



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**MEJORAMIENTO EN LA ENERGIZACIÓN DEL MOTOR AGITADOR EN
HOLDING**

Profesor guía: José Gómez Vega

René Segundo Molina Pizarro

Gonzalo Andrés Muñoz Ramírez

Copiapó, Chile, 2022



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**MEJORAMIENTO EN LA ENERGIZACIÓN DEL MOTOR AGITADOR EN
HOLDING**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Técnico Universitario En Electricidad

Profesor guía: José Gómez Vega

René Segundo Molina Pizarro

Gonzalo Andrés Muñoz Ramírez

Copiapó, Chile, 2022

AGRADECIMIENTOS

Gonzalo Andrés Muñoz Ramírez

El presente trabajo y todo lo vivido en la carrera universitaria van dedicados a mis padres, “Gonzalo y Jessica”, pues su apoyo me dio fuerzas en todo momento y a ellos se debe que haya podido seguir estudiando, afrontar mis temores y alcanzar mis propósitos. Además de Dios quien nunca me dio la espalda y ha permitido que no decaiga cuando situaciones adversas se me presentaron.

René Segundo Molina Pizarro

Mis agradecimientos van dedicados a Dios, él me puso en este camino, junto a mi familia padre, madre y hermanos, que me han dado consejos y apoyo durante todo el transcurso de mi vida. He realizado diferentes tipos de trabajos, pero el que más me gusta realizar es el de electricista, agradezco a los profesores que me han ayudado entregándome conocimientos y a mi buen amigo, compañero de estudios y de vida cotidiana.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Planteamiento del Problema	2
1.4 Hipótesis	2
1.5 Antecedentes	2
1.6 Justificación	3
1.7 Alcances	3
CAPITULO II	4
MARCO TEORICO	4
2.1 Detalles del producto	6
2.2 Proceso de funcionamiento	10
2.2.1 Unidad de potencia:	11
2.2.2 Sujeción:	12
2.2.3 Estanqueidad:	12
2.2.4 Acoplamiento eje-motor o eje-reductor	13
2.2.5 Eje	13
2.2.6 Acoplamiento eje-móvil	14
2.2.7 Móvil, impulsores o perfiles	14
CAPITULO III.....	17

PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO.....	17
3.1 Planteamiento del problema	18
3.1.1 Falla por sobre consumo en la partida	18
3.1.2 Distinto amperaje entre líneas.....	18
3.1.3 Accionamiento en las protecciones por altas temperaturas	19
3.1.4 Falla por mantenimiento poco regular al equipo	21
CAPITULO IV	26
ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	26
4.1 Parámetros del partidor.....	26
4.2 Cálculos de sección	28
4.3 Sobrecalentamiento	34
4.4 Discusión de los resultados	36
CAPITULO V.....	38
CONCLUSIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°2.1 Motor agitador Holding.....	6
Figura N°2.2 Partes de un motor agitador en Holding.....	11
Figura N°2.3 Partidor suave.....	15
Figura N°2.4 Características del partidor suave.....	16
Figura N°3.1 Ubicación del proyecto planta de filtrado	17
Figura N°3.2 Conexión del motor agitador.....	19
Figura N°3.3 Temperatura que registra partidor suave.....	20
Figura N°3.4 Control de temperatura del motor en gabinete de Sensor	21
Figura N°3.5 Placa de información específica.....	22
Figura N°3.6 Placa de motor instrucciones de reengrasado.....	24
Figura N°4.1 disposición del área de trabajo	27
Figura N°4.2 Valor del Voltaje de las tres fases	28
Figura N°4.3 Techumbre de agitador en holding.....	35
Figura N°4.4 Dimensión en terreno	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°2.1 Información General del motor del agitador	7
Tabla N°2.2 Información Adicional del motor del agitador	7
Tabla N°2.3 Datos Eléctricos del motor del agitador	8
Tabla N°2.4 Datos Específicos del motor del agitador	8
Tabla N°2.5 Definiciones de parámetros trabajo en holding	10
Tabla N°3.1 Antecedentes de la empresa y ubicación del proyecto.	17
Tabla N°3.2 Datos Específicos de la placa del motor	22
Tabla N°3.3 Instrucciones de reengrasado	24
Tabla N°4.1 Datos del motor	27
Tabla N°4.2 Presupuesto para 1 fase con la sección de conductor mercado	36
Tabla N°4.3 Comparativa de resultado teórico, actual y propuesto con la sección del cable	37
Tabla N°4.4 Comparativa del voltaje de pérdida actual v/s propuesta	37

RESUMEN

El presente informe de proyecto tuvo como objetivo dar posibles soluciones a los fallos en algunos parámetros de funcionamiento del motor trifásico del espesador holding, el cual tiene un sobre consumo al momento de su partida, el partidor suave hace accionar sus protecciones de sobre consumo no dejando iniciar el proceso de revolver del motor. Además del aumento de la temperatura interna del motor, al tener sobre esfuerzo, más el aumento en la temperatura ambiental también puede generar una detención por el accionamiento de la protección de temperatura lo que produce que el motor le tome más de 20 min para que pueda ser puesto en marcha nuevamente.

En el capítulo I, se entrega la introducción, el objetivo general, los objetivos específicos y el alcance del proyecto.

En el capítulo II, se entrega la información sobre ecuaciones que se utilizaron para realizar los cálculos, detalles del motor, detalles del conexionado de alimentación y partes que componen el motor y el reductor del eje de las aspas del agitador.

En el capítulo III, se entregan información sobre los antecedentes del problema del funcionamiento del motor, falla por sobre consumo en la partida del motor y accionamiento de la protección por alta temperatura.

En el capítulo IV, se entrega información sobre el análisis e interpretación de resultados obtenidos con cálculos de sección del conductor, mitigación con una techumbre para bajar la temperatura durante el día y proteger de la humedad durante la noche, además de ajustar los parámetros del partidor suave sobre la implementación del proyecto.

CÁLCULO DE SECCIÓN DE CONDUCTORES – MOTOR AGITADOR – PARTIDOR SUAVE TRIFÁSICO

ABSTRACT

The purpose of this project report was to provide possible solutions to the failures in some parameters of operation of the three-phase motor of the holding thickener which has an over consumption at the time of its departure, The soft partifier triggers its over-consumption protections by not letting the engine stirring process begin. In addition to the increase in the internal temperature of the engine, plus the increase in ambient temperature can also generate a stop by the temperature protection drive which causes the engine to take more than 20 min so that it can be started again.

In Chapter I provides the introduction, the overall objective, the specific objectives and the scope of the project.

In Chapter II, the information on equations used to perform the calculations, engine details, feed connection details and parts that make up the motor and shaft reducer of the agitator blades is given.

In Chapter III, information is given on the background of the engine performance problem, power failure at the engine start and high temperature protection drive.

In Chapter IV, information on the analysis and interpretation of results obtained with calculations of driver section, mitigation with a roof to lower the temperature during the day and protect from humidity at night, in addition to adjusting the parameters of the soft partitor on the project implementation.

**CALCULATION OF DRIVERS' SECTION – ENGINE STIRRER – REDUCED
VOLTAGE SOFT STARTER**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la minera de Sociedad Punta Del Cobre S.A (Pucobre), con respecto al motor del agitador en holding, con el que se trabaja, se presentó una falla que se debe analizar.

Además de las secciones de los conductores, también algunos cálculos como las protecciones que se deben de tener en cuenta para proceder con el circuito de operación, cumpliendo con las normas que rigen en Chile.

El motor del agitador consta de un movimiento orbital, control de temperatura, velocidad y tiempo, la cual otorgara la información necesaria para el diseño de sus mejoras.

La misma abarca desde el respaldo necesario que fundamenta la investigación hasta el completo desarrollo del tema planteado.

La revisión otorga las bases necesarias para proceder a realizar observaciones, recomendaciones y diseños para que, al ser implementados, mejoren el funcionamiento para convertirse en un producto terminado.

En consideración con las secciones a revisar, se realizan las correspondientes observaciones, recomendaciones y/o diseños necesarios según la sección que se revisa, siendo estas, la electrónica, el control de temperatura y la programación.

Asimismo, cada recomendación y/u observación que se realizara se basa en el estudio y en las posibles mejoras que pueden ser los resultados de los objetivos iniciales propuestos, llegando a la conclusión que de implementar los diseños realizados y de seguir las recomendaciones propuestas, de ser posible, tras las pruebas y estudios correspondientes, obtener un producto que posea funcionalidades comparables a las de un agitador en buen estado.

1.1 Objetivo General

Analizar el motor de un agitador en holding, ubicado en Punta Del Cobre S.A (Pucobre), se pretende tomar en consideración la mejora con el fin de tener una producción más estable, dando un ejemplo claro de cómo es el trabajo en terreno desarrollado en una empresa minera.

1.2 Objetivos Específicos

- Describir las características y funcionamiento de los aparatos, equipos y artefactos, eléctricos del agitador.
- Examinar los problemas que proceden del motor agitador en holding.
- Proponer las posibles soluciones, que se pueden efectuar en terreno.
- Analizar los resultados obtenidos de los cálculos eléctricos.

1.3 Planteamiento del Problema

Determinar por qué el motor trifásico que revuelve la pulpa que llega al holding procedente del espesador del área 710 tiene un sobre consumo al momento de su partida cuando el holding se encuentra al 80 % de su capacidad. Produciendo que sea tanto el consumo peak en su partida que el partidor suave conectado en forma de triángulo o delta en la bornera del motor hace accionar sus protecciones, quedando imposibilitado al iniciar el proceso de revolver del motor.

1.4 Hipótesis

Formular un sistema de operación que pueda dar respuesta al problema del motor trifásico, dando a entender el procedimiento con el cual se llevó a cabo, realizando un trabajo de excelencia, con un desenlace que dé a entender todo el desarrollo de cómo se solvento el dilema del motor que trabaja para el agitador en holding.

1.5 Antecedentes

Precisar que el motor del agitador en holding cuenta con un historial de trabajo, en el que se da a comprender, los antecedentes de como estuvo laborando en mal estado, con una sobrecarga en la partida y con elementos que no fueron hechos para trabajar en conjunto.

1.6 Justificación

Asociar, que todos los problemas que tiene el motor del agitador son producidos por un mal mantenimiento del equipo, ya que, si se le empieza a abastecer de buena manera y dando un buen entorno del área de trabajo, este podría alargar su vida útil, produciendo una mayor ganancia para en desarrollo laboral.

1.7 Alcances

Fundamentar, que los límites dentro de los cuales se realiza la investigación, es dentro de la minera Punta Del Cobre S.A (Pucobre), igualmente, se implementa con estudios de carácter profesional, comparando metodologías de experiencia.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Se evaluará un motor de inducción de rotor de jaula de ardilla, tiene físicamente el mismo estator que una máquina síncrona, pero con un rotor de construcción diferente con un estator con 4 polos. Hay dos tipos diferentes de rotores de motores de inducción que pueden utilizarse dentro del estator. Uno se llama rotor de jaula de ardilla o rotor de jaula y el otro se conoce como rotor devanado.

Los rotores tipo jaula de ardilla de los motores de inducción, constan de una serie de barras conductoras dispuestas dentro de ranuras labradas en la cara del rotor y en cortocircuito en alguno de sus extremos mediante grandes anillos de cortocircuito. A este diseño se le llama rotor de jaula de ardilla porque los conductores, si se examinan por sí solos, parecen una de las ruedas de ejercicio donde corren las ardillas o hámster.

La velocidad de rotación del campo magnético que gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj está dada por:

$$n_{sinc} = \frac{120 fe}{P}$$

Donde:

- Fe: Es la frecuencia del sistema en Hertz
- P: es el número de polos en la máquina.

Este campo magnético giratorio BS pasa sobre las barras del rotor e induce un voltaje en ellas.

El voltaje inducido en cierta barra de rotor está dado por la ecuación:

$$e_{ind} = (v * B) * l$$

Donde:

- v : Velocidad de la barra en relación con el campo magnético
- B : Vector de densidad de flujo magnético
- l : Longitud del conductor en el campo magnético

Lo que produce el voltaje inducido en la barra del rotor es el movimiento relativo del rotor en comparación con el campo magnético del estator.

La velocidad de las barras superiores del rotor en relación con el campo magnético es hacia la derecha, por lo que el voltaje inducido en las barras superiores va hacia afuera de la página, mientras que el voltaje inducido en las barras inferiores va hacia adentro de la página.

Esto tiene como resultado la generación de corriente hacia afuera de las barras superiores y hacia adentro de las barras inferiores.

Sin embargo, puesto que el ensamblado del rotor es inductivo, la corriente pico del rotor está detrás del voltaje pico del rotor. El flujo de corriente en el rotor produce un campo magnético en el rotor B_R .

Por último, puesto que el par inducido en la máquina está dado por:

$$t_{ind} = k B_R * B_S$$

Donde:

- K : Constante
- B_R : Campos magnéticos en el rotor
- B_S : Campos magnéticos en el estator

Si el rotor del motor de inducción gira a velocidad síncrona, entonces las barras del rotor estarán estacionarias en relación con el campo magnético y no habrá ningún voltaje inducido. Si e_{ind} fuera igual a cero, entonces no habría corriente en el rotor y no habría

campo magnético en él. Sin campo magnético en el rotor, el par inducido sería cero y el rotor reduciría su velocidad como resultado de las pérdidas por fricción.

Nótese que durante la operación normal los campos magnéticos en el rotor y en el estator BR y BS giran juntos a velocidad síncrona n_{sinc} , mientras que el rotor gira a una velocidad menor.

2.1 Detalles del producto

El motor del agitador que se muestra a continuación, en la Figura 2.1, es el motor del agitador que se adapta perfectamente a lo visto en terreno, dando un buen ejemplo de cuáles son los rangos de trabajo en los que tiene que operar y entregando con él, un margen que se debe aplicar para encontrar de forma correcta las soluciones a los problemas propuestos.

Figura N°2.1 Motor agitador Holding



Tabla N°2.1 Información General del motor del agitador

INFORMACION GENERAL	
Código de producto	3GBP352210-ADG
Designación de tipo ABB	M3BP 355SMA 4
Descripción corta	M3BP 355MA 4

Tabla N°2.2 Información Adicional del motor del agitador

INFORMACION ADICIONAL	
Designación de tipo ABB	M3P 355SMA 4
Altitud	1000 m
Temperatura ambiente	40°C
Cojinete	6322/C3
Cojinete NDE	6316/C3
País de origen	Finlandia (FI) China (CN) India (IN) Polonia (PL)
Código arancelario	85015381
Sentido de Giro	Ambos lados

Tabla N°2.3 Datos Eléctricos del motor del agitador

Conex	Frec	Vol	Energ	Vel	Corriente	FP	Eficiencia	Torque	IS/IN
Y	50 Hz	690 V	250.00 KW	1488 r/min	256.00 A	0.850	95.90 %	1604.00 N-m	7.10
D	50 Hz	400 V	250.00 KW	1488 r/min	442.00 A	0.850	95.90 %	1604.00 N-m	7.10
D	50 Hz	415 V	250.00 KW	1488 r/min	431.00 A	0.850	95.90 %	1604.00 N-m	7.60

Donde:

- Y = Conexión en estrella
- D = Conexión en triángulo

Tabla N°2.4 Datos Específicos del motor del agitador

DATOS ESPECIFICOS	
material del bastidor	Hierro fundido
peso bruto	1640 kg
clase ic	IC411
datos de la clase ie (50 Hz)	IE Class IE2 Full load (100%) 95.9%

	Partial load (75%) 96.0% Partial load (50%) 95.4%
clase im	IMB3 IM1001
clase ip	IP55
clase de aislamiento	ICLF
numero de polos (alto)	4
potencia de salida	250 kW
nombre del producto	3-Phase squirrel cage motor
peso del producto	1610 kg
tipo de producto	3BP2_M3BP_IE2_CI
unidad de medida para su venta	Piece
factor de servicio	1.00
ubicación de caja de terminadores	Top
tipo de tarea	S1
Unspsc	26101100 39120000
codigo de tension	D
categoria rae	Equipo grande

2.2 Proceso de funcionamiento

El motor, es un agitador industrial, también conocido como mezclador, se caracteriza por ser un dispositivo mecánico encargado de realizar operaciones de agitación y mezcla con el objetivo de generar movimiento en un fluido para obtener ciertas propiedades. En la industria se utiliza con diferentes fines entre los que destacan:

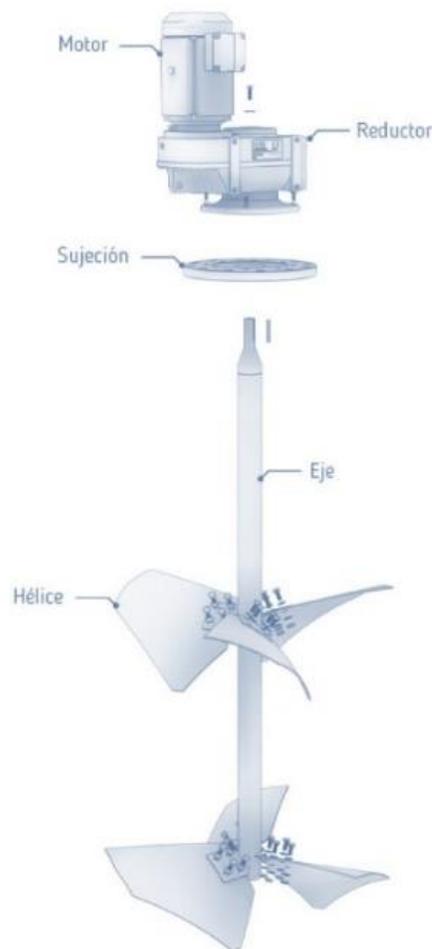
Tabla N°2.5 Definiciones de parámetros trabajo en holding

Homogeneización	Agitación de dos sustancias hasta obtener una mezcla con las mismas propiedades.
Suspensión	Consiste en la dispersión de un sólido en un medio líquido.
Emulsión	Mezcla de dos líquidos incompatibles hasta alcanzar un resultado lo más homogéneo posible.
Dispersión	Acción de disipar un gas en un líquido.
Neutralización	Reacción química entre disoluciones ácidas y básicas.
Intercambio térmico	Agiliza el intercambio de temperatura en un sistema tanque-fluido.
Cristalización	Forma cristales sólidos a partir de una fase diferente (por lo regular líquida).
Fermentación	Mediante la suspensión, la mezcla obtiene nutrientes de microorganismos.

este elemento se compone por múltiples aditamentos, demos una rápida revisada a cada uno de ellos y sus peculiaridades.

El mezclador industrial está compuesto por diversas piezas que permiten su funcionamiento como son la unidad de potencia, los sistemas de sujeción y estanqueidad, los sellos neumáticos, los casquillos, el eje y los móviles. Por ello, explicaremos su funcionamiento a continuación.

Figura N°2.2 Partes de un motor agitador en Holding



2.2.1 Unidad de potencia:

Primero hablaremos de la unidad de potencia, como la selección del reductor y motor determinará en gran parte la fuerza y velocidad rotativa del agitador. Lo definiremos como una maquina capaz de transformar energía en un movimiento rotativo, el cual representa una parte fundamental dentro de los componentes del agitador industrial, con relación a

los procesos de depresión industrial, hay dos tipos disponibles, dependiendo de la energía que se le suministre.

Existen tres configuraciones dependiendo de la posición de entrada y el espacio disponible del reductor:

- Reductor coaxial: Donde la flecha del motor es concéntrica al eje del reductor y se utiliza en equipos pequeños.

- Reductor de engranajes cónicos: En el que ambos ejes están colocados de manera perpendicular, comúnmente se utiliza en situaciones con poco espacio o en equipos de entrada horizontal.

- Reductor de ejes paralelos: En la que los ejes se encuentran paralelos, es la configuración estándar en equipos medianos y grandes.

2.2.2 Sujeción:

El elemento de sujeción, dentro de los componentes del agitador industrial, tiene el trabajo de mantener fijo el equipo de agitación al contenedor del producto. Existen algunos sencillos, como puede ser una pinza, o un soporte para contenedores. Además, la placa que, al ser fabricada de manera personalizada, se puede acoplar a cualquier tipo de entrada.

De igual forma, el elemento de sujeción cuenta con una brida, la cual es una pieza fabricada por lo regular de acero inoxidable y carbono. Dicho elemento se encuentra estandarizado por las normas ANSI, por lo que la gran mayoría de tanques cuentan con entradas adaptables a esta pieza.

2.2.3 Estanqueidad:

El sistema de estanqueidad es el componente del agitador industrial encargado de mantener sellado el producto dentro del contenedor. Debemos seleccionar este elemento con base en las características de la tarea a realizar.

Por ejemplo, al trabajar con un equipo vertical, donde se requiera mantener un gas estanco, o brindar mayor protección contra agentes externos, se puede optar por el uso de un retén industrial.

Asimismo, tratándose de algún agitador de entrada de fondo u horizontal, en procesos donde se requiere una mayor estanqueidad a causa de la presión ejercida por el fluido, se suele instalar un sello mecánico.

Este funciona a partir de una cara estática y otra rotativa, en donde tiene la posibilidad de lubricar con el fluido. Cabe mencionar que, si deseamos acompañar al sello con una protección adicional, es posible instalar unos prensaestopas.

Por otro lado, tenemos como elementos del agitador los sellos mecánicos. De los cuales existen dos modelos que se utilizan en situaciones más específicas:

- Sello doble

- Sello de cartucho

2.2.4 Acoplamiento eje-motor o eje-reductor

El componente del agitador industrial, denominado anclaje, tiene como objetivo mantener fijo al eje y lograr que gire a la par de la unidad de potencia. Asimismo, si se acopla el eje a un reductor coaxial, puede utilizar el sistema anterior o un eje más pálido. Cuando trabajamos con un reductor mediano o grande, como los ejes paralelos o engranajes cónicos, el proceso es distinto.

Estos contienen un orificio al que debemos acoplar el eje del agitador, para lo cual existen dos métodos:

- Primero tenemos el sistema de tornillo y arandela, que consiste en atornillar un extremo del eje con el reductor, y utilizar una chaveta para evitar que rote por su cuenta.

- Por otro lado, está el ligamento mediante Shrink Disk, procedimiento similar con la diferencia de que se atornilla un disco alrededor para fijar el eje.

2.2.5 Eje

Al eje, como componente del agitador industrial, lo podemos definir como la columna vertebral de un equipo de este tipo. Dicho elemento tiene la función de sostener al móvil, así como de transmitirle la rotación desde la unidad de potencia.

Lo más importante para tener en cuenta al solicitar o al fabricar este componente, es que sea rígido, estable, y concéntrico. Para lograr esto se debe calcular el diámetro y espesor,

en caso de ser tubo, con relación a las cargas recibidas a causa de la combinación de fuerzas generadas por la rotación de las hélices.

De tal forma, disminuimos la capacidad de flexionar el eje ante una carga, evitando una reducción en la eficiencia de la agitación. Como dato adicional, hay que saber que los extremos del eje se personalizan con base en el acoplamiento que se utilizará.

2.2.6 Acoplamiento eje-móvil

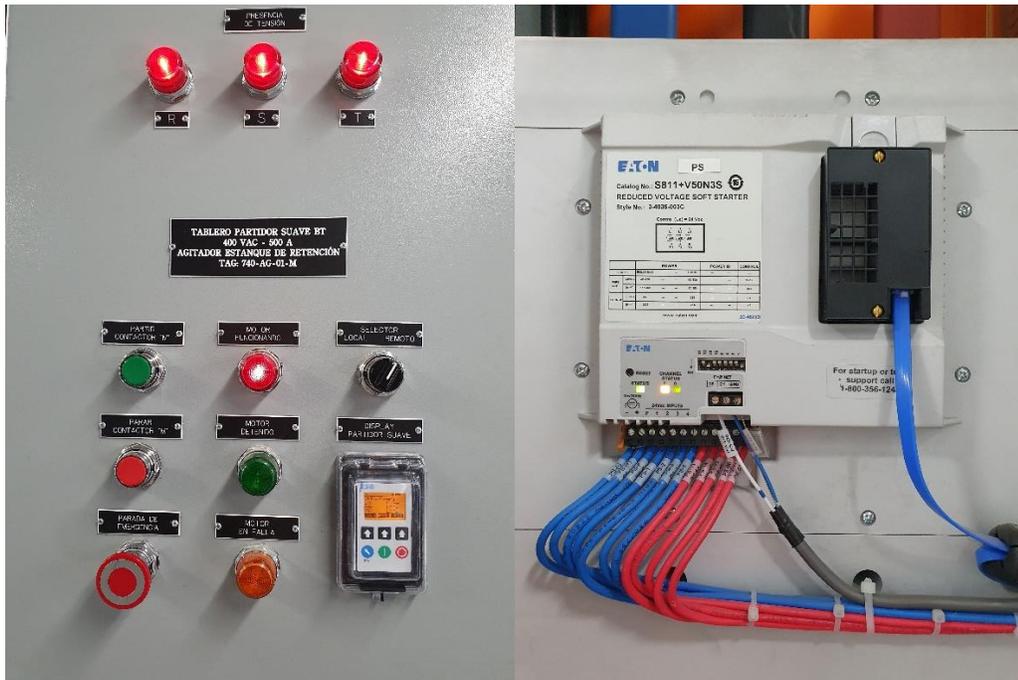
Hay diversas formas de acoplar el móvil con el eje, dependiendo de la aplicación que se llevará a cabo. Una de ellas son las orejetas, donde cada aspa se atornilla con unas lengüetas previamente soldadas al eje.

2.2.7 Móvil, impulsores o perfiles

Finalmente tenemos al móvil, también conocido como perfil o impulsor, dentro de los componentes del agitador, el cual definiremos como el elemento con la tarea de realizar el proceso de agitación. Este lo debemos seleccionar tomando como base el producto a mezclar, y el proceso que se llevará a cabo. A partir de esta información podemos determinar si el flujo será axial, paralelo al eje; o radial, perpendicular al eje.

Incluso existen modelos capaces de generar un flujo mixto como, por ejemplo, la hélice marina.

Figura N°2.3 Partidor suave



El partidor suave se ajusta al motor agitador en holding para proporcionar una partida acorde a los estándares de trabajo, cumpliendo con las características principales de los arrancadores suaves, como lo son:

- La singular opción de control de la bomba de parada progresiva ofrece una transición suave para detener un motor y elimina el efecto “golpe de ariete” que puede dañar las tuberías, las válvulas y las bombas
- Características avanzadas de protección y diagnóstico, que utilizan algoritmos sofisticados para modelar el calentamiento del motor. Esto reduce los disparos fortuitos y limita el tiempo de inactividad
- Reduce la corriente de entrada para a una red eléctrica más estable y puede disminuir las cargas por demanda peak.

En nuestro caso, el partidor suave no cumple su función, ya que al comienzo de su partida se produce un consumo excesivo de energía, pasando el peak máximo con el que se debe trabajar.

Figura N°2.4 Características del partidor suave



The image shows a black rectangular label with the Eaton logo and slogan at the top. Below the logo is a table with technical specifications for a soft starter. The table has two columns: the left column lists the parameter and the right column lists the value.

EATON <i>Powering Business Worldwide</i>	
PROYECTO	PLANTA DE FILTRADO DEPÓSITO RELAVES
EQUIPO	TABLERO PARTIDOR SUAVE TAG: 740-AG-01-M
ORDEN DE COMPRA	18836
FECHA DE FABRICACIÓN	MAYO 2021
PAIS - CIUDAD	CHILE - SANTIAGO
FRECUENCIA	50 HZ
TENSION NOMINAL	400 VAC
CORRIENTE NOMINAL	500 A
FASES	3F+TP
BARRA GENERAL	N/A
BARRA TIERRA	250 A
BARRA NEUTRO	N/A
GRADO DE PROTECCIÓN (NEMA)	12
CAPACIDAD CORTO CIRCUITO EN BARRA	N/A

La solución más óptima y eficaz se presenta con el mismo partidor suave, ya que se puede modificar la corriente que se proporciona al motor, tomando en cuenta los parámetros en los que puede trabajar el motor y generando una corriente acorde a lo solicitado.

CAPITULO III

PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO

Tabla N°3.1 Antecedentes de la empresa y ubicación del proyecto.

Titular	Sociedad Punta del Cobre S.A. (Pucobre)
RUT	96.561.560-1
Ubicación	Calle Rancagua N°200, Copiapó, Región de atacama
Fono	(56) 52 220 5800
Fa X	(56) 52 220 5802
E-Mail	info@pucobre.cl
Ubicación del proyecto	Sector de viñita azul, Deposito las cruces II

Figura N°3.1 Ubicación del proyecto planta de filtrado



El motor trifásico que revuelve la pulpa que llega al holding proveniente desde el espesador del área 710 tiene un sobre consumo al momento de su partida cuando el holding se encuentra al 80% de su capacidad. Produciendo que sea tanto el consumo pick en su partida que el partidor suave conectado en forma de triángulo o delta en la bornera del motor hace accionar sus protecciones, quedando imposibilitado al iniciar el proceso de revolver del motor. Además, que el motor es alimentado con dos líneas de cable por cada fase con una medida del conductor de 250 [MCM], 4 cables de la misma sección (fase 1 y fase 2), pero los dos conductores de la fase 3, son de igual manera de una sección de 250 [MCM], pero estos son de otra marca de fabricante, cumple su función, pero tiene una diferencia en el amperaje de alimentación.

El motor cumple su función con la cual fue pensado al realizar el proyecto, pero al ponerlo en marcha este presenta problemas:

3.1 Planteamiento del problema

El motor del agitador es una parte fundamental dentro de la planta de filtrado ya que si el material de relave queda quieto por mucho tiempo la pulpa se decanta al fondo produciendo atollamiento y el tapado de las tuberías de HDEP que alimentan a los filtros cerámicos, siendo la única solución el drenar la totalidad de material del holding Asia las piscinas de emergencia y posterior ingreso de personas para retirar el material con palas.

3.1.1 Falla por sobre consumo en la partida

Cuando el holding está en una capacidad superior al 50%, y al estar en detención la pulpa decanta al fondo en un tiempo superior de a los 20 min de detención produciendo que al poner en marcha el motor las dos aspas que revuelven queden enclavadas con el material y esto genere un peso excesivo para que el motor cumpla su función de hacer girar por primera vez las aspas. Produciendo que las protecciones se accionen antes de que el motor pueda hacer la puesta en marcha.

Al momento de producirse una falla eléctrica por sobre consumo, el motor se detiene y si el holding está en una capacidad muy alta y al haber transcurrido más de 20 min sin energía se va a producir el problema de atochamiento del material de relave

Esta falla se logra percibir, al inicio del proceso de trabajo, ya que se presenta con un exceso de consumo en el ámbito eléctrico, dando un problema en la partida.

3.1.2 Distinto amperaje entre líneas

Posiblemente debido a que 2 de las líneas son de diferente fabricante respecto a las otras 4 líneas, “Puede que tenga más o menos cantidad de pelos de cobre en el conductor”.

Esto ocasiona un corte de energía eléctrica de alimentación industrial desde la línea de CGE y parada de las funciones, al ponerse en operación el generador de emergencia, se tiene que hacer el debido estudio de si tiene la capacidad de alimentar de buena manera los componentes al momento del inicio, y que también pueda con el momento en el que se genera el pick de consumo de mayor de energía.

Esto puede notar gracias a las herramientas hechas para medir el amperaje, como el amperímetro. Una teoría del ¿Por qué? se produce esto, es la utilización de 2 secciones de cable de diferentes fabricantes, puestos en el motor agitador en holding.

Figura N°1.2 Conexión del motor agitador



3.1.3 Accionamiento en las protecciones por altas temperaturas

Aumento de la temperatura interna del motor, al tener sobre esfuerzo, el aumento en la temperatura ambiental también puede generar el sobrecalentamiento interno y generar una detención por el accionamiento de la protección de temperatura lo que puede hacer que al motor le tome más de 20 min para que pueda ser puesto en marcha nuevamente.

Esta falla se puede notar, puesto que el motor al estar en un ambiente caluroso, y al no tener algún tipo de refrigeración o ventilación, produce una baja en su potencia y por lo tanto una falla en su funcionamiento.

Figura N°3.3 Temperatura que registra partidador suave.



Se puede apreciar en la Figura N°3.3 temperatura que registra el partidador suave que la temperatura a la que está trabajando es óptima en el transcurso de la noche y la madrugada hasta las 10:00 am, pero cuando empieza a subir la temperatura, aproximadamente desde las 11:00 am hasta las 18:00 pm, se produce un sobrecalentamiento llegando a valores de 42°C grados.

Figura N°3.4 Control de temperatura del motor en gabinete de Sensor



3.1.4 Falla por mantenimiento poco regular al equipo

Dando un problema en su funcionamiento y rendimiento en el trabajo. Una teoría que se planteó, tanto en la práctica laboral como en laboratorio fue que el motor agitador era demasiado viejo y según un estudio realizado se puede ver que el motor agitador en holding ya tiene un historial bastante amplio por sus años de servicio, puesto que es un modelo que ya está casi obsoleto respecto a la antigüedad del modelo que se está analizando, un dato irrefutable de esto es que ya no aparece en la lista para hacer una cotización de un motor agitador en holding.

Figura N°3.5 Placa de información específica



Tabla N°3.2 Datos Específicos de la placa del motor

3 ~ Motor		M38P 355SMA 4 IMV1/IM3011				
1957516-1						
No. 3G1F2106735711						Ins. Cl. F IP55
V	Hz	KW	r/min	A	cos φ	DUTY
690 Y	50	250	1488	256	0.85	S1
400 D	50	250	1488	442	0.85	S1
415 D	50	250	1489	441	0.84	S1

La placa con los datos característicos nos da toda la información correspondiente al motor.

Utilizando los datos correspondientes a 50 Hz de la primera placa mostrada, indicaremos los parámetros siguientes:

- Tipo de motor: 3 ~ (Trifásico)
- Potencia: 250 [KW]
- Voltaje nominal: 690 [V]
- Tipo de conexión: Estrella/Y
- Corriente nominal: 256 [A]
- Frecuencia nominal: 50 [Hz]
- Factor de potencia (cos φ): 0,85

A continuación, se detallan las ecuaciones eléctricas utilizadas en este Proyecto.

- Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

- V= Voltaje o diferencia de potencial en voltios [V]
- I= Intensidad de corriente en amperios [A]
- R= Resistencia en ohmios [Ω]

- Potencia en circuitos trifásicos

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos\varphi$$

Donde:

- P= Potencia activa en vatios [W]
- VL= Voltaje de línea en voltios [V]
- IL= Corriente de línea en amperios [A]
- Cos φ= Factor de potencia

Para los motores VL se refiere a la tensión en bornes del motor e IL a la corriente consumida en un instante determinado.

Figura N°3.6 Placa de motor instrucciones de reengrasado



Tabla N°3.3 Instrucciones de reengrasado

Bearings		6322/C3	6316/C3VL0241		
Amount of grase		70g	40 g		
Greased in factory with MOBIL UNIREX N2					
Montaje	AMB temp	1800 r/min	1500 r/min	1000 r/min	Q-900 r/min
Hor	25	1000	5600	9600	10700
Hor	40	2000	2800	4000	5400
Vert	25	2000	2800	4800	5600
Vert	40	1000	1400	2400	2700
Do not exceed the motor max. Speed					
The following or similar high performance grease can be used:					
Mobil	Unirex N2 or N3	Shell	Gadus S5 V 100 2		
Total	Multis Complex S2 A	Mobil	Mobilith SHC 100		
Kluber	Kluberplex BEM 41-132	FAG	Arcanol TEMP110		

Con la Tabla N°3.2 Instrucciones de reengrasado se puede saber la cantidad de grasa que se tiene que aplicar al motor para una buena lubricación:

- Tipo de rodamientos: ambos son de la marca SKF, el del lado del acople es un 6322/C3 y el del lado del ventilador un 6316/C3VL0241
- La cantidad de grasa que debe llevar cada rodamiento: 40 gramos.
- Tipo de grasa con la que el motor viene de fábrica: MOBIL UNIREX N2.
- Frecuencia de engrase según tipo de montaje, temperatura ambiente y RPM del motor. Por ejemplo: el motor eléctrico del compresor de frío de esta e/p tiene una disposición horizontal y si asumimos que la temperatura de la sala de máquinas de proa es 25°C y si se opera el motor a 1.000 rpm entonces se debería de engrasar cada 9.600 horas de operación del motor.
- Listado de grasas de distintas marcas que se pueden usar en los rodamientos.

En este caso el fabricante nos está dando prácticamente todos los datos que necesitamos para saber qué tipo de grasa usar, cuanta grasa aplicar y cada cuanta hora de operación se debe reengrasar así que solo deberíamos de cumplir con sus recomendaciones.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los parámetros, componentes y el funcionamiento del motor agitador en holding, se llevó a cabo un proceso de exploración dentro del motor, tratando de tener un resultado exitoso en conjunto con la alimentación de electricidad que este consume al empezar a trabajar.

- Se piensa realizar una exploración en los parámetros del partidador suave para que opere de buena manera en la puesta en marcha y así tenga un funcionamiento estable del motor.
- Por consiguiente, se espera seguir con los cálculos de sección del cable para comprobar que se haya escogido de buena manera la medida del cable, además de realizar las pruebas para comprobar si interfiere mucho el haber utilizado 2 secciones cables de distinto fabricante.
- También se piensa visualizar si se le puede realizar algún techo para proteger al motor de las inclemencias del medio ambiente, ya que, al estar en un entorno caluroso sin protección, causa un incremento considerable en la temperatura de trabajo del motor agitador en holding.
- Por último, se tiene en consideración, generar de manera consiente, fallas programadas para ver cómo se comportan las instalaciones en caso de emergencia y estar seguros de que todo vuelva a funcionar en el menor tiempo posible. Asegurando de manera correcta, que no se propague un contratiempo en la etapa de operación y asegurándose de que el equipo de trabajo puede seguir en funcionamiento.

4.1 Parámetros del partidador

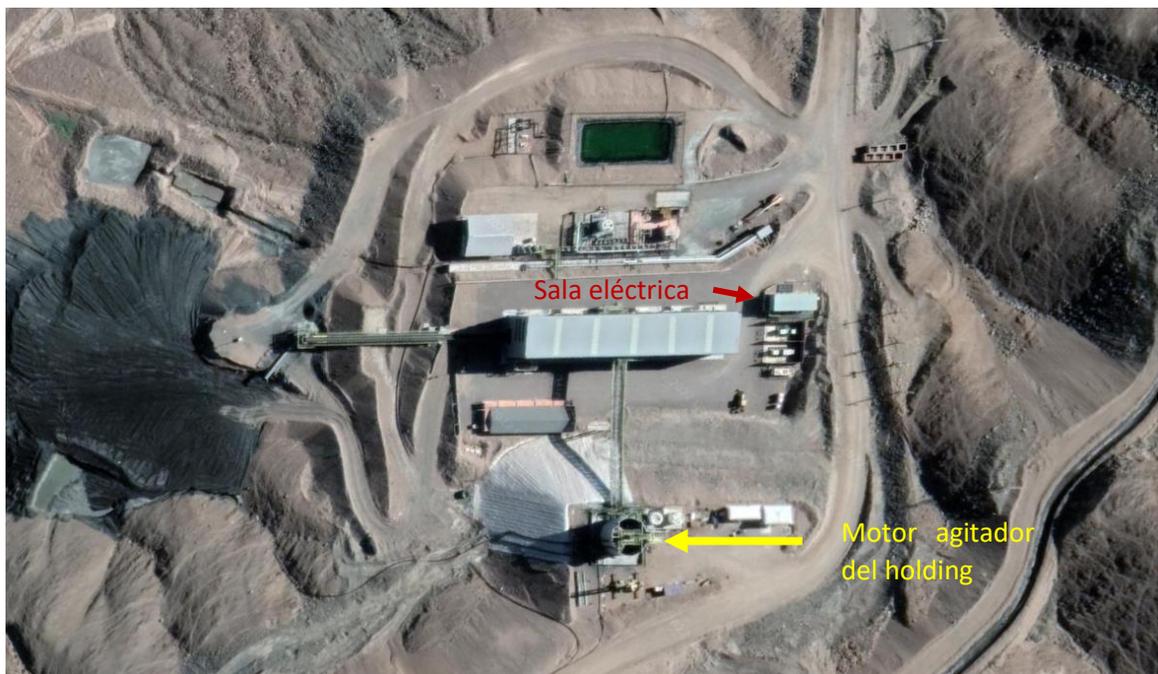
Según lo planteado, se tiene en cuenta que, al momento de empezar a trabajar y según su conexión, el motor agitador en holding debe constar con:

Tabla N°4.1 Datos del motor

Conexión	Frecuencia	Voltaje	Energía	Velocidad	Corriente	FP
Y	50 Hz	690 V	250.00 KW	1488 r/min	256.00 A	0.85
D	50 Hz	400 V	250.00 KW	1488 r/min	442.00 A	0.85
D	50 Hz	415 V	250.00 KW	1488 r/min	431.00 A	0.85

De estos datos, tomaremos la conexión en triángulo (delta), de 400 [V], ya que es el conexionado que se utiliza con el partidor suave con el que trabaja el motor agitador en holding en terreno.

Figura N°4.1 disposición del área de trabajo



4.2 Cálculos de sección

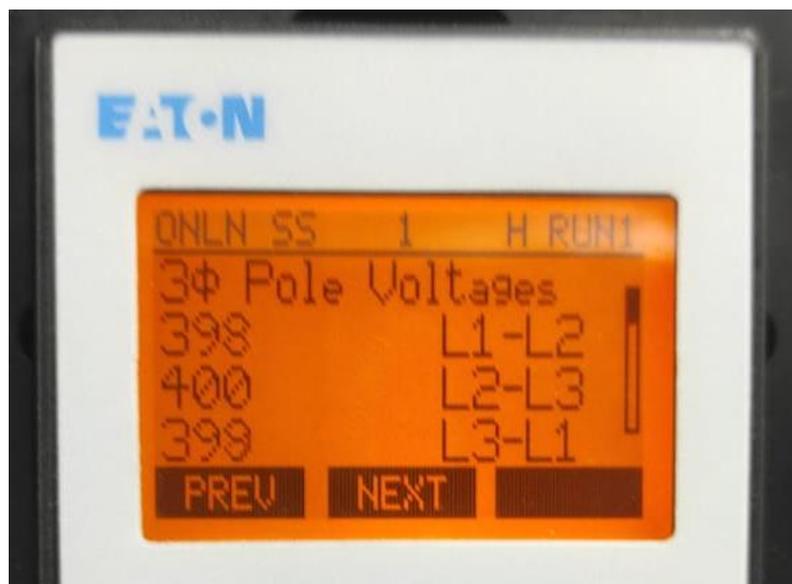
Para el cálculo de sección del conductor, hay que tener en consideración que la sección será el que determine la cantidad de corriente -medida en amperios- que el cable será capaz de soportar sin provocar un sobrecalentamiento. Por ello, es de vital importancia en complemento con la seguridad de las instalaciones realizar este cálculo de manera correcta y para poder obtenerla, se debe contar con:

- Intensidad máxima admisible: es la cantidad máxima de amperios que puede soportar un cable.
- Caída de tensión máxima: La caída de tensión es la diferencia presente entre los extremos de un conducto

Por norma general se establecen las siguientes recomendaciones en cuanto a los porcentajes de caída recomendados:

- Caída de voltaje máxima para el alimentador más circuito ramal: $\leq 5\%$.
- Caída de voltaje máxima para el circuito alimentador: $\leq 3\%$

Figura N°4.2 Valor del Voltaje de las tres fases



El cálculo de la sección de cable necesaria se realiza en función de la caída de tensión. La fórmula para realizar el cálculo es la siguiente:

- Líneas trifásicas:

$$S = \frac{\sqrt{3} * p * L * I}{\Delta V}$$

- Líneas monofásicas:

$$S = \frac{2 * \rho * L * I}{\Delta V}$$

Donde:

- S: Sección del cable en $[mm^2]$
- ρ : Resistividad del conductor (cobre o aluminio)
- L: Longitud en metros
- ΔV : Caída de tensión en voltios
- V: Voltaje en voltios
- Desarrollo:
- Cálculo del coseno de ϕ y/o factor de potencia:
- $\cos \phi = 0.85$

Cálculos de Intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi}$$

Donde:

- I= Intensidad máxima que puede circular por el conductor
- P= Potencia de trabajo
- V= Voltaje

En Triángulo (delta)

- Valor teórico:

$$I = \frac{250000 [W]}{\sqrt{3} * 400 [V] * 0,85}$$

$$I = 424,522 [A]$$

Cálculo de caída de tensión máxima:

Según la Norma RIC 2021 que rige en Chile, en la sección 03-Alimentadores y demanda.

Se puede apreciar que en el punto 5. Especificaciones:

- 5.1.3. La sección de alimentadores, subalimentadores y conductores será tal que la caída de tensión provocada por la corriente máxima que circula por ellos determinada de acuerdo con el punto 6.1, no exceda del 3% de la tensión nominal y la caída de tensión total en el punto de la instalación más favorable no exceda del 5% de dicha tensión.

Y su continuación con el punto 6. Dimensionamiento:

- 6.1. La demanda nominal de un alimentador, según la cual se dimensionará, no será menor que la suma de las potencias nominales [W o KW] de todos los circuitos que sirve el alimentador, correspondiente a las cargas de tipo alumbrado, fuerza y climatización; aplicándole los factores a cada una de ellas, indicada en los pliegos técnicos normativas correspondientes, y las disposiciones señaladas en el presente pliego técnico.

$$\Delta V = V * \%$$

Donde:

- ΔV = Caída de tensión
- V= Voltaje
- %= Porcentaje de pérdida máximo permitido

En triángulo (delta)

$$\Delta V = 400[V] * 3\%$$

$$\Delta V = 12 [V]$$

Cálculo de sección del conductor, en consideración con resistividad:

$$S = \frac{\rho * L * \sqrt{3} * I * \text{Cos}\varphi}{\Delta V}$$

Donde:

- S= Sección del Cable en $[mm^2]$
- V= Voltaje [V]
- L= Longitud del cable en metros [m]
- ρ = Resistividad del conductor (cobre o aluminio)
- I= Intensidad máxima que puede circular por el conductor
- ΔV = Caída de tensión

En triángulo (delta)

- Valor teórico:

$$S = \frac{0,01786 [\rho] * 300 [m] * \sqrt{3} * 424,522 [A] * 0.85}{12 [\Delta V]}$$

$$S = 279,062 [mm^2]$$

- La sección escogida por la empresa Pucobre en faena es:
 $S = 126,677 [mm^2]$ Equivalente a 250 [MCM] (Dos secciones para cada fase)
- La Sección propuesta para este proyecto es la siguiente:

$$S = 304,025 [mm^2] \text{ Equivalente a } 600 [\text{MCM}]$$

Cálculo de sección del conductor, en consideración con conductividad:

$$S = \frac{L * \sqrt{3} * I * \text{Cos}\varphi}{\sigma * \Delta V}$$

Donde:

- S = Sección del Cable en $[mm^2]$
- L = Longitud del cable en metros $[m]$
- I = Intensidad máxima que puede circular por el conductor
- ΔV = Caída de tensión
- σ = Conductividad del cobre (56)

En triángulo (delta)

- Valor teórico:

$$S = \frac{300 [m] * \sqrt{3} * 424.522 [A] * 0.85}{56 [\sigma] * 12 [\Delta V]}$$

$$S = 279,017 [mm^2]$$

- La sección escogida por la empresa Pucobre en faena es:

$$S = 126,677 [mm^2] \text{ Equivalente a } 250 [\text{MCM}] \text{ (Dos secciones para cada fase)}$$

- La Sección propuesta para este proyecto es la siguiente:

$$S = 304,025 [mm^2] \text{ Equivalente a } 600 [\text{MCM}]$$

Al despejar la ecuación del cálculo de sección el resultado nos pide una sección mínima de $279,017 [mm^2]$ por ese motivo se optó por tomar una sección de $600 [\text{MCM}]$ que es la sección que soporta al momento de escoger con la tabla de secciones del mercado, para cada una de las fases R, S y T, que equivalen a tener un conductor que pueda soportar una sección de $279,017 [mm^2]$ en resistividad y comprobando con la ecuación de conductividad, verificamos que el resultado está bien.

En faena, se consideró dos cables de $126,677 [mm^2]$, que según nomenclatura es de $250 [\text{MCM}]$, por lo que se verifica que se escogido mal la sección del cable en la faena Deposito las cruces (DLC).

Tomando en cuenta estos datos, se llega a la conclusión de que, el equipo no trabaja en óptimas condiciones, provocando un desgaste en los componentes y deteriorando todo en el sistema eléctrico por la mala elección del conductor además de que el nivel de carga de

la pulpa se excede por un 10% del que debería estar operando en un valor óptimo de 78% de su capacidad total del holding y se está operando en 87% de su capacidad máxima.

Calculo para comprobar la sección, en consideración con la resistividad:

$$\Delta V = \frac{\rho * L * \sqrt{3} * I * \text{Cos}\varphi}{S}$$

Donde:

- S= Sección del Cable en [mm²]
- L= Longitud del cable en metros [m]
- ρ = Resistividad del conductor (cobre o aluminio)
- I= Intensidad máxima que puede circular por el conductor
- ΔV = Caída de tensión

- El resultado de voltaje de pérdida con la sección escogida en la empresa Pucobre es:

$$\Delta V = \frac{0,01786[\rho] * 300[m] * \sqrt{3} * 424,522[A] * 0,85}{126,677[mm^2] * 2}$$

$$\Delta V = 13,21 [V]$$

- El resultado de voltaje de pérdida con la Sección propuesta para este proyecto es:

$$\Delta V = \frac{0,01786[\rho] * 300[m] * \sqrt{3} * 424,522[A] * 0,85}{304,025[mm^2]}$$

$$\Delta V = 11,014 [V]$$

Cálculo para comprobar la sección, en consideración con la conductividad:

$$\Delta V = \frac{L * \sqrt{3} * I * \text{Cos}\varphi}{\sigma * S}$$

Donde:

- S= Sección del Cable en [mm²]
- L= Longitud del cable en metros [m]
- I= Intensidad máxima que puede circular por el conductor
- ΔV= Caída de tensión
- K= Constante del cobre (56)

- El resultado de voltaje de pérdida con la sección escogida en la empresa Pucobre es:

$$\Delta V = \frac{300[m] * \sqrt{3} * 424,522[A] * 0,85}{56[\sigma] * 126.677[mm^2] * 2}$$

$$\Delta V = 13,21[V]$$

- El resultado de voltaje de pérdida con la Sección propuesta para este proyecto es:

$$\Delta V = \frac{300[m] * \sqrt{3} * 424,522[A] * 0,85}{56[\sigma] * 304,025[mm^2]}$$

$$\Delta V = 11,013[V]$$

Se confirma que la sección tanto en conductividad, como en resistividad es correcta, al ver que el voltaje de pérdida, en caída de tensión, no supera el máximo permitido de 12[V].

4.3 Sobre calentamiento

Para poder resolver el problema del sobre calentamiento, se diseñó una techumbre con el objetivo de que pueda trabajar el motor agitador en holding bajo sombra y cubierto de la intemperie, realizando una mejora en su temperatura ambiente de 40° C, provocando que este pueda trabajar en óptimas condiciones de temperatura, como lo es a una temperatura ambiente menor a 30° C, que es lo solicitado por el fabricante.

Figura N°4.3 Techumbre de agitador en holding



Para esto se consideró tomar en cuenta el perímetro que hay en terreno, una prueba de esto se puede apreciar en la figura N°4.4, que nos comprueba las siguientes medidas para la techumbre ancho de 4 [m], un largo de 5 [m] y un alto de 3 [m].

Los materiales que se utilizaran para el proyecto de techumbre son:

- 4 unidades de perfiles cuadrados de acero 100x100 [mm] x 3.0 [m]
- 5 unidades de perfiles cuadrados de acero 40x40x2.0 [mm] x 6 [m]
- 1 docena de planchas zincalum 5V 0.35x895x3000 [mm]
- 1 galón de pintura esmalte triple acción metal
- 1 unidad de brocha

Figura N°4.4 Dimensión en terreno



4.4 Discusión de los resultados

La implementación de los cálculos para este proyecto y las alternativas de mejora para el funcionamiento del motor agitador del holding va a conseguir una mejora en su funcionamiento, ya que, se confirmó que la sección del cable está siendo mal escogida y se va a optar por modificar la sección del cable, además de modificar el protocolo de trabajo que se está utilizando en la sala de control para que reduzcan la capacidad del almacenamiento de pulpa del holding a un Máx. de 78% de su máxima capacidad.

Para acompañar los resultados del proyecto, se realizó una cubicación el día 28 de diciembre del 2022 para la comparación del valor en pesos chilenos de los cables que se utilizaron y de los que se propone implementar para poder tener una visión de los costos al momento de realizar la instalación que cumpla con la normativa vigente y pueda soportar el flujo de la corriente eléctrica.

Tabla N°4.2 Presupuesto para 1 fase con la sección de conductor mercado

MCM	Precio por Metro [\$ CLP]	Metros	Resultados
250	\$20980	300	\$6.295.800
300	\$26351	300	\$7.905.300
600	\$50000	300	\$15.000.000

Para poder entender de mejor manera el proyecto propuesto se realizaron dos tablas para comparar de una manera más fácil y ordenada el porqué de las decisiones tomadas.

Tabla N°4.3 Comparativa de resultado teórico, actual y propuesto con la sección del cable

	Teórico	Actual	Propuesto
Sección del cable en [mm^2]	279,062	$126,677 * 2 = 253,354$ [mm^2]	304,025 [mm^2]
Sección del cable en [MCM]	Se debe escoger una sesión igual o mayor al valor	Dos secciones de 250 [MCM] por cada Fase	600 [MCM]

Tabla N°4.4 Comparativa del voltaje de pérdida actual v/s propuesta

	Sección Actual	Sección Propuesta
Voltaje de perdida [V]	13,21	11,013
Rango permitido [V]	12	12

Además, una de las mejoras que más factible se ve en el tiempo es la de implementar de igual manera la techumbre para evitar que el motor se encuentre en la intemperie expuesto a la humedad de las noches y al calor durante el día.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Al intentar dar una mejora al funcionamiento del motor agitador del holding, se puede interiorizar más en los conocimientos que debe tener un técnico electricista al buscar información para darle solución a la problemática que está teniendo el motor que desempeña la tarea de mantener en movimiento la pulpa que se deposita dentro del holding.

En el apartado de calcular la sección del cable en [mm^2] quedó en evidencia con los cálculos del proyecto y resultados obtenidos que debería tener una sección de 600 [MCM], comprobando que el tendido de la alimentación que está realizado en el sector del depósito las cruces (DLC) propiedad de Pucobre es el incorrecto, agregando los demás factores de temperatura ambiental alta durante el día y la mala configuración de los parámetros del partidador suave del peak de puesta en marcha y el amperaje nominal están perjudicando el buen funcionamiento del motor.

La implementación de una techumbre es muy factible y es una de las soluciones de menor costo dentro del proyecto por lo que traería una serie de beneficios a la vida útil del motor al tener condiciones de temperatura ambiente menores a 30° C y tener que realizar menos mantenciones o incluso evitar una gran avería en los rodamientos así evitar la reposición de un nuevo motor y verse en la obligación de tener que gastar aún más dinero para la reposición de un motor, sin mencionar la pérdida de eficiencia de la planta de filtrado, ya que, el depósito holding es importante en el proceso usando el primer puesto dentro del proceso de filtrado de relave.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se concluye que se cumplieron los objetivos específicos del proyecto, ya que, se puede comprobar que el fallo se daba por que se realizó la instalación con una sección que no corresponde a las dimensiones del proyecto, es por esto que con este proyecto se les dieron soluciones a las problemáticas dadas en la alimentación del motor holding.

BIBLIOGRAFÍA

Chapman, S. (2012). Máquinas eléctricas. México: Miguel Toledo, Quinta edición Mc. Raw Hill Educación.

Pliego Técnico Normativo-RPTD (2020) Norma para los Conductores. Chile: Ministerio de energía.

<https://aprendeelectricidadyelectronica.com/wpcontent/uploads/Normas/RPTD/Pliego%20Tecnico%20NormativoRPTD04%20Conductores.pdf>

Harper, E. (2004). El libro practico de los generadores, transformadores y motores eléctricos. México: Limusa

Instituto nacional americano de normas. (2018). Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo. [https://hseradio.com/wp-content/uploads/2020/02/NFPA-70-E-2018-Seguridad electrica-en-lugares-de-trabajo.pdf](https://hseradio.com/wp-content/uploads/2020/02/NFPA-70-E-2018-Seguridad-electrica-en-lugares-de-trabajo.pdf)

Ministerio de Energía (2019). Aprueba reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica. Pliegos Técnicos consignados en el DS N°8/2019. Recuperado de: Diario Oficial de la República de Chile, 24 de agosto 2022. Disponible en el siguiente link: <https://www.sec.cl/reglamento-de-seguridad-de-las-instalaciones-de-consumo-de-energia-electrica-decreto-08/>