

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Plan de mejora del factor de potencia mediante  
banco de condensadores 850 KVAR/440VAC en la  
subestación planta concentradora de la empresa  
Pan American Silver Unidad Minera Huarón Cerro  
de Pasco-2021**

Dany Milton Gómez Chuquillanqui

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, por permitirme disfrutar cada momento de mi vida y guiarme por el camino que ha trazado para mí. A los docentes de la facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Continental por compartir sus conocimientos y experiencia laboral. A la empresa *Pan American Silver S. A.*, por haberme brindado la oportunidad de laborar en el área de mantenimiento eléctrico e instrumentación de planta, lo cual me ayudó a desarrollarme profesional y personalmente.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por haberme forjado como persona, quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer para que siguiera adelante. A mi esposa y mis hijos, por haberme brindado su apoyo incondicional y lograr que este sueño se haga realidad.

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional lleva como título “*Plan de mejora del factor de potencia mediante banco de condensadores 850 kvar / 440 VAC en la subestación de planta concentradora de la empresa Pan American Silver unidad minera Huarón - Cerro de Pasco-2021*”. Teniendo como objetivo mejorar el factor de potencia mediante un banco de condensadores en la empresa *Pan American Silver* con la que tenga en común la escala de valores: gusto por el compromiso, el esfuerzo y la responsabilidad. Formando parte de un equipo de trabajadores con decisión para que el compromiso adquirido sea fructífero para ambas partes y evolucionar profesionalmente.

Desarrollar y mejorar el factor de potencia mediante banco de condensadores y de todos los activos de la empresa *Pan American Silver*, enriquece de muchos conocimientos para el desarrollo profesional y mejoras de los procesos para el empleador. En efecto, se concluye que la formación laboral es una pieza clave del bachiller en Ingeniería Eléctrica, ya que constituye la herramienta pedagógica básica que le permite trascender en el abordaje de conocimientos teóricos abstractos, tomar contacto con la realidad social desde el inicio de la formación e intervenir en ella contribuyendo con la transformación de situaciones. De modo que, que las funciones realizadas en la empresa *Pan American Silver* proporcionó la experiencia y conocimiento suficiente para cumplir los objetivos planteados.

# ÍNDICE

Agradecimiento .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Resumen .....	iv
Índice .....	v
Lista de figuras .....	ix
Lista de tablas .....	xi
Introducción .....	xii
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>14</b>
<b>ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>14</b>
1.1. Datos generales .....	14
1.1.1. Objetivos .....	15
1.2. Actividad principal y estratégica .....	15
1.2.1. Principales servicios .....	16
1.2.2. Compromiso institucional .....	17
1.3. Reseña histórica de la empresa .....	18
1.4. Organigrama de la organización en el Perú .....	19
1.4.1. Jefatura de equipo pesado .....	20
1.4.2. Jefatura de mantenimiento mecánico y planta .....	21
1.4.3. Jefatura de mantenimiento eléctrico de mina .....	22
1.5. Visión y misión .....	23
1.6. Bases legales .....	24
1.6.1. Constitución de la minera .....	24
1.6.2. Política integrada .....	25
1.7. Descripción del área donde se realizaron las actividades preprofesionales .....	25
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa .....	26
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>27</b>
<b>ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....</b>	<b>27</b>
2.1. Diagnóstico situacional del proyecto .....	27
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional .....	28

2.3. Objetivos de la actividad profesional.....	28
2.3.1. Objetivo general .....	28
2.3.2. Objetivos específicos.....	28
2.4. Justificación de la actividad profesional .....	29
2.4.1. Teórica .....	29
2.4.2. Práctica .....	29
2.4.3. Económica.....	29
2.4.4. Técnica.....	37
2.5. Resultados esperados .....	40
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>42</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>42</b>
3.1. Actividades realizadas en el servicio .....	42
3.2. Definiciones básicas para el factor de potencia mediante banco de condensadores .....	42
3.2.1. Planes de mejora.....	42
3.2.2. Pan American Silver unidad Huarón.....	45
3.2.3. Subestación eléctrica .....	49
3.2.4. Potencia eléctrica .....	53
3.2.5. Tipos de potencia .....	54
3.2.6. Factor potencia.....	57
3.2.7. Descripción de <b>Cos <math>\phi</math></b> .....	59
3.3. Banco de condensadores .....	62
3.3.1. Partes principales de un condensador de potencia .....	63
3.3.2. Compensación.....	64
3.4. Planta concentradora .....	70
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>74</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....</b>	<b>74</b>
4.1. Descripción de actividades profesionales .....	74
4.1.1. Actividad 1: mantenimiento de motores eléctricos, en el área de planta concentradora.....	74
4.1.2. Actividad 2: instalaciones de motores eléctricos .....	76
4.1.3. Actividad 3: medición de la resistencia y mantenimiento de pozas a tierra .....	78

4.1.4. Actividad 4: instalación de banco de condensadores para mejorar el factor de potencia .....	80
4.1.5. Actividad 5: equipos de instrumentación .....	81
4.1.6. Actividad 6: instalaciones de luminarias .....	86
4.1.7. Actividad 7: tácticas de mantenimiento .....	88
4.1.8. Actividad 8: Predictivo de motores eléctricos .....	90
4.1.9. Actividad 9: repuestos de mantenimiento crítico .....	94
4.1.10. Actividad procedimientos .....	10: 94
4.1.11. Actividad 11: planteamiento y programación.....	95
4.1.12. Actividad 12: seguimiento y control de indicadores de mantenimiento .....	97
4.2. Enfoque de las actividades profesionales .....	97
4.3. Alcance de las actividades profesionales.....	97
4.4. Entregables de las actividades profesionales .....	98
4.5. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	98
4.5.1. Metodologías .....	98
4.5.2. Técnicas .....	98
4.5.3. Instrumentos.....	100
4.5.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades .....	100
4.6. Ejecución de las actividades profesionales .....	101
4.6.1. Cronograma de actividades realizadas .....	101
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>104</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>104</b>
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas .....	104
5.2. Logros alcanzados .....	104
5.2.1. Elaboración del plan de ejecución de la actividad .....	104
5.2.2. En el ámbito personal.....	107
5.3. Planteamiento de mejoras .....	108
5.3.1. Metodologías propuestas .....	108
5.4. Aportes del bachiller en la empresa .....	109
5.4.1. En el aspecto cognoscitivo .....	109



5.4.2. En el aspecto procedimental .....	109
5.4.3. En el aspecto actitudinal.....	109
Conclusiones.....	110
Recomendaciones.....	112
Referencias .....	114
Anexos .....	116

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta concentradora .....	18
Figura 2. Organigrama de mantenimiento 2021, unidad Huarón.....	19
Figura 3. Organigrama de jefatura de equipo pesado .....	20
Figura 4. Organigrama de jefatura de mantenimiento mecánico y planta .....	21
Figura 5. Organigrama de jefatura de mantenimiento eléctrico de mina .....	22
Figura 6. Estadística de energía y costo año 2021 .....	35
Figura 7. Ejemplo de energía y costo año 2021 .....	37
Figura 8. Pasos para Plan de mejora. ....	43
Figura 9. Mapa de ubicación geográfica de la unidad minera Huarón. ....	46
Figura 10. Ruta geográfica UM Huarón.....	46
Figura 11. Arreglo de subestaciones elevadoras. ....	50
Figura 12. Arreglo de subestaciones reductoras. ....	50
Figura 13. Arreglo de subestaciones de enlace. ....	51
Figura 14. Arreglo de subestaciones en anillo.....	51
Figura 15. Arreglo de subestaciones de switcheo. ....	52
Figura 16. Triángulo de potencias eléctricas. ....	54
Figura 17. Triangulo de potencias. ....	60
Figura 18. Motor de inducción sin compensación. ....	61
Figura 19. Motor de inducción $\text{Cos } \varphi$ corregido. ....	61
Figura 20. Triangulo de potencia compensado. ....	65
Figura 21. Tipos de ubicación de condensadores. ....	65
Figura 22. Controlador automático de factor de potencia.....	69
Figura 23. Diagrama de conexión automática del banco de condensadores ...	69
Figura 24. Tablero de banco de condensadores 1 .....	70
Figura 25. Tablero de banco de condensadores 2 .....	70
Figura 26. Diagrama flow sheet en planta concentradora .....	73
Figura 27. Mantenimiento preventivo a motor eléctrico de 250 HP .....	75
Figura 28. Montaje de motor de 250 HP para su acoplamiento .....	76
Figura 29. Ejecución y excavación de la poza a tierra .....	79
Figura 30. Instalación de componentes y caja registro .....	79
Figura 31. Medición de la poza a tierra con el equipo telurómetro .....	79

Figura 32. Componentes de un banco de condensador.....	81
Figura 33. Controlador de nivel, automático y manual en las celdas TC30- Flotacion.....	82
Figura 34. Tablero y sensor para el control automático de nivel .....	82
Figura 35. Panel HMI, para control de procesos en la planta concentradora...	83
Figura 36. Sensor de vibración de señal de 4-20 miliamperios .....	84
Figura 37. Sensor de temperatura infrarrojo señal de 4-20 miliamperios.....	84
Figura 38. Tablero de control de sensores de vibración y temperatura de molino .....	84
Figura 39. Transmisor/ analizador de PHFLXA 21 .....	85
Figura 40. Sensor de PH serie FU20 analógico .....	85
Figura 41. Medidor de flujo magnético .....	85
Figura 42. Balanza dinámica para el control de pesaje de mineral .....	86
Figura 43. Luminarias led .....	86
Figura 44. Capacitación del personal de mantenimiento Pan American Silver	99
Figura 45. Funciones del supervisor y trabajador.....	100
Figura 46. Equipo para el plan de mantenimiento .....	103
Figura 47. Indicador de accidentalidad durante el desarrollo del plan de la actividad, año 2021 .....	107

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costo de energía reactiva actual .....	30
Tabla 2. Costo de energía reactiva anterior .....	30
Tabla 3. Mediciones y balance de energía- abril 2021 .....	31
Tabla 4. Balance Celepsa- Huanchor.....	31
Tabla 5. Medidores de Huarón en Francois San José y satélites.....	32
Tabla 6. Suministro de energía de concesionario Celepsa .....	33
Tabla 7. Datos de ingreso .....	33
Tabla 8. Facturación del mes .....	34
Tabla 9. Estadística energética real 2021 .....	35
Tabla 10. Cuadro de lista de materiales.....	36
Tabla 11. Datos característicos de transformador N.º 1 .....	38
Tabla 12. Datos característicos de transformador N.º 2.....	39
Tabla 13. Ruta geográfica UM Huarón.....	47
Tabla 14. Multiplicador de kW para determinarlos kvar en capacitores requeridos para corregir El FP .....	81
Tabla 15. Cronograma de actividades durante la implementación del plan de mantenimiento .....	87
Tabla 16. Formato de inventario de equipos .....	88
Tabla 17. Protocolo de inspección de celdas y tableros eléctricos.....	89
Tabla 16. Predictivo de motores eléctricos.....	90
Tabla 19. Formato para pedido de repuestos críticos para el mantenimiento ..	94
Tabla 20. Listado maestro de procedimientos escritos de trabajo seguro.....	95
Tabla 21. Programa mensual de mantenimiento eléctrico e instrumentación planta.....	96
Tabla 22. Cronograma de actividades mensuales .....	101
Tabla 23. Cronograma de actividades.....	105
Tabla 23. Mantenimiento preventivo de banco de condensadores .....	106
Tabla 25. Plan de mejora del factor potencia .....	108

# INTRODUCCIÓN

El bien común de todo profesional universitario es desarrollarse y afinar sus competencias aprendidas en aula y esto se hace realidad con el desarrollo profesional en cada una de sus labores, esto incentiva el interés de la investigación científica y un contacto directo con la realidad.

La elaboración de este trabajo de suficiencia profesional es producto de la experiencia laboral práctica del autor en el campo de la ingeniería eléctrica. Teniendo como objetivo general desarrollar actividades de ingeniería, mantenimiento e instalaciones de motores eléctricos, instalación de banco de condensadores, además del diseño y ejecución del proyecto con responsabilidad, honestidad, respeto y excelencia en el trabajo. Dado que desarrollar un manejo y evaluación en una empresa minera de gran prestigio y de un alto nivel de innovación es la única manera de conocer el mundo real, dado que contribuye a fortalecer la seguridad y confianza profesional, quienes deben comenzar a establecer su red de contactos.

En el capítulo I se presentan los aspectos generales de la empresa como los datos generales, actividades principales, reseña histórica de la empresa, organigrama, bases legales, visión y misión.

En el capítulo II se presentan los aspectos generales de las actividades preprofesionales como diagnóstico situacional del proyecto, identificación de oportunidades, objetivos de la actividad preprofesional, resultados esperados.

En el capítulo III se presenta el marco teórico como actividades realizadas en el proyecto, estudio definitivo del proyecto y ejecución del proyecto.

En el capítulo IV se presenta una descripción detallada de las actividades preprofesionales como aspectos técnicos de la práctica y ejecución de las actividades preprofesionales.

En el capítulo V se presentan los resultados finales de las actividades realizadas, logros alcanzados y aporte del bachiller en la empresa.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1. Datos generales**

*Pan American Silver Corp.* es una empresa minera multinacional con sede en Vancouver y, cotiza en las bolsas de Toronto y Nueva York bajo el símbolo PAAS. Fundada en 1994, actualmente es la sexta explotadora de plata primaria del mundo y la primera de Canadá, según el Instituto Mundial de la Plata.

*Pan American Silver* se dedica a la minería de plata y a actividades relacionadas con ella, incluyendo exploración, desarrollo de minas, extracción, procesamiento, refinación, y remediación. La empresa posee y opera minas de plata en México, Perú, Bolivia y Argentina. Además, la empresa se encuentra explorando nuevos depósitos de plata y oportunidades en América del Norte y del Sur.

La compañía minera Huarón S. A. es una sociedad anónima que viene operando la unidad minera Huarón, en la misma zona en que la empresa francesa denominada Peñarroya las ejerció desde 1912 hasta 1987, año en que fue vendida a Mauricio Hochschild & Cía. Ltda. S. A. C. con fecha 6 de marzo de 2000, los entonces principales accionistas de la compañía minera Huarón S. A., Mauricio Hochschild & Cía.. Ltda. S.A.C., Cementos Pacasmayo S. A. A. y minera Arcata S. A., suscribieron un contrato de transferencia de acciones y

derechos en la compañía minera Huarón S. A. a favor de *Pan American Silver Corp.*, desde entonces la mayor accionista de la sociedad.

### **1.1.1. Objetivos**

Se trabaja para alcanzar el desarrollo socioeconómico de las comunidades y el crecimiento profesional, también el bienestar personal de los trabajadores. Desde el inicio de las operaciones hay conciencia de la estrecha relación que existe entre el ámbito económico y comercial con lo social, constantemente se busca tener un comportamiento responsable en las dimensiones sociales, ambientales, laborales, de salud, legales y financieras.

En el ámbito interno se privilegian iniciativas orientadas a crear oportunidades para el personal, mientras que en el ámbito externo se brindan herramientas para que sea la propia comunidad protagonista de su cambio, como empresa minera no solo se enfocan en buscar los mejores niveles de producción, sino que se trabaja por un futuro compartido con los trabajadores y las comunidades, con la finalidad de alcanzar el desarrollo socioeconómico del lugar.

El objeto social de las empresas del grupo PAS *Pan American Silver S. A. C.* mina Huarón y Cía. minera *Argentum S. A.* es la actividad minera a través de las operaciones de extracción, exploración, tratamiento y venta de minerales, ya sea por cuenta propia o de terceros y sin que dicha enumeración sea limitativa. En el desarrollo de su objeto principal, las sociedades podrán realizar toda clase de actividades, contratos y negocios que el directorio acuerde emprender o realizar, inclusive participando en otras empresas.

### **1.2. Actividad principal y estratégica**

La visión es ser el principal productor de plata del mundo, con una reputación de excelencia en el descubrimiento, la ingeniería, la innovación y el desarrollo sostenible. Para lograr esta visión, el negocio se basa en los siguientes objetivos estratégicos:



Promover relaciones positivas y de largo plazo con los empleados, accionistas, comunidades y gobiernos locales a través de vías de comunicación abiertas y honestas, así como con prácticas de negocio éticas y sostenibles.

Generar ganancias sostenibles y maximizar el retorno de inversión mediante un desarrollo seguro, eficiente, innovador y sólido de la gestión ambiental y la operación de las minas de plata.

Reemplazar y aumentar de manera innovadora las reservas de plata a través de la exploración en el área cercana a las minas y el desarrollo global de negocios.

Buscar en forma constante nuevas oportunidades de expansión de las minas de plata y adquirir proyectos de calidad.

Alentar a los empleados, en toda la organización, a ser innovadores, receptivos y emprendedores.

Para cumplir estos objetivos estratégicos, *Pan American Silver* atrae, desarrolla y retiene a un equipo de profesionales en minería, líderes en el sector. El equipo cuenta con profundo conocimiento y experiencia en todos los aspectos del negocio, los cuales le permiten a *Pan American Silver* avanzar con confianza en proyectos desde su etapa preliminar, pasando por la construcción y llegando a la operación.

### **1.2.1. Principales servicios**

Los principales servicios que *Pan American Silver* Perú S. A. C. brinda a las demás empresas del grupo son:

- Servicios gerenciales
- Logística y abastecimiento de materiales
- Manejo de recursos humanos y relaciones comunitarias
- Legales
- Contables y tributarios

- Financieros, tesorería y seguros
- Comercialización – sistemas y comunicaciones

### **1.2.2. Compromiso institucional**

*Pan American Silver* Perú reafirma su compromiso en impulsar buenas prácticas ambientales.

En el camino hacia una minería sostenible, *Pan American Silver* Perú viene implementado una serie de acciones en los ámbitos operacional, social y ambiental con el objetivo de generar impactos positivos en la sociedad, conviviendo respetuosamente con las comunidades de las zonas donde se opera y minimizando cualquier riesgo ambiental.

En ese sentido, *Pan American Silver* a través de la unidad minera La Arena (ubicada en La Libertad), participó en el foro virtual teniendo como tema principal “La huella de carbono y su compensación en los sectores regulados y no regulados”, organizado por el gobierno regional de La Libertad.

Este foro se realizó el 4 de noviembre y tuvo como objetivo poder entender la huella de carbono como un primer paso en el camino de la mejora y compromiso en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la lucha contra el cambio climático.

Por otra parte, la presentación de *Pan American Silver* se centró en su compromiso hacia una minería sostenible, un sistema de gestión de la energía y gases de efecto invernadero, con el proceso del cálculo de la huella de carbono, el cual indicó los beneficios y logros a corto plazo a los participantes del sector privado, alcaldes provinciales, distritales y representantes de los diferentes gobiernos regionales a nivel nacional.

Cabe indicar que hace poco *Pan American Silver* recibió el diploma “Huella de Carbono Nivel 2”, reconocimiento otorgado por el Ministerio del Ambiente, por realizar la medición y verificación de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en el periodo 2019, convirtiéndose en la primera empresa del

rubro minero en alcanzar la segunda estrella en la plataforma del gobierno peruano para mitigar el cambio climático en el país.

### 1.3. Reseña histórica de la empresa

*Pan American Silver* Perú inició sus operaciones mineras a mediados del año 1995, comenzando como una compañía en operación con la adquisición de la corporación minera *Nor Perú S. A.* (mina Quiruvilca), de propiedad, en aquel entonces, de *Asarco International*. En el año 2000 adquiere la compañía minera Huarón S. A. del grupo *Hochschild*. Al mismo tiempo que diversifica su actividad prestando servicios gerenciales y otros a las demás empresas del grupo. Para el 2003 se llega a un acuerdo con Volcán por los fundentes ubicados en Cerro de Pasco. Al año siguiente la compañía minera *Argentum S. A.*

Finalmente, en el 2006 entra en vigencia la fusión por absorción entre las empresas *Pan American Silver S. A. C.*, mina Quiruvilca y compañía minera Huarón S. A.



**Figura 1. Planta concentradora**

#### 1.4. Organigrama de la organización en el Perú

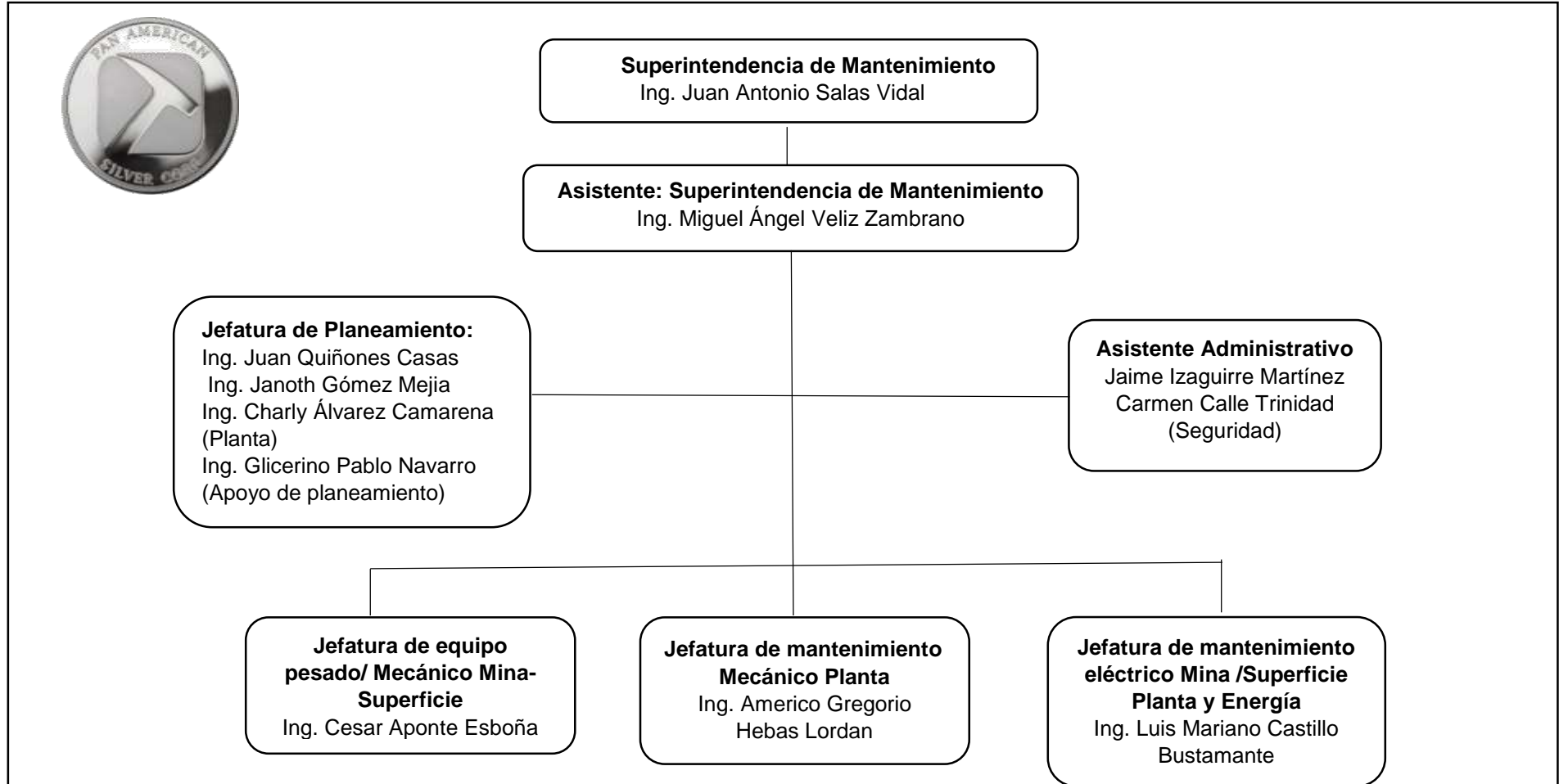


Figura 2. Organigrama de mantenimiento 2021, unidad Huarón

### 1.4.1. Jefatura de equipo pesado

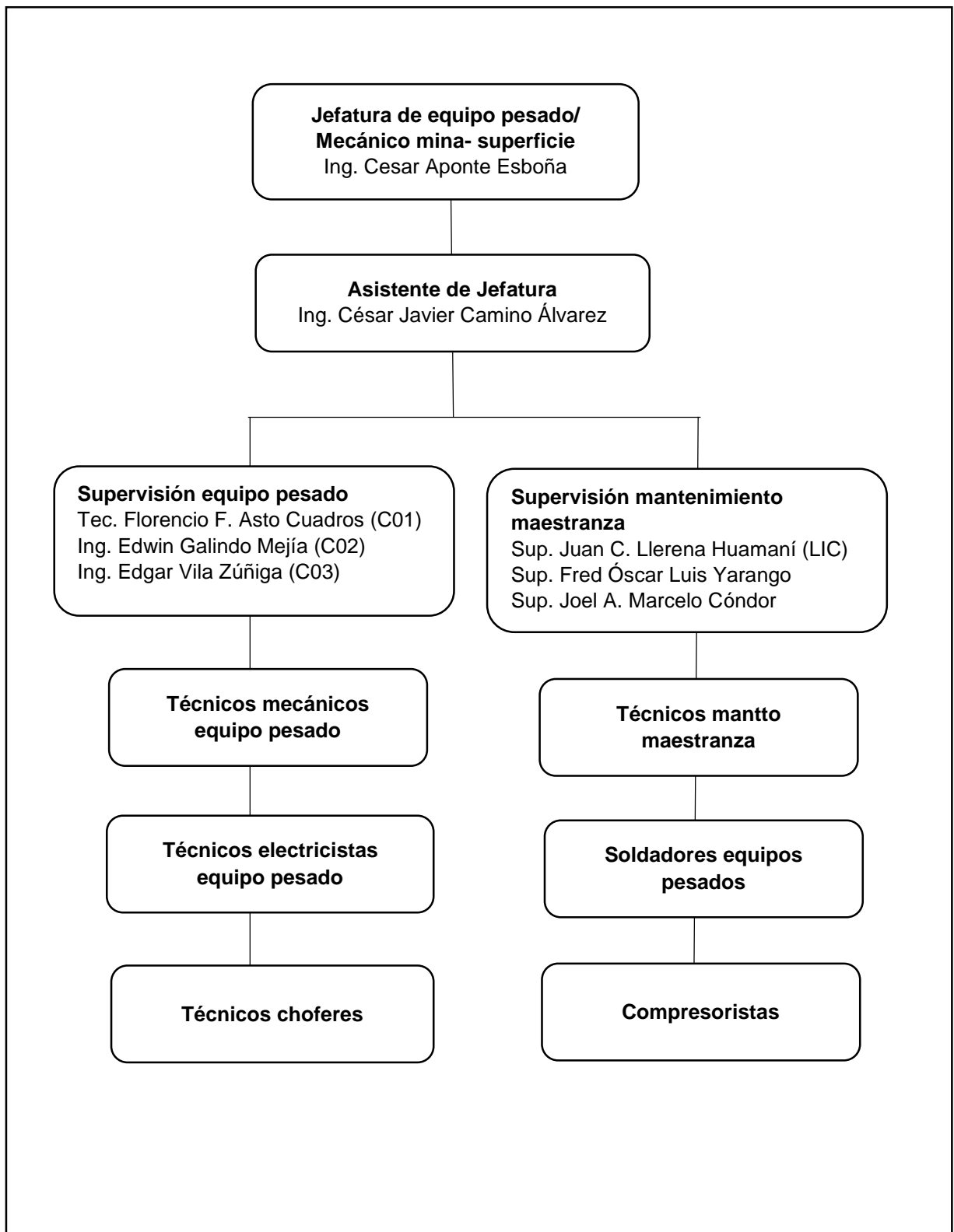
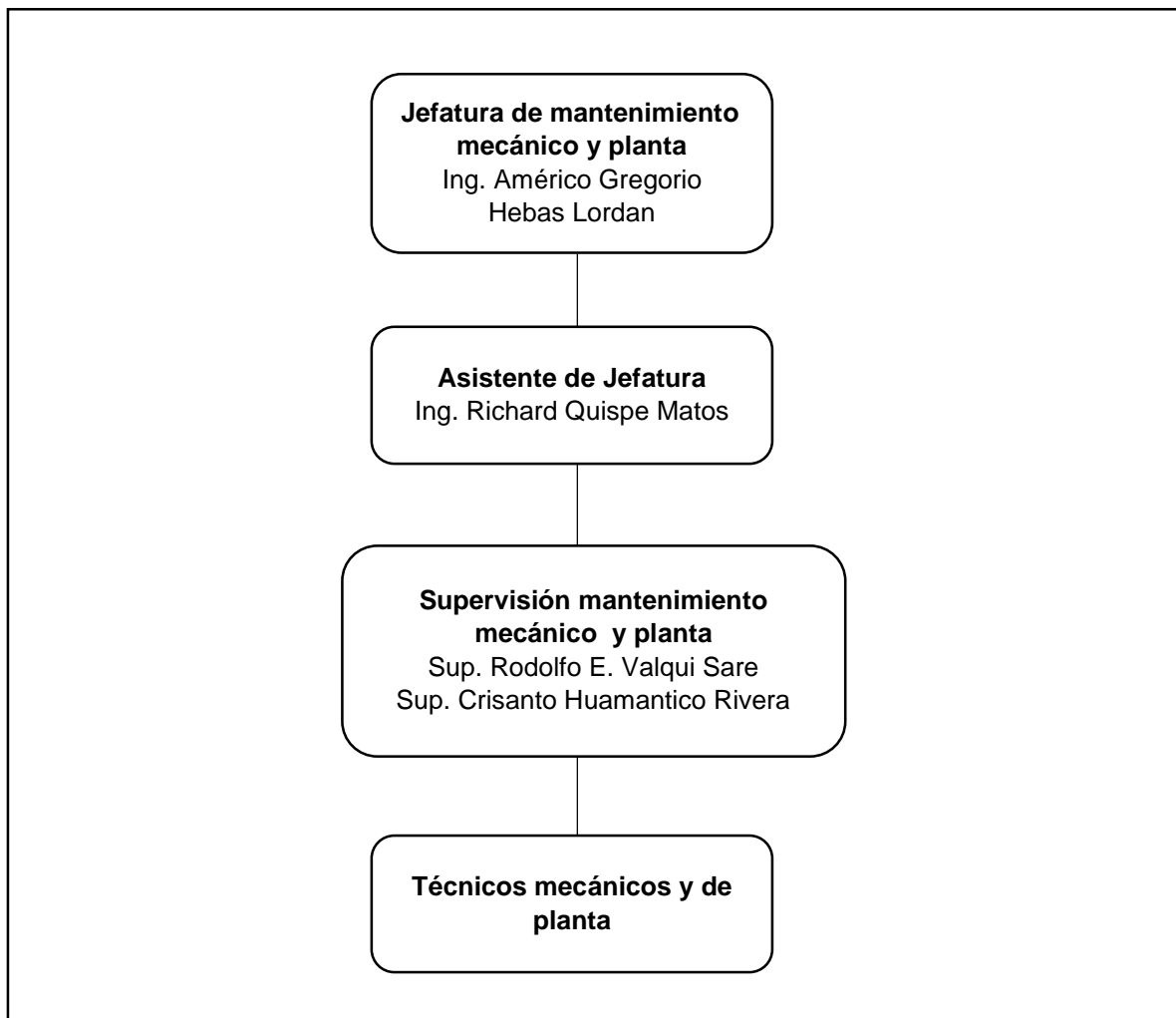


Figura 3. Organigrama de jefatura de equipo pesado

#### 1.4.2. Jefatura de mantenimiento mecánico y planta



*Figura 4. Organigrama de jefatura de mantenimiento mecánico y planta*

### 1.4.3. Jefatura de mantenimiento eléctrico de mina

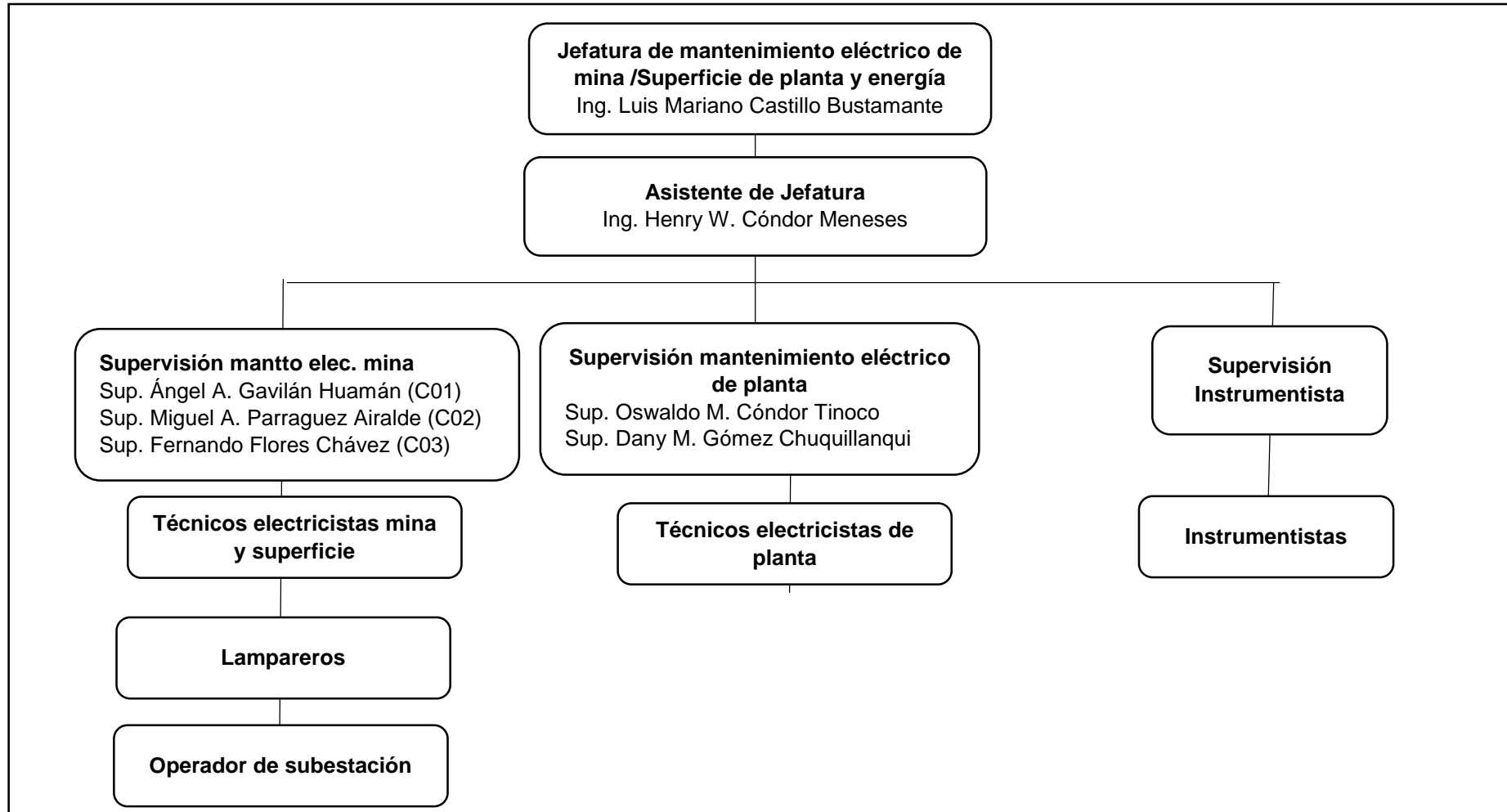


Figura 5. Organigrama de jefatura de mantenimiento eléctrico de mina

## **1.5. Visión y misión**

### **a. Visión**

La visión es ubicarse entre las mejores empresas en el Perú en la minería de plata y el compromiso es la constante mejora de los niveles de calidad, productividad y seguridad en todas las operaciones, así como el rendimiento económico de los recursos a disposición por los accionistas.

### **b. Misión**

Es misión de la empresa producir y comercializar concentrados finos de plata y metales afines procedentes de la explotación de la mina y desarrollar actividades de exploración geológica con el fin de asegurar las reservas de mineral que permitan la explotación económicamente rentable de la mina.

### **c. Valores**

#### **Integridad**

Operar de manera ética y responsable, cumpliendo con todas las leyes, normas y regulaciones aplicables.

#### **Seguridad y salud ocupacional**

Proporcionar un lugar de trabajo seguro y saludable para todos los empleados y contratistas.

#### **Ética**

Operar los negocios sin favoritismos, miedo, coacción, discriminación o acoso.

#### **Honestidad**

Proveer información completa, correcta, exacta, oportuna y comprensible, a todos los organismos reguladores competentes, así como a los accionistas y a los empleados.



## **1.6. Bases legales**

### **1.6.1. Constitución de la minera**

La mina Huarón inició sus operaciones en 1912 por una subsidiaria de la compañía francesa French Penarroya hasta 1987, año en que Mauricio Hochschild y compañía la adquirió. La unidad Huarón se dedica a la extracción y producción de concentrados de plomo, zinc, y cobre. Esta unidad fue paralizada debido al colapso de la laguna Naticocha, originado en la mina Chungar, vecina de Huarón, ocurrido el 23 de abril de 1998, que inundó Huarón por la comunicación de las labores mineras. En marzo del 2000, *Pan American Silver Corp.* adquirió los derechos mineros de la unidad Huarón, hoy PAS – mina Huarón. En el aspecto ambiental, el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) aprobado por el Ministerio de Energía y Minas el 13 de enero de 1997 con Resolución Directoral N.º 010-97-EM quedó sin efecto en cuanto a su cronograma de inversiones, ya que la anterior gestión (Mauricio Hochschild y compañía) solicitó una ampliación del plazo que inicialmente era de nueve meses. Después de la adquisición en marzo del 2000, *Pan American Silver Corp.* evaluó las condiciones ambientales existentes, y se presentó una solicitud de Modificación y Ampliación del PAMA. El Ministerio de Energía y Minas aprobó la modificación del Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) mediante R. D. N.º 391-2001-EM/DGAA del 30 de noviembre del 2001, habiendo considerado para ejecutarse en el año 2001, tres proyectos PAMA: (1) Presa de relaves N.º 5, (2) Manejo de residuos y (3) Estudio de plan de cierre.

La producción promedio de la planta es de 3200 TPD, Huarón opera un molino de 870,000 toneladas nominales por año utilizando tecnología de flotación mediante espuma para producir plata en concentrados de cobre, plomo y zinc. El diagrama de trabajo del molino consiste en tres etapas: trituración, molienda en molino de bolas, y flotación selectiva de concentrados de mineral, seguido por espesado y filtrado de concentrados.

### 1.6.2. Política integrada

*Pan American Silver* Perú se compromete a:

- Desarrollar actividades mineras utilizando prácticas preventivas y efectivas que minimicen riesgos laborales y los impactos ambientales, aun en situaciones de emergencia.
- Cumplir con la legislación vigente y otros compromisos que la organización asuma en forma voluntaria, incluyendo la aplicación de protocolos hacia una minería sostenible.
- Garantizar la implementación de mecanismos que promuevan el control de riesgos en seguridad y salud ocupacional de los trabajadores y la protección del medio ambiente; priorizando la implementación de controles según sea factible
- Promover la participación abierta y transparente de los trabajadores y otros grupos de interés en la gestión integrada.
- Fomentar el mejoramiento continuo de la gestión integrada de la organización.
- Asegurar que los trabajadores cuenten con los conocimientos, equipos, herramientas y materiales para que realicen sus tareas con compromiso hacia la seguridad, salud ocupacional y responsabilidad ambiental.

### 1.7. Descripción del área donde se realizaron las actividades preprofesionales

Las labores encomendadas como Técnico electricista de planta se realizaron en el área de Planta Concentradora, bajo los conocimientos sobre mantenimiento de motores eléctricos, instalaciones de motores eléctricos, medición de la resistencia, mantenimiento de pozas a tierra y la instalación de banco de condensadores y equipos de instrumentación

Especialmente en obras eléctricas en el proyecto ***“Plan de mejora del factor de potencia mediante banco de condensadores 850 kvar/440 VAC en la subestación planta concentradora de la empresa Pan American Silver unidad minera Huarón – Cerro de Pasco 2021”***, donde se desarrollaron las habilidades necesarias aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Continental.

### **1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa**

En la empresa *Pan American Silver* - mina Huarón, Dany Milton Gómez Chuquillanqui, ocupó el puesto de Técnico Electricista de Planta, bajo la modalidad de empleado de Intermediación Laboral estable. Por lo manifestado, se han realizado diversas actividades, aquí se resumen las más resaltantes en el campo, en el área de Planta Concentradora.

- Planificación, elaboración y ejecución del plan de mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos.
- Mejoramiento del sistema de alumbrado (reemplazo de luminarias incandescentes por luminarias led) en todas las secciones de planta concentradora y reducir el consumo de energía eléctrica.
- Ejecución y mantenimiento de pozas a tierra.
- Reemplazo de motores de 60 hp de alta eficiencia en circuito de flotación.
- Supervisar las instalaciones de motores eléctricos, centro de control de motores (CCM), subestación.
- Diseñar la instalación de banco de condensadores para mejorar el factor de potencia.
- Implementación de equipos de instrumentación.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

#### **2.1. Diagnóstico situacional del proyecto**

La empresa *Pan American Silver* dedicada a la minería de plata y actividades relacionadas con ella, incluyendo exploración, desarrollo de minas, extracción, procesamiento, refinación y remediación se ve en la necesidad y obligación de seguir evolucionando constantemente gracias a nuevas investigaciones e innovaciones, y constantemente se ven nuevos equipamientos tecnológicos, y de qué manera contribuir en la mejora; el presente trabajo se desarrolla por problemas que ocasiona el bajo factor de potencia en la subestación planta concentradora, el bajo factor de potencia son principalmente las cargas inductivas como: motores, transformadores fluorescentes, equipos electrónicos y los armónicos, la selección y operación correcta de los equipos. Las compensaciones mediante banco de condensadores es una forma práctica y económica de mejorar el factor de potencia, ya que un bajo factor de potencia ocasiona pérdidas económicas y técnicas, y también permite mejorar la calidad de la energía eléctrica.

Con el diagnóstico y la evaluación se realiza la mejora del factor de potencia y evitar así pérdidas en el consumo de energía, reduciendo el costo.

## **2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional**

Los conocimientos adquiridos en el desarrollo de las diversas actividades de evaluación para la mejora del factor de potencia de la mina de *Pan American Silver*-Huarón, y trabajando bajo estándares y procedimientos de seguridad a los que se tuvo acceso y participación para el mantenimiento de motores eléctricos, ha enriquece con mucho conocimiento al presente investigador; también se tuvo a cargo realizar las mediciones de la resistencia y mantenimiento de pozas a tierra, planificación y ejecución de mantenimientos de equipos eléctricos y electrónicos, como también la instalación de banco de condensadores y que esto favoreció el poder aprovechar al máximo todas la experiencias recogidas en el ámbito laboral, en las aulas y algunas especializaciones de estudios externos desarrolladas durante el proceso de lograr la carrera profesional, con el fin de ser un valor presente más de la empresa *Pan American Silver*, colaborando en lo que estuviese al alcance para la mejora continua del factor de potencia.

## **2.3. Objetivos de la actividad profesional**

### **2.3.1. Objetivo general**

Elaborar y desarrollar el plan de mejora del factor de potencia mediante banco de condensadores 850 kvar/440VAC en la subestación planta concentradora de la empresa *Pan American Silver*, unidad minera Huarón, Cerro de Pasco-2021.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de consumo en el sistema eléctrico para medir y analizar variables como voltaje, corriente, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente.
- Dimensionar un banco de condensadores para obtener un factor de potencia de 0.98.
- Determinar costos para reducir el consumo de energía reactiva.

## **2.4. Justificación de la actividad profesional**

### **2.4.1. Teórica**

Las participaciones profesionales dentro de la elaboración y desarrollo y ejecución del proyecto y un plan de mantenimiento complementan la formación, permitiendo desarrollar cualidades profesionales y también aplicar los conocimientos aprendidos en la universidad.

Desarrollar una estrategia de mantenimiento y aplicarlo en una empresa minera de gran prestigio y buen nivel de gestión en mantenimiento es la única forma de conocer el mundo real, además que contribuye a elevar el nivel de conocimientos de un profesional. Por ello, aquellos que se han desarrollado en un proyecto similar antes o después de terminar la carrera tienen un perfil atractivo hacia los ojos de los empleadores.

### **2.4.2. Práctica**

Hay una etapa en la carrera en la que trabajar se vuelve algo necesario, pero más necesario se vuelve realizarse como profesional con el fin de que uno se adiestre en el campo en base a lo estudiado y así formar parte de un desarrollo moderno en la gestión de activos, no solamente en el sector eléctrico, sino también en las especialidades como mecánica e instrumentación de los distintos procesos de todo un sistema que se maneja hoy en día en las mejores empresas mineras de clase mundial.

Desarrollar y gestionar el buen mantenimiento de las infraestructuras electromecánicas y de todos los activos de la empresa minera *Pan American Silver*, enriquece de muchos conocimientos para el desarrollo profesional y mejoras de los procesos para el empleador.

### **2.4.3. Económica**

Esta inversión se justifica ya que permite el ahorro de costos asociados a energía por parte de la empresa *Pan American Silver Huarón*, ya que cuando se aumenta el factor de potencia, se disminuyen considerablemente las cargas reactivas de compensación por parte de la empresa suministradora del servicio y, por ende, disminuyen los costos de facturación, además se evitan las multas

impuestas por la compañía proveedora del servicio a la compañía consumidora, eso por la parte neta de facturación, a su vez hay que añadir que cuando el factor de potencia aumenta y se acerca a la unidad, la vida útil de los equipos se prolongan y se disminuyen costos operativos en base a lo que es mantenimiento correctivo y reposición de equipos, ya que la vida útil y operativa de los mismos aumentan, lo mismo sucede con las instalaciones eléctricas de la planta.

Los impactos económicos al incrementar condensadores y mejorar los bancos de condensadores de 600 kvar y 700 kvar de factor de potencia de 0.92 a 0.98 son aceptables y muy beneficiosos para la empresa *Pan American Silver* Huarón, reduciendo el costo en la factura general en la planilla de energía. En el pago por penalizaciones, en estos últimos 4 meses, se va viendo el mejoramiento del ahorro por energía reactiva:

**Tabla 1. Costo de energía reactiva actual**

AÑO 2021	Q		COSTO KVARh S/.	1 MES S/.	04 MESES S/.	12 MESES S/.
Exceso Energía Reactiva	kVARh	168.490,20	0,0453	7632,61	30530,42	91591,27

A comparación de los meses anteriores por mes en el 2020.

**Tabla 2. Costo de energía reactiva anterior**

AÑO 2020	Q		COSTO KVARh	1 MES	12MESES	12MESES
Exceso Energía Reactiva	kVARh	210.490,20	0,0453	9535,21	38140,82	114422,47
					DIFERENCIA S/,	22831,20

Esto hace que se debe seguir mejorando el factor de potencia en el sistema eléctrico de la energía en el área de mina y servicios generales, para evitar pagar penalidades por consumo de potencia reactiva.

## Balance

Tabla 3. Mediciones y balance de energía- abril 2021

Descripción	Und.	Celepsa (INC ELC)	Electrocentro Huayllay	Celepsa
Energía activa hora punta	kWh	965,054.33	0.00	965,054.33
Energía activa hora fuera de punta	kWh	4,640,062.46	0.00	4,640,062.46
<b>Energía activa total</b>	kWh	5,605,116.79	0.00	5,605,116.79
Potencia activa hora punta	kW	8,933.60	0.00	8,933.60
Potencia activa hora fuera de punta	kW	9,122.90	0.00	9,122.90
Energía reactiva	kvarh	1,838,979.00	0.00	1,838,979.00

Tabla 4. Balance Celepsa- Huanchor

Descripción	Und.	Celepsa-Francoise	Celepsa-Paragsha II
Energía activa hora punta	kWh	965,054.33	968,335.51
Energía activa hora fuera de punta	kWh	4,640,062.46	4,655,838.67
<b>Energía activa total</b>	kWh	5,605,116.79	<b>5,624,174.18</b>
Potencia activa hora punta	kW	8,933.60	8,964.80
Potencia activa hora fuera de punta	kW	9,122.90	9,312.50
Energía reactiva	kvarh	1,829,385.00	1,829,385.00
Potencia coincidente	kW	6,629.01	<b>6,644.92</b>



Tabla 5. Medidores de Huarón en Francois San José y satélites

Descripción	Und.	Anterior	Actual	Factor	Total	Marzo 2021	Febrero 2021	Enero 2021
Interior de mina	kWh	75026760	77096045	1	<b>2,069,285.0</b>	2,008,321.0	1,760,369.0	1,827,501.0
Planta + Oficinas generales	kWh	87521166	89785081	1	<b>2,263,915.0</b>	2,403,409.0	2,218,665.0	2,322,625.0
Compresoras + R. H. + Talleres	kWh	17491255	17989288	1	<b>498,033.0</b>	501,921.0	456,775.0	474,271.0
Nivel 500 norte + Pique D + Sevilla + Relaves	kWh	603781	986918	1	<b>383,137.0</b>	440,482.0	387,926.0	429,490.0
Vestuarios de mina	kWh	4225836	4263191	1	82,669.0	44,864.2	84,366.2	93,119.1
Pique D + Operaciones	kWh	7457957.50	7551555.80	1	<b>93,598.3</b>	98,458.0	93,392.4	76,769.9
Campamento Santa Bárbara	kWh	6139618	6139618	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
Túnel 250	kWh	3028691	3028691	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
Campamento San José	kWh	10998822	10998822	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
C. Francoise + V. mina + P. N.º 5	kWh	7801395.4	8159320.614	1	<b>357,925.2</b>	369,856.1	333,973.2	369,756.1
S. A. + Garita 1 + Camp 500 + ADM.	kWh	7497500.00	7545600.00	1	<b>48,100.0</b>	56,300.0	46,600.0	47,900.0
Of. Generales + Ventilador + P. Sh.	kWh	3273885	3391764	1	117,879.0	125,854.0	117,063.0	127,869.0
Nivel 700 (Antenas)	kWh	219,344.0	219344	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
S.E. Nivel 600	kWh	836210	836210	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
S.E. 783 (Nivel 250N)	kWh	867289	867289	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
S.E. 990 II	kWh	8744582	8744582	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
Ventiladores RB-39 Superficie	kWh	4839	4839	1000	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
S.E. 385	kWh	6763415	6763415	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
S.E. Tapada Sur	kWh	6751024	6751024	1	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0
S.E. Sevilla	kWh	3941195	4052884	1	<b>111,689.0</b>	129,207.0	107,302.0	115,732.0
S.E. Cancha de relaves	kWh	643453	668381	1	<b>24,928.0</b>	25,758.0	18,433.0	39,095.0
Ventilador RB-52	kWh	5071789	5071789	1	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	0.0	0.0
					<b>5,620,395.2</b>	<b>5,780,289.1</b>	<b>5,204,308.2</b>	<b>5,495,681.0</b>

**Tabla 6. Suministro de energía de concesionario Celepsa**

Descripción	Energía (kWh)	US\$ / kWh	Costo (US\$)
Energía y costo total consumido	5,624,174.18	0.064919	365,113.09

## Costo

### Cálculo del costo de energía consumida de Celepsa- abril 2021

**Tabla 7. Datos de ingreso**

				Francoise 50 kV	Paragsha II 220 kV
Energía activa hora punta	kWh		150,040.53	965,054.33	<b>968,335.51</b>
Energía activa hora fuera de punta	kWh		258,098.49	4,640,062.46	<b>4,655,838.67</b>
Energía activa total	kWh			5,605,116.79	<b>5,624,174.18</b>
Potencia activa hora punta	kW			8,933.60	<b>8,964.80</b>
Potencia activa hora fuera de punta	kW			9,122.90	<b>9,312.50</b>
Energía reactiva	kvarh			1,829,385.00	<b>1,829,385.00</b>
Potencia coincidente	kW				<b>6,644.92</b>
Exceso de energía reactiva	kvarh	164629.44			

Tabla 8. Facturación del mes

Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	P. U.	Valor venta US\$			
1	Demanda coincidente leída	kW	6,644.92	6.9300	46,049.30	<b>1,884.96</b>	6.8600	1.149%
2	Exceso de demanda en horas de punta	kW	0.00	8.1200	0.00		8.1200	0.000%
3	Energía activa en punta	kWh	818,294.98	0.04204	<b>34,401.12</b>	<b>556.19</b>	0.04128	1.841%
4	Energía activa fuera de punta	kWh	4,397,740.18	0.03694	162,452.52	<b>488.72</b>	0.03631	1.735%
5	Exceso de energía en hora punta	kWh	150,040.53	0.0310	4,649.76	<b>2,542.71</b>	0.0305	1.473%
6	Exceso de energía en hora fuera de punta	kWh	258,098.49	0.0310	7,998.47	<b>847.57</b>	0.0305	1.473%
					<b>255,551.17</b>			
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	P. U.	Valor venta S/		P.U.	
1	Exceso energía reactiva	kvarh	168,490.20	0.0453	7,632.61		0.0453	-0.207%
2	Peaje por conexión al SPT	kW	6,644.92	39.9360	265,371.55	<b>17.72</b>	40.269	-0.827%
3	Cargo unitario peaje secundario acumulado en AT (Área 5)	kWh	5,643,544.00	0.004514	25,474.96	<b>25,387.52</b>	0.004514	0.000%
4	Cargo unitario peaje secundario acumulado en AT (Área 15)	kWh	5,643,544.00	0.001396	7,878.39	<b>7851.347162</b>	0.001396	0.000%
5	FISE.D.S.021-2012-EM-Reglamento de la Ley 29852	kWh	5,643,544.00	0.008746	49,358.44	<b>13,340.12</b>	0.009839	11.109%
6	Electrificación rural	kWh	5,643,544.00	0.0088	49,663.19	<b>13,422.48</b>	0.0088	0.000%
					<b>306,357.50</b>			
<b>Total</b>					<b>338,350.49</b>		<b>total energía</b>	
			3.7			<b>13,340.12</b>	<b>fise</b>	
					<b>365,113.09</b>			
		TCCelepsa	3.651					

## Estadística general

Tabla 9. Estadística energética real 2021

Mes	Demanda máxima en Francoise 50 kV kW	Energía mensual kWh	Energía acumulada kWh	Costo US\$	Costo unitario US\$/kWh
Ene.	8,955.50	5,567,490.70	5,567,490.70	362,931.46	0.06519
Feb.	9,122.90	5,248,962.90	10,816,453.60	352,597.88	0.06717
Mar.	9,232.60	5,830,015.80	16,646,469.40	322,540.86	0.05532
Abr.	9,122.90	5,624,174.18	22,270,643.58	365,113.09	0.06492
May					
Jun.					
Jul.					
Ago.					
Sep.					
Oct.					
Nov.					
Dic.					
		<b>22,270,643.58</b>		<b>1,403,183.30</b>	

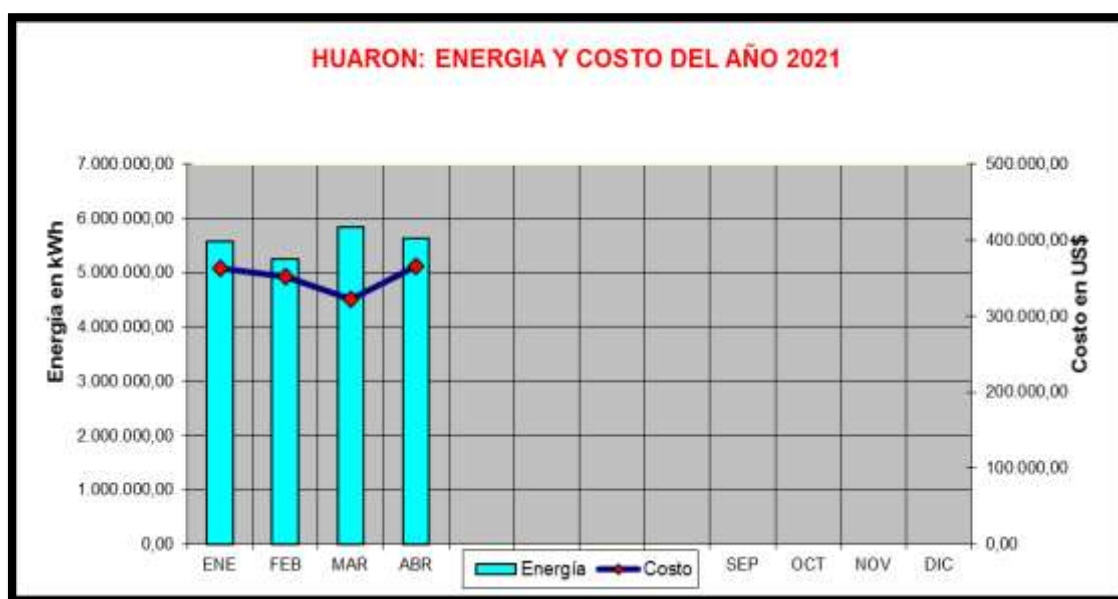


Figura 6. Estadística de energía y costo año 2021

## Presupuesto del proyecto

El proyecto tiene que justificar la inversión realizada, para mejorar el factor de potencia y evitar la penalización por la empresa eléctrica, analizando los beneficios económicos que se obtengan. Este análisis consiste en evaluar los costos y beneficios de la incorporación de capacitores a los 2 bancos de capacitores automático de 600 kvar y 700 kvar, para obtener 850 kvarh, cada

uno, para un periodo de duración de 10 años. La empresa durante los últimos 12 meses ha cancelado S/ 104,573.52 por penalización de bajo factor de potencia y si se mejora en las áreas faltantes, la penalización por tener un factor de potencia de 0.98 sería nula, se detalla una tabla del consumo y pago por este concepto. Así como la lista de los materiales del banco de capacitores.

**Tabla 10. Cuadro de lista de materiales**

COSTO DE MATERIAL					
ITEM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V. UNIT V. S/	TOTAL S/
1	1900200022	REGULADOR ENERGIA REACTIVA 12 PASOS MOD. VPL12NN SCNNEIDER 90 A 550V	2	1,447.82	2895.6384
		COMUNICACION MODBUS			
2	1900700272	CONTACTOR PARA CONDENSADOR SIRIUS MARCA: SIEMENS. RT1647-1AN21	5	490.2537	2451.2685
3	1900600141	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER NSX100H TM100D LV429670 70 - 100 AMP.	5	603.2477	3016.2385
4	1900100023	CABLE CONTROL COBRE GPT 16 AWG USO AUTOMOTRIZ	100	1.05	105
				S/.	8468.1454

**El exceso de energía reactiva:** es aquel que, en cada periodo de la tarifa de acceso, supere el 33% de la energía activa registrada en ese mismo periodo.

El término de facturación de energía reactiva (soles / kvarh) viene definido por el factor de potencia ( $\cos\phi$ ), que mide la cantidad de energía reactiva sobre la energía total y se calcula de la siguiente forma:

$$\cos\phi = \frac{E_a}{\sqrt{E_a^2 + E_r^2}}$$

Si el  $\cos\phi$  es mayor de 0,95, no se aplica ningún coste.

Si el  $\cos\phi$  está entre 0,95 y 0,80, el coste será 0,041554 soles / kvarh

Si el  $\cos\phi$  es inferior a 0,80, el coste será 0,62332 soles / kvarh



**Figura 7. Ejemplo de energía y costo año 2021**

También se puede calcular la relación entre energía reactiva y energía activa de la siguiente manera:

Cosφ = 0,8 indica que la energía reactiva supone el 75% de la energía activa.

Cosφ = 0,95 indica que la energía reactiva supone el 33% de la energía activa.

#### 2.4.4. Técnica

Con la obtención de una adecuada eficiencia energética se logran eliminar las penalizaciones por bajo factor de potencia, obteniendo una reducción de la potencia reactiva, consumiendo lo necesario y liberando la potencia del transformador para aplicar más cargas. Maximizando la vida útil de los equipos. Y para ello conlleva a realizar un análisis técnico y la planificación para la ejecución del proyecto.

#### Cálculos para mejorar el factor de potencia transformador N.º 1

- Corregir el factor de potencia para 0.98 de una carga de 860 kW, 460 V y FP = 0.92
- Sin corrección del factor de potencia
- 

$$Potencia\ aparente\ inicial = \frac{860\ kW}{0.92} = 934\ kVA$$

$$corriente\ inicial = \frac{860\ kW}{\sqrt{3} \times 460 \times 0.92} = 1.1732\ kA$$

- Con corrección del factor de potencia

$$Potencia\ aparente\ final = \frac{860\ kW}{0.98} = 877\ kVA$$

$$Corriente\ final = \frac{860\ kW}{\sqrt{3} \times 460 \times 0.98} = 1.1014\ kA$$

Resulta: 57 kVA libres para añadir nuevos equipamientos.

- Para calcular la capacidad que se va a añadir a cada banco de condensadores será:

### **Banco de condensador N.º 1**

Tabla 11. *Datos característicos de transformador N.º 1*

Datos	P. Transformador	Índice de carga	COSΦ inicial	COSΦ final
	2.0 MVA	47%	0.92	0.98

### **Cálculo de la potencia**

$$P = S \times I_{carga} \times \cos\Phi = 2.0 \times 0.47 \times 0.92 = 864\ kW$$

$$Q = P \times (\tan\Phi - \tan\Phi) \text{ por tabla } 0.233$$

$$Q = 864 \times 0.233 = 202\ kVAR \leftrightarrow 200\ kVAR$$

- Se utilizan 8 condensadores de 25 kvar

### **Cálculos para mejorar el factor de potencia transformador N.º 2**

Corregir el factor de potencia para 0.98 de una carga de 760 kW, 460 V y FP = 0.94

- Sin corrección del factor de potencia:

$$Potencia\ aparente\ inicial = \frac{760\ kW}{0.94} = 808.51\ kVA$$

$$Corriente\ inicial = \frac{760\ kW}{\sqrt{3} \times 460 \times 0.94} = 1.014\ kA$$

- Con corrección del factor de potencia

$$Potencia\ aparente\ final = \frac{760\ kW}{0.98} = 775.51\ kVA$$

$$Corriente\ final = \frac{760\ kW}{\sqrt{3} \times 460 \times 0.98} = 969.14\ A$$

Resulta: 33 kVA libres para añadir nuevos equipamientos.

- Para calcular la capacidad que se va a añadir a cada banco de condensadores será:

### **Banco de condensador N.º 2**

**Tabla 12. Datos característicos de transformador N.º 2**

Datos	P. transformador	Índice de carga	COSΦ inicial	COSΦ final
	2.5 MVA	32.5%	0.94	0.98

Cálculo de la potencia

$$P = S \times I_{carga} \times \cos\Phi = 2.5 \times 0.325 \times 0.94 = 763.7\ kW$$

$$Q = P \times (\tan\Phi - \tan\Phi) \text{ por tabla}$$

$$Q = 763.7 \times 0.16 = 122.2\ kVAR \leftrightarrow 125\ kVAR$$

Se utilizan 5 condensadores de 25 kvar

### **Cálculo de la corriente de diseño para conductores alimentador**

$$I_d = 1.25 \times I_{pc}(969.14)$$

$$I_d = 1211.43\ Amp$$

Cable nyy unipolar de 2+1x300 mm<sup>2</sup> por terna para sistema trifásico y el interruptor principal será: interruptor termomagnético tripolar NS1600H Schneider 33483.



### **Cálculo de la corriente de diseño contactor circuito derivado**

$$I_d = 2.5 \times I_{pc}$$

$$I_d = 2.5 \times I_{pc}(19.5)$$

$$I_d = 48.75 \text{ Amperios}$$

Contactor para condensador Sirius marca: Siemens. Rt1647-1an21

### **Cálculo de la corriente de diseño interruptor termomagnético circuito derivado**

$$I_d = 2.5 \times I_{pc}$$

$$I_d = 2.5 \times I_{pc}(19.5)$$

$$I_d = 48.75 \text{ Amperios}$$

Se utilizará un interruptor termomagnético Schneider NSX100H TM100D LV429670 70 - 100 Amp.

### **2.5. Resultados esperados**

- Después de realizar la ejecución de la mejora del factor de potencia mediante bancos de condensadores, los resultados son óptimos para la empresa para la reducción de los kvar consumidos en comparación con el factor de potencia anterior.
- Se ayuda a mejorar la calidad de la energía eléctrica y el recalentamiento en las líneas de distribución.
- Cumplimiento y desarrollo será en función al mantenimiento predictivo y correctivo.
- Liderar la planificación, elaboración y ejecución de un plan para la mejora del factor de potencia, dando la posibilidad de aprender y progresar en el ámbito profesional y a gestionar activos, mejorar procesos de varios sistemas de una empresa minera.
- Compensar ha permitido disponer de >kW
- Invertir en compensación siempre resultará positivo en ahorro y recuperación de la inversión.

- Reducción de pagos por exceso de energía reactiva
- Aumento del nivel de voltajes en barras
- Reducción del calibre del conductor de líneas y cables
- Aumento de potencia activa disponible
- Reducción de pérdidas del sistema
- Poner conocimientos adquiridos en la Universidad Continental, así como el esfuerzo y capacidad para seguir aportando a la empresa.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Actividades realizadas en el servicio**

En el presente capítulo se estudian los conceptos referentes al estudio de ejecución de la obra: “***Plan de mejora del factor de potencia mediante banco de condensadores 850 kvar/440VAC en la subestación planta concentradora de la empresa Pan American Silver unidad minera Huarón Cerro de Pasco-2021***” con la finalidad de mejorar el factor de potencia y reducir costos con la implementación de bancos condensadores.

#### **3.2. Definiciones básicas para el factor de potencia mediante banco de condensadores**

##### **3.2.1. Planes de mejora**

###### **Concepto**

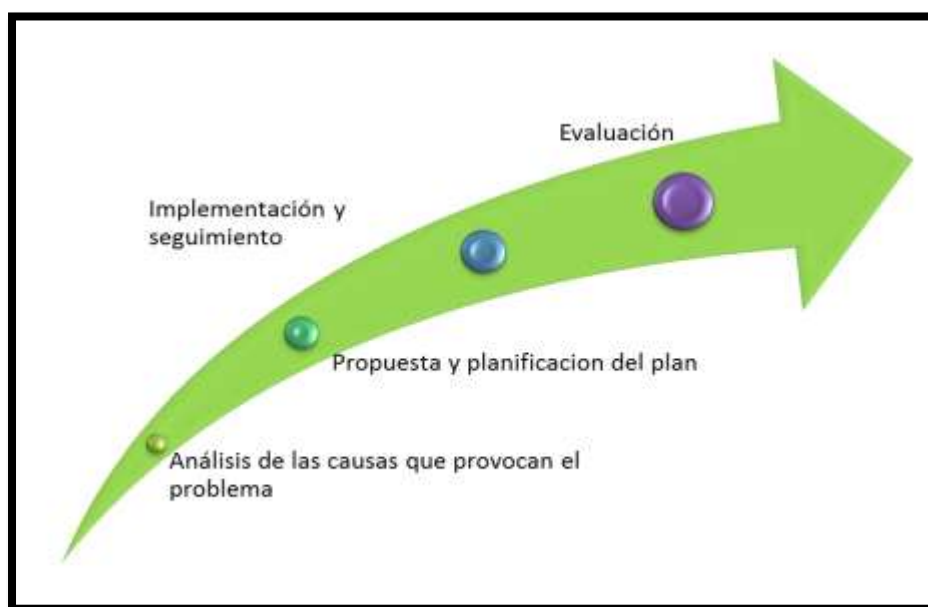
Un plan de mejora es la propuesta de actuaciones, resultante de un proceso previo de diagnóstico de una unidad, que recoge y formaliza los objetivos de mejora y las correspondientes actuaciones dirigidas a fortalecer los puntos fuertes y resolver los débiles, de manera priorizada y temporalizada (1).

El plan de mejora es un proceso que se utiliza para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, para así obtener resultados eficientes y eficaces. El punto clave del plan de mejora es

conseguir una relación entre los procesos y el personal generando una sinergia que contribuyan al progreso constante (2).

### **Metodología del plan de mejora**

La metodología por utilizar consiste en el análisis de las áreas a mejorar, definiendo los problemas a solucionar, y en función de estos estructurar un plan de acción, que esté formado por objetivos, actividades responsables e indicadores de gestión que permitan evaluar constantemente, este proceso debe ser alcanzable en un periodo determinado; y para ello el Plan de mejora deberá seguir los siguientes pasos:



**Figura 8. Pasos para Plan de mejora. Tomada de Metodología para elaborar un plan de mejora continua (2)**

#### **A. Análisis de las posibles causas que han provocado problemas en el tiempo**

Para cumplir con este requerimiento se recomienda tener en consideración los siguientes puntos.

- Identificar el área y procesos a ser mejorados, y para lo cual se debe priorizar en función de su importancia, en relación a la misión, visión y objetivos estratégicos de la organización.
- Analizar el impacto que tiene el proceso en el área, para alcanzar los objetivos estratégicos planteados por la empresa.

- Describir las causas y efectos negativos de la problemática, apoyándose con diversas herramientas y técnicas de análisis como:
  - ✓ Diagrama causa - efecto (espina de pescado).
  - ✓ FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas)
  - ✓ Árbol del problema o diagrama del árbol
  - ✓ Los 5 porqués
  - ✓ AMFE (Análisis de Modo y Efecto de Falla)

## **B. Propuesta y planificación del plan**

Debe ser viable, flexible y que permita integrar nuevas acciones a corto, mediano o largo plazo, y para lo cual se debe tener en cuenta las siguientes acciones:

1. Definir objetivos y resultados del análisis realizado en el punto 1.
2. Analizar las posibles soluciones apoyándose en herramientas como:
  - ✓ Lluvia de ideas
  - ✓ Diagrama de flujo
  - ✓ Matriz de relación
  - ✓ Diagrama de comportamiento
3. Establecer acciones para la solución: en esta fase es necesario asignar tareas a cada miembro del equipo; se sugiere aplicar diferentes herramientas para la solución de problemas que se han identificado, entre ellas están:
  - ✓ Planificación estratégica y operativa
  - ✓ Análisis y rediseño de procesos
  - ✓ Cuadro de mando integral
  - ✓ *Benchmarking* (aprender mejores prácticas)
4. Verificar la aplicación de las acciones en el proceso.
5. Especificar los indicadores que evidencien la mejora en el proceso.
6. Documentar el plan de mejora.

## **C. Implementación y seguimiento**

Para realizar la implementación y seguimiento del Plan de mejora es indispensable incorporar al proceso al personal encargado de realizar las acciones propuestas; los mismos que deben ejecutar las siguientes funciones:

- Informar sobre el plan.

- Ejecutar las acciones programadas con las personas involucradas.
- Dar seguimiento en base a los indicadores de impacto y desempeño, este deberá realizarse en un periodo determinado por los involucrados.
- Verificar que se cumpla el plan de acuerdo a lo que se proyectó.
- Valorar el cumplimiento del plan.

#### **D. Evaluación**

Este punto consiste en verificar el cumplimiento del Plan de mejora continua, de acuerdo a la propuesta, planificación e implantación.

La evaluación es necesaria para poder observar las irregularidades que han surgido en el tiempo de ejecución.

La técnica utilizada para la evaluación del Plan de mejora es:

- Diseñar un plan de evaluación, basándose en los objetivos e indicadores.
- Ejecutar el plan de evaluación.
- Realizar un informe sobre la evaluación indicando las ventajas y desventajas, de los resultados obtenidos del Plan de mejora.

### **3.2.2. Pan American Silver unidad Huarón**

#### **3.2.2.1. Ubicación y accesibilidad**

El yacimiento de Huarón se encuentra ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco y región Andrés Bello Cáceres, en un área aproximada de 15 km<sup>2</sup>, en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes (3).

Huarón se ubica geográficamente en las siguientes coordenadas:

- 76° 25' 30" de longitud Oeste de Greenwich
- 11° 00' 45" de latitud Sur
- 4,200 a 4,800 m s.n.m. altitudes promedio.

Existen esencialmente dos vías de acceso carrozables que son:

Lima - La Oroya - Unish - Huarón

Es la carretera más conservada y utilizada, por constituir en gran

parte la carretera central (Lima - Unish). Lima - Canta – Huarón.

Asfaltada solo en el tramo: Lima - Santa Rosa de Quives en 75 km y afirmada lo 146 km, es poco utilizada por su poca conservación.



**Figura 9. Mapa de ubicación geográfica de la unidad minera Huarón. Tomada de Parámetros geomecánicos (3)**



**Figura 10. Ruta geográfica UM Huarón. Tomada de Parámetros geomecánicos (3)**

**Tabla 13. Ruta geográfica UM Huarón**

Tramo	Distancia km	Carretera
Lima- Huaral- Huarón	210	Asfaltado
Lima- La Oroya - Huarón	230	Asfaltado
Promedio de viaje	240	Asfaltado - afirmado

**Tomada de Mejora de la productividad (4)**

### **3.2.2.2. Topografía**

Cuenta con una topografía marcadamente accidentada por su ubicación en el flanco oriental de la cordilla occidental de los Andes, donde muestra antiguos valles en forma de artesa en “U”, como consecuencia de la acción glaciaria, dejando permanentes lagunas escalonadas intercomunicadas por un drenaje natural. En las partes bajas como Huayllay, San José y La Calera, los rasgos glaciares se manifiestan por la presencia de morrenas, constituidos por detritus de diferente litología (areniscas, lodolitas, margas, cuarcitas y otros) que muestran estrías características del arrastre morrénico; su altitud varía desde los 4200 a 4800 m s.n.m., proporcionando una ventaja respecto a los accesos y ubicación de la estructura mineralizada; característica topográfica por su sistema orogénico andino y por los efectos de los plegamientos geológicos (5).

### **3.2.2.3. Clima-flora-fauna**

El clima de la región es frígido, determinándose periodos secos y lluviosos, en cuanto a la flora, es pobre; donde la superficie mayormente está cubierta por pastos matorrales “ichu”, conocidos como pastos altoandinos que sirven de alimento al ganado, ovino principalmente. Respecto a la fauna, hay gran cantidad de ganado ovino, camélidos sudafricanos (llamas, alpacas, vicuñas), pequeña cantidad de vacunos y algunas variedades de aves (3).

### **3.2.2.4. Relieve**

Topográficamente hablando, Huarón presenta zonas accidentadas con ondulaciones ligeramente inclinadas hacia el oriente, conforman taludes de derrubios aluviales que fueron producidos por causa de la erosión. El valle es en U en casi toda su extensión producto de la acción glaciaria que presenta. Como remanentes, algunas lagunas escalonadas interconectadas por un drenaje natural representan geoformas o rasgos de glaciaria como morrenas hacia las partes bajas de Huayllay y San José que son constituidos por detritos de



areniscas, cuarcitas, etc. con matriz suelta de arcilla color rojo ocre y blanco plumizo (3).

### **3.2.2.5. Antecedentes**

El departamento de Pasco era originalmente parte del departamento de Junín; fueron divididos después de 1919 en la configuración actual. El área de Huarón era conocida inicialmente como el distrito de Huancavelica, del departamento de Junín. Esto condujo a la confusión en cuanto a localizaciones exactas del mineral. La mina fue referida como la mina de San José en los años 20, y ahora se considera estar en el distrito de San José de Huayllay. La mina Huarón inició sus operaciones en 1912 por una subsidiaria de la compañía francesa French Penarroya hasta 1987, año en que Mauricio Hochschild y compañía la adquirió. La unidad Huarón se dedica a la extracción y producción de concentrados de plata, plomo, zinc y cobre. Esta unidad fue paralizada debido al colapso de la laguna Naticocha, originado en la mina Chungar, vecina de Huarón, ocurrido el 23 de abril de 1998, que inundó Huarón por la comunicación de las labores mineras. En marzo del 2000, *Pan American Silver Corp.* adquirió los derechos mineros de la unidad Huarón, hoy *Pan American Silver S. A.* - unidad económica administrativa Huarón (6).

### **3.2.2.6. Recursos de la minera**

#### **Recursos naturales**

El yacimiento mineral constituye el principal recurso, es así como en el área correspondiente a la U. E. A. Huarón se encuentran minerales como la plata, zinc, plomo y cobre que es objeto de la explotación (6).

#### **Recursos agropecuarios**

Cuenta con la presencia de pastos naturales en las comunidades vecinas, es importante destacar que la población se dedica a la actividad agrícola y pecuaria debido a las características climatológicas y topográficas que presenta el territorio y que hacen propicia la explotación de los terrenos aptos para la agricultura, destacando el cultivo de la maca; la producción pecuaria es tradicional y extensiva (de pastoreo a campo abierto) principalmente en la producción vacuna, ovina, alpacas, vicuñas u otros (6).

## **Recursos hídricos**

El agua requerida para trabajos de mina se obtiene de la laguna Llacsacocha, que a través de un sistema de bombeo es derivado hacia el nivel 800, donde se cuenta con dos tanques de almacenamiento de agua para ser bombeados hacia los niveles superiores (6).

## **Recursos humanos**

La mano de obra para trabajos de mina proviene de Cerro de Pasco, el distrito de Huayllay y zonas aledañas, donde la empresa Huarón tiene compromiso con las comunidades para dar trabajo a sus miembros (6).

### **3.2.3. Subestación eléctrica**

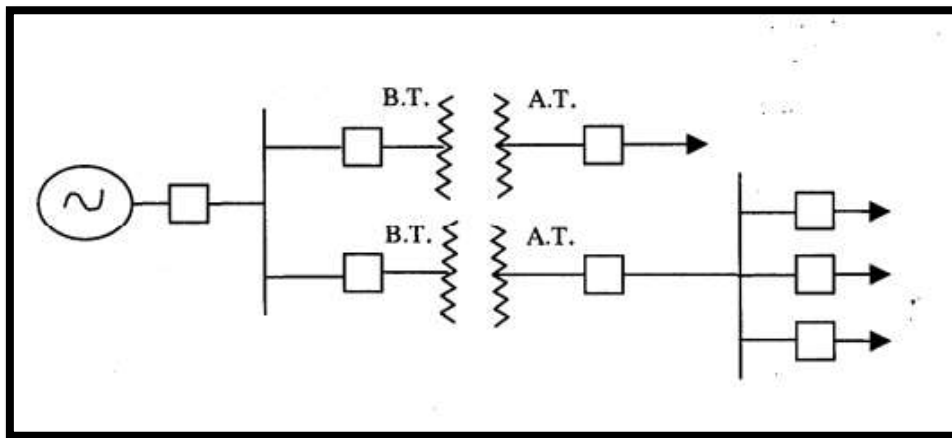
Una subestación eléctrica es un arreglo de componentes eléctricos que incluyen barras, transformadores de potencia, interruptores, cuchillas, desconectadoras, auxiliares, etc. Las subestaciones pueden estar localizadas en las centrales eléctricas (elevadoras) en los sistemas de transmisión y distribución y en las instalaciones de los consumidores, en principio tienen arreglos y componentes similares. Básicamente, una subestación eléctrica consiste de un número de circuitos entrantes y salientes conectados a un sistema de barras común que son conductoras. Cada circuito tiene un cierto número de componentes eléctricos, tales como: interruptores, cuchillas, desconectadoras, transformadores de potencia, transformadores de corriente, transformadores de potencial, etc., todos estos componentes están conectados en una secuencia definida, de manera que un circuito se puede desconectar durante la operación por medio de control normal y también en forma automática durante las condiciones anormales de operación, como por ejemplo un cortocircuito. Las subestaciones eléctricas son parte integral de un sistema de potencia y forma eslabones importantes entre las centrales de generación, los sistemas de transmisión, los sistemas de distribución y las cargas o usuarios (7).

### 3.2.3.1. Tipos de subestaciones eléctricas

Dependiendo del nivel de voltaje, potencia que manejan, objetivo y tipo de servicio que prestan, las subestaciones se pueden clasificar como (7):

- **Subestaciones elevadoras**

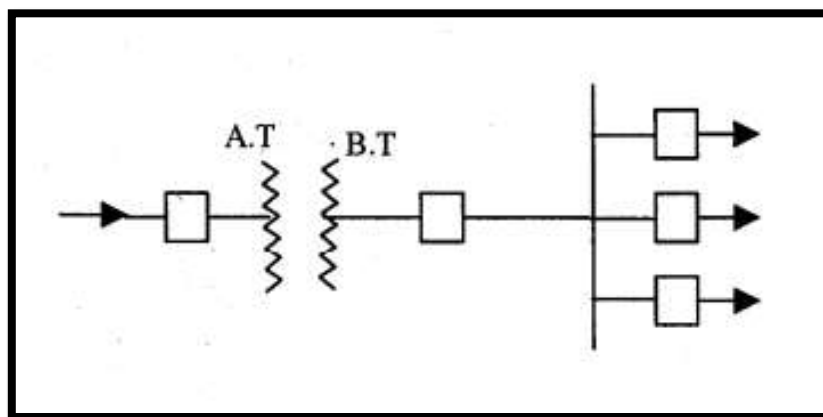
Este tipo de subestaciones se usa normalmente en las centrales eléctricas, cuando se trata de elevar los voltajes de generación a valores de voltajes de transmisión.



*Figura 11. Arreglo de subestaciones elevadoras. Tomada de Actualización y modelación de sistema (8)*

- **Subestaciones reductoras**

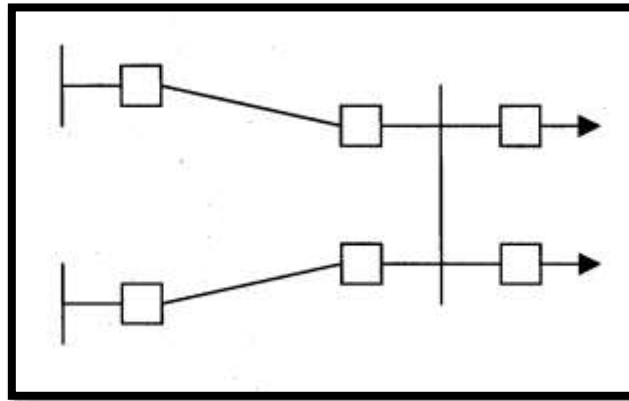
Estas son subestaciones que se encuentran en las redes de transmisión, subtransmisión o distribución y constituyen el mayor número de subestaciones en un sistema eléctrico.



*Figura 12. Arreglo de subestaciones reductoras. Tomada de Actualización y modelación de sistema (8)*

- **Subestaciones de enlace**

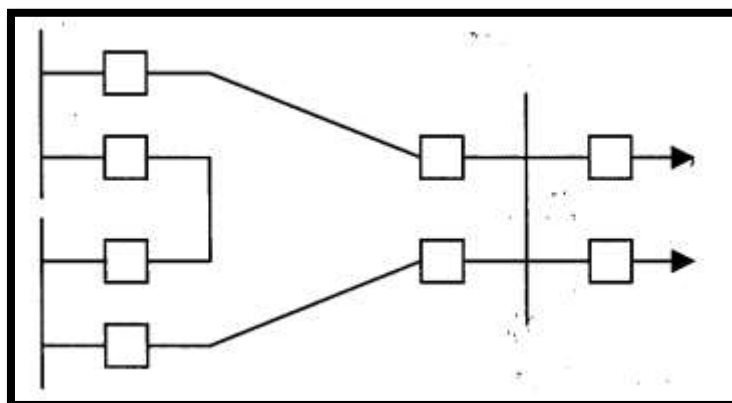
En los sistemas eléctricos se requiere tener mayor flexibilidad de operación para incrementar la continuidad del servicio y consecuentemente la confiabilidad, por lo que es conveniente el uso de las llamadas subestaciones de enlace.



*Figura 13. Arreglo de subestaciones de enlace. Tomada de Actualización y modelación de sistema (8)*

- **Subestaciones en anillo**

Estas subestaciones se usan con frecuencia en los sistemas de distribución para interconectar subestaciones que están interconectadas a su vez con otras.



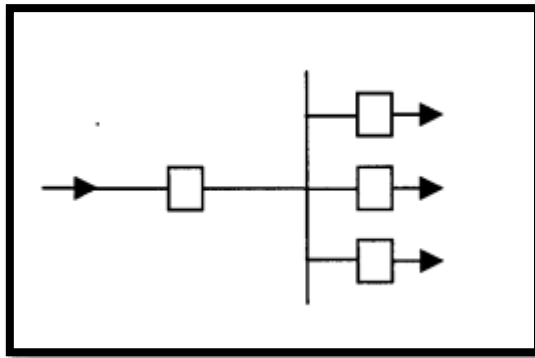
*Figura 14. Arreglo de subestaciones en anillo. Tomada de Actualización y modelación de sistema (8)*

- **Subestaciones radiales**

Cuando una subestación tiene un solo punto de alimentación y no se interconecta con otras.

- **Subestaciones de *switcheo***

En estas subestaciones no se tienen transformadores de potencia, ya que no se requiere modificar el nivel de voltaje de las fuentes de alimentación y solo se hacen operaciones de conexión y desconexión (maniobra o *switcheo*).



**Figura 15. Arreglo de subestaciones de *switcheo*. Tomada de Actualización y modelación de sistema (8)**

### 3.2.3.2. Características de las configuraciones

Las principales características de las subestaciones de potencia son (9):

- Las subestaciones con barras de transferencia brindan confiabilidad por falla o mantenimiento en interruptores.
- Las subestaciones con doble barra brindan flexibilidad para la operación del sistema y confiabilidad por falla o mantenimiento de barras.
- Las subestaciones con doble barra, en donde una de ellas también sirve como barra de reserva, no brindan simultáneamente flexibilidad y confiabilidad.
- El seccionamiento de barras brinda parcialmente confiabilidad por falla o mantenimiento de barras.
- La subestación con conexión de interruptores brinda mejor confiabilidad y seguridad sacrificando la flexibilidad.
- La configuración en anillo siempre se debe diseñar en forma modular, tal que se pueda convertir en interruptor y medio.

- Las configuraciones más utilizadas para subestaciones encapsuladas en SF6 en alta tensión son: doble barra, anillo e interruptor y medio; para extra alta tensión adicionalmente doble interruptor.
- La barra sencilla es una configuración sin confiabilidad, seguridad o flexibilidad, que se debe utilizar solo para subestaciones pequeñas o de media y baja tensión o de menor importancia en el sistema.
- La doble barra más seccionador de *by pass* o paso directo es una configuración que brinda, pero no simultáneamente, flexibilidad y confiabilidad, complicada en su operación y control, que puede ser utilizada en subestaciones de maniobra con generación o transformación.
- La doble barra más seccionador de transferencia es una configuración similar a la anterior, pero un poco más simple en su operación y control.
- El anillo cruzado es una configuración un poco más confiable que el interruptor y medio, pero más complicada en su control y operación.

#### **3.2.4. Potencia eléctrica**

La potencia se puede definir como la capacidad para efectuar un trabajo, en otras palabras, como la razón de transformación, variación o transferencia de energía por unidad de tiempo (10).

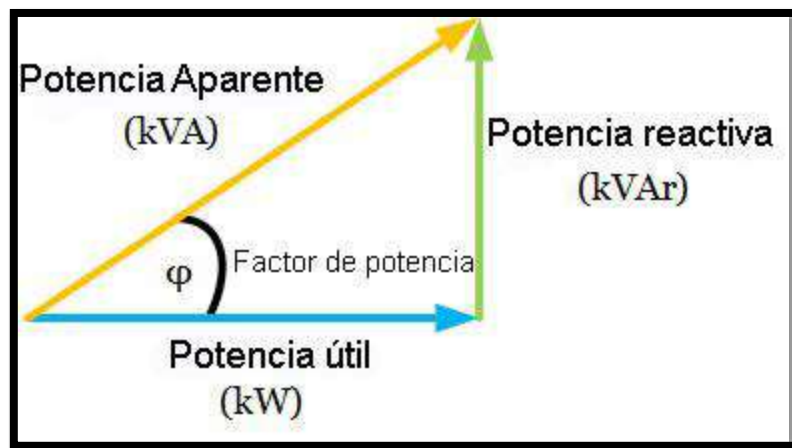
Para poder accionar diferentes equipos y máquinas que se encuentran dentro del ámbito eléctrico, se hacen presentes las siguientes potencias:

- ✓ Potencia activa
- ✓ Potencia aparente
- ✓ Potencia reactiva

En la figura 16 se puede apreciar el triángulo de potencias, donde se aplica una ley de Pitágoras para determinar la potencia aparente y sus derivadas cuando sea necesario calcular la potencia reactiva, normalmente es variable por la carga. Cuando se desea realizar la medición de potencia en corriente alterna, resulta ser más complicado debido al efecto de los capacitores e inductores. En un circuito de corriente alterna existen tres parámetros de resistencia, inductancia y capacitancia.

Esto quiere decir que, en circuitos puramente resistivos, se tiene a la tensión (V) en fase con la corriente (I), que generalmente toda la energía la transforma en energía lumínica o calorífica.

Asimismo, en circuitos puramente inductivos la corriente se encuentra  $90^\circ$  en atraso, respecto a la tensión y en el caso de circuitos puramente capacitivos, la corriente se encuentra  $90^\circ$  en adelante de la tensión.



**Figura 16. Triángulo de potencias eléctricas. Tomada de Circuitos Eléctricos (11)**

### 3.2.5. Tipos de potencia

#### A. Potencia activa

La potencia activa se refiere a la ejecución de un trabajo, siendo esta una energía utilizable y real que convierte la energía eléctrica en otras formas de energía como pueden ser térmica, lumínica, mecánica y otras. Se representa por la letra (P), su unidad es el vatio (W) y es posible medirla con un vatímetro.

Las cargas más comunes de esta potencia son las de tipo resistivo, que normalmente se encuentran en los sistemas eléctricos industriales, residenciales o comerciales.

En los circuitos resistivos las formas de onda de la tensión y corriente llegan en un mismo instante de tiempo por el punto cero, quiere decir que la tensión y la corriente, se encuentran en fase ( $\varphi = 0$ ) y que toda la potencia de

entrada se convierte en potencia útil, dando como resultado a un factor de potencia igual a la unidad.

La potencia activa está representada:

**Ecuación 1:**

$$P = \sqrt{3}.V.I \cos\varphi$$

**Donde:**

P: potencia activa (W)

I: corriente (A)

V: voltaje (V)

$\cos\varphi$ : valor del ángulo que se forma entre P y S

$\sqrt{3}$ : constante para circuitos trifásicos

## **B. Potencia reactiva**

La potencia reactiva no genera ningún trabajo útil, pero resulta necesaria para el funcionamiento de ciertas máquinas y dispositivos eléctricos (motores, transformadores, bobinas, relés, etc.), que requieren de esta potencia para generar el campo magnético, quiere decir que una parte de la energía que ingresa es consumida para crear este campo y que esta parte de energía de ingreso no puede ser convertida en energía activa y es retornada a la red eléctrica al removerse el campo magnético.

Dicha potencia no puede transformarse en potencia mecánica o calorífica útil, debido a que tanto en bobinas y condensadores el valor medio es nulo.

Este tipo de potencia es representada por la letra (Q), expresada en unidades de Voltio-Amperio reactivo (var).

La potencia reactiva está representada:

**Ecuación 2:**

$$Q = \sqrt{3}.V.I \text{ Sen } \varphi$$



**Dónde:**

Q: potencia reactiva (var)

I: corriente (A)

V: voltaje (V)

$\text{Sen } \varphi$ : valor del ángulo que se forma entre Q y S

$\sqrt{3}$ : constante para circuitos trifásicos

En la potencia reactiva, existen dos tipos de cargas que son:

- **Cargas inductivas**

Las cargas inductivas se encuentran en lugares donde haya bobinados como los motores, balastos, transformadores, entre otros; su característica principal de estos elementos es la de almacenar y consumir energía activa para después convertirla en energía magnética. Por este funcionamiento que realizan estas máquinas, es que la corriente se encuentra retrasada respecto a la forma de onda del voltaje, es por lo que se genera el bajo factor de potencia.

- **Cargas capacitivas**

Las cargas capacitivas son las que se utilizan la energía, pero no generan trabajo, como en el caso de los capacitores o condensadores, que simplemente la absorben para poder almacenar energía en forma de campo eléctrico y luego la devuelven al sistema.

Por este funcionamiento que realizan las cargas que tienen reactancia capacitiva, es que la corriente se encuentra en adelante respecto a la forma de onda del voltaje.

### **C. Potencia aparente**

La potencia aparente o total es la que realmente es absorbida por la carga y se obtiene a través de la suma de los vectores de las potencias activa y reactiva, o el producto de la corriente y el voltaje.

Este tipo de potencia es representada por la letra (Q), expresada en unidades de *volts-ampers* (VA) y posible medirla con una pinza amperimétrica.

La potencia aparente está representada:

**Ecuación 3:**

$$S = \sqrt{3}.V.I$$

**Donde:**

S: potencia aparente (VA)

I: corriente (A)

V: voltaje (V)

$\sqrt{3}$ : constante para circuitos trifásicos

### 3.2.6. Factor potencia

Se denomina factor de potencia al cociente existente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo relativo entre la tensión y la corriente, cuando la forma de onda es sinusoidal pura. En pocas palabras, debe tratarse de que el factor de potencia coincida con el coseno phi lo mayor posible (12).

**Ecuación 4:**

$$FP = \frac{P(ACTIVA)}{P(APARENTE)}$$

Se aconseja que en una instalación eléctrica y empresas de servicio electromagnético el factor de potencia sea alto, se exigen valores de 0,8 y más. O simplemente factor de potencia es el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (kW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (kVA). En la mayoría de las industrias la naturaleza eléctrica es de carácter reactivo gracias a la presencia de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (kW) se sume el de una potencia llamada reactiva (kvar), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Dicha potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad

deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

#### **3.2.6.1. Causas del bajo factor de potencia**

Todo aquello que genera cargas inductivas como lo son motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del factor de potencia bajo, ya que estas son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente tiene un desfase en relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia (12).

#### **3.2.6.2. Consecuencias asociadas al bajo factor de potencia**

Todas las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1, afectan a la red eléctrica tanto en alta como en baja tensión, y además, tienen las siguientes consecuencias en la medida que el factor de potencia disminuye:

- Calentamiento de cables
- Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos
- Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución
- Aumento de la caída de tensión
- Mayor consumo de corriente
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de potencia en pérdidas
- Penalizaciones económicas variadas, incluyendo corte de suministro en caso de factor potencia muy bajos

#### **3.2.6.3. Beneficios por corregir el factor de potencia**

Las empresas proveedoras del servicio eléctrico, por lo general, centran su atención en el Factor de Potencia demandado por sus clientes, ya que esta es una de las razones por las que es necesario sobredimensionar la capacidad en potencia eléctrica de transformadores de distribución y los calibres de cables usados para el transporte de energía eléctrica. Este sobredimensionamiento

obviamente ocasiona a las empresas proveedoras del servicio, un mayor esfuerzo y costo para el transporte de electricidad y, por ende, un incremento de las tarifas para el usuario y en casi siempre implica multas a los usuarios que exceden ciertos valores. Dicho esto, muchas alternativas han sido planteadas para mejorar el factor de potencia de una instalación eléctrica sin que esto implique que el usuario reduzca su nivel de consumo o tener que prescindir de ciertos equipos conectados a su red eléctrica, entre ellos, el más común es la implementación de bancos de condensadores que corrigen el factor de potencia dando solución al problema (12).

#### **Beneficios en los equipos:**

- ✓ Disminución de las pérdidas en conductores.
- ✓ Reducción de las caídas de tensión.
- ✓ Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- ✓ Incremento de la vida útil de las instalaciones.

#### **Beneficios económicos:**

- ✓ Reducción de los costos por facturación eléctrica
- ✓ Eliminación del cargo por bajo factor de potencia
- ✓ Menores secciones y protección

#### **3.2.7. Descripción de $\text{Cos } \varphi$**

Para empezar, el ángulo “ $\varphi$ ” es definido como el ángulo de desfaseamiento entre la corriente y la tensión (13).

El  $\text{Cos } \varphi$  se define como la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación. Está representado por la siguiente ecuación:

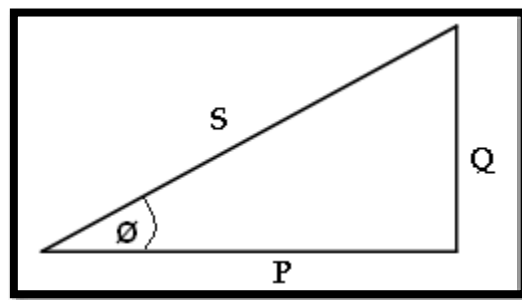
#### **Ecuación 5:**

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S}$$

P: potencia activa (kW)

S: potencia aparente (kVA)

Este  $\text{Cos } (\varphi)$  es representado en el siguiente cuadro por sus características trigonométricas.



**Figura 17. Triangulo de potencias. Tomada de Implementación de un banco de condensadores (12)**

**Donde:**

$$\text{Cos } (\varphi) = P/S$$

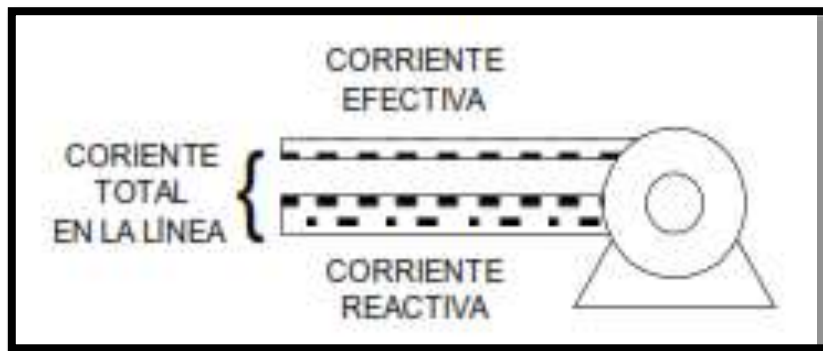
FP:  $\text{Cos } (\varphi)$

Del triángulo de potencia se observa por Pitágoras  $s = \sqrt{S^2 + Q^2}$

Y de esta manera se puede conocer la potencia aparente.

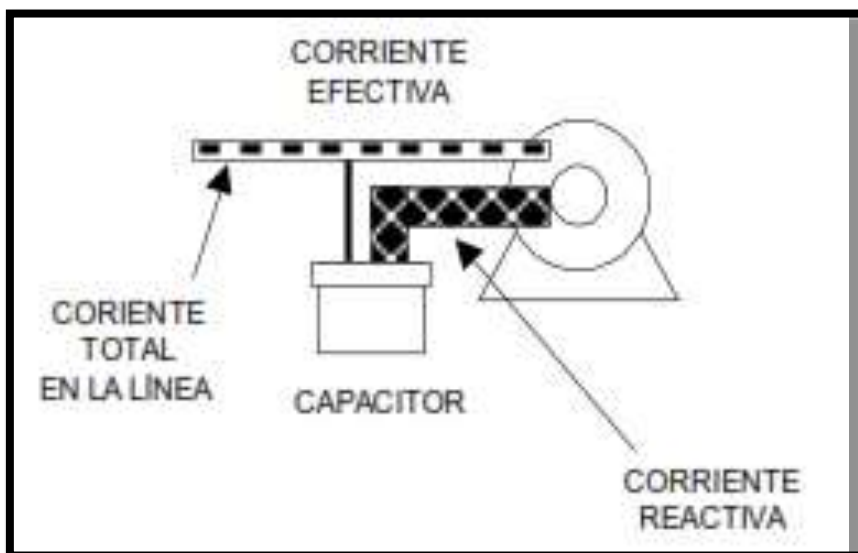
Todos los equipos electromecánicos que llevan devanados o bobinas, necesitan corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. Esta corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el  $\text{Cos } \varphi$  sería la unidad.

El desfase entre las ondas de tensión y corriente, producido por la corriente reactiva se anula con el uso de condensadores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente, lo que técnicamente se denomina compensación. En la siguiente imagen se ve un motor de inducción sin ningún tipo de compensación reactiva.



**Figura 18. Motor de inducción sin compensación. Tomada de Corrección del factor de potencia (14)**

A diferencia de la siguiente imagen, que muestra el mismo motor, pero con el  $\text{Cos } \phi$  corregido.



**Figura 19. Motor de inducción  $\text{Cos } \phi$  corregido. Tomada de Corrección del factor de potencia (14)**

### 3.2.7.1. Efectos de un valor de $\text{Cos } \phi$ bajo

Tener un bajo valor de  $\text{Cos } \phi$  trae ineficiencia en el sistema eléctrico por los siguientes motivos (13):

- Al tener un bajo valor de  $\text{Cos } \phi$ , la potencia reactiva consumida será elevada, por lo cual los gastos serán mayores.
- La vida útil de nuestros grupos electrógenos, subestaciones y conductores eléctricos disminuyen por posibles sobrecargas que el bajo valor de  $\text{Cos } \phi$  genere.

- Los grupos electrógenos generan más gases contaminantes por la quema de petróleo, esto se da porque la demanda de energía es mayor.
- Al tener demanda de energía reactiva, tenemos una menor disponibilidad de energía en los transformadores y grupos electrógenos.

### **3.2.7.2. Ventajas de la corrección de un $\text{Cos } \varphi$**

La corrección del  $\text{Cos } \varphi$  traerá las siguientes ventajas (13):

- Un menor costo de energía eléctrica. Al mejorar el valor del  $\text{Cos } \varphi$ , se demandará menos energía en los grupos electrógenos.
- Aumento en la capacidad del sistema. Al mejorar el valor del  $\text{Cos } \varphi$ , se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente pasaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y cables.
- Mejora en la calidad del voltaje. Un bajo valor de  $\text{Cos } \varphi$ , puede reducir el voltaje de la planta cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el valor del  $\text{Cos } \varphi$  se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura. Esto se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que pasa por la misma multiplicada por la resistencia en la línea.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, conductores y generadores.
- Aumento de la vida útil de los equipos en el sistema eléctrico, como transformadores y grupos electrógenos.

### **3.3. Banco de condensadores**

Existen dos tipos de bancos de condensadores (fijos y automáticos) cada uno depende del uso que este tenga. Además, es de suma importancia tomar en cuenta la posible presencia de receptores que puedan contaminar la instalación de armónicos. La presencia de un banco de condensadores en una instalación eléctrica no genera armónicos, pero si amplifica los ya existentes, empeorando así el problema. A su vez, es un elemento muy sensible a los armónicos, ya que presenta una baja impedancia a frecuencias elevadas y absorbe las intensidades

armónicas fácilmente, por lo que se reduce el tiempo de vida útil. Por este motivo se selecciona un tipo de protección para armónicos según sea el caso (13).

### **Banco de condensadores fijos**

Los bancos de condensadores fijos se colocan en puntos del sistema eléctrico donde la energía reactiva sea constante o tenga ligeras variaciones. Este tipo de banco de condensadores generalmente se coloca al lado de la carga que compensarán o el tablero que lo controle, para así evitar al máximo las pérdidas de energía por efecto Joule en los cables.

Es recomendable utilizarlo con un interruptor termomagnético, para así poder desconectar las cargas para darle un mantenimiento adecuado o revisión en caso sea necesario y no tener que desconectar por completo el circuito eléctrico.

### **Banco de condensadores automáticos**

Los bancos de condensadores automáticos se colocan en puntos donde se deriva energía eléctrica a diferentes cargas, generalmente en los tableros eléctricos.

Este tipo de banco de condensadores cuenta con un regulador, el cual mide permanentemente el  $\text{Cos } \phi$  para activar y desactivar por medio de unos contactores a los diferentes condensadores y tender a llegar al  $\text{Cos } \phi$  deseado. Generalmente los bancos de condensadores cuentan con 6 o 12 escalones para sumar o disminuir según sea necesario.

#### **3.3.1. Partes principales de un condensador de potencia**

Las partes principales de un condensador de potencia son las que se mencionan a continuación (12):

- ✓ **Caja o carcasa:** esta caja o carcasa tiene la función de contener la parte activa del condensador, está construida de placa de acero con un espesor adecuado al volumen del condensador.
- ✓ **Placa de características:** en esta placa deben estar contenidos todos los datos característicos para la identificación del capacitor, como son: su



potencia nominal en kvar, la tensión nominal de operación, su capacitancia, la frecuencia en la que opera, su peso o masa, el nivel básico de aislamiento, la fecha de fabricación, etc.

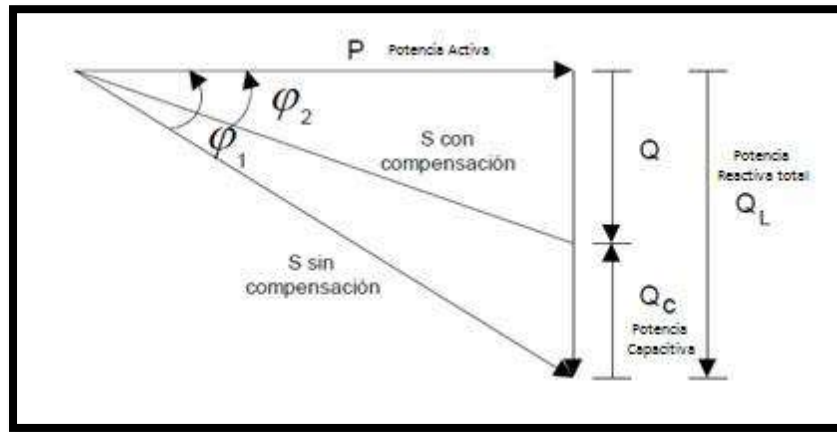
- ✓ **Los aisladores:** corresponden a las terminales externas de las unidades capacitivas.
- ✓ **Ganchos en ojales para levantamiento:** son usados para levantar la unidad capacitiva.
- ✓ **Soportes para fijación:** se utilizan para fijar la unidad capacitiva en su estructura de montaje.
- ✓ **Armadura:** está constituida por hojas de aluminio enrolladas con el dieléctrico, con espesores comprendidos entre 3 y 6 cm y patrón de pureza de alta calidad, con el objetivo de mantener en bajos niveles las pérdidas dieléctricas y las capacitancias nominales del proyecto.

### 3.3.2. Compensación

La compensación de reactivos dentro un sistema eléctrico, es debido a la diversidad de carga existente dentro de esta, mayormente estos tipos de cargas son inductivos (10).

La finalidad es de corregir el factor de potencia o compensar reactivos, el eliminar los costos por el consumo de la energía reactiva y evitar multas o penalizaciones. Dentro de los métodos que existen para corregir o mejorar el factor de potencia, se destacan la instalación de capacitores eléctricos y la aplicación de motores síncronos.

Al instalarse equipos de compensación, se logrará mantener la forma de onda correcta y se mejorará el funcionamiento más eficiente de los equipos que existen dentro del sistema eléctrico. Con la compensación se reducirá la potencia reactiva y la intensidad de corriente, por lo cual se obtendrá la potencia real constante, en la figura 20 se aprecia cómo se comporta el triángulo de potencia ante una compensación.



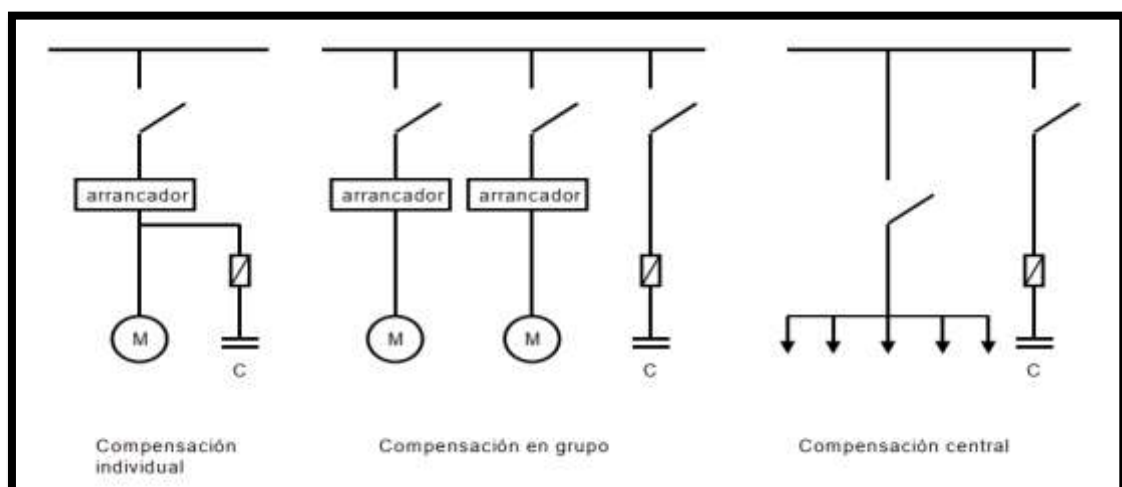
**Figura 20. Triángulo de potencia compensado. Tomada de Diseño de un banco de condensadores para la planta de beneficio (10)**

### Capacitores eléctricos

El banco de condensadores puede ser instalado en uno o varios puntos de la red de distribución, esto dependerá del tipo de cargas, factor de carga, longitud de los circuitos, nivel de tensión, entre otras. Dentro de este sistema de compensación por banco de condensadores, se pueden distinguir tres tipos y son:

#### 3.3.2.1. Tipos de compensación

En la figura 21 se observan las ubicaciones para los condensadores con la finalidad de compensar el factor de potencia; como lo son compensación individual, compensación en grupo y compensación grupal, estas difieren en costo y beneficio (15).



**Figura 21. Tipos de ubicación de condensadores. Tomada de Elaboración de aplicación para selección de componentes eléctricos (15)**

## **Compensación individual**

Cada carga de carácter reactivo está provista de su propia unidad de condensador o banco de condensadores, con el fin de que por este circuito circule una corriente menor reduciendo las pérdidas. Es implementada en equipos que mantenga una operación fija y en los cuales se tenga un consumo representativo.

Las ventajas que tiene este tipo de compensación son:

- ✓ Los capacitores son instalados cerca de las cargas inductivas.
- ✓ La compensación se da solo cuando la carga esté en funcionamiento.

Las desventajas que tiene este tipo de compensación son:

- ✓ La implementación directa a cada una de las cargas hace que el costo de la solución sea mayor por la cantidad de condensadores que se deben implementar.
- ✓ Como no todas las cargas se encuentran siempre en funcionamiento en momentos existirá subutilización en la compensación.
- ✓ Si el tipo de compensación que se implementa no posee un sistema control se tendrán sobrecostos por transporte de energía reactiva capacitiva.

## **Compensación grupal**

Para este tipo de compensación se implementa un banco de condensadores para compensar la potencia inductiva de un grupo de cargas específicas.

Las ventajas que tiene este tipo de compensación son:

- ✓ El implementar una solución para un conjunto de cargas es más económico.
- ✓ Se puede llegar a descargar el transporte de energía reactiva inductiva de las líneas.
- ✓ Si se cuenta con un sistema de control, la compensación solo entra en funcionamiento cada vez que la carga lo necesite, con lo cual no se genera sobrecosto por transporte de energía reactiva capacitiva.

Las desventajas que se tiene con este tipo de compensación son:

- ✓ Si no se cuenta con un sistema de control, se tendrá una compensación fija lo cual puede generar un sobre costo por transporte de energía reactiva capacitiva.
- ✓ Si la carga del sistema llegase a cambiar con el paso del tiempo de forma muy notoria, la compensación podría quedar corta.

### **Compensación central**

La ubicación de este tipo de compensación es directamente en la acometida lo cual hace que sea una solución generalizada, ya que suministra la potencia reactiva capacitiva según la demanda de potencia reactiva inductiva de todos los tableros derivados de este modo.

Las ventajas que se tiene con este tipo de compensación son:

- ✓ Mejor utilización de la capacidad de los bancos de condensadores
- ✓ Mejor regulación del voltaje en el sistema
- ✓ Si se cuenta con un sistema de control, solo entra en funcionamiento cada vez que la carga lo necesite con lo cual no se generan sobre costos por transporte de energía reactiva capacitiva.

Las desventajas que se tiene con este tipo de compensación son:

- ✓ Es necesario la implementación de un sistema de control y medida, para que la compensación se realice con base a los requerimientos del sistema, lo cual repercute en mayores costos.

### **Compensación fija**

Se habla de compensación fija ya que el condensador no posee ninguna parte o dispositivo móvil, con lo cual la unidad se mantendrá conectada al sistema, con una entrega constante de reactivos capacitivos. Las ventajas que tiene este tipo de compensación son:

- ✓ Fácil instalación, gran seguridad en su funcionamiento y su mantenimiento es mínimo.
- ✓ Tienen pequeñas pérdidas, no ocupan mucho espacio, razón por la cual pueden conectarse a puntos cercanos de la carga.

- ✓ Son contruidos a diferentes potencias según la necesidad.

Las desventajas que tiene este tipo de compensación son:

- ✓ Cuando las variaciones de carga son significativas, el condensador puede quedar corto en la entrega de potencia reactiva.
- ✓ Es necesaria la implementación de un sistema de descarga del condensador, para los casos que sea desconectado de la línea y mitigar posibles peligros al personal.
- ✓ Debido a las variaciones de carga, posiblemente se puede presentar mayor entrega de potencia reactiva capacitiva al sistema, lo cual conlleva a cobros adicionales en la factura de energía.

### **Compensación automática**

Se habla de compensación automática cuando el condensador posee una parte o dispositivo móvil, el cual le permite conectar y desconectar sus unidades según los requerimientos del sistema, que son registrados por medio de su sistema de medida.

#### **3.3.2.2. Controlador automático de energía reactiva**

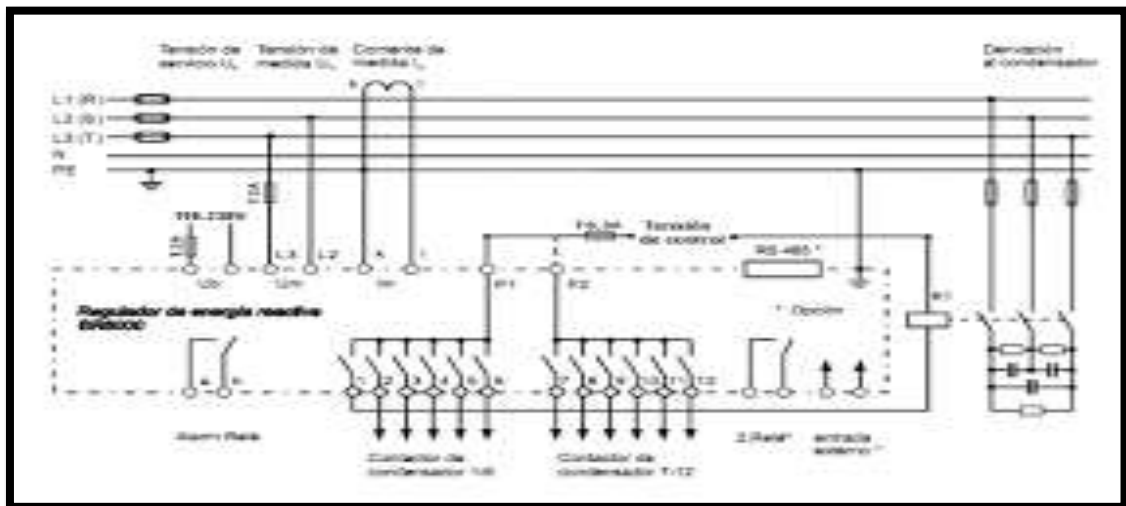
Es un relé simple e inteligente que mide, monitoriza y controla la energía reactiva. La compensación de energía reactiva automática permite una optimización del equipamiento usándolo solo cuando se requiere.

Para mejorar el funcionamiento automático de cada uno de los pasos del banco de condensadores, se tuvo que implementar un controlador automático de 12 pasos, el tipo de conexionado es grupal y los condensadores en triangulo.



**Figura 22. Controlador automático de factor de potencia**

Diagrama de conexión de controlador de factor de potencia.



**Figura 23. Diagrama de conexión automática del banco de condensadores**

Tablero de fuerza y control de los bancos de condensadores



*Figura 24. Tablero de banco de condensadores 1*



*Figura 25. Tablero de banco de condensadores 2*

### **3.4. Planta concentradora**

Principales funciones de las diferentes áreas de la planta concentradora (16):

#### **Chancado primario**

El chancado primario es la primera etapa de la operación de la concentradora. Sin embargo, es en realidad la segunda etapa de la reducción de tamaño, posterior al minado. El propósito del chancado primario es reducir el tamaño del mineral de mina a un tamaño que pueda ser transportado fácilmente por las fajas transportadoras, y el cual sea conveniente para alimentar a la siguiente etapa de chancado.

## **Chancado secundario**

El chancado secundario y terciario son las etapas intermedias del chancado, que reducen el tamaño de partícula del mineral desde un tamaño de descarga de la chancadora primaria de 80% -165 mm hasta un tamaño de alimentación para el molino de bolas del 100% -6 mm. Esto se logra en dos etapas de chancado y zarandeo. En ambas etapas secundarias y terciarias, las chancadoras están en circuito cerrado con zarandas para asegurar un buen control de tamaño máximo en el producto de esa etapa.

## **Molienda**

El circuito de molienda realiza dos funciones principales. La primera es reducir las partículas de mineral a un tamaño tal que estas sean liberadas del material de ganga que las contiene. Esto permitirá el proceso de flotación, donde el mineral y la ganga son separados, para proceder eficientemente. La segunda función principal del circuito de molienda es asegurar que la alimentación de flotación (y finalmente el relave de flotación) tenga una distribución de tamaños que permita que se lleve a cabo la construcción de la presa de una manera aceptable.

## **Flotación de cobre**

Tiene por finalidad la separación de especies minerales aprovechando sus propiedades de afinidad (hidrofílicos) o repulsión (hidrofóbico) por el agua.

## **Planta de molibdeno**

El circuito de molibdeno, o planta moly, se usa para extraer el molibdeno del concentrado cobre-molibdeno producido por el circuito de flotación de cobre. El molibdeno se presenta en la forma de molibdenita de mineral sulfurado (MoS<sub>2</sub>). El producto final de la planta moly es un concentrado moly que es empacado en bolsas grandes para su embarque y de una pulpa de concentrado final de cobre.

## **Filtros**

Las funciones principales del área de filtrado y despacho de concentrado es reducir el contenido de humedad del concentrado de Cu a un nivel



económicamente transportable y cargar eficientemente el concentrado en los camiones para su embarque al puerto. Los camiones transportarán el concentrado a una estación férrea de transferencia en la Joya donde el concentrado es transferido a vagones de tren para su embarque final hacia las instalaciones de Tisur del puerto de Matarani.

### **Espesadores de relaves**

La función principal del área de espesadores de relaves es recuperar la máxima cantidad de agua del proceso. El área de espesamiento de relaves y de recirculación de agua recibe el relave del circuito de flotación de cobre, y luego espesa el relave por sedimentación, enviando el agua del *overflow* nuevamente a los tanques de agua del proceso y la pulpa espesada del *underflow* a las instalaciones de almacenamiento de relaves.

### **Preparación de reactivos**

El colector primario, el espumante y colector para el molibdeno son llevados mediante un camión tanque hacia los tanques de almacenamiento, y son medidos completamente para fines del proceso. El colector secundario es entregado en forma sólida dentro de bolsas grandes, y es mezclado antes de distribuirse en el proceso. La cal es entregada en la forma de gránulos secos por medio de un camión tanque, y es transferida al silo para cal. Los sólidos de cal son molidos con agua para originar una reacción química de cal apagada para producir una lechada de cal hidratada. Esta es bombeada hacia el proceso para controlar el pH de la pulpa. En la planta de molibdeno, una solución concentrada de hidrosulfuro de sodio es llevada por un camión tanque hacia un tanque de almacenamiento calentado. La solución es diluida desde una concentración de 40% hasta 20% para distribuirla y evitar la cristalización de los sólidos de la solución.

El floculante es entregado en forma sólida y es mezclado en una solución diluida dentro de sistemas destinados al mezclado y distribución.

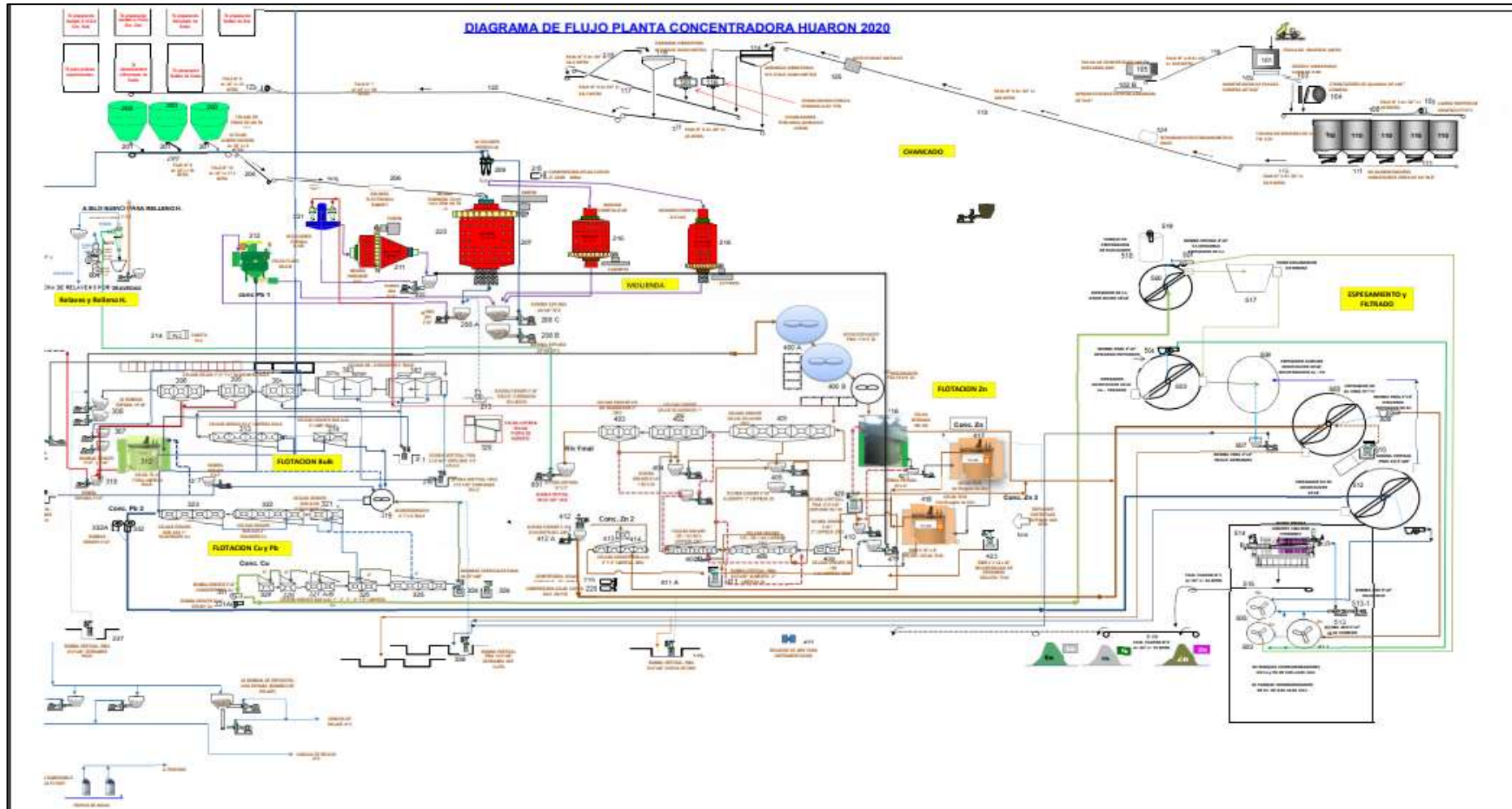


Figura 26. Diagrama flow sheet en planta concentradora

## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

#### **4.1. Descripción de actividades profesionales**

Las actividades que se realizaron como Supervisor Eléctrico en la planta concentradora, son: la planificación, elaboración y ejecución del plan de mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos.

En el presente cuadro, se aprecian las tareas propuestas dentro de la gestión de mantenimiento y su desarrollo según cronograma establecido.

##### **4.1.1. Actividad 1: mantenimiento de motores eléctricos, en el área de planta concentradora**

Existen varios enfoques en la realización del mantenimiento de los equipos en la empresa. Estos diferentes enfoques están relacionados y pueden ser complementarios, pero la aplicación de ellos se decide por la comparación de los logros y beneficios que cada uno proporciona, los mantenimientos que se aplican para la realización son:

**Mantenimiento correctivo:** se enfoca en la corrección de los problemas o averías en el momento que aparecen, implementando una solución rápida que ponga nuevamente en funcionamiento el equipo. Implica paradas no programadas.

**Mantenimiento predictivo:** tiene como finalidad predecir fallas en una máquina, generalmente, usando ensayos no destructivos. Frecuentemente se aplican a equipos o partes de la máquina que son muy costosas. Puede ser un complemento del mantenimiento preventivo.

**Mantenimiento programado:** es muy recomendado por los fabricantes de las máquinas y se basa en datos estadísticos en los cuales se tiene información de las piezas que conforman un equipo y su deterioro con el tiempo.

**Mantenimiento preventivo:** el objetivo principal es la de anticiparse a las fallas de los equipos o máquinas bajo el cuidado del ingeniero de mantenimiento. Un registro estadístico completo de las fallas más comunes es necesario, siendo que este registro facilita en gran medida el diseño del plan de mantenimiento. En caso de no existir tales registros, el plan de mantenimiento debe comenzar con el diseño de las actividades requeridas para la recolección de tal información.



*Figura 27. Mantenimiento preventivo a motor eléctrico de 250 HP*



**Figura 28. Montaje de motor de 250 HP para su acoplamiento**

#### **4.1.2. Actividad 2: instalaciones de motores eléctricos**

Para la realización de los trabajos en instalaciones de equipos nuevos en planta concentradora, se toma como referencia los datos característicos o parámetros de los equipos a instalarse, realizando los cálculos justificativos para cada caso.

#### **Cálculo de dimensionamiento del transformador**

De acuerdo con las cargas establecidas se han instalado 2 transformadores de 2.0 Y 2.5 MVA, 5.5/0.46 kV.

Cálculo y dimensionamiento (circuito motor 15 hp transportador de faja)

##### **➤ Cálculo de la corriente nominal**

$$I_n = \frac{P(kW)}{\sqrt{3} \times V_n \times 0.95 \times 0.95}$$

##### **➤ Cálculo de la corriente de diseño interruptor termomagnético circuito derivado**

$$I_d = 2.5 \times I_{pc}$$

$$I_d = 2.5 \times I_{pc}(16.29)$$

$$I_d = 40.73 \text{ Amperios}$$

Un interruptor automático de caja moldeada Espectro RMS™, modelo SELA, marca General Electric, 150 A frame, 50 A rating plug, 65 laica a 480 V.

➤ **Cálculo de la corriente de diseño contactor circuito derivado**

$$I_d = 2.5xIpc$$

$$I_d = 2.5xIpc(16.29)$$

$$I_d = 40.73Amperios$$

Un contactor magnético 300-Line CR305, marca General Electric, NEMA Sz 2, 45 Amp.

➤ **Cálculo de la corriente de diseño relé térmico circuito derivado**

$$I_d = 1.15xIpc$$

$$I_d = 1.15xIpc(16.29)$$

$$I_d = 18.73$$

De los cálculos se puede seleccionar un relé de sobrecarga de estado sólido CR324, marca General Electric, de rearme manual, rango de ajuste de 13-27 Amp.

➤ **Cálculo de la corriente de diseño para conductores alimentador**

$$I_d = 1.25xIpc(16.29)$$

$$I_d = 20.36Amp$$

De los cálculos obtenidos se selecciona un conductor 4x10 mm<sup>2</sup> del tipo NPT, que soporta una corriente de 30 Amperios.

➤ **Cálculo de la caída de tensión:**

$$V = \frac{0.0172x2(L)(Ip)}{Smm2}$$

**Donde:**

L : longitud del conductor en (metros)

Ip : corriente a plena carga (amperios)

S : sección del conductor en (mm<sup>2</sup>)

$$V = \frac{0.0172 \times 2(45)(16.29)}{10}$$

$$V = 2.52 \text{ Voltios}$$

La caída de tensión es mucho menor que el permitido 2.5% = 11 voltios, por lo que el cable NPT seleccionado de 4x10 mm<sup>2</sup> es aceptable, cumple las exigencias.

#### **4.1.3. Actividad 3: medición de la resistencia y mantenimiento de pozas a tierra**

En la unidad Huarón se cuentan con pozas a tierra que son de gran importancia para la protección de las subestaciones, equipos eléctricos y electrónicos y persona, que requieren de medidores trimestrales para poder saber el estado en que se encuentran dichas pozas a tierra y saber el valor óhmico, que deben encontrarse  $\leq 20\Omega$  dependiendo el tipo de terreno y para equipos electrónicos  $\leq a 5\Omega$  y para realizar una buena medición es necesario seleccionar adecuadamente el equipo, conocer sus partes, los requisitos mínimos que deben cumplir y deberán verificarse las certificaciones de los ensayos, actualmente existen diferentes métodos de mediciones para realizarlo, el utilizado es el método de los 3 electrodos.

Consiste en instalar 3 electrodos a una distancia determinada (se recomienda 20 m). El primer electrodo es la barra o pieza para medir cuya función directa es la de drenar corriente al suelo. El segundo electrodo es el auxiliar de voltaje, y el último electrodo es el auxiliar corriente.

Para la realización del mantenimiento de pozas a tierra, se realizan evaluaciones con la medición de la resistencia, si el valor óhmico es alto se realiza el mejoramiento o preceder a realizar el cambio de los componentes.



**Figura 29. Ejecución y excavación de la poza a tierra**



**Figura 30. Instalación de componentes y caja registro**



**Figura 31. Medición de la poza a tierra con el equipo telurómetro**



#### **4.1.4. Actividad 4: instalación de banco de condensadores para mejorar el factor de potencia**

Se define como el cociente de la relación de la potencia activa entre la potencia aparente. Comúnmente, el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil. Dentro del área de planta concentradora se puede observar que existen los tipos de carga como son: resistivas, capacitivas e inductiva.

##### **Problemas por bajo factor de potencia:**

- Mayor consumo de energía
- Aumento de las pérdidas e incremento de las caídas de tensión en los conductores
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente

##### **Beneficios para corregir el factor potencia**

- Disminución en las pérdidas en conductores y reducción en las caídas de tensión
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores
- Incremento de la vida útil de las instalaciones
- Reducir los costos por facturación eléctrica y eliminación del cargo por bajo FP.
- Esta demanda de reactivos se reduce e incluso anular si se colocan capacitores en paralelo con la carga.

**Tabla 14. Multiplicador de kW para determinarlos kvar en capacitores requeridos para corregir El FP**

Multiplicador de kW para determinar los kvar en capacitores requeridos para corregir el FP									
FP original	Factor de potencia corregido								
	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98	1
0.8	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.547	0.75
0.82	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.495	0.698
0.84	0.162	0.19	0.22	0.251	0.283	0.317	0.354	0.443	0.646
0.86	0.109	0.137	0.167	0.198	0.23	0.264	0.301	0.39	0.593
0.88	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.337	0.54
0.9		0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.281	0.484
0.92				0.031	0.063	0.097	0.134	0.223	0.426
0.94						0.034	0.071	0.16	0.363
0.96								0.089	0.292
0.98									0.203
0.99									0.143

Ejemplo corrección factor de potencia

FP = 0.8

FP por corregir = 0.92

Demanda = 600 kW

$$kVA = 600 \times 0.324 = 194.4$$



**Figura 32. Componentes de un banco de condensador**

#### 4.1.5. Actividad 5: equipos de instrumentación

Es la actividad que cuenta con diferentes equipos electrónicos de medición a realizar mantenimientos y calibraciones como son:

- **Controladores de nivel para celdas de flotación y sensores ultrasónicos**

La flotación es la técnica de separación clave utilizada para recuperar minerales metálicos como el cobre, plomo, zinc y el oro. En la recuperación de cobre, mantener un nivel de pulpa constante permite que las partículas de concentrados en la espuma fluyan rápidamente sobre el borde del tanqueo de celdas. Se utilizan dos válvulas de dardo para modular la pulpa que sale de la celda.



*Figura 33. Controlador de nivel, automático y manual en las celdas TC30-Flotacion*



*Figura 34. Tablero y sensor para el control automático de nivel*



*Figura 35. Panel HMI, para control de procesos en la planta concentradora*

- **Sensores de temperatura y vibración**

Los sensores de vibración sirven para registrar la aceleración, la velocidad o el desplazamiento. Muchos de estos sensores de vibración se usan para diferentes aplicaciones industriales o el laboratorio, razón por lo que deben ser flexibles teniendo en cuenta el tipo de medición o las condiciones ambientales.

Un sensor de temperatura es un sistema que detecta variaciones en la temperatura del aire o del agua y las transforma en una señal eléctrica que llega hasta un sistema electrónico. Esta señal conlleva determinados cambios en ese sistema electrónico para la regulación de la temperatura. Dependiendo de su funcionamiento y de la manera en la que transforman la señal, existen distintos tipos de sensores: sensores RTD (PT100, PT1000, Termistores) termopares e infrarrojos.



*Figura 36. Sensor de vibración de señal de 4-20 miliamperios*



*Figura 37. Sensor de temperatura infrarrojo señal de 4-20 miliamperios*



*Figura 38. Tablero de control de sensores de vibración y temperatura de molino*

- **Sensores analizadores de Ph, caudalímetros**

El medidor de pH es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado de pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14.

Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros. Medición de flujo, relación agua mineral.



**Figura 39. Transmisor/ analizador de PHFLXA 21**



**Figura 40. Sensor de PH serie FU20 analógico**



**Figura 41. Medidor de flujo magnético**

- **Balanzas electrónicas**

Las balanzas para faja transportadora se componen por el puente de pesaje compuesto a su vez por una o más celdas de carga y una estructura de montaje donde descansa el polín, un sensor de velocidad que puede ser una rueda de velocidad que recorre la faja de retorno emitiendo pulsos por cada revolución o un transductor, se realizan calibraciones y mantenimiento para su correcto funcionamiento



*Figura 42. Balanza dinámica para el control de pesaje de mineral*

#### **4.1.6. Actividad 6: instalaciones de luminarias**

En la realización del mantenimiento, el cambio y el mejoramiento de los niveles de luminancia e iluminancia del servicio de alumbrado en planta concentradora, mediante las luminarias y fluorescentes del tipo led.



*Figura 43. Luminarias led*



Tabla 15. Cronograma de actividades durante la implementación del plan de mantenimiento

																																	
PLANNING MENSUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRICO E INSTRUMENTACION PLANTA CONCENTRADORA - 2021																																	
Item	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	DETALLES
1	MONITOREO DE SISTEMA TRANSMISION DE LOS MOLINOS 12x18 3X3 3X3 6.4X14		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DIARIO
2	VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE PROTECCION DE CHANCADORAS		X							X					X							X									X	CONTROLESEMANAL	
3	LIMPIEZA DE CUBICULOS DE CCM DE CHANCADO SECUNDARIO	X											X														X				3 VECES AL MES		
4	INSPECCION DE EQUIPOS CRITICOS (Monitoreo de los Motores )			X																				X								2 VECES AL MES	
5	INSPECCIONES DE CCMS PLANTA Y PIQUE "D"																		X	X	X	X	X									4 VECES AL MES	
6	INSPECCION DE EQUIPOS DE ILUMINACION (LIMPIEZA , REPARACIONES )										X															X						2 VECES AL MES	
7	CHECK LIST DE BALANZA DE CAMIONES																						X									1 VECES AL MES	
8	CHECK LIST DE DETECTOR DE METALES									X																						1 VECES AL MES	
9	CHECK LIST LUCES DE EMERGENCIA							X																								1 VECES AL MES	
10	CHECK LIST DE BANDERINES DE SEGURIDAD DE FAJAS TRANSPORTADORAS											X																				1 VECES AL MES	
11	MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES DE PLANTA CONCENTRADORA Y PIQUE "D"			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A DIARIO 14 MOTORES	
12	INSPECCION DE SONIDO DE RODAMIENTOS DE MOTORES DE PLANTA CONCENTRADORA PIQUE "D"			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A DIARIO 14 MOTORES	
13	CHECK LIST DE FILTRO PRENSA DE SISTEMA ELECTRICO																					X										1 VECES AL MES	
14	CHECK LIST DE ESPESADORES PRUEBAS DE SISTEMAS DE PROTECCION									X																						1 VECES AL MES	
15	INSPECCION DE BANCO DE CONDENSADORES EN LA SUB ESTACION PLANTA													X																		1 VECES AL MES	
16	CHECK LIST DE PUENTES GRUA																												X		1 VECES AL MES		
17	MONITOREO DE LOS INTERRUPTORES Y TRANSFORMADORES SUB ESTACION PLANTA																											X				1 VECES AL MES	
18	INSPECCION DE RODAMIENTOS Y PREDICTIVO DE MOTORES CCMS NV 250Y CANCHA N°94																		X	X												2 VECES AL MES	
19	CHECK LIST DE HERRAMIENTAS, INSTRUMENTOS					X																										1 VECES AL MES	
20	CHECK LIST DE ESCALERAS, ARNES DE SEGURIDAD, ESMERIL, ESLINGAS,ETC.															X																1 VECES AL MES	
21	LECTURA DE MEDIDORES DE ENERGIA Y HOROMETROS	X																														1 VECES AL MES	
22	CHECK LIST DEL SISTEMA DE ALARMA DE EMERGENCIA DE PLANTA CONCENTRADORA																							X								1 VECES AL MES	
23	INSPECCION TERMOGRAFICA DE CCMs Y TABLEROS EN PLANTA CONCENTRADORA														X																	1 VECES AL MES	
24	INSPECCION DE SUB ESTACIONES													X																		1 VECES AL MES	



**Tabla 16. Formato de inventario de equipos**

Fecha de control de equipos eléctricos e instrumentación			
Ficha control de equipos		Ficha control de equipos	
Datos de placa	Observaciones	Datos de placa	Observaciones
Marca		Marca	
Modelo/serie		Modelo/serie	
HP		HP	
Voltios		VOLTIOS	
RPM		RPM	
Diagnóstico		DIAGNOSTICO	
Fecha de ingreso al taller		Fecha de ingreso al taller	
Fecha de mantto		Fecha de Mantto	
Trabajo realizado		Trabajo Realizado	
Stand by para		Stand by para	
Realizado por		Realizado por	
Ficha control de equipos		Ficha control de equipos	
Datos de placa	Observaciones	Datos de placa	Observaciones
Marca		Marca	
Modelo/serie		Modelo/serie	
HP		HP	
Voltios		Voltios	
RPM		RPM	
Diagnóstico		Diagnóstico	
Fecha de ingreso al taller		Fecha de ingreso al taller	
Fecha de mantto		Fecha de mantto	
Trabajo realizado		Trabajo realizado	
Stand by para		Stand by para	
Realizado por		Realizado por	

#### **4.1.7. Actividad 7: tácticas de mantenimiento**

En las actividades de tácticas de mantenimiento, se realizó la revisión de planes de mantenimiento predictivo y preventivo, y la elaboración de protocolos de inspección de equipos críticos.



#### 4.1.8. Actividad 8: Predictivo de motores eléctricos

Tabla 18. Predictivo de motores eléctricos

PAN AMERICAN SILVER		FECHA: _____ Realizado por: _____																			
Nº	Cod. Maximo	Descripción	Marca	VALORES NOMINALES				Vibración (mm/s)			Embolente (g)			Corriente (Amperios)			Temperatura (°C)			Rodamientos Estado	Comentarios
				(HP)	(V)	(A)	(RPM)	V	H	A	V	H	A	L1	L2	L3	LA	E	LOA		
<b>CHANCADO PRIMARIO</b>																					
1	MOEL0001	Faja transportadora N° 1A	Weg	40HP	460v	48.2 A	1775														
2	MOEL0327	Chancadora de quijadas comesa 24x36	Dalcrosa Voges CE	300HP (75kw)	440v	135 A	1175														
3	MOEL0027	Grisly vibratorio de 4x8 comesa	ABB	30HP	440v	35.7 A	1800														
4	MOEL0005	Apron feeder N° 1 de 42x15 comesa	Dalcrosa	25HP	440v	32 A	1170														
5	MOEL0002	Faja transportadora N° 1B de nivel 500	Marathon Electric	40HP	440v	45 A	1775														
6	MOEL0006	Apron feeder N° 2 Stephens Adamson	Marathon Electric	15HP	440v	18 A	1150														
7	MOEL0007	Carro Tripper de la faja N° 1A	Dalcrosa Voges CE	5HP	440v	6.6A	1750														
<b>FAJA N° 2 Y ALIMENTADORES VIBRATORIOS</b>																					
8	MOEL0308	Faja transportadora M2 de 32x90	Sew Eurodrive	15kw	440v	26.80 A	1750/34														
9		Alimentador vibratorio de 34x18 N°1	Eriez		440v	17.5 A															
10		Alimentador vibratorio de 34x18 N°2	Eriez		440v	17.5A															
11	MOEL0011	Alimentador vibratorio de 34x18 N°3	Eriez		440v	17.5 A															
12	MOEL0012	Alimentador vibratorio de 34x18 N°4	Eriez		440v	17.5A															
<b>CHANCADO SECUNDARIO</b>																					
13	MOEL0225	Bomba de aceite N° 1 de 4 1/4 Chancadora STD	Weg	5HP (3.7kw)	460v	6.61 A	1775														
14	MOEL0014	Chancadora STANDAR N°01	General Electric	200HP	440v	248 A	1170														
15	MOEL0289	Zaranda vibratoria N° 1	Weg	30HP (22kw)	440v	36.3 A	1775														
16	MOEL0290	Zaranda vibratoria N° 2	WEG	30HP	440v	36.3 A	1775														
17	MOEL0017	Faja transportadora N° 7 de 24x174	Dalcrosa	40HP	460v	46.4 A	1775														
18	MOEL0018	Faja transportadora N° 6 de 24x25	Sew Eurodrive	15KW	460v	26.5A	1760														
19	MOEL0283	Faja transportadora N° 5 de 24x54	Weg	40HP (30kw)	460v	48 A	1770														
20	MOEL0309	Faja transportadora N° 4 de 24x73.70	Weg	40HP (30kw)	460v	48 A	1770														
21	MOEL0021	Faja transportadora N° 3 de 24x254	Dalcrosa	50HP	460v	68.87 A	1775														
22	MOEL0328	Motoreductor (bravado de la faja viajera N°08)	Induction Motor	3HP	440v	4.3A	1730														
23	MOEL0041	Faja transportadora N° 08	Dalcrosa	10HP	440v	13A	1750														
24	MOEL0025	Chancadora SANVIK	Weg	300HP	440v	258 A	1185														
25		Bomba de aceite N° 1 y 2 de chancadora SANVIK.	Weg	4HP	440v	5.33A	1740														
26		Ventilador Radiador de Chancadora SANVIK.	Weg	4HP	440v	5.33A	1740														
27		Soplador de la chancadora SANVIK.	Weg	1HP	440v	1.43A	3450														
28	MOEL0329	Extractor de Polvo	Weg	60HP	440v	73A	1775														
29	MOEL0330	Paletas del Extractor	Induction Motor	1HP	440v	1.6A	1690														
30	MOEL0369	Faja del separador electromagnetico	Reliance Electric	3HP	460v	3.9 A	1750														
31	MOEL0166	Separador electromagnetico	Eriez		115v	30.68 A															
<b>ALIMENTACION MOLINERA</b>																					
32	MOEL0028	Bomba Spiasa 1008 relaves Pb/Cu N° 1	Dalcrosa	115HP	550v	122 A	1470														
33	MOEL0029	Bomba Spiasa 1008 relaves Pb/Cu N° 2	Dalcrosa	115HP	575v	105 A	1775														
34	MOEL0030	Faja transportadora N° 9 de 21x59	Weg	15HP	440v	19.8 A	1775														
35	MOEL0251	Alimentador de faja de 36 N°4	Sew Eurodrive	3kw	440v	6A	1700/9.7														
36	MOEL0016	Alimentador de faja de 36 N°5	Sew Eurodrive	3kw	440v	6A	1700														
37	MOEL0239	Alimentador de faja de 36 N°6	Sew Eurodrive	3kw	440v	6A	1700/9.7														
<b>MOLINERA</b>																					
38	MOEL0030	Molino primario de bolas 12x18 DOMINION	Siemens	1400HP	550v	134 A	894														
39	MOEL0320	Faja transportadora N° 10 de 18.42x60	Sew Eurodrive	5.5kw	440v	9.95 A	1775/54														
40	MOEL0310	Faja transportadora N° 11 de 20.22x60	Sew Eurodrive	7.5kW	440v	13.25 A	1750/53														
41	MOEL0311	Bomba descarga molino 8x3	Dalcrosa	150HP	440v	173 A	1750														
42	MOEL0312	Bomba Alimentación de la Celda Flash.	Dalcrosa	150HP	440v	120 A	1770														
43	MOEL0292	Bomba Spiasa 1008 de alimentación de ciclones primarios N° 1	Dalcrosa	150HP	460v	168 A	1780														
44	MOEL0043	Bomba Spiasa 1008 de alimentación de ciclones primarios N° 2	Dalcrosa	150HP	460v	168 A	1780														
45	MOEL0333	Ventilador del reductor N° 1	Multifan	1.65kw	460v	2.9 A	1600														
46	MOEL0334	Ventilador del reductor N° 2	Multifan	1.65kw	460v	2.9 A	1600														
47	MOEL0337	Compresora arias copro GA 11 de embreague 230 PSI	Siemens	15HP	460v	18.6 A	3600														
48	MOEL0336	Compresora G07 de lubricacion	Monte LUIS Lerov	18HP	440v	24 A	1800														
49	MOEL0338	Compresora de proceso GA11 nueva N°02	Weg	11kw	460v	18.2 A	3535														
50	MOEL0326	Molino conico Harding de 8x3	Teco Westinhouse	210HP	460v	280 A	885														









**4.1.9. Actividad 9: repuestos de mantenimiento crítico**

Revisión de listas típicas de repuestos por equipo a ser entregada por MMG Las Bambas.


**Tabla 19. Formato para pedido de repuestos críticos para el mantenimiento**

<b><u>FORMATO PEDIDO DE REPUESTOS PARA EQUIPOS CRÍTICOS</u></b>						
Fecha: _____						
Ítem	Equipo	Sistema	Número parte	Descripción	Código Oracle	Cantidad
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
_____ <b>Solicitado por:</b>			_____ <b>Autorizado por:</b>			

**4.1.10. Actividad 10: procedimientos**

Elaboración del nuevo Pets 2021, corrección de PETS y definición de PET críticos.

Tabla 20. Listado maestro de procedimientos escritos de trabajo seguro

		PG - CORP-04 LISTADO DE PROCEDIMIENTOS ESCRITOS DE TRABAJO SEGURO	
Head: HJAFON Area: MANTENIMIENTO ELECTRICO Responsable: DARY GOMEZ CH Fecha de elaboración: 01/02/2021			
N°	RESPONSABLE	CÓDIGO	TÍTULO DEL PROCEDIMIENTO
1	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 001 - V4	REESTABLECIMIENTO DE ENERGIA DESPUES DE UN CORTE INTENCIOSIVO GENERAL
2	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 002 - V4	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO ELECTRICO MINA
3	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 004 - V5	PROCEDIMIENTO PARA EL USO DE LOCK OUT Y TAG-OUT
4	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 005 - V3	PROCEDIMIENTO USO DE NORMA ELECTRICO
5	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 006 - V4	ARRANQUE MOLINO REMANIO DE BOLAS 6.1 X 6
6	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 009 - V5	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO ELECTRICO PLANTA
7	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 003 - V4	MANTENIMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS
8	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 010 - V4	REPOSICION PROTECCION ELECTRICA A EQUIPOS ROTATIVOS
9	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 008 - V4	OPERACION DE CORRI Y ARRANCADORES DE MOLINOS
10	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 020 - V4	ENSAYO DE CABLES ELECTRICOS Y DISPOSITIVO MAGNET SWITCH DEL VINCULO DE CABLE DEL PULVERO
11	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 020 - V5	OPERACION DE PUESTO GRUA A CADENA 1.87M
12	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 008 - V5	OPERACION DE ESTREBA DE BANCO
13	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 030 - V5	OPERACION DE LA LAVADORA DE COMPONENTES
14	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 040 - V5	MANEJO DE MATERIALES
15	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 400 - V5	INTERVENCION DE SUBESTACIONES ELECTRICAS
16	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 081 - V4	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN MOTORES ELECTRICOS
17	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 060 - V3	TRABAJOS EN ALTURA
18	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 101 - V5	MANTENIMIENTO CORRECTIVO A SISTEMA DE ILUMINACION
19	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 101 - V5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TABLEROS DE ARRANQUE
20	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 101 - V5	MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE TABLEROS ELECTRICOS EN PLANTA
21	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 101 - V5	CAMBIO DE MOTORES ELECTRICOS EN PLANTA CONCENTRADORA
22	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 110 - V5	RECALCULO DE LUBRIFICACION EN PLANTA CONCENTRADORA
23	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 111 - V5	MANTENIMIENTO CORRECTIVO A SISTEMA DE CONTROL DE PH
24	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 112 - V5	MEDICION DE PARAMETROS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS
25	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 113 - V5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO A BALANZA DINAMICA TAJA TRANSPORTADORA
26	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 118 - V5	MEDICION DE PARAMETROS DE MOTORES ELECTRICOS Y DISPOSITIVOS DE PULVERO
27	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 120 - V5	TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA ELECTRICO PULVERO "D"
28	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 130 - V5	MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE CABLES DE MT Y BT
29	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 131 - V5	REPARACION DE TABLEROS ELECTRICOS DE ARRANQUE
30	D. GOMEZ F.G. CONDOR	PETS - MJ - MG - 132 - V5	MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS

#### 4.1.11. Actividad 11: planteamiento y programación

En este paso de las actividades, se realizó la implementación de actividades para parada de planta por mantenimiento mensual, que es presentado con 10 días de anticipación para programar el tiempo que va a parar planta para el mantenimiento de los equipos, en coordinación con los jefes del área de mantenimiento y planta y, fijar el tiempo de duración para el mantenimiento y el desarrollo de cada actividad.





#### **4.1.12. Actividad 12: seguimiento y control de indicadores de mantenimiento**

En este paso de la actividad, se realizarán la revisión y el cumplimiento de las actividades la elaboración del informe mensual.

- Mantenimiento de motores eléctricos en taller
- Mantenimiento del sistema eléctrico
- Mantenimiento de ccms
- Mantenimiento preventivo a banco de condensadores
- Mantenimiento de sistema de instrumentación
- Mantenimiento de subestaciones
- Mantenimientos a los sistemas de izaje (puentes grúas)
- Mantenimiento de luminarias

#### **4.2. Enfoque de las actividades profesionales**

El desarrollo del plan de mantenimiento describe los procesos para gestionar los cambios dentro de los diversos sistemas existentes, proporcionando un enfoque de clase mundial basado en estándares y normativas reales nacionales y extranjeras, con la finalidad de mejorar y gestionar adecuadamente los activos de la empresa *Pan American Silver - Huarón*.

#### **4.3. Alcance de las actividades profesionales**

Los alcances de las actividades del *“Plan de mejora del factor de potencia mediante banco de condensadores a 850 kvar/440VAC en la subestación planta concentradora de la empresa Pan American Silver unidad minera Huarón - Cerro de Pasco-2021”* se desarrollarán a nivel de ingeniería definitiva con el objetivo de mejorar el factor de potencia mediante banco de condensadores y comprenden lo siguiente:

- Gabinete para banco de condensadores
- Contactores
- Condensadores
- Controlador
- Fusibles

- Interruptores
- Transformadores
- Sistema eléctrico

#### **4.4. Entregables de las actividades profesionales**

Como resultado de las actividades profesionales, se entregó lo siguiente:

Información técnica:

Entregable 1: plano de los diagramas eléctricos de la subestación planta.

Entregable 2: planing mensual de mantenimiento eléctrico e instrumentación de planta

Entregable 3: formato de inventario de equipos

Entregable 4: formato de inspección de celdas y tableros en MT

Entregable 5: formatos de protocolo de inspecciones predictivos de motores eléctricos.

Entregable 6: lista de repuestos críticos

Entregable 7: procedimientos escritos de trabajo con las últimas revisiones

Entregable 7: programa mensual de mantenimiento eléctrico e instrumentación de planta

#### **4.5. Aspectos técnicos de la actividad profesional**

##### **4.5.1. Metodologías**

El desarrollo de las actividades parte de la observación de problemas y fallas; por ello, se recopilaron datos de campo y en base a cálculos de estudios técnicos, y gran parte de los conocimientos aprendidos en la Universidad Continental, como en los trabajos diarios que se desarrollan, sumado a esto las hojas de cálculo Excel que se elaboran según las necesidades para planificar las estrategias de mantenimiento en función a los objetivos trazados.

##### **4.5.2. Técnicas**

Para que el plan de mejora de fruto, los involucrados del área de Mantenimiento eléctrico planta y mina, deben definir con claridad los objetivos e indicadores de las estrategias de mantenimiento y emplear los métodos y técnicas de trabajo apropiados. Con lo que corresponde al desarrollo del Plan

Semanal, se tienen que cumplir con los mantenimientos predictivos, preventivos, correctivos y programados según corresponde durante los meses establecidos.

### **Capacitación**

Capacitación al personal en la nueva implementación del plan de mantenimiento, para el correcto desarrollo y puesta en marcha de los nuevos formatos de mantenimiento, protocolos de inspección, procedimientos y fiel cumplimiento de las órdenes de trabajo.



**Figura 44. Capacitación del personal de mantenimiento Pan American Silver**

- **Trabajo con prevención**

Todo trabajo tiene que ser planificado semanas o días antes al desarrollo de la actividad, en cualquier trabajo que no es seguro se paraliza la actividad y se vuelve a planificar de forma segura para que las dificultades que surjan puedan resolverse en condiciones óptimas de trabajo. A ello, en *Pan American Silver*, se le llama responsabilidades en seguridad, cero accidentes; donde, todo el personal supervisor y técnicos deben trabajar de manera segura cumpliendo los roles del supervisor y trabajador.



*Figura 45. Funciones del supervisor y trabajador*

#### 4.5.3. Instrumentos

Para la realización y medición de los trabajos se utilizaron los instrumentos siguientes:

- Pinza amperimétrica
- Cámara termográfica
- Telurómetro
- Estetoscopios
- Pirómetro
- Tacómetro
- Vibrómetro
- Megómetro

#### 4.5.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Los equipos utilizados para la realización del trabajo fueron:


- Pinza amperimétrica fluke
- Megómetro
- Maletín de herramientas para electricista (alicates, llaves mixtas, destornilladores, etc.)
- Cintas aislantes, 1700 y 23
- Condensadores, interruptores, cables, contactores y controlador de factor de potencia
- Equipos de protección personal

#### 4.6. Ejecución de las actividades profesionales

##### 4.6.1. Cronograma de actividades realizadas

Las actividades se realizan en función a las planificaciones de cada actividad

Tabla 22. Cronograma de actividades mensuales

																																		
PLANNING MENSUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRICO E INSTRUMENTACION PLANTA CONCENTRADORA - 2021																																		
Item	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	DETALLES	
1	MONITOREO DE SISTEMA TRANSMISION DE LOS MOLINOS 12x16 8X8 8X3 6.4X14			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DIARIO
2	VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE PROTECCION DE CHANCADORAS			X							X							X							X							X	CONTROLSEMANAL	
3	LIMPIEZA DE CUBICULOS DE CCM DE CHANCADO SECUNDARIO		X										X															X					3 VECES AL MES	
4	INSPECCION DE EQUIPOS CRITICOS (Monitoreo de los Motores )			X																					X								2 VECES AL MES	
5	INSPECCIONES DE CCMS PLANTA Y PIQUE "D"																			X	X	X	X	X	X								6 VECES AL MES	
6	INSPECCION DE EQUIPOS DE ILUMINACION (LIMPIEZA , REPARACIONES )											X																X					2 VECES AL MES	
7	CHECK LIST DE BALANZA DE CAMIONES																							X									1 VECES AL MES	
8	CHECK LIST DE DETECTOR DE METALES										X																						1 VECES AL MES	
9	CHECK LIST LUCES DE EMERGENCIA								X																								1 VECES AL MES	
10	CHECK LIST DE BANDERINES DE SEGURIDAD DE FAJAS TRANSPORTADORAS											X																					1 VECES AL MES	
11	MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES DE PLANTA CONCENTRADORA Y PIQUE "D"				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A DIARIO 04 MOTORES	
12	INSPECCION DE SONIDO DE RODAMIENTOS DE MOTORES DE PLANTA CONCENTRADORA PIQUE "D"				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A DIARIO 04 MOTORES	
13	CHECK LIST DE FILTRO PRENSA DE SISTEMA ELECTRICO																						X										1 VECES AL MES	
14	CHECK LIST DE ESPESADORES PRUEBAS DE SISTEMAS DE PROTECCION										X																						1 VECES AL MES	
15	INSPECCION DE BANCO DE CONDENSADORES EN LA SUB ESTACION PLANTA														X																		1 VECES AL MES	
16	CHECK LIST DE PUENTES GRUA																													X			1 VECES AL MES	
17	MONITOREO DE LOS INTERRUPTORES Y TRANSFORMADORES SUB ESTACION PLANTA																												X				1 VECES AL MES	
18	INSPECCION DE RODAMIENTOS Y PREDICTIVO DE MOTORES CCMS NV 250Y CANCHA N°04																			X	X												2 VECES AL MES	
19	CHECK LIST DE HERRAMIENTAS, INSTRUMENTOS								X																								1 VECES AL MES	
20	CHECK LIST DE ESCALERAS, ARNES DE SEGURIDAD, ESMERIL, ESLINGAS,ETC.																		X														1 VECES AL MES	
21	LECTURA DE MEDIDORES DE ENERGÍA Y HOROMETROS	X																															1 VECES AL MES	
22	CHECK LIST DEL SISTEMA DE ALARMA DE EMERGENCIA DE PLANTA CONCENTRADORA																									X							1 VECES AL MES	
23	INSPECCION TERMOGRAFICA DE CCMs Y TABLEROS EN PLANTA CONCENTRADORA														X																		1 VECES AL MES	
24	INSPECCION DE SUB ESTACIONES													X																			1 VECES AL MES	

#### **4.6.1.1. Planeación**

La planeación del mantenimiento se desarrolló juntamente con el área de planeamiento y la supervisión del área de mantenimiento de la empresa *Pan American Silver* Huarón, en donde se definió que los trabajos se planifican por día, semana y mensualmente, considerando recursos y tiempos por cada trabajo preventivo o correctivo, y ser reportados en el sistema Oracle, con ello, se pueden obtener beneficios al llevar un programa de mantenimiento establecido, tener programación y control del área de mantenimiento, y se logrará lo siguiente:

- Menor consumo de horas hombre
- Disminución de inventarios
- Menor tiempo de parada de equipos
- Mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento
- Mejora la productividad, menos horas de PM (eficiencia x eficacia)
- Ahorro en costos

#### **4.6.1.2. Programación**

La programación se trabajó en función a lo establecido en la etapa de planeación, las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo se planifican por día, semana o mensualmente y se generan OT y luego ser cargados al sistema Oracle, para control de los equipos.

#### **4.6.1.3. Desarrollo y puesta en marcha del plan de mantenimiento**

Después de haber obtenido la programación de mantenimiento, se procede a ejecutar todo el plan semanalmente, respetando las horas programadas por actividad y cumplir con las siguientes consideraciones:

- Verificar que las OT sean claras y comprobadas, con entidades para su ejecución anotando el tiempo que se necesita para llevar a cabo cada una de ellas. Con herramientas necesarias para el trabajo y con la alternativa de programar para el siguiente plan.
- Designar al personal técnico en la ejecución de la actividad, cumpliendo los procedimientos y estándares de la actividad para su ejecución, contando con recursos adicionales a los habituales, si es preciso.



- Realizar una capacitación para la puesta en marcha de cada uno de los planes de mantenimiento, explicando claramente el alcance de cada una de las tareas y qué hacer en caso de encontrar anomalías.
- Supervisión continúa en campo al desarrollo de la actividad. revisión de las herramientas de gestión (*iperc*, OT, *check list*).



**Figura 46. Equipo para el plan de mantenimiento**



## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Resultados finales de las actividades realizadas**

Como resultados finales, del plan de mejora del banco de condensadores en la subestación planta, se ha obtenido una mejor disponibilidad en las instalaciones como en los siguientes.


- Reducción en la facturación
- Optimiza una parte de la instalación
- Aumenta la potencia disponible en los kW
- Disminución de las pérdidas
- Reducción de las caídas de tensión
- Mejora en la conductividad en los cables eléctricos

#### **5.2. Logros alcanzados**

##### **5.2.1. Elaboración del plan de ejecución de la actividad**

Se logró mejorar el factor de potencia a 0.98 y con ello, la disponibilidad del sistema eléctrico en la planta concentradora, mediante el programa de las actividades se lograron cumplir todos los objetivos sin restricciones y cero accidentes:

Tabla 23. Cronograma de actividades

 <b>EMPRESA PANAMERICAN SILVER HUARON SAC</b> PROGRAMA DE TRABAJOS PARA LA INSTALACION DE CONDENSADORES EN LA SUB ESTACION PLANTA - HUARON 2020																			
MANTENIMIENTO ELECTRICO E INSTRUMENTACION PLANTA					HORAS PROGRAM.	PERSONAL HUARON + EE					HORAS	SUPERVISOR	PERSONAL	FECHA PROGR.	CUMPLIMIENTO	Avance (H-H)	% AVANCE		
ITEM	SECCION	ORDEN DE TRABAJO	CODIGO EQUIPO	DESCRIPCION TECNICA DEL EQUIPO	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DURACION	Electricista CIA	Electricista EE	Supervisor	Electricista EE	Electricista EE	TOTAL							
<b>ELECTRICO</b>																			
1	SUB ESTACION PLANTA CONCENTRADORA			BANCO DE CONDENSADORES N°01 Y N°02	EQUIPOS, PRC, PETAR, EPP, CHARLAS, BLOQUE Y ETIQUETADO.	1	1			2		3	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	3	3.00%
					PREPARACION DE BASES PARA LA COLOCACION DE COMPONENTES	2	1			2		6	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	6	6.00%
					INSTALACION DE LOS COMPONENTES EN TABLERO	2	1			2		6	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	6	6.00%
					CONEXIONADO DE SISTEMA DE FUERZA	2	1			2		6	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	6	6.00%
					CONEXIONADO DEL SISTEMA DE CONTROL	2	1			2		6	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	6	6.00%
					INSTALACION DEL CONTROLADOR DE ENERGIA REACTIVA	1	1			2		3	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	3	3.00%
					PROGRAMACION DEL CONTROLADOR DE ENERGIA REACTIVA	1	1			2		3	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	3	3.00%
					PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO	1	1			2		3	D.GOMEZ		2/11/2020	3/11/2020	100%	3	3.00%
												30.00							
													DIAS		2				
													TEORICOS						
													ELECTRICISTAS		2	100.00			
													SUPERVISOR		1				
													ELECTRICISTA						
													ELECTRICISTA E.E		4				
																CUMPLIMIENTO	100.00%		
Trabajos adicionales																			

## Mantenimiento preventivo

Para una mejor confiabilidad en el funcionamiento del banco de condensadores, se realiza un plan de mantenimiento preventivo los días 14 de cada mes, 10 horas de actividad, para realizar cambios según la inspección realizada.

**Tabla 24. Mantenimiento preventivo de banco de condensadores**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BANCO DE CONDENSADORES											
		DIAS 14 DE CADA MES ( 10 horas)									
ITEM	DESCRIPCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Revisar y verificar el controlador de factor de potencia	X									
2	Revisar estado de Contactor y limpieza		X								
3	Revisar estado de condensador 25KVAR y limpieza			X							
4	Revisar estado de transformador y limpieza				X						
5	Revisar estado de Interruptor y limpieza					X					
6	Revisar fusibles						X				
7	Revisar breakers							X			
8	Revisar gabinete								X		
9	Revisar conductor									X	
10	Revisar cable alimentador										X
11	Reajuste de borneras, contactores ,interruptores		X								

## Índice de accidentalidad durante el desarrollo del plan de la actividad



Figura 47. Indicador de accidentalidad durante el desarrollo del plan de la actividad, año 2021

### 5.2.2. En el ámbito personal


Liderar el proyecto en el plan de mejora del banco de condensadores en la subestación planta concentradora de la empresa *Pan American Silver* Huarón, enriqueciendo el proceso de aprendizaje del investigador del presente informe en ampliar los conocimientos adquiridos en la universidad, la dedicación en la elaboración y ejecución, para que dicho proyecto alcance los objetivos estratégicos, para minimizar el pago de penalidades por un bajo factor de potencia.

### 5.3. Planteamiento de mejoras

#### 5.3.1. Metodologías propuestas

Las observaciones y dificultades encontradas al momento de elaborar el plan de mejora se convierten en oportunidades para seguir mejorando como profesional.

Tabla 25. Plan de mejora del factor potencia

		Plan de mejora del factor de potencia mediante banco de condensadores en la subestación planta de la empresa <i>Panamerican Silver Huarón</i>	
Propuestas, mejoras y trabajos importantes			
Ítem	Descripción	Avance %	Observaciones
1	Plan de mejora en asesoramiento y la elaboración de las herramientas de gestión <i>iperc continuo</i> , ATS, PETS al personal	100%	Se continuará dando soportes en estas herramientas que son base para realizar un buen trabajo.
2	Registro del plan de accidentabilidad	100%	Programado en el plan de seguridad.
3	Cumplimiento de trabajos programados	100%	Se cumplió con los trabajos programados al 100%
4	Implementación de planes de mantenimiento preventivo	85%	Durante el mes de abril se obtuvo un cumplimiento del 85% de trabajos programados, esto conlleva a trabajos realizados por parte de planta C.
5	Productividad	90%	Para la ejecución del plan de trabajos intervienen algunos factores como: reuniones, preparación y cierre de documentos, liberación de permisos de trabajos, autorización para la intervención, espera de materiales, se consideran también las alertas rojas climáticas, siendo en la mayoría de los casos estos los motivos delatantes para la ejecución del mantenimiento.
6	Estudio de implementación del plan de mejora de factor de potencia en la unidad	50%	Se realiza el estudio correspondiente para la mejora del factor de potencia
7	Auditorías internas de mantenimiento	80%	Mejora en la ejecución de las actividades programadas, y así no tener observaciones por auditorías externas

## **5.4. Aportes del bachiller en la empresa**

### **5.4.1. En el aspecto cognoscitivo**

En el aspecto cognoscitivo para el presente informe del bachiller se aportaron los conocimientos obtenidos en los cursos desarrollados en la Universidad Continental como son:

- Sistemas Eléctricos de Potencia, dictado por el ingeniero César Alfredo Chilet León.
- Instalaciones eléctricas, dictado por el ingeniero Cesar Alfredo Chilet León.
- Instrumentación y Medición, dictado por e ingeniero Jorge Eliseo Lozano Miranda.
- Sistema de suministro y utilización I, dictado por la ingeniera Rosario Márquez Espíritu.
- Sistema de Transmisión y Distribución, dictado por el Ingeniero César Alfredo Chilet León.

### **5.4.2. En el aspecto procedimental**

En el aspecto procedimental el bachiller logró resultados finales satisfactorios, como el de mejorar la disponibilidad de las instalaciones eléctricas y mantenimiento de motores y equipos eléctricos, así como también la mejora del factor de potencia en los bancos de condensadores, aplicando las estrategias para la elaboración y el desarrollo del plan de mantenimiento.

### **5.4.3. En el aspecto actitudinal**

En el aspecto actitudinal el bachiller aportó actitudes positivas de liderazgo obteniendo mayor experiencia en el área de la Ingeniería Eléctrica, e instrumentación fortaleciendo y aportando conocimientos en el mundo laboral.

## CONCLUSIONES

- Al implementar el mejoramiento del banco de condensadores aumentó el factor de potencia de 0.92 a 0.98 y por ende el consumo eléctrico se redujo en un 30%.
- Al realizar el diagnóstico antes de la implementación del Banco de Condensadores se observó que se pagaba una sobrefacturación por concepto de existencia de energía reactiva debido al bajo factor de potencia.
- Al realizar el diseño del banco de condensadores e implementarlo se notó de que es un proyecto totalmente factible y rentable, ya que la inversión inicial es de 10 mil soles y el retorno de la inversión se estima en un año.
- Con la aplicación del banco de condensadores en la empresa *Pan American Silver* Huarón queda demostrado que sí es posible unirse a la tendencia mundial de proteger al medio ambiente, además de generar beneficios económicos para la misma en el proceso.
- Finalmente se evidencia que con esta mejora de la instalación se logró reducir el impacto económico existente en las facturas por concepto de consumo de electricidad logrando un ahorro de 22831.20 soles mensuales quedando reflejado que este es un mecanismo totalmente válido y eficiente si se quiere ahorrar consumo eléctrico.
- El origen del bajo factor de potencia son las cargas de naturaleza inductiva, principalmente motores de inducción, luminarias fluorescentes, equipos electrónicos y hornos de inducción, rectificadores, etc. El primer paso en la corrección de un problema de factor de potencia es prevenirlos mediante la selección y operación correcta de los equipos. Los sistemas de compensación de reactivos (condensadores principalmente) son una forma práctica y económica de mejorar el factor de potencia, sobre todo en instalaciones existentes.
- A la energía que se transforma en trabajo, se la denomina energía activa, mientras que aquella usada para el propio funcionamiento del artefacto, se llama energía reactiva.
- El costo total de la compensación, el costo de la instalación propiamente dicha, de los artefactos conectados a la misma y el trabajo completo

incluyendo materiales, se amortiza en unos pocos meses con el ahorro de pago por recargo, pero para la aplicación de la corrección del factor de potencia se requieren cálculos de ingeniería precisos para reducir la factura por consumo de energía, tomando en cuenta las siguientes ventajas:

- Un banco de capacitores bien aplicado trae grandes beneficios desde el punto de vista de la confiabilidad de un sistema haciéndolo 'más robusto' mejorando la regulación de voltaje y, por ende, la calidad de la energía, además de lograr incrementar la capacidad disponible de los equipos conectados.
- Escoger el método adecuado para la compensación de energía reactiva en la mediana industria, de acuerdo con el presupuesto que se tiene, a la ubicación de las cargas, a las características de las cargas y a la cantidad de cargas en el sistema; puede ser el método de compensación individual, central o el combinado.
- Utilizar el adecuado banco de capacitores, ya sean los de bancos fijos, automáticos, híbridos, extrarrápidos o los de un paso; estos varían de acuerdo al comportamiento de las cargas que entran, salen o que son constantes en un determinado tiempo en el sistema.
- La compensación de la energía reactiva ayuda a mejorar la calidad de la energía eléctrica, ya que cada kvar instalado, equivale a una reducción de 150 gr de emisiones de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, una batería de 200 kvar, equivale a una reducción de 30 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.



## RECOMENDACIONES

- Actualmente, a la hora de compensar la energía reactiva en una instalación no solo se deben tener presente los datos “clásicos”, es decir potencia activa,  $\text{Cos } \phi$  inicial, con  $\text{Cos } \phi$  final, índice de carga, etc., tener en cuenta la presencia de posibles receptores que pueden contaminar la instalación con armónicos: variadores, rectificadores, hornos eléctricos de soldadura, fluorescentes, etc.
- Tras una revisión del sistema eléctrico de la planta, sus posibles focos de pérdidas, y el estudio de la factura eléctrica de la empresa, se procedió al estudio de la situación de una muestra de motores de las líneas de producción de la fábrica.
- Lo único que se pretende en este es poner de manifiesto las posibilidades de ahorro energético que se consigue mediante la mejora de los accionamientos de los motores eléctricos.
- Cambio de los cables eléctricos en el circuito principal en baja tensión, ya que se cuentan con cables antiguos que ocasionan pérdidas de energía.
- Las instalaciones o equipos con pobre aislamiento causan una tensión a tierra debido a la pérdida de corriente a través de la resistencia a tierra a ser medida. Si esta tensión a tierra es demasiado alta puede causar error en la medida por tensiones inducidas debido a las corrientes parásitas.
- Se recomienda realizar proyectos de inversión para el reemplazo del sistema de alumbrado, por luminarias LED.
- Las recomendaciones hechas son una primera solución actual de la planta, pero el análisis de su evolución a lo largo del tiempo es lo que determina, finalmente, la validez y cuantía de las mejoras aportadas.
- Evitar el consumo de energía eléctrica en horas punta (6.00 a 11.00 p. m.), ya que en todos los planes tarifarios tanto en baja como en media tensión el precio del kWh es más elevado.
- Para el uso racional de la energía, es prioritaria la corrección del Factor de Potencia. En la compra de artefactos y maquinarias existen algunas marcas que ya traen compensada esta energía a valores exigibles. El mantenimiento de valores controlados del Factor de Potencia redundará en su beneficio y en el de la empresa, ya que:

- Aumentará la vida útil de la instalación.
- Evitará recargos en la facturación.
- Mejorará la calidad del producto técnico del suministro que reciben:
  - Cliente
  - Mejorará la regulación de la tensión del suministro.
  - Reducirá las pérdidas por recalentamiento en líneas y elementos de distribución.
  - Los condensadores que no lleven alguna indicación de temperatura máxima admisible no se podrán utilizar en lugares donde la temperatura ambiente sea 50 °C o mayor. Y para la utilización de condensadores por encima de los 2.000 m, de altitud sobre el nivel del mar, deberán tomarse precauciones de acuerdo con el fabricante.
  - Al obtener esta nueva ventaja de ahorro energético se recomienda que las máquinas trabajen a mayor capacidad y de esta manera se aumentará la capacidad productiva de la planta generando más ingresos.
  - De acuerdo con el análisis proyectado es importante considerar aplicar inmediatamente el proyecto de instalación de banco de condensadores y así poder aprovechar los costos actuales de inversión, ya que con los costos visualizados se determina que es totalmente factible.

## REFERENCIAS

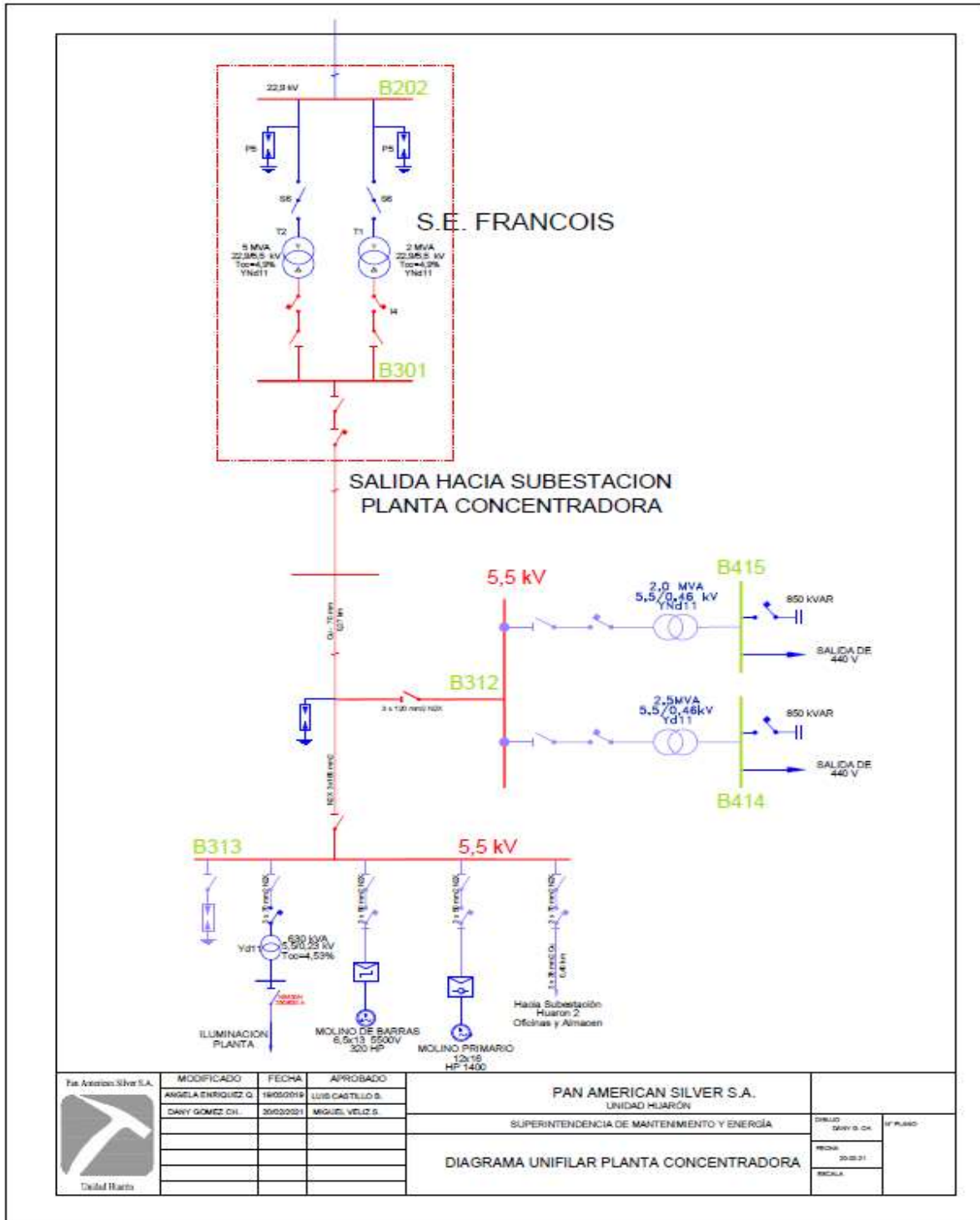
1. **FRANCESC y otros.** *Marco general para el establecimiento, el seguimiento y la revisión de los planes de mejora.* Barcelona : Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, 2005.
2. **PROAÑO, GISBERT y PÉREZ.** *Metodología para elaborar un plan de mejora continua.* 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico. s.l. : Edición Especial, 2017. pp. 50-56.
3. **HINOSTROZA, H.** *Parámetros geomecánicos en la evaluación del macizo rocoso para el diseño del tajeo de producción veta Travieso en la unidad Huarón - Pan American Silver Huarón S. A.* Cerro de Pasco, Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2019.
4. **SALGADO.** *Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavía- Nivel 100, Unidad Minera Huarón.* Huancayo, Perú : Universidad Continental, 2020.
5. **RAMÍREZ, R.** *Evaluación técnico-económica para la aplicación de taladros largos en la veta Patrik cía. minera Pan American Silver S. A. - unidad Huarón.* Ayacucho, Perú : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2011.
6. **PALOMINO, P.** *Evaluación de la perforación y voladura en labores de desarrollo nivel-420 en la mina Huarón - cía. minera Huarón S. A. Pan American Silver Perú- Corporation.* Ayacucho, Perú : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2015.
7. **RUPAY, R.** *Evaluación de los esfuerzos estáticos y dinámicos a las que están sometidos la aparamenta eléctrica de una subestación de potencia.* Huancayo, Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2009.
8. **MORALES, M.** *Actualización y modelación del sistema electrónico de la planta concentradora de Codelco mediante software de simulación ETAP .* Chile : Universidad de Chile, 2012.
9. **SÁNCHEZ, S.** *Diseño de la subestación de potencia comarsa de 6/7.5 MVA (ONAN/ONAF) en 66//22.9 kV de la compañía minera Santa Rosa S. A. .* Huancayo, Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2008.

10. **BASTIDAS, B. y BULLÓN, B.** *Diseño de un banco de condensadores para la planta de beneficio Challhuapozo – cía. minera Sierra Central* . Huancayo, Perú : Universidad Continental, 2020.
11. **EDMINISTER, Joseph y NAHVI, N.** *Circuitos Eléctricos*. 3.º ed.
12. **VARGAS, V.** *Implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte, 2015*. Lima, Perú : Universidad Privada del Norte, 2017.
13. **DE LA CRUZ, C.** *Dimensionamiento de bancos de condensadores para la minera Century Mining Peru SAC de San Juan de Chorunga - Arequipa* . Villa El Salvador, Perú : Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2018.
14. **CAMPOS, J., LORA, E., MERIÑO, L., TOVAR, I., NAVARRO, I., CIRO, E., RICARDO, J.** *Corrección del factor de potencia y control de la demanda* . Colombia : Universidad Autónoma de Occidente & Universidad del Atlántico, 2012.
15. **HIGUERA, H.** *Elaboración de una aplicación para la selección de componentes eléctricos usados para la conformación de un banco de condensadores automático para la corrección del factor de potencia para la empresa Disproel S. A.* Bogotá : Universidad Distrital José de Caldas, 2019.
16. **GUEVARA, G.** *Informe técnico de las operaciones minero-metalúrgicas en las diferentes áreas de operación de planta concentradora*. Perú : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015.

## **ANEXOS**

# Anexo 1

## Plano de diagrama unifilar de la subestación planta concentradora











## Anexo 5

### Ficha de inspección

<b>Pan American Silver</b> <small>Huancó S.A.</small>		<b>Inspección-SUBESTACIONES ELECTRICAS</b>			ORDEN <input style="width: 80px;" type="text"/> N° VALE <input style="width: 80px;" type="text"/>																								
N° de Plan: _____																													
<b>Datos Generales</b>																													
SUBESTACION: _____		TIPO <input type="text" value="1"/>		FRECUENCIA <input type="text" value="MENSUAL"/>																									
SUPERFICIE <input type="checkbox"/>	MINA <input type="checkbox"/>	HH EFECTIVAS (Trabajo Real) <input type="text"/>	HORA INICIO <input type="text"/>	HORA FIN <input type="text"/>	Duración Hrs. <input type="text" value="1H"/>																								
FECHA <input type="text"/>																													
<b>Descripción de las tareas</b>																													
TID Pto. Trab.	Descripción Sistema Eléctrico																												
***** GENERAL *****																													
			<b>INSPECCION</b>																										
			<input type="checkbox"/> BIEN <small>BIEN</small>	<input type="checkbox"/> MAL <small>REGULAR</small>	<input type="checkbox"/> NO <small>APLICA</small>																								
1	ELECTRICISTA	Plano de identificación ubicación de subestación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
2	ELECTRICISTA	Plano con diagrama de cargas en subestación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
3	ELECTRICISTA	Sefalización de la subestación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
4	ELECTRICISTA	Módulos eléctricos Celdas de MT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
5	ELECTRICISTA	Enmalledo de subestación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
6	ELECTRICISTA	Estado de seccionadores y fusibles Cut-Out	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
7	ELECTRICISTA	Estado de cabeza terminal acometida cable seco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
8	ELECTRICISTA	Estado de la tubería del cable seco entubado Poste - Celda Media Tensión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
9	ELECTRICISTA	Ligado de cabeza terminal hacia Celda Media Tensión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
10	ELECTRICISTA	Estado del Transformador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
11	ELECTRICISTA	Bornas y aisladores del transformador en lado AT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
12	ELECTRICISTA	Bornas transformador lado BT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
13	ELECTRICISTA	Inspección válvulas retenedoras de aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
14	ELECTRICISTA	Estado de válvula llenado del aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
15	ELECTRICISTA	Estado de válvula vaciado del aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
16	ELECTRICISTA	Inspección de fugas de aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
17	ELECTRICISTA	Estado nivel aceite transformador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
18	ELECTRICISTA	Estado de depósito expansión de aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
19	ELECTRICISTA	Estado de conmutador tensión (TAP)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
20	ELECTRICISTA	Estado de radiadores de refrigeración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
21	ELECTRICISTA	Estado de ventilador de radiador (refrigeración)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
22	ELECTRICISTA	Estado placa características del transformador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
23	ELECTRICISTA	Inspección nivel Bushings	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
24	ELECTRICISTA	Estado de deshumecedor (silicagel)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
25	ELECTRICISTA	Estado de termostato del bobinado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
26	ELECTRICISTA	Hermeticidad del tablero distribución (salida)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
27	ELECTRICISTA	Interruptor principal del tablero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
28	ELECTRICISTA	Interruptor(es) secundario(s) en tablero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
29	ELECTRICISTA	Conexiones eléctricas terminales y bornas en BT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
30	ELECTRICISTA	Instalaciones eléctricas entubadas y selladas lado AT y BT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
31	ELECTRICISTA	Verificar funcionamiento de transformador de 440/220 VAC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
32	ELECTRICISTA	Verificar iluminación adecuada en el recinto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																								
<b>Observaciones:</b>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 25%;">JEFE MANTTO ELECTRICO</td> <td style="width: 25%;">SUPERVISOR</td> <td style="width: 25%;">ELECTRICISTA</td> <td style="width: 25%;">ELECTRICISTA</td> <td style="width: 25%;">PLANEAMIENTO</td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FIRMA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							JEFE MANTTO ELECTRICO	SUPERVISOR	ELECTRICISTA	ELECTRICISTA	PLANEAMIENTO	FECHA						FIRMA						NOMBRE					
	JEFE MANTTO ELECTRICO	SUPERVISOR	ELECTRICISTA	ELECTRICISTA	PLANEAMIENTO																								
FECHA																													
FIRMA																													
NOMBRE																													