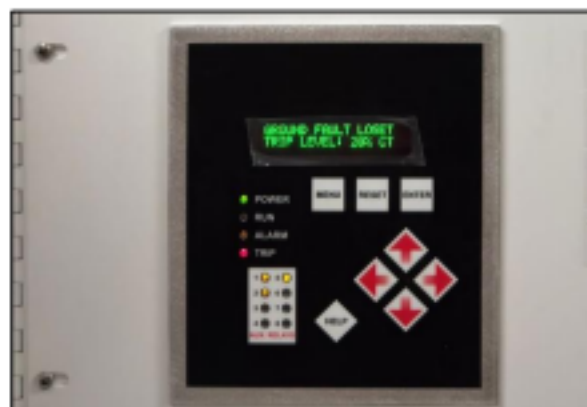
En pantalla arrojaba la falla “Ground fault loset”, esto no permitía que existiera condición de partida en consola de operador de sala de control y por ende no volvería a quedar en servicio.

Ya mencionado anteriormente, se deben tener operativas las 3 bombas del sector y como mínimo que 2 funcionen en simultaneidad.

Esta situación se vuelve crítica ya que si fallase otra bomba se detiene la recirculación de agua hacia las concentradoras de Laguna seca, OGP1 y los Colorados.

Se acudió a terreno y se ingresa a sala eléctrica para verificar si era real la falla o no dado que se debe informar a la superintendencia de mantención y operaciones Aguas & Tranques ya que, si el motor se encuentra dañado, se necesita conseguir de forma urgente un motor en bodega y también realizar la logística para el cambio.

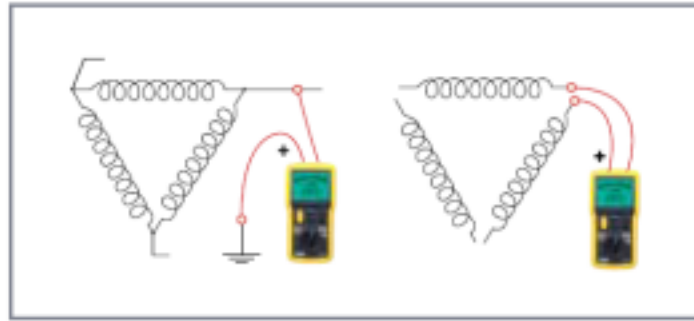
Figura 3.2 Falla detectada en inspección visual de partidador suave



De forma preliminar se solicita autorización a jefe de turno de operaciones, se informa a supervisor eléctrico y ya contando con las autorizaciones hubo que proceder con los siguientes pasos para ejecutar la primera intervención:

- Completar la documentación de seguridad (Cartilla CIS, IS contacto con energía eléctrica, PT alta tensión).
- Reunir EPP, herramientas y equipos a utilizar en las pruebas.
- Coordinar radialmente con sala de control para solicitar equipo a bloquear.
- Realizar bloqueo de interruptor principal de partidor.
- Verificar energía cero en el equipo de motor a intervenir.
- Acudir a terreno para delimitar el área, sacar tapa de motor y volver a verificar ausencia de tensión.
- Realizar la descarga a tierra por 10 minutos de cada una de las fases utilizando las pértigas de puesta a tierra. Esta puesta a tierra puede instalarse en la caja de conexiones o en el cubículo dentro de la sala eléctrica. En esta ocasión se instalaron en el motor.
- Verificar que los cables se encuentren rotulados para facilitar la identificación de ellos, proceder a desconectar los cables en la caja eléctrica y resguardar los pernos para que no se extravíen.
- Configurar el Mega-Ohmmetro HIOKI IR 3455 de acuerdo con el nivel de tensión de trabajo. Para voltaje de operación AC de 4160 Volts o sobre esto, el voltaje de pruebas va de 1000 a 5000 volts. La conexión del mega-Ohmetro, se muestra en la figura 3.4.
- Finalmente se aplicó un voltaje de 2,63 kV por 10 minutos. El resultado fue de 9.73 Giga Ohms como se muestra en la figura 3.4.

Figura 3.3 Conexión de Mega- óhmetro en motor de inducción.



Fuente: Chauvin Arnoux (2020)

Figura 3.4 Resultado de primera medición aislación motor 008.



Como muestra la Figura 3.3, la medición estaba dentro de los valores establecidos en la pauta de trabajo y el estándar eléctrico de mantenimiento y medición de aislación de motores, así que se solicita autorización para desbloquear ya que en primera instancia el motor se encuentra sin daños para realizar pruebas operativas y lograr dejar en servicio el equipo. La falla “**Ground fault loaset**” vuelve a aparecer por lo cual, se realiza el compromiso de hacer pruebas más completas para dar un diagnóstico y una solución final. Esta vez se solicita apoyo a personal del área de Monitoreo de Condiciones (MONCON) eléctrico de Laguna Seca, quien cuenta con el único equipo de pruebas de alta tensión y

nos apoyará a hacer pruebas que en esta ocasión es el medidor estático BAKER AWA IV marca Megger para finalmente dar una solución certera, confiable y definitiva.

3.2.1 Desconexión del motor.

Ya bloqueado nuevamente el equipo, se procede a desconectar eléctricamente para lograr instalar las tenazas de medición del analizador estático.

Figura 3.5 Desconexión motor 4,16Kv



3.2.2 Ingreso valores a instrumento AWA IV

Como primer paso para medir, se deben ingresar los siguientes valores al equipo:

- TAG MOTOR: 0630-PP-008
- MARCA: US MOTORS
- NÚMERO DE SERIE: Z 11 770 03054-001
- FRECUENCIA: 50 HZ
- AMPERAJE: 216 AMPERES
- VOLTAJE DE OPERACIÓN: 4160 VOLTS
- RPM: 995 RPM

Figura 3.6 Ingreso de datos de placa de motor a instrumento AWA IV.

Time	Test ID	Te...	Res...	Mo...	PI	DC	Sut...
7/13/2024 3:27...	Default					PASS	
7/13/2024 3:21...	Default			PASS	PASS	PASS	PASS
7/13/2024 1:28...	Default			PASS	PASS	PASS	PASS

Building: **BBA AGUA Y RELAVES** Save Del

Motor ID: **BBA 063DPP-008**

Model: _____

Manuf: **US MOTORS**

SN: **11 7703054-0001**

Volts Rating: **4000** HP/KW: **1500**

Volts Oper: **4160 Volt** Inout: _____

Amps Rating: **216** RPM: **335**

Amps Oper: **216** Frame: _____

NEMA Design: _____ Amb °C: **0**

NEMA nom eff: **0** Duty Cycle: _____

Manuf's Type: _____ Manuf Dr Code: _____

Description: **MOTOR EN FUNCIONAMIENTO CON PROBLEMAS DE CTE A FUGA 13-07-2024**

Winding Config
 Wye
 Delta

Encl: _____

SF: **0**

Hz: **50**

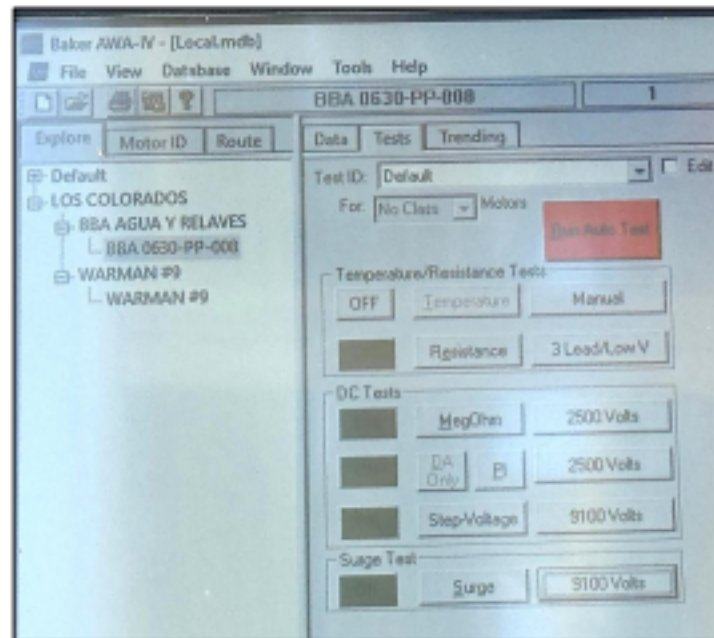
LR (A): **0**

LR Code: _____

Segundo paso: Selección de las pruebas y rango de voltaje a aplicar para realizar cada una de las pruebas en la recopilación de datos para el despeje de la falla.

- Prueba PI: 2500 volts a aplicar
- Resistencia: 2500 volts a aplicar
- Prueba SV: 9100 volts a aplicar
- Prueba Surge: 9100 volts a aplicar

Figura 3.7 Menú selección de pruebas a realizar.



La primera prueba por realizar fue la de Step Voltage, la cual arrojó una falla de sobre corriente en el motor.

Por esta situación la prueba se detuvo a los 18 segundos de haber inyectado 3141 Volts, como se muestra en la figura 3.8.

Figura 3.8 Falla de sobre corriente en el motor



Se pasa a la siguiente prueba, esta vez es la de **Índice de polaridad** para descartar una falla por humedad o suciedad.

La prueba logró terminar a los 10 minutos programados, pero también arrojó una falla de fuga.

Figura 3.9 Falla de sobre corriente detectada por el equipo.

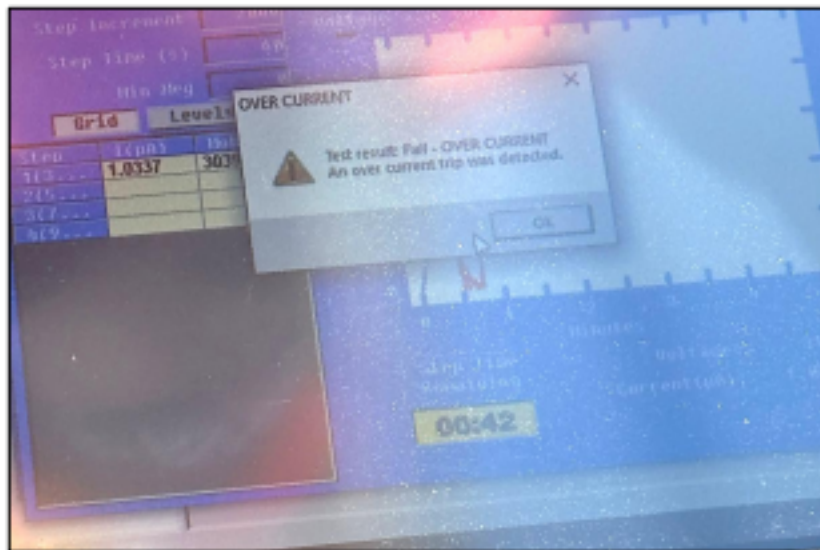
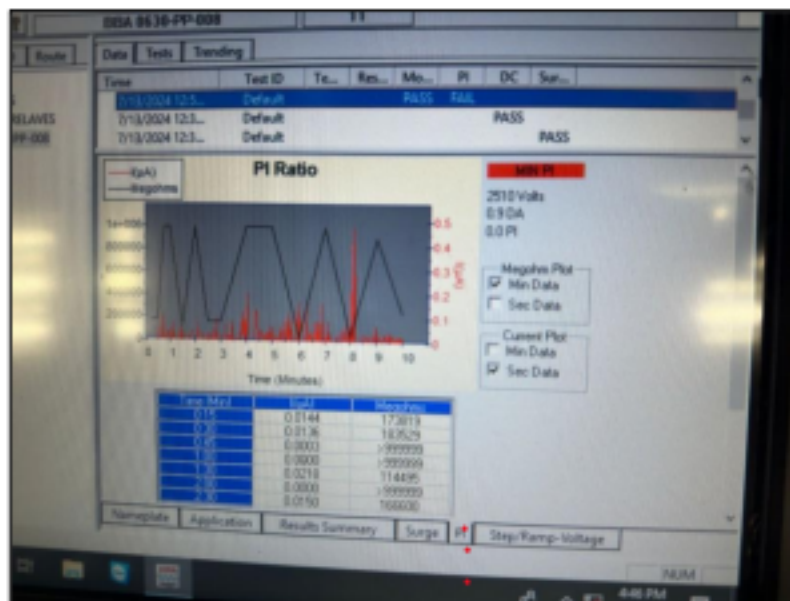


Figura 3.11 Valores entregados por prueba PI



En la imagen se puede concluir que la alerta que arrojó el equipo es real ya que cada cierto período de tiempo de la prueba, el valor óhmico se va a infinito.

Resumen y análisis de datos de pruebas realizadas

Figura 3.12 Datos de pruebas realizadas

Time	Test ID	Te...	Res...	Mo...	PI	DC	Sur...
7/13/2024 3:27...	Default					PASS	
7/13/2024 3:27...	Default		PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
7/13/2024 1:28...	Default		PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
Test Date	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024
Test Time	3:27:29 PM	3:21:04 PM	1:28:55 PM	12:57:33 PM	12:51:33 PM	12:39	
PI Ratio		2.7	35.0		0.0		
DC Status	PASS	PASS	PASS	PASS	No Test	PASS	
Test Type	Step-Voltage	Step-Voltage	Step-Voltage	Step-Voltage			Step-
Volts (V)	9105	9101	9000	9108			9095
(µA)	0.4591	0.2582	0.1682	0.2884			0.586
Resist	19834	35253	54041	31586			1550
At 40°C							
Surge Status	No Test	PASS	PASS	No Test	No Test	No Test	No Test
Peak Volt(V) L1		9180	9180				
Peak Volt(V) L2		9180	9180				
Peak Volt(V) L3		9180	9180				
Max P-P EAR[...]		1.2/1.4/1.5	1.3/1.8/1.7				

Posteriormente ya teniendo la prueba de índice de polaridad, se revisa que motor no se encuentre húmedo o congelado (en esas fechas las temperaturas se encontraban bajo 0° C) Efectivamente el motor estaba con baja temperatura. Se procede a revisar si es que los calefactores se encontraban conectados, esto por la referencia de un colega, que comentó una falla anterior debido a esa situación.

Como primera instancia, se revisa en motor eléctrico la caja de conexión del “Heater” y sí, se encontraban desconectados los cables, como muestra la imagen 3.13. Se chequea en sala eléctrica y breaker correspondiente se encontraba en OFF. Así que se decidió normalizar y conectar los calefactores, esperamos un tiempo aproximado de 30 minutos y volvimos a realizar las mismas pruebas descritas anteriormente.

Figura 3.13 Conexión de calefactores en motor de inducción.



Figura 3.14 Repetición de las pruebas con calefactor de motor ya conectado

EISA 8630-PP-808						
Data Tests Trending						
Time	Test ID	Te...	Res...	Mo...	PI	DC Sur...
7/13/2024 3:27...	Default					PASS
7/13/2024 3:21...	Default			PASS	PASS	PASS PASS
7/13/2024 1:28...	Default			PASS	PASS	PASS PASS
Test Date	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024	7/13/2024
Test Time	3:27:29 PM	3:21:04 PM	1:28:55 PM	12:57:33 PM	12:51:33 PM	12:39
PI Ratio		2.7	35.0		0.0	
DC Status	PASS	PASS	PASS	PASS	No Test	PASS
Test Type	Step-Voltage	Step-Voltage	Step-Voltage	Step-Voltage	Step-Voltage	Step-
Volts (V)	9105	9101	9088	9108	9095	9095
µA	0.4591	0.2582	0.1682	0.2884	0.586	0.586
Resist	19834	35253	54041	31586	1550	
At 40°C						
Surge Status	No Test	PASS	PASS	No Test	No Test	No Te
Peak Volt(V) L1		9180	9180			
Peak Volt(V) L2		9180	9180			
Peak Volt(V) L3		9180	9180			
Max P-P EAR...		1.2/1.4/1.5	1.3/1.8/1.7			
Nameplate Application Results Summary Surge PI Step/Ramp-Voltage						

Como muestra la figura 3.14, las pruebas realizadas con los calefactores del motor conectados y funcionando, arrojan los valores correspondientes se encuentran dentro de la norma (1000 ohms por volt aplicado)

En teoría los valores por norma serían 4160 v= mayor a 4160 Kilo ohm de aislación.

De forma práctica obtuvimos 9, 73 giga ohm, así que finalmente la prueba de aislación se encuentra dentro de los valores de la norma.

Se termina por informar a supervisor eléctrico mostrando la recopilación de información y registro fotográfico de pruebas. También se informa a supervisores de operaciones para ya dar por finalizadas las pruebas, con esto ya se logró desbloquear, poner en servicio el motor y darlo por entregado por parte de mantención eléctrica.

CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DE PROPUESTA ECONOMICA.

En este capítulo se describe un pequeño resumen de los resultados obtenidos y un análisis económico para ver si resultado conveniente o no la compra del analizador de fallas.

4.1 Resultados obtenidos

4.1.1 Resultados obtenidos de la medición de aislación del motor

Para obtener los resultados obtenidos se aplicó un voltaje definido por 10 minutos consecutivos el cual arrojo el resultado que se puede apreciar en la table 4.1.

Tabla 4.1 resultados de medición de aislación

Resultados	
V aplicado	2,63 kV x10 min
V obtenido	9,73 G

4.1.2 Pruebas en medidor estático

Los valores que se ingresaron en el instrumento AWA IV se pueden apreciar en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 valores puestos en instrumento medidor estático

Parámetro	Valor
TAG MOTOR	0630-PP-008
MARCA	US MOTORS
NÚMERO DE SERIE	Z 11 770 03054-001
FRECUENCIA	50 HZ
CORRIENTE	216 AMPERES
VOLTAJE DE OPERACIÓN	4160 VOLTS
VELOCIDAD	995 RPM

4.1.3 Ingreso de rangos de voltajes a equipo

Tabla 4.3 rango de voltajes en equipo

Pruebas del equipo	
Prueba PI	2500 volts a aplicar.
Resistencia	2500 volts a aplicar.
Prueba SV	9100 volts a aplicar.
Prueba Surge	9100 volts a aplicar.

4.2 Compra de analizador de falla

Para poder llevar a cabo la medición de la falla del motor se debió realizar la compra de un analizador de falla de motores, este instrumento tiene un costo monetario aproximado de 100.000.000 millones de pesos (ver anexo N°2) en el cual se puede apreciar la cotización del analizador.

4.3 Pérdida monetaria por detención de bomba

La bomba estuvo 20 días detenida, y cada día normal de trabajo la bomba se pone en funcionamiento 3 horas diarias, esto quiere decir que se obtuvo un total de 60 hrs de perdida de trabajo, se debe tener en consideración que solo en una hora de detención en la que no trabaja se estima una privación de agua de 2297 mts³. Por cada metro cubico de detención se pierde un dólar ver tabla 1.0.

Tabla 4.4 Cálculo monetario de pesos/M₃

Horas de detención por falla diaria	Días de fallas	Horas total de falla	M ₃ no impulsados	Valor de perdida en dólar	Valor de perdida en pesos
3	1	3	6837	6837	\$ 6.317.388
3	5	15	34185	34185	\$ 31.586.940
3	10	30	68370	68370	\$ 63.173.880
3	15	45	102555	102555	\$ 94.760.820
3	20	60	136740	136740	\$ 126.347.760

La pérdida total de M3 no impulsado fue de 136.430M3, lo cual quiere decir un total de \$126.347.760.

Como anteriormente se nombró el equipo analizador estático tiene un costo aproximado de 100.000.000, por lo cual el costo de la compra del instrumento está completamente justificado, ya que, sin este instrumento no se hubiera podido tener un análisis claro del problema del motor de la bomba, en los 20 días de detención se recupera completamente el valor del costo del instrumento, además, en caso de no poder reparar la falla los costos asociados a su detención en un solo mes puede ascender hasta los \$189.521.640 y en 40 días hasta los \$252.695.520.

Tabla 4.5 Monto de análisis monetario hasta los 40 días de detención.

Horas de detención por falla diaria	Días de fallas	Horas totales de falla	Metros cúbicos no impulsados	Valor de pérdida en dólar	Valor de pérdida en pesos
3	25	75	170925	170925	\$157,934,700
3	30	90	205110	205110	\$189,521,640
3	35	105	239295	239295	\$221,108,580
3	40	120	273480	273480	\$252,695,520

Flujo de caja

Tabla 4.6 Flujo de caja a 4 años de realizar compra.

Año	Costo del Analizador	Beneficio por Evitar Pérdidas	Flujo de Caja Neto	Flujo de Caja Acumulado
0	-\$ 100,000,000.00	\$ -	-\$ 100,000,000	-\$ 100,000,000
1	\$ -	\$ 126,347,760	\$ 126,347,760	\$ 26,347,760
2	\$ -	\$ 126,347,760	\$ 126,347,760	\$ 152,695,520
3	\$ -	\$ 126,347,760	\$ 126,347,760	\$ 279,043,280
4	\$ -	\$ 126,347,760	\$ 126,347,760	\$ 405,391,040.00

A mediano y largo plazo, el equipo generará ahorros extras ya que permitirá realizar diagnósticos más rápidos y precisos, reduciendo los tiempos de detención y costos asociados.

Además, este análisis refuerza lo importante que es invertir en tecnología adecuada para el diagnóstico y mantenimiento preventivo de equipos críticos.

Se puede modificar y ajustar este flujo de caja para realizarse en diferentes periodos ajustándose a la frecuencia de fallas similares.

CAPITULO VI: CONCLUSIÓN

En este capítulo se nombrarán las conclusiones y resultados obtenidos de las mediciones y análisis de la falla del motor con lo cual se pudo determinar lo siguiente:

El análisis y diagnóstico que se realizaron sobre el motor de impulsión lograron descartar fallas técnicas graves logrando así evitar gastos innecesarios en la adquisición de un nuevo equipo. Luego de realizar varias de pruebas y coordinar con otros departamentos técnicos del área, se identificó que la causa principal del problema era la desconexión de los calefactores del motor, lo que generaba fallas aparentes debido a condiciones ambientales adversas (baja temperatura).

El proceso incluyó:

Identificación de la falla inicial: Las mediciones que se realizaron con equipos avanzados (AWA IV) y las pruebas específicas (Índice de Polaridad, Resistencia, y Step Voltage) lograron confirmar inicialmente una fuga de corriente y bajas condiciones de aislación.

Identificación de la causa raíz: Se detectó que los calefactores del motor estaban desconectados, lo que provocaba que el motor no estuviera adecuadamente protegido contra humedad y bajas temperaturas.

Solución implementada: Al reconectar los calefactores y realizar nuevas pruebas, los valores obtenidos cumplieron con las normas establecidas, confirmando que el motor estaba en condiciones óptimas para operar.

Resultados clave:

Se evitó la compra innecesaria de un motor nuevo al comprobar que el equipo en cuestión no estaba en malas condiciones si no que si se encontraba operativo tras normalizar los calefactores.

Se destacó la necesidad de adquirir equipos de prueba avanzados para futuros diagnósticos.

Se reforzó la importancia de realizar diagnósticos integrales y coordinaciones entre áreas para minimizar costos y garantizar la eficiencia operativa.

Esta experiencia subraya la relevancia de contar con protocolos claros de diagnóstico y mantenimiento, así como con los equipos necesarios, para abordar problemas de manera precisa y eficiente, asegurando la continuidad operativa y optimizando los recursos de la organización.

Según conclusión:

Definición de metodología y equipos para mediciones: Se implementó una metodología clara utilizando el equipo avanzado AWA IV, lo que permitió realizar pruebas específicas como Índice de Polaridad, Resistencia, Step Voltage y Surge. Esto aseguró que los procedimientos fueran precisos y adecuados para las condiciones del motor.

Realización de pruebas estáticas y análisis de variables eléctricas: Las pruebas estáticas realizadas confirmaron la funcionalidad del motor y descartaron fallas técnicas graves. Además, se identificaron problemas asociados a condiciones externas, como la desconexión de los calefactores, que afectaban el rendimiento del equipo.

Comparación de datos y parámetros existentes: Los resultados obtenidos estuvieron dentro de los valores establecidos en la pauta de trabajo y los estándares eléctricos de mantenimiento, reafirmando que el motor cumplía con las especificaciones técnicas necesarias para su operación segura.

Propuesta de ajuste de protecciones o cambio del motor: No fue necesario proponer el cambio del motor, ya que las pruebas confirmaron que estaba en óptimas condiciones tras la corrección de los calefactores. Se propuso, en su lugar, mejorar los procedimientos de diagnóstico y mantenimiento preventivo, así como adquirir equipos avanzados para análisis.

Propuesta monetaria de cambio o reparación: Al descartarse la necesidad de reemplazar el motor, no se generaron costos adicionales significativos. La solución implementada evitó gastos innecesarios, demostrando la efectividad de un análisis integral y detallado.

Bibliografía

- Amador, R. T. ((2007).). Protecciones eléctricas. *Colombia: Ingeniería de Protecciones. distribución radial.* , 6-9.
- Bustamante Vargas, A. A. ((2023).). Análisis de eventos de distorsión de calidad de energía empleando módulos de inyección MPQ-SIM, CMC 356 y MPQ2000. (*Bachelor's thesis*)., 16-18.
- Escobar Betancur, C. F. (2021). Implementación de ahorro energético en motores ac por medio de arrancadores suaves y variadores de velocidad. *pascualbravo*, 12-18.
- Farina, A. (2018). Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento. *Suplemento instaladores*, 3(26). *suplemento instaladores*, 69-72.
- Ingeniería, A. (2024). PROBADOR DE AISLAMIENTO HIOKI IR4056. <https://avosingenieria.cl/producto/probador-de-aislamiento-hioki-ir4056/>.
- Lara Ríos, J. (2015). Implementación de un banco de prueba de relés de protección. <https://hdl.handle.net/20.500.12585/2957>.
- Madiouni, I. T. ((2023).). Comprobaciones y ensayos estáticos recomendados durante el proceso de aceptación de motores eléctricos. *Universidad Politécnica de Valencia (UPV) Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID) Máster Universitario en Ingeniería del Mantenimiento*, 35-46.
- Magnetica, E. (2024). Prueba de aislamiento de voltaje escalonado. https://e-magnetica.pl/doku.php/step_voltage_insulation_test.
- Motors, U. (2024). Motor Vertical Flecha hueca. <https://usmotor.com/product/ho200v2slh-200hp-1800-rpm-460v-h445tpa-3ph-wpi-inverter-duty-vertical-holloshaft/>.
- Orellana, C. P.-C. (2018). Collahuasi presenta iniciativa por US\$3.200 millones y reafirma boom de proyectos mineros. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/collahuasi-presenta-iniciativa-us3-200-millones-reafirma-boom-proyectos-mineros/463086/>.
- Rensa. (2024). Pruebas electricas de diagnostico. <https://www.rensa.mx/pruebas-electricas-de-diagnostico.html>.
- Sedeño, M. J. ((2022)). Normas Aplicables y Mantenimiento Preventivo a Motores Eléctricos de Inducción de Baja Tensión. *universidad veracruzana*, 46-50.

zeitsolutionns. (2024). Monitoreo y diagnóstico de máquinas y sistemas eléctricos.
<https://zeitsolutions.com.pe/servicios/mineria/monitoreo-y-diagnostico-de-maquinas-y-sistemas-electricos/>.

ANEXO N° 1: PAUTA DE MANTENCIÓN

Actividad Nº 1	SECTOR: BOMBA ELÉCTRICA			Nº 11		
DESCRIPCIÓN	TODOS EQUIPOS	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TUPO DE TRABAJO	Nº PERSONAS	TIEMPO ESTIMADO
REVISIÓN	REVISIÓN REVISIÓN REVISIÓN	REVISIÓN TÉCNICA REVISIÓN TÉCNICA REVISIÓN TÉCNICA	BOMBA ELÉCTRICA	REVISIÓN	2	15

SECTOR: BOMBA ELÉCTRICA		SECTOR: BOMBA ELÉCTRICA	
OP	IP	REVISIÓN TÉCNICA	REVISIÓN
REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN O REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISIÓN REVISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

REVISIÓN POR	REVISIÓN POR	REVISIÓN POR
REVISIÓN	REVISIÓN TÉCNICA	REVISIÓN

SECTOR: BOMBA ELÉCTRICA	SECTOR: BOMBA ELÉCTRICA
REVISIÓN TÉCNICA	REVISIÓN TÉCNICA

REVISIÓN TÉCNICA	REVISIÓN
REVISIÓN TÉCNICA	REVISIÓN
REVISIÓN TÉCNICA	REVISIÓN

REVISIÓN TÉCNICA

- Revisión técnica del equipo.
- Revisión técnica del equipo (Revisión técnica general).
- Revisión técnica del equipo (Revisión técnica general).
- Revisión técnica del equipo (Revisión técnica general).

Nº	Equipo	Actividad	Tipo de mantenimiento	Unidad medida	Operación (Indicador de estado en el momento)	Nº	Tiempo (en días)	REVISIÓN	REVISIÓN
1	Bomba Eléctrica	Revisión técnica del motor	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	1	15	REVISIÓN	REVISIÓN
2		Mantenimiento del motor	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	2	15	REVISIÓN	REVISIÓN
3		Revisión eléctrica del motor	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	3	15	REVISIÓN	REVISIÓN
4		Pruebas eléctricas del motor	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	4	15	REVISIÓN	REVISIÓN
5		Revisión de la bomba	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	5	15	REVISIÓN	REVISIÓN
6		Revisión técnica de la bomba	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	6	15	REVISIÓN	REVISIÓN
7		Revisión eléctrica de la bomba	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	7	15	REVISIÓN	REVISIÓN
8		Pruebas eléctricas de la bomba	SELECCIONAR	SELECCIONAR	SELECCIONAR	8	15	REVISIÓN	REVISIÓN

* R: Revisión técnica I: Inspección visual M: Mantenimiento P: Pruebas eléctricas

REVISIÓN TÉCNICA

REVISIÓN	Descripción	Unidad	Unidad

REVISIÓN	REVISIÓN	REVISIÓN	REVISIÓN

ANEXO N°2: PRIMERA COTIZACION

COMERCIALIZADORA MULTINACIONAL SpA.

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE ARTICULOS ELECTRICOS
 RIO REFUGIO 9538 PARQUE, ENEA - PUDAHUEL
 SANTIAGO - CHILE
 TELEFONO: (56-02) 2495 48 00 - FAX : (56-02) 2495 48 80
 E-MAIL: comulsa@comulsa.cl

R.U.T.: 94.458.000-K

Cotización N° ZN - 104527



Señores: MINERA ESCONDIDA LIMITADA,
 79587210-8
 AVDA. AMERICO VESPUCCIO SUR N°100
 LAS CONDES

Fecha 03/06/2024

Contacto ventas: Felipe Cortes

Atención: MINERA ESCONDIDA

Condición de pago: Crédito 60 días

Correo:

Teléfono:

#	Código	Descripción	Unl.	Precio Unl.	Total
1	057301119854	Cat N° KIT ADX-15-RLC-PD-PPI-A Equipo de prueba de diagnóstico automatizada 15 Kv MEGGER BAKER	1	USD 89.990	USD 89.990,00
			<i>Entrega 5 meses</i>		

El Megger Baker ADX es un avance innovador y transformador para las pruebas de motores en los lugares de trabajo exigentes de la actualidad. Desarrollado con Linux bajo un sistema operativo Android, el software ADX se actualiza fácilmente a través de una conexión LAN o Wi-Fi.

La patente EAR de Baker ha sido mejorada para la prueba de Impulso o Surge, teniendo ahora la variable líder del mercado EAR+™ que hace que el equipo sea más sensible a encontrar problemas iniciales de aislamiento entre espiras y/o bobinas del motor.

Almacenamiento de datos, análisis y generación de informes y administración: Todos los resultados de las pruebas se guardan y almacenan localmente en el ADX y se sincronizan automáticamente con la aplicación del tablero PowerDB basada en la nube para los usuarios con conexión a internet.

Pruebas:

- Resistencia de devanado.
- Inductancia.
- Capacitancia.
- Resistencia de aislamiento (IR).
- Absorción dieléctrica (AD).
- Índice de Polarización (IP).
- Prueba de Alta Tensión en CC (Hipot) en Escalón Rampa y Convencional.
- Prueba de Impulso o Surge con la variable patente de Baker mejorada EAR+™.
- Descargas Parciales a través de la prueba de Impulso.
- Hardware para prueba de circuitos de armadura



ANEXO N°3: SEGUNDA COTIZACIÓN



ENG SOLVER Spa.

ENG SOLVER Spa.

RUT N.° 76977593-5

Empresa de servicio de ingeniería y actividades conexas de consultoría técnica

Cerro El Plomo 5931, Oficina 510, Comuna de Las Condes (Sustancación)

Fono +56 996557850

E-mail: ventas@engsolver.cl

Cotización

N°1110204621205

Fecha: 11-02-22

Señores: Elvin Cofre
Dirección: Pampa del cobre S/N
Teléfono:
Atención: Elvin Cofre
Correo:

RUT : 13.221.992-6
Comuna : Copiapó
Ciudad : Copiapó
País : Chile

Item	Cantidad	Descripción	UM	Valor Unit	Valor Total
1	1	ADX Analizador estático de motores automatizado	unidad	\$ 107.000.000	\$ 107.000.000
				Neto	\$ 107.000.000
				IVA (19%)	\$ 20.339.000
				Total	\$ 127.339.000

NOTA: Material Puesto en su transporte Santiago.

Condición de pago: 30 Días
Fecha de entrega: 10 días
Validez Cotización: 3 Días

Atención
Robinson Jara - Comercial EngSolver
Teléfono +56996557850

ANEXO N°4: PARA CAMBIO DE MOTOR

Documento Soporte N° E-NPI-GMCH-019

ESCONDIDA | BHP

Procedimiento Especifico





PROCEDIMIENTO PARA CAMBIO DE MOTOR AC

PROPÓSITO

Establecer los requisitos, equipamiento y metodologías necesarias para la correcta ejecución de un Desconexionado, medición de aislación, desconexionado y cambio de motores eléctrico.

SEGURIDAD *Se debe completar evaluación de riesgos en el CIS cartilla de Identificación Segura antes de comenzar con la tarea desconexión, medición y conexión de motor eléctrico además adjuntar a este procedimiento de trabajo. Si se identifica alguna condición insegura, nombrarla, poner las medidas de control necesarias e informar al supervisor inmediatamente.*

RIESGOS

Riesgo	Descripción del Riesgo	Controles
	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto con energía Eléctrica/Arco eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipos aislados eléctricamente. • Aislamiento, bloqueo y prueba de energía cero. • Acceso controlado y restringido a instalaciones eléctricas. • Autorización para trabajos eléctricos. • EPP dieléctrico e ignífugo. • Distancia de acercamiento a partes eléctricas energizadas • Certificación para personal eléctrico. • Planos y señalización de líneas eléctricas energizadas. • Examen de Condiciones Médicas Físicas y Psicológicas aptas para trabajo eléctricos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Accidente en ruta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de fatiga, proximidad, desviaciones de la carretera y de monitoreo de la conducta del conductor. • Conductor con competencias y autorizado. • Examen de Condiciones Médicas Físicas y Psicológicas aptas para la conducción. • Mantenión de frenos, dirección, ruedas, luces y sistema de enganche de acuerdo con fabricante.
	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto equipo / vehículo persona. 	<ul style="list-style-type: none"> • Segregación/delimitación entre peatones y vehículos/equipos. • Comunicación efectiva. • Diseño de layout para área o zonas de trabajo simultáneos. • Bloqueo de equipos móviles en mantenimiento / parqueo para evitar movimientos inesperados.
	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a radiación solar 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de protector solar y o cubre nuca.

RECURSOS, COMPETENCIAS ESPECÍFICAS, CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES REQUERIDAS

2 Electricistas




EQUIPOS, HERRAMIENTAS ESPECIALES Y SUMINISTROS REQUERIDOS

Tipo de Recurso	Descripción	Cantidad
Herramientas	Kit Herramientas y equipos eléctricos aislados	1
	Pértiga y detector de tensión por contacto	1
Equipos	Camioneta para traslado	1
	Radio comunicación con Trunking	1
Suministros/Materiales	Careta Arc-Flash	1
	Guantes Aislados Clase II	1

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Código de Referencia	Descripción Documento
R-HSE-SAFE-002	REGLAMENTO ELECTRICO
S-HSE-SAFE-013	ESTANDAR DE AISLAMIENTO Y BLOQUEO
S-HSE-SAFE-010	ESTANDAR PERMISO DE TRABAJO (ALTA TENSION)
P-HSE-ENVI-007	PROCEDIEMIENTO DE MANEJO DE RESIDUOS

RIESGOS

Riesgo	Descripción del Riesgo	Controles
	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeado Por/Contra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar las condiciones del entorno. • Realizar análisis de riesgos a través de herramientas de seguridad IS, toma 5, charla de 5 minutos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre esfuerzo físico, postura inadecuada durante la conexión de cables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar posición adecuada de trabajo. • Contar con herramienta adecuada.
	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto con elementos corto punzanteutilización de herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de EPP específico.

CONTROLES ADICIONALES REQUERIDOS

Tipo de Control	Motivo del Requerimiento de Control
<ul style="list-style-type: none"> • Bloqueo en tableros eléctricos o gabinetes, según corresponda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervenir equipos desenergizados.
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de EPP dieléctrico y ropa ignífuga con las cal/cm2 necesarias de acuerdo a incidencia de arco a operar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar EPPs necesarios para garantizar y minimizar los riesgos eléctricos al realizar maniobras en alta tensión.
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de equipos y herramientas aisladas, apropiadas para la tarea y en buenas condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección personal para evitar/minimizar lesiones por causas eléctricas, cumplimiento reglamento eléctrico MEL.
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de Careta Arc-Flash y guantes aislados para medición de parámetros eléctricos, con energía presente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección personal para evitar/minimizar lesiones por causas eléctricas, cumplimiento reglamento eléctrico MEL.

EPP REQUERIDO



EJECUCIÓN DE LA TAREA



- Identifique el trabajo adicional que se requirió en la sección de Trabajo Adicional Identificado.
- Entregue la retroalimentación aplicable (Sección de Retroalimentación) para apoyar las mejoras al contenido del documento.

Actividades a realizar antes de ejecutar la tarea

1. Generalidades

Paso	Actividad	Observación
1.1	La ejecución del desconexión, medición y conexión de motores eléctricos, en los cuales cada uno de ellos tiene diferentes alcances y tareas que deberá realizar el personal ejecutante de las actividades.	
1.2	Esta tarea debe ser realizada por 2 personas, como mínimo un técnico electricista y un ayudante.	

2. CIS

Paso	Actividad	Observación
2.1	Efectuar procedimiento CIS, antes, durante y después del trabajo, ocupando para ello la cartilla de maniobra como apoyo, se hace hincapié en la importancia de estar atento a los cambios en las condiciones de trabajo durante el desarrollo de este, aplicando CIS en cada circunstancia.	

Actividades a realizar durante la ejecución de la tarea

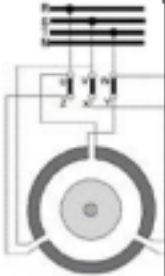
1. Ingreso a salas o instalaciones eléctricas

Paso	Actividad	Observación
1.1	Solicitar bloqueo de equipo a operaciones.	
1.2	Realizar bloqueo de interruptor principal de bomba a intervenir.	
1.3	Verificar energía cero en el equipo. Con equipamiento adecuado a nivel de tensión.	

2. Desconexión de motor eléctrico

Paso	Actividad	Observación
2.1	Retirar la tapa de la caja de conexiones del motor. Tener precaución con el sello de goma que tiene la tapa.	
2.2	Verificar ausencia de tensión.	
2.3	Realizar descarga a tierra de los motores, si el equipo cuenta con VDF. Realizar la descarga a tierra por 10 min de todas las fases utilizando las pértigas de puesta a tierra. Esta puesta a tierra puede realizarse en la caja de conexiones o en el cubículo dentro de la sala eléctrica.	
2.4	Identificar las mufas o regleta de conexión. Verificar que los cables se encuentren rotulados para facilitar la identificación de ellos. De lo contrario realice el rotulado de los cables. Comenzar a retirar, con ayuda de un elemento cortante la protección actual.	
2.5	Soltar pernos de las conexiones. Soltar el perno de cada una de las conexiones asegurando de dejar el perno de conexión instalado en el cable que viene desde sala eléctrica, con el fin de que este no se extravié. Desconectar la tierra de protección del motor. Proteger los terminales dentro de la caja de conexión. Proteger con una capa de cinta Cambridge y luego una de cinta de PVC. Soltar tuerca y retirar conjunto conduit. Soltar tuerca del fitting que une el conduit de cables con la caja de conexiones y retire el conjunto conduit y cables con precaución de no dañar el cable. De lo contrario suelte la caja de conexiones y retire la completa a una posición segura. Instalar tapa de caja de conexiones del motor. Instalar la tapa y aislar del ambiente el conjunto conduit-cables para evitar contaminación.	

3. Medición de aislación conexión triangulo

Paso	Actividad	Observación
3.1	Configurar el Mega-Ohmmetro de acuerdo con el nivel de tensión de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> Para voltaje de operación acde 460 Volts, voltaje de pruebas de 500 a 1000 volts. Para voltaje de operación AC de 4160 Volts o sobre, voltaje de pruebas de 1000a 5000 volts. 	
3.2	Conectar cables. <ul style="list-style-type: none"> Conectar el cable rojo del instrumento a la bobina del motor y el cable negro y verde a tierra o masa. 	 <p>CONEXION TRIANGUL.</p>
3.3	Comenzar con la prueba del motor. <ul style="list-style-type: none"> Presionar el botón Test en el instrumento para comenzar. Prueba dura aprox. 1 min. Durante la prueba evite tener contacto directo con partes del motor. 	
3.4	Comparar valor de la prueba con norma. <ul style="list-style-type: none"> El valor de la medición de aislación debe ser superiora 1 Kohm por Volts, es decir: 460 volt => Mayor a 460Kohm. 4160 volt => Mayor a 4160 Kohm. 	
3.5	Apagar instrumento e ingresar valor medido. <ul style="list-style-type: none"> Apagar y desconectar cables del instrumento. Ingresar valor medido al archivo del histórico del motor. 	

4. Conexionado de Motor eléctrico.

Paso	Actividad	Observación
4.1	Verificar ausencia de tensión. Verificar características del motor. Si el motor es uno de reemplazo verificar que sea de las mismas características	

Procedimiento Especifico

PROCEDIMIENTO PARA CAMBIO DE MOTOR AC

Paso	Actividad	Observación
	eléctricas. De lo contrario, modificar las protecciones eléctricas asociadas a este motor. Además, verificar que la caja de conexiones permita la instalación del conjunto conduit-cables (igual diámetro).	
4.2	Instalar el conjunto conduit-cable. Instalar el conjunto conduit-cable a la caja de conexiones y asegurar con la tuerca del fitting.	
4.3	Realizar conexión de acuerdo con la configuración indicada en la placa del motor, pareándolos cables y asegurando la unión de los terminales. Conexión Triángulo. Conexión Estrella.	
4.4	Aplicar torque a pernos. Aplicar el torque suficiente al perno para que este no se suelte y produzca calor en sus uniones.	

5. Confección de mufas de unión.

Paso	Actividad	Observación
5.1	Cubrir el punto de conexión. Colocar cinta Cambridge asegurando cubrir completamente el punto de conexión, esto evitará que las cintas superiores se adhieran al conductor, facilitando un posterior retiro.	
5.2	Cubrir cinta Cambridge. Colocar cinta de goma asegurando que quede bien tensada y que cubra toda la cinta Cambridge. La cinta de goma es la que aporta con un gran valor dieléctrico, razón por la cual, la aplicación debe ser generosa pero no exagerada.	
5.3	Sellar mufa. Aplicar película de cinta plástica (PVC), lo suficiente para asegurar el sellado de la mufa.	

6. Cierre de caja de conexión.

Paso	Actividad	Observación
6.1	Realizar inspecciones a mufas y que estas sean las apropiadas.	
6.2	Conectar la tierra de protección de la caja.	
6.3	Instale la tapa de la caja de conexiones y apernar.	

Actividades a realizar después de la ejecución de la tarea**1. Término de la actividad**

Paso	Actividad	Observación
1.1	Al terminar el trabajo evalúe la efectividad de este procedimiento y registre las mejoras por escrito.	
1.2	El personal debe encargarse de que el sector quede libre de obstáculos, con el fin de evitar riesgos de caída.	
1.3	Realizar Housekeeping.	Se debe realizar orden y aseo al área de trabajo. Retirar todos los residuos generados por el trabajo. Asegure de dejar las puertas de tableros y salas eléctricas cerradas y con llave.

RETROALIMENTACIÓN (Para apoyar mejoras)

¿Duración de la actividad?	
¿Tiempo de espera?	
¿Estaba la Información de las actividades y actividades asociadas completa y clara?	
Si aplica, ¿estaba la información de aislamiento y Permisos correcta y completa?	
¿Estaban completos los materiales, herramientas y equipos de la lista?	
Comentario General:	

ANEXOS

Anexo 1. Identificación de cambios

N° de Sección	Párrafo / Figura / Tabla / Nota	Adición(A) o Supresión (S)	Descripción general del cambio
Anexo	Anexo 3	A y S	Actualización de personal eléctrico autorizado para realizar maniobras.
Portada	Actualización Tabla de Detalle de participantes	A	Actualizar nombres de participantes de elaboración, revisión y aprobación de documento.

Anexo 2. Equipo de protección personal y riesgo que controla

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL Y RIESGO QUE CONTROLA		
Equipo de Protección Personal	Riesgo (s) que Controla(n)	Cuando debe usarlo
Casco Dieléctrico	Shock Eléctrico, golpeado por y golpeado con.	Siempre.
Zapatos Dieléctrico según Norma NCH 2147/2 O1-93	Shock Eléctrico hasta 600 Volt, golpeado por y golpeado con.	Siempre.
Lentes de Seguridad	Proyección de partículas.	Siempre
Guantes dieléctricos clase 0 para baja tensión, hasta 1000 Volt. Guantes dieléctricos clase 1, 2, 3 y 4, según Norma UNE-EN 60903.	Shock eléctrico.	Cuando existe el riesgo de entrar en contacto con partes energizadas expuestas de baja tensión. Cuando existe el riesgo de entrar en contacto con parte energizadas expuestas de media tensión. Cuando exista el riesgo de arco eléctrico.
Casco facial para eléctricos.	Proyección de partículas, arco eléctrico.	Cuando exista el riesgo de proyección de partículas, arco eléctrico, gases calientes y para todos los trabajos dentro de subestaciones y salas eléctricas en que se realicen maniobras en equipos energizados en baja y alta tensión.
Traje anti flama.	Arco Eléctrico	Para todos los trabajos dentro de subestaciones y salas eléctricas en que se hagan trabajos de operación y maniobras en equipos energizados de baja y alta tensión.