

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

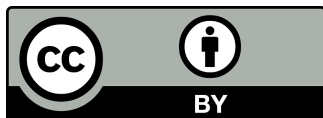
**Configuración y regulación de relé de protección
para arrancador síncrono en planta
de procesos**

Luis Alfredo Bernaola Gaspar

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2022

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Mi profundo agradecimiento a la Compañía de Minas Buenaventura, por confiar en mí como profesional, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de sus instalaciones. De igual manera mis agradecimientos a la prestigiosa Universidad Continental, a toda la Facultad de Ingeniería Eléctrica, a mis profesores y tutores, quienes, con la enseñanza de sus valiosos conocimientos, hicieron que pueda crecer día a día como profesional. Gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.

Finalmente, quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a los ingenieros Marcial Vásquez, Jaime Segales y Juan Guillermo Jaramillo, principales protagonistas durante todo este proceso de trabajo y aprendizaje profesional, quienes, con su dirección, conocimientos, enseñanzas y colaboración, me permitieron desarrollar este trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado:

A Dios, quien es mi guía y fortaleza en el caminar de mi vida.

A mis padres Alfredo y Marina, quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo, me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. Gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Elvis Cristian y Yuliana del Pilar, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. En memoria a ti Carlitos Paucar, a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento, hacen de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente, quiero dedicar este trabajo a todos mis maestros, mis jefes y colegas, por apoyarme cuando más lo necesito y extenderme su mano en los momentos difíciles. Gracias amigos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN EJECUTIVO	x
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES	2
1.1 ANTECEDENTES DE LA MINERÍA EN EL PERÚ	2
1.2 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	5
1.3 VISIÓN DE LA EMPRESA	5
1.4 MISIÓN DE LA EMPRESA.....	5
1.5 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	6
1.6 PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA.....	7
1.6.1 Accesibilidad	7
1.6.2 Geografía.....	7
1.6.3 Recursos Hídricos.....	8
1.6.4 Recursos de Energía Eléctrica	8
1.6.5 Actualidad de la Unidad Minera.....	8
1.7 FUNCIONES DEL ÁREA INVOLUCRADA DENTRO DE LA EMPRESA.....	9
 CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	11
2.1 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	11
2.1.1 Metodología empleada en la actividad profesional	11
2.1.2 Técnicas empleadas en la actividad profesional.....	12
2.1.3 Instrumentos Utilizados	13
2.1.3.1 Software Cade Simu.....	13
2.1.3.2 Microsoft Office.....	14
2.1.3.3 Microsoft Project.....	14
2.1.3.4 AutoCAD	15
2.1.3.5 ETAP	15
2.1.3.6 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades.....	16
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	17
2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	17

2.4	ACTIVIDAD: CONFIGURACIÓN Y REGULACIÓN DE RELÉ DE PROTECCIÓN PARA ARRANCADOR SÍNCRONO EN PLANTA DE PROCESOS.....	18
2.5	PUESTA EN MARCHA DE ARRANCADOR SÍNCRONO Y AFINAMIENTO DE MOLINOS	18
2.5.1	Descripción de la actividad profesional	18
2.5.2	Antecedentes o diagnostico situacional.....	18
2.5.3	Medidas realizadas para poner en marcha el Arrancador Síncrono	20
2.5.4	Procedimiento de afinamiento Molino Dominion.....	21
2.5.5	PROCEDIMIENTO DE AFINAMIENTO DE MOLINO SAG.....	26
2.6	OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA UNIDAD MINERA ORCOPAMPA..	33
2.6.1	Actividad: análisis del sistema eléctrico mina	33
2.6.1.1	Registros de la demanda del año 2018:.....	34
2.6.1.2	Comparación de resultados 2018-2019	36
2.6.2	Actividad: análisis de la barra de la Subestación Eléctrica Casa Fuerza Sulzer año 2019.....	37
2.6.2.1	Análisis del comportamiento del Sistema Eléctrico Mina año 2017	39
2.6.3	Actividad: Modelado del Sistema Eléctrico de Interior Mina con el Software ETAP	40
2.6.3.1	Objetivo	40
2.6.3.2	Alcance del proyecto	40
2.6.3.3	Procedimiento del modelado en el Software Etap del Sistema Eléctrico de Interior Mina.....	41
2.6.3.4	Modelado en el Software ETAP del Sistema Eléctrico de Interior Mina.....	41
2.6.3.5	Beneficios de la simulación en el Software ETAP	45
2.7	RESULTADOS ESPERADOS SOBRE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	45
CAPÍTULO III APORTES Y DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS		47
3.1	RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	47
3.1.1	Resultados de la puesta en marcha de arrancador síncrono y afinamiento de molinos	47
3.1.2	Resultados del análisis del Sistema Eléctrico Mina	49
3.2	LOGROS ALCANZADOS.....	50
3.2.1	En el ámbito del proyecto.....	50
3.2.2	En el ámbito personal.....	50
3.3	APORTES DEL BACHILLER EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES	50

3.3.1	En el aspecto cognoscitivo	50
3.3.2	En el aspecto procedimental	51
3.3.3	En el aspecto actitudinal	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		52
ANEXOS.....		54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Toma de Datos	22
Tabla 2:	Toma de Datos	22
Tabla 3:	Mechanical Jam.....	23
Tabla 4:	Toma de Datos	23
Tabla 5:	Toma de Datos	24
Tabla 6:	Toma de Datos	24
Tabla 7:	Mechanical Jam.....	25
Tabla 8:	Toma de Datos	25
Tabla 9:	Toma de Datos	26
Tabla 10:	Toma de Datos	27
Tabla 11:	Toma de Datos	27
Tabla 12:	Toma de Datos	28
Tabla 13:	Toma de Datos	28
Tabla 14:	Calibración	29
Tabla 15:	Toma de Datos	29
Tabla 16:	Toma de Datos	30
Tabla 17:	Protecciones.....	30
Tabla 18:	Toma de Datos	31
Tabla 19:	Toma de Datos	31
Tabla 20:	Toma de Datos	32
Tabla 21:	Toma de Datos	32
Tabla 22:	Máxima demanda mes de febrero 2018.....	35
Tabla 23:	Máxima demanda mes de marzo 2018	35
Tabla 24:	Máxima demanda mes de abril 2018	36

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1.	Ornamentas en conchas espondilus y herramientas ceremoniales	2
Imagen 2.	Orfebrería de muy alto grado en culturas chavín y mochica	3
Imagen 3.	Vasos ceremoniales y esculturas de figuras humanas	3
Imagen 4:	Extracción de minerales en las primeras décadas del siglo XX	4
Imagen 5.	Perú en el ranking latinoamericano de producción minera	5
Imagen 6.	Mapa estratégico de la compañía.....	6
Imagen 7.	Organigrama del área	6
Imagen 8.	Mapa de la localidad de Orcopampa	7
Imagen 9.	Producciones de oro y plata de la compañía	9
Imagen 10.	Volumen de oro vendido en unidad Orcopampa.....	9
Imagen 11.	Personal total del área de Mantenimiento	10
Imagen 12.	Software Cade Simu	14
Imagen 13.	Software Office.....	14
Imagen 14.	Microsoft Project.....	15
Imagen 15.	Software Autodesk	15
Imagen 16.	Software ETAP.....	16
Imagen 17.	Vista lateral del motor molino Dominion	19
Imagen 18.	Vista frontal del motor molino Dominion	19
Imagen 19.	Tablero de control motor molino DominiunB.....	20
Imagen 20.	Motor molino SAG	20
Imagen 21.	Comparación de motores por instalación.....	21
Imagen 22.	Subestación Eléctrica Principal Casa Fuerza Sulzer	33
Imagen 23.	Flujo de Potencia Sistema Eléctrico Mina.....	34
Imagen 24.	Cable alimentación Sistema Eléctrico Mina	37
Imagen 25.	Capacidad de corriente de barras de cobre.....	38
Imagen 26.	Capacidad de corriente de barras de cobre.....	38
Imagen 27.	Corriente del sistema eléctrico mina y capacidad de barra Cu	39
Imagen 28.	Simulación sistema eléctrico interior mina en software ETAP.....	42
Imagen 29.	Simulación sistema eléctrico Nv.3850 Rp626-1.....	42
Imagen 30.	Simulación sistema eléctrico la red eléctrica del Nivel 3710 al 3640 de la rampa 626-1.....	43
Imagen 31.	Simulación sistema eléctrico subestación Derrumbe Nv.3850 rampa principal.....	44

Imagen 32. Simulación sistema eléctrico subestación Nv.3920 Rp 626 Principal.....	44
Imagen 33. Corriente del sistema eléctrico mina y capacidad de barra Cu	48
Imagen 34. Motor Dominion	48
Imagen 35. Configuración de los motores	49

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe trata de la experiencia adquirida en Compañía de Minas Buenaventura, y específicamente la actividad de la configuración y regulación del relé de protección para un arrancador síncrono de un motor de molino de bolas.

Se describe los antecedentes del problema, las consecuencias que origina a la planta de procesos, las posibles soluciones que se formularon, cuál es la que se eligió, y las razones por las que se eligió.

Complementando a los antecedentes del problema, se citó la teoría que sustenta la configuración y regulación del relé de protección para arrancador síncrono.

Una vez aprobado el proyecto, se procedió a su ejecución, en el trabajo se muestra la evidencia fotográfica que sustenta este trabajo.

También se menciona, en el presente trabajo, otras actividades relacionadas con la experiencia profesional realizadas por mi persona. En estos trabajos realizados, se aplicó el uso de los conocimientos aprendidos en la universidad, en las áreas de electrónica de potencia, sistemas eléctricos de potencia, líneas de transmisión y redes de distribución.

En la última parte del trabajo de suficiencia profesional, se enumeran los resultados y conclusiones esperados después de la implementación.

INTRODUCCIÓN

La presentación del presente informe incluye tres capítulos.

En el capítulo uno, se presenta los aspectos generales y una breve descripción de la compañía minera Buenaventura.

El capítulo dos, presenta la descripción de la actividad profesional, los aspectos técnicos de la actividad profesional, descripción de las actividades realizadas y resultados esperados.

El capítulo tres, se trata sobre los aportes y el desarrollo de las experiencias, sus alcances, los resultados finales, los logros alcanzados y los aportes del bachiller en el desarrollo de las actividades.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES DE LA MINERÍA EN EL PERÚ

La minería se desarrolla en el Perú desde épocas inmemoriales, muestra de ello son las piezas de orfebrería y ornamenta que utilizaban las autoridades de las distintas culturas preincaicas, las cuales eran trabajadas en oro y plata principalmente, y otros casos con piezas marinas como las conchas espondilus (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021, p1).



Imagen 1. Ornamentas en conchas espondilus y herramientas ceremoniales.

Fuente: Instituto de ingenieros de minas del Perú (<https://iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/historia>)

Las culturas Chavín (900 a. C.), Vicus (900 a. C. – 300 d. C.), Paracas (700 – 500 a. C.), Nasca (100 d. C.), Mochica (80 d. C.) y más recientemente Tiahuanaco y Wari, conocieron la minería metálica y desarrollaron la metalurgia (Instituto de ingenieros de minas del Perú, 2021, p1).

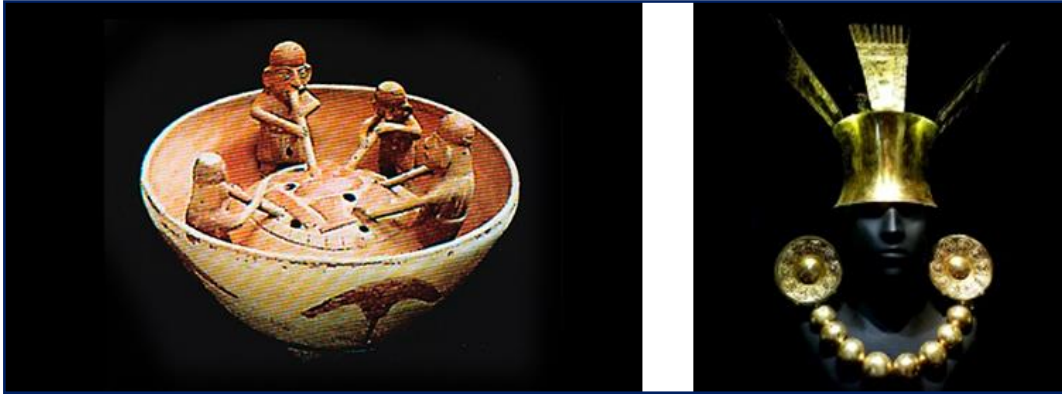


Imagen 2. Orfebrería de muy alto grado en culturas chavín y mochica.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (<https://iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/historia>).

La minería incaica estuvo circunscrita al oro, plata y cobre. Los dos primeros utilizados para adornar templos, casas y elaborar objetos personales. Por su parte, el cobre se usó para herramientas, utensilios y armas, entre otros (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021, p1).



Imagen 3. Vasos ceremoniales y esculturas de figuras humanas.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (<https://iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/historia>).

En la colonia, durante los primeros años de dominación y hasta mediados del siglo XVII, no hubo prácticamente trabajos mineros, salvo por el casual descubrimiento de Potosí en 1545, luego de lo cual se intensificaron las labores mineras (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021, p1).

El descubrimiento, en 1566, de la mina de mercurio, llamada después Santa Bárbara, es una de las efemérides notables de la historia minera, este mercurio serviría para el proceso de beneficiar la plata por amalgamación, siendo este último metal el que

obtuvo mayor importancia en la explotación, comparado con el oro (Instituto de ingenieros de minas del Perú, 2021, p1).

En la República, se inicia la explotación del guano y el salitre antes de la guerra con Chile. Posteriormente, una pléyade de ingenieros egresados de la Escuela de Ingenieros Civiles y de Minas de Lima, junto a un grupo de profesionales peruanos y extranjeros, hicieron comprender la necesidad de la técnica para iniciar una nueva etapa de la minería (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021, p1).



Imagen 4: Extracción de minerales en las primeras décadas del siglo XX.

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (<https://iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/historia>).

Desde 1950, la industria minera en el Perú ingresa a una nueva fase de desarrollo como consecuencia de la nueva política puesta en marcha con el Código de Minería de ese año (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021, p1).

En la década del 90 con el cambio del modelo económico y la apertura del mercado se inicia una fase expansiva sin precedentes que llega hasta la actualidad, en que la minería se ha constituido en el pilar fundamental de la economía peruana (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021, p1).

Perú en el Ranking de Producción Minera	
METAL	LATINOAMÉRICA
Zinc	1
Estaño	1
Plata	2
Cobre	2
Plomo	1
Molibdeno	2
Oro	1

Imagen 5. Perú en el ranking latinoamericano de producción minera.
Fuente: Investing News.

1.2 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Compañía de Minas Buenaventura es una empresa peruana productora de metales preciosos con más de 68 años de experiencia en actividades de exploración y explotación minera. Iniciando su camino en 1953 con la adquisición de la mina Julcani, en Huancavelica. Desde entonces han desarrollado una cultura empresarial, que tiene como pilares la salud y seguridad de sus colaboradores, como también el compromiso del cuidado y conservación del medio ambiente. Un dato resaltante de la compañía es que es la primera empresa latinoamericana en listar en la Bolsa de Valores de Nueva York desde 1996.

1.3 VISIÓN DE LA EMPRESA

Desarrollar recursos minerales generando el mayor valor posible a la sociedad.

1.4 MISIÓN DE LA EMPRESA

Ser el operador minero de elección y de mayor aceptación para las comunidades, las autoridades y la opinión pública en general.

Generar la más alta valoración de la compañía ante todos sus públicos de interés (stakeholders).

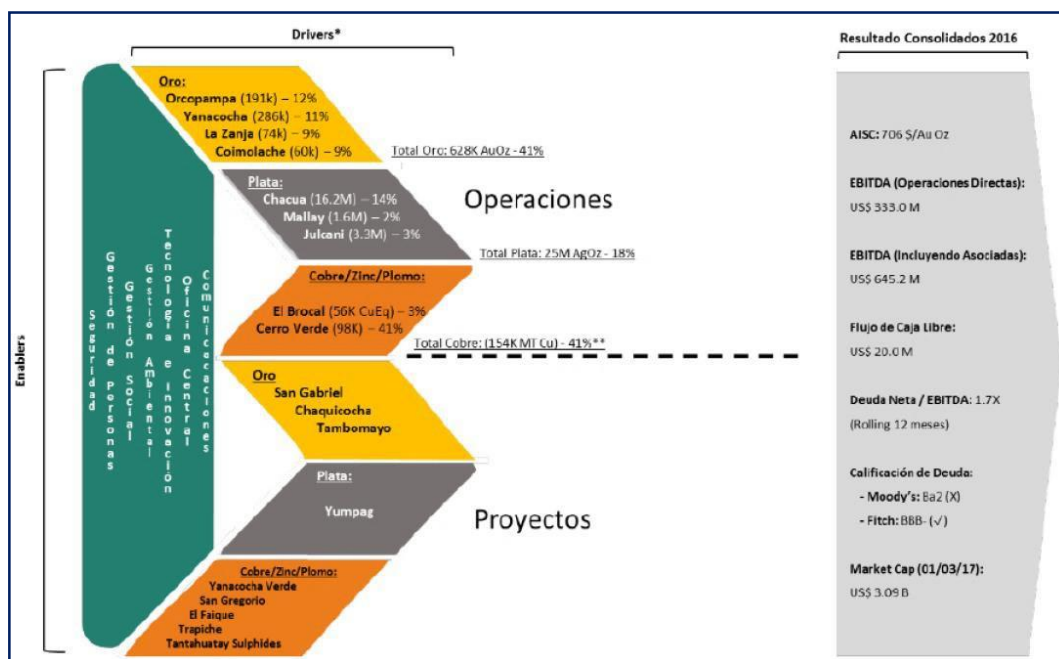


Imagen 6. Mapa estratégico de la compañía.

Fuente: https://www.buenaventura.com/assets/uploads/pdf/aprobacion_2018_v2.pdf

1.5 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

En la imagen de abajo se muestra el organigrama general de la empresa en la U.E.A. de Orcopampa.

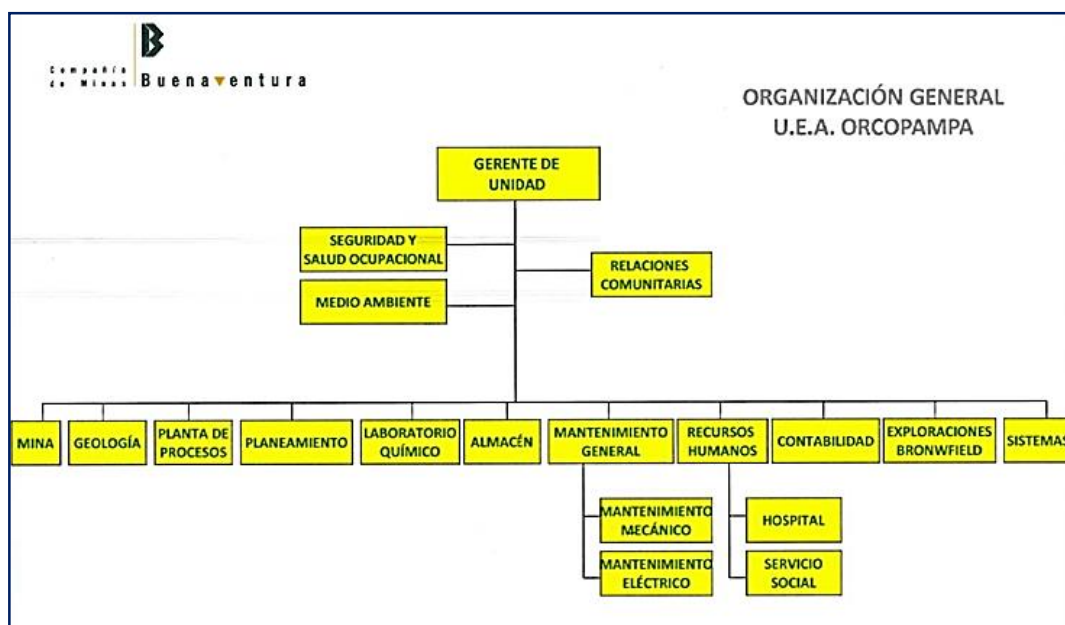


Imagen 7. Organigrama del área.

Fuente: Elaboración propia, basada en Organigrama general de U.E.A. Orcopampa.

1.6 PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA

Se encuentra ubicada al Este de la Cordillera Occidental de los Andes y al Noreste del Nevado Coropuna, en el distrito de Orcopampa, Provincia de Castilla, Departamento de Arequipa. En caminos por carretera Arequipa-Aplao-Viraco-Andagua-Orcopampa, Arequipa-Sibayo-Caylloma-Orcopampa. Con una altitud que oscila entre los 3800 y 4000 msnm y con una extensión aproximadamente de 30 km.

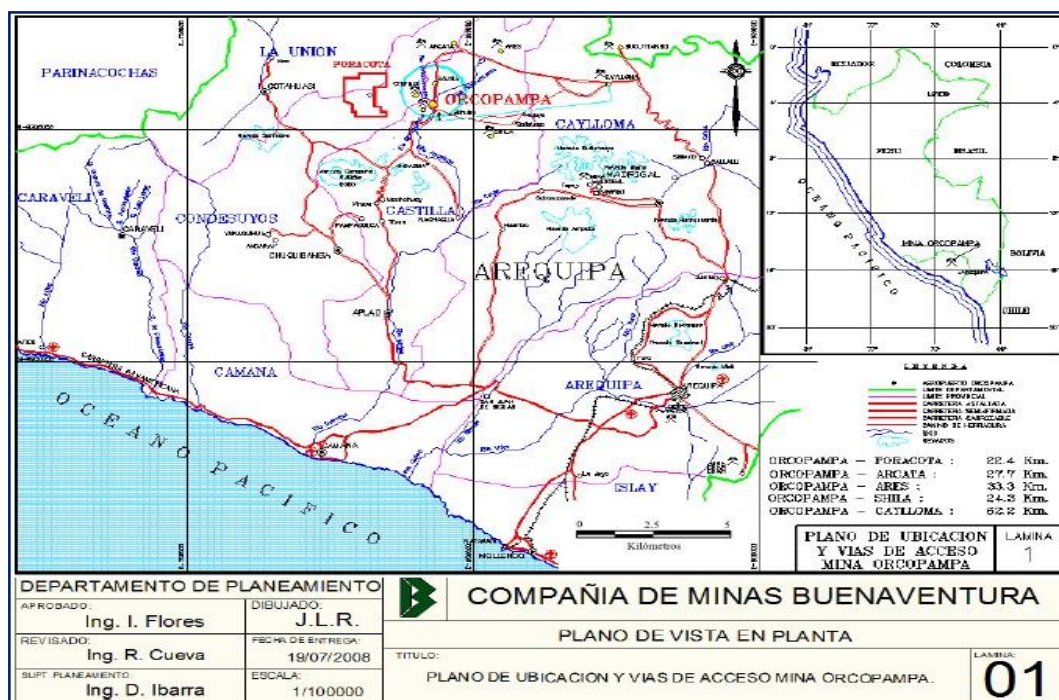


Imagen 8. Mapa de la localidad de Orcopampa.

Fuente: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2007/Arequipa/EER-Arequipa-Benavides.pdf>

1.6.1 Accesibilidad

Las vías de acceso a la mina son las siguientes:

- Arequipa – Aplao – Viraco - Orcopampa 370 km.
- Arequipa - Sibayo - Caylloma - Orcopampa 320 km.

Por vía aérea (avioneta).

1.6.2 Geografía

La zona presenta un amplio valle en el cual discurre el río Orcopampa principal colector de las aguas de escorrentía, siendo su principal afluente el río Chilcaymarca.

Como rasgos fisiográficos interesantes se tiene:

Una serie de terrazas fluviales, que evidencian un probable antecedente lagunar del valle.

Una apreciable cantidad de pequeños conos volcánicos de 30 a 350 m. de altura dispuestos a lo largo del valle.

En la parte donde se localiza el pueblo de Orcopampa la topografía es plana, a medida que se va superando en altitud la superficie va presentando una topografía más agreste y pronunciada con presencia de considerables depresiones.

1.6.3 Recursos Hídricos

El recurso hídrico es muy abundante delimitado por las cuencas de los ríos Huancarama que posteriormente cambia de nombre por río Orcopampa, Chilcaymarca, Misapuquio y Umachulco, que finalmente contribuyen sus aguas a la cuenca del río Majes para después ser vertida al Pacífico.

El potencial hídrico de la zona es aprovechado para generar energía eléctrica en la central hidroeléctrica de Huancarama, para uso industrial minero metalúrgico, uso agrícola y doméstico por parte de la población.

Cabe mencionar que el río Orcopampa es el principal recurso hídrico del valle.

1.6.4 Recursos de Energía Eléctrica

Las Minas de Orcopampa, se encuentran actualmente alimentadas eléctricamente desde la subestación Huancarama, mediante una línea de transmisión en 66 kV, simple terna, 25 Km, conectada a la barra en 66 kV de la subestación Ares 66/21,9 kV. Esta subestación a su vez está integrada al Sistema Interconectado Nacional, mediante una línea de transmisión en 138 kV Callalli – Ares, línea que está siendo operada por CONENHUA S.A. La celda de llegada y salida en 138 kV de la subestación Callalli y la línea que alimentará a este sistema, son operadas por la empresa Red de Energía del Perú (REP). La transformación y distribución viene siendo operada por SEAL.

Asimismo, en Huancarama se tiene interconectado en 22 kV la Central Hidroeléctrica de Huancarama de 1,4 MW que es una unidad de generación hidroeléctrica que refuerza el Sistema Eléctrico, cuyo propietario es la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

1.6.5 Actualidad de la Unidad Minera

Estados al 2020:

- Récord de producción de oro: 4.8 M de onzas de oro.

- Nuevo método de minado: Corte y relleno / Taladros largos.
- Tonelaje procesado al día: 1500 TMD (Objetivo).
- Producción estimada para el 2020: 1700 TMD.
- Reservas y Recursos.

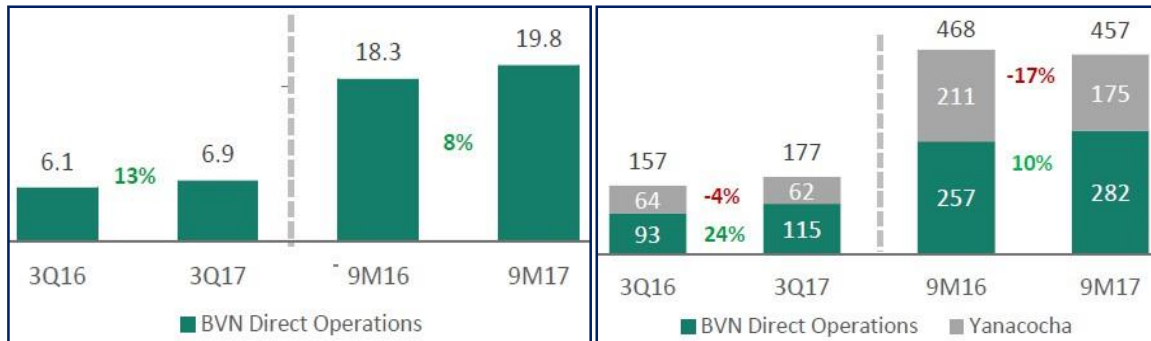


Imagen 9. Producciones de oro y plata de la compañía.

Fuente: Elaboración propia, basada de la memoria anual de minas buenaventura año 2020.

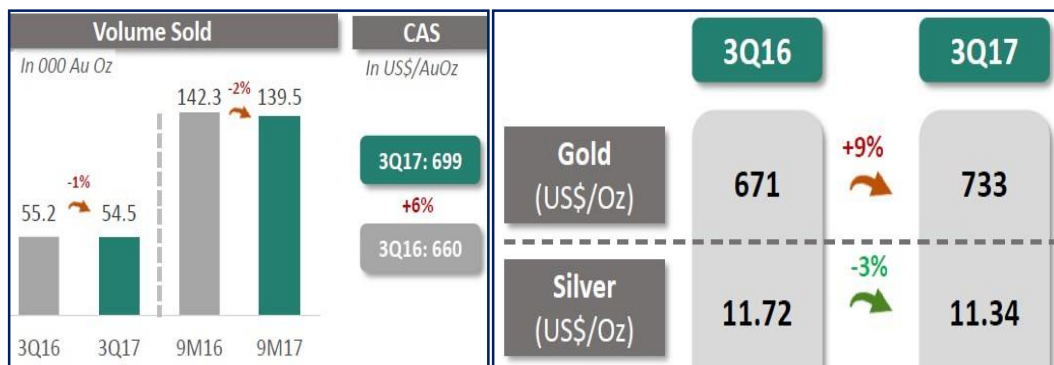


Imagen 10. Volumen de oro vendido en unidad Orcopampa.

Fuente: Elaboración propia, basada de la memoria anual de minas buenaventura año 2020.

1.7 FUNCIONES DEL ÁREA INVOLUCRADA DENTRO DE LA EMPRESA

Dentro de la unidad de Orcopampa, el área de mantenimiento general cuenta con 155 personas que son divididas de acuerdo con las áreas y también de los proyectados que se piden al área de Recursos Humanos:

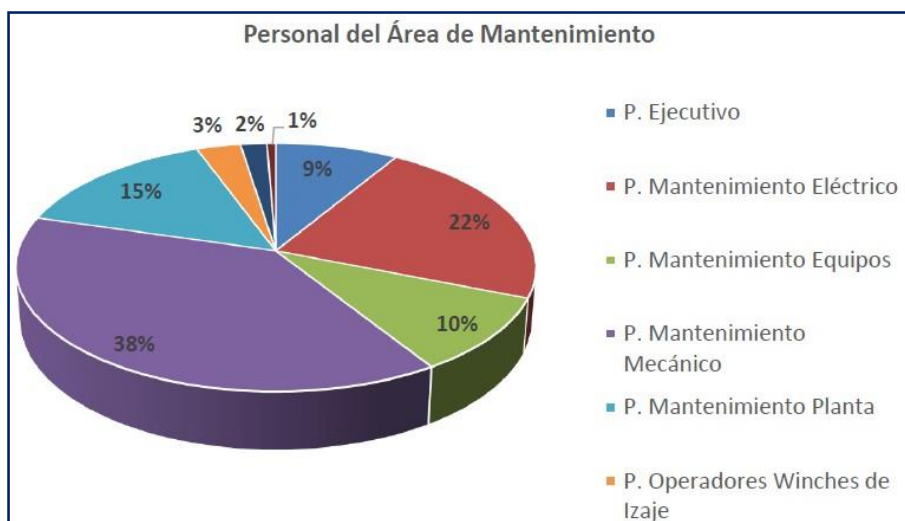


Imagen 11. Personal total del área de Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia, basada de la memoria anual de Minas buenaventura año 2020.

Al ser parte del personal de mantenimiento planta, solo el área mencionada estará involucrada para el desarrollo del presente informe.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

2.1 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

2.1.1 Metodología empleada en la actividad profesional

El término método proviene del griego métodos, donde la raíz meta, significa a lo largo o hacía, y odos, camino, es decir, a lo largo del camino.

La palabra método da la idea de orden y de pasos a seguir para lograr un objetivo.

Como desarrollo de la actividad profesional desarrollada en la empresa, se mencionan trabajos involucrados en la parte eléctrica, pero también se describen trabajos en la parte de administración, debido a que la empresa tiene certificaciones ISO y como parte del equipo de profesionales del área, es necesario aplicar métodos para la parte administrativa; por lo tanto, a continuación, se describen los métodos utilizados en el área donde se desarrolló la actividad profesional:

- **Método de organización:** el método de organización, es un método aplicado en el área de administración para conseguir un objetivo determinado. Organizar un equipo de personas depende de muchos factores, en los cuales se trabaja la delegación de funciones, estructuración de documentos y planificación del trabajo a realizar. Este método aplicado en el área administrativa y que forma parte de las políticas administrativas, se puede aplicar en las diversas áreas de trabajo de la empresa, tales como las áreas de mantenimiento, maestranza, producción y otros, debido a que estas áreas mencionadas, están conformadas por grupos de personas y que tienen un objetivo a desarrollar en la empresa. Por lo que mediante este método se busca establecer la norma disciplinaria y delegar funciones a cada miembro del grupo al fin de ejecutar bien el plan de trabajo encomendado (Stoner J, et al, 1996).

- **Método de conformidad:** de igual manera, este método forma parte del área administrativa, y valida los documentos, enviados de un área de la empresa a otra área. Este método es parte fundamental de la administración en una empresa, porque ayuda a mantener los estándares de calidad de los trabajos realizados en una empresa. Este concepto de conformidad es recogido por el estándar ISO 9001 (sistema de gestión de la calidad) para cualificar los documentos de los procesos de trabajos en la empresa, cabe mencionar que cada proceso de trabajo debe estar sustentado por sus respectivos documentos y validados por las áreas respectivas, es por este motivo que la conformidad del servicio está compuesta de documentos que muestran el detalle de la obra terminada (planos, presupuestos, especificaciones técnicas, protocolos prueba de los equipos, catálogos, manuales, etc.), y que incorporan todas las modificaciones que se llevaron a cabo durante un montaje electromecánico; y que validan que el trabajo sea de un nivel de calidad respecto a estándares internacionales y nacionales. (Stoner J, et al, 1996).

2.1.2 Técnicas empleadas en la actividad profesional

Las técnicas empleadas en la actividad profesional, son el conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método empleado en la actividad profesional.

- **Técnica de la observación:** la observación es una técnica empleada en diversos campos de estudio, es usada en la investigación científica en la que es estructurada y sistematizada, pero también es usada en la vida cotidiana como desarrollo de nuestros sentidos, en particular en el trabajo desarrollado en la empresa, este método es usado por el personal del área de trabajo, ya que es necesario registrar las observaciones hechas y llevar un registro de lo observado por lo que se puede afirmar que, este método es utilizado desde el inicio y hasta el último día de la ejecución del trabajo, esta técnica responde a las preguntas de, con que contamos, y que necesitamos. Este método es el más usado, sobre las demás técnicas utilizadas. Mediante esta técnica se realizaron las siguientes observaciones (Díaz L, 2011, p22):
 - Elección del espacio y los sujetos a observar.
 - Acceso al espacio.
 - La evaluación de los riesgos que el trabajo pueda suponer, teniendo en cuenta las características de las instalaciones, el propio trabajo y el entorno en el que va a realizarse.

- Todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico, deberá efectuarse sin tensión.
- Así como maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones cuya naturaleza así lo exija, tales como por ejemplo la apertura y cierre de interruptores o seccionadores, la medición de variables y la realización de ensayos de aislamiento eléctrico.
- **Técnica del internet:** es una técnica usada por diferentes profesionales para buscar información en línea, esta se hace mediante buscadores en línea, tales como Google, Internet Explorer, Mozilla Firefox, opera, etc., en la actualidad el buscador más usado es el Google el cual nos permite tener acceso a todo tipo de documentación en la web, siempre y cuando coloquemos los parámetros de búsqueda correctos, lo cual nos permite tener la información al alcance de la mano, el buscador Google fue parte de nuestras herramientas para la recolección de datos, ubicación y codificación de subestaciones de distribución, postes de media y baja tensión (Universia.pe, 2021, p1).
- **Técnica documental:** este tipo de técnica es usada en diversos campos profesionales, básicamente es registrar datos, y almacenarlos en registros que pueden ser impresos o virtuales, en este tipo de técnica se empleó predominantemente en los registros impresos del cronograma de actividades y la representación gráfica de la ubicación del plan a ejecutar (Stoner J, et al, 1996).

2.1.3 Instrumentos Utilizados

Para llevar a cabo una buena gestión en el desempeño profesional, es necesario tener los conocimientos de herramientas que puedan facilitarnos la tarea a desempeñar, se mencionará las más importantes, y que tuvieron relevancia.

2.1.3.1 Software Cade Simu

CADE SIMU es un programa bastante sencillo para elaborar esquemas de mando y potencia de BT.

CADE SIMU es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación.

El programa en modo simulación, visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando está activado, al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

Por medio de la interface CAD el usuario dibuja el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento.

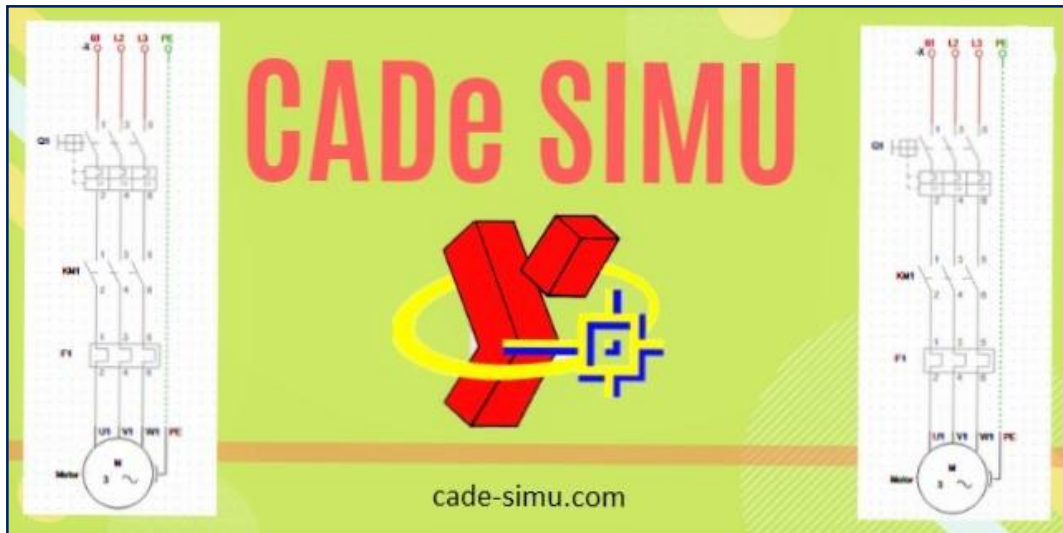


Imagen 12. Software Cade Simu.

Fuente: www.cade-simu.com

2.1.3.2 Microsoft Office

Dentro del office, los programas que más se utiliza en el desempeño de las actividades son el Word y Power Point, los cuales se han empleado para la elaboración de los informes y presentación de la solución viable de los proyectos.



Imagen 13. Software Office.

Fuente: www.office.com

2.1.3.3 Microsoft Project

Es un software de administración de proyectos diseñado, desarrollado y comercializado por Microsoft con el cual se puede administrar los diferentes proyectos

eléctricos y el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de trabajo.

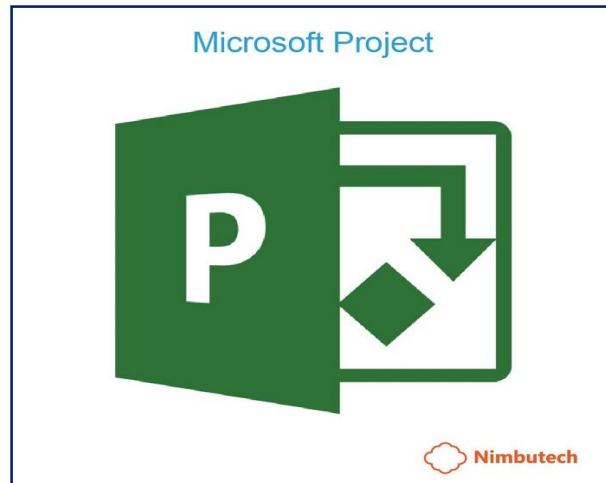


Imagen 14. Microsoft Project.
Fuente: www.office.com

2.1.3.4 AutoCAD

AutoCAD es un programa que se utiliza para diseñar los planos eléctricos de los proyectos, pudiendo crear diseños de todo tipo en 2D y 3D, planos, objetos, cortes de objetos, etc.



Imagen 15. Software Autodesk.
Fuente: www.autodesk.com

2.1.3.5 ETAP

Es una herramienta de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales. Es una

herramienta integrada que ha sido diseñada y desarrollada por ingenieros para ingenieros que se desempeñen en las diversas disciplinas de los sistemas de potencia.



Imagen 16. Software ETAP.

Fuente: www.etap.com

Lo que permite la operatividad a la técnica es el instrumento de investigación. Dentro de la técnica de la observación los instrumentos utilizados fueron:

- Fotos.
- Fichas.
- Cuaderno de notas.
- Cámara fotográfica.

Dentro de la técnica documental los instrumentos utilizados fueron:

- Plan de trabajo.
- Mapas, Formato de Nota de salida, Actas de tensión.
- Formatos de Inspección minuciosa de Subestaciones de Distribución.
- Notas de devolución de materiales usados.
- Informe técnico para baja de activo fijo.
- Check List, IPERC Continuo.

Dentro de la técnica del internet los instrumentos utilizados fueron:

- Reporte de página electrónica.

2.1.3.6 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Los equipos utilizados para la realización del trabajo fueron:

- Laptop.
- Computadoras.

- Impresoras.
- Útiles de escritorio.
- Comprobador de puesta a tierra 1623-2 GEO de Fluke.
- Fluke 375 Pinza Amperimétrica de CA/CC.
- Voltímetro.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante mi experiencia profesional en el trabajo en la mina Buenaventura, hice distintas labores encomendadas por la empresa, ligadas al mantenimiento de los equipos electromecánicos y electrónicos.

Dentro de los equipos electromecánicos a los cuales se hizo el mantenimiento se tiene:

- Motores de potencia superiores a 50 HP.
- Transformadores de potencia ubicadas en la subestación de la mina Orcopampa.
- Mantenimiento de las redes eléctricas en media y baja tensión de la unidad minera de Orcopampa.
- Mantenimiento de arrancadores síncronos de motores.
- Mantenimiento de los molinos y chancadoras primarias.

Dentro de los equipos electrónicos y eléctricos a los cuales se hizo el mantenimiento se tiene:

- Relays de control de voltaje y corriente eléctrica en la subestación eléctrica de la mina.
- Mantenimiento de equipos electrónicos en el centro de control de motores.
- Levantamientos de planos eléctricos en baja y media tensión.
- Análisis de calidad de energía en puntos importantes de la unidad minera.

2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

El ingeniero electricista, es el responsable de hacer posible la calidad del servicio eléctrico. Está fuertemente relacionado con las inversiones y práctica de comercialización de energía eléctrica de las empresas privadas y concesionarias, estando obligado a ofrecer su producto y servicios a unos niveles de calidad.

El trabajo requiere tomar decisiones de moderada complejidad y frecuentes, cuando existen precedentes establecidos y basadas en los procedimientos generales y/o políticas de la empresa; emplea para su realización de una concentración y atención para dirigir y

controlar los trabajos realizados por el personal a mi cargo, brindándoles todas las facilidades con las herramientas de trabajo, ambientes seguros para la realización de sus labores.

2.4 ACTIVIDAD: CONFIGURACIÓN Y REGULACIÓN DE RELÉ DE PROTECCIÓN PARA ARRANCADOR SÍNCRONO EN PLANTA DE PROCESOS

El presente informe busca analizar y dar conclusiones sobre las ventajas y mejoras que se han logrado debidos al cambio del motor del molino DOMINION y el afinamiento de los parámetros del controlador SPM y el Multilin 269.

2.5 PUESTA EN MARCHA DE ARRANCADOR SÍNCRONO Y AFINAMIENTO DE MOLINOS

Se presentará como actividad central del informe, la configuración y regulación del relé de protección para el arrancador síncrono en la planta de procesos, la puesta en marcha del arrancador síncrono y afinamiento de molinos en la unidad minera Orcopampa.

Se eligió esta actividad porque pone en práctica los conocimientos aprendidos en la universidad, sobre temas de electrónica de potencia, sistemas eléctricos de potencia, microcontroladores y programación.

2.5.1 Descripción de la actividad profesional

El presente busca describir, analizar y dar conclusiones sobre las ventajas y mejoras que se han logrado, debido tanto al cambio del motor del molino DOMINION y el afinamiento de los parámetros del controlador SPM y el Multilin 269.

2.5.2 Antecedentes o diagnostico situacional

El arranque de los molinos de bolas SAG y DOMINION, mantenían problemas cuando se trataba de reiniciar el arranque luego de una falla de pérdida de energía o una parada con el molino sin descargar su contenido.

La sobrecarga de los molinos originó un incidente que tuvo como consecuencia la salida de servicio de la central hidroeléctrica de Huancarama.



Imagen 17. Vista lateral del motor molino Dominion.



Imagen 18. Vista frontal del motor molino Dominion



Imagen 19. Tablero de control motor molino Dominion



Imagen 20. Motor molino SAG

2.5.3 Medidas realizadas para poner en marcha el Arrancador Síncrono

Fue necesario adoptar algunas medidas concretas, tal como el cambio de motor eléctrico del molino DOMINION por uno de menor potencia, sin embargo, con la sintonización y protecciones que se programó en los relés, se pudo no solo poder operar

con normalidad, sino que además se logró optimizar los parámetros inherentes a este motor.

Se presenta una tabla comparativa de los parámetros del motor anterior versus el motor actual.

MOTOR ACTUAL			MOTOR ANTERIOR		
MOTOR SÍNCRONO	POTENCIA	1150 HP	MOTOR SÍNCRONO	POTENCIA	1250 HP
	VOLTAJE AC	4000 V		VOLTAJE AC	4000 V
	CORRIENTE FLC	146 A		CORRIENTE FLC	181 A
	PF	0.9		PF	0.8
EXCITADOR	VOLTAJE DC	63 V	EXCITADOR	VOLTAJE DC	125 V
	CORRIENTE DC	8.7 A		CORRIENTE DC	11.7 A
	POTENCIA	11.8 KW		POTENCIA	14.8 KW
CLASE DE AISLAMIENTO	ROTOR	F	CLASE DE AISLAMIENTO	ROTOR	B
	ESTATOR	F		ESTATOR	F

Imagen 21. Comparación de motores por instalación.

Notamos que el nuevo motor es de menor amperaje y menos potencia, por lo cual se puede indicar que el consumo de energía por parte del molino DOMINION se ha reducido.

Según el manual del fabricante del motor (General Electric) recomienda máximo 3 arranques sucesivos en 1 hora, con el siguiente perfil el segundo arranque luego de 20 minutos de espera y el tercer arranque luego de 30 minutos.

2.5.4 Procedimiento de afinamiento Molino Dominion

Inicialmente se cambió los parámetros de los motores tanto en el relé de sincronismo SPM y el relé de protección motor Multilin269 y se configuró con un perfil de umbrales de protección estándar para que a partir de este punto bajo, poder calibrar y sintonizar los dos controladores, buscando tanto un valor óptimo en la corriente que consume el motor o corriente AC (IAC) y el factor de potencia (PF) cuando el molino está encrochado, así como el voltaje (VDC) y corriente (IDC) de excitación de campo.

Luego de configurar se realizó una prueba en vacío del motor para un Voltaje de piso (Floor Voltaje) de 3.8 V, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	55 A
I_2	50 A
I_3	55 A
I_{AC}	52 A
PF	0.08
I_{MAX}	130 A
I_{DC}	7.9 A
V_{DC}	36 V
R_{DC}	4.8 Ω

Luego se procedió a encrochar el molino resultando:

Tabla 2:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	135 A
I_2	130 A
I_3	130 A
I_{AC}	129 A
PF	0.99
I_{MAX}	290 A
I_{DC}	7.5 A
V_{DC}	35 V
R_{DC}	4.7 Ω

El molino no presentó ningún problema realizando un arranque sin carga, como podemos apreciar el amperaje es en promedio 130 A de un motor que tiene una corriente a plena carga (FLC) de 146 A.

Luego de analizar los parámetros de monitoreo anteriormente presentados, se solicitó ingresar carga, comportándose de modo normal. Sin embargo, se simuló una falla de corte de energía quedando la carga dentro del molino y al realizar un re arranque el relé

Multilin 269 mandó un trip de fallo por sobrecarga. Fue cuando se varió los siguientes parámetros:

Tabla 3:

Mechanical Jam

MECHANICAL JAM	
Alarma	4.0XFLC
	6 sec
	Aux1
Falla	5.0XFLC
	7.5 sec
	Trip
CURVA DE SOBRECARGA	
CUSTOM CURVE	YES
CURVE	4
MULTIPLICADOR	1.13

Se realizó una segunda prueba con estas modificaciones, obteniéndose:

Tabla 4:

Toma de Datos

TOMA DE DATOS	
I_1	55 A
I_2	55 A
I_3	57 A
I_{AC}	59 A
PF	0.06
I_{MAX}	120 A
I_{DC}	8.2 A
V_{DC}	39 V
R_{DC}	4.7 Ω

Luego se procedió a encrochar el molino teniendo como resultado:

Tabla 5:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	125 A
I_2	130 A
I_3	125 A
I_{AC}	126 A
PF	0.98
I_{MAX}	250 A
I_{DC}	7.8 A
V_{DC}	37 V
R_{DC}	4.8 Ω

Según la tabla, se nota un ligero descenso en las corrientes tanto del estator como en el de la excitatriz, nuevamente se solicita arrancar y alimentar al molino DOMINION con carga, por lo que se debe encender el molino SAG y cuando se realizó esta maniobra se notó lo siguiente.

Tabla 6:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_{1max}	135 A
I_{2max}	145 A
I_{3max}	145 A
$I_{AC max}$	135 A
PF	0.98
V_{Min}	3.4 KV
I_{DC}	7.5 A
V_{DC}	37 V
R_{DC}	4.8 Ω

Se nota, que hay un incremento de la corriente AC mientras el DC se mantiene igual, esto se debe a que el controlador no ha perdido el control y por eso mantiene sus niveles de control a los seteados, pero al haber una caída de tensión durante el arranque

del molino SAG de hasta 3.4 KV nos da como consecuencia un aumento de la corriente del estator generándonos por un instante un pico de corriente de hasta 145 amperios.

Como se sabe, el motor es de 146 A por lo que estamos bordeando la línea de la corriente a plena carga del motor, es por ello por lo que se realizó una nueva sintonización de los parámetros, esta vez varía lo siguiente:

Tabla 7:

Mechanical Jam

MECHANICAL JAM	
Alarma	4.0XFLC
	6 sec
	Aux1
Falla	6.0XFLC
	6 sec
	Trip
CURVA DE SOBRECARGA	
CAPACIDAD TÉRMICA	15%
	(Anterior 180%)
CURVA	1
MULTIPLICADOR	1.05

Se volvió a realizar el arranque del motor del molino DOMINION, obteniéndose:

Tabla 8:

Toma de Datos

TOMA DE DATOS	
I_1	50 A
I_2	52 A
I_3	50 A
I_{AC}	50 A
PF	0.08
I_{Max}	120 A
I_{DC}	7.6 A
V_{DC}	37 V
R_{DC}	4.8 Ω

Luego se procede a encrochar, obteniéndose:

Tabla 9:

Toma de Datos

TOMA DE DATOS	
I_1	115 A
I_2	110 A
I_3	115 A
I_{AC}	111 A
PF	0.96
I_{Max}	250 A
I_{DC}	7.7 A
V_{DC}	37 V
R_{DC}	4.8 Ω

Se nota claramente una mejoría en el descenso de la corriente promedio desde 125 A a 110 A, optimizando de esta forma y generando un interesante ahorro de energía. Es más, podríamos compararlo con el antiguo motor el cual con su antigua configuración consumía 145 A, eso quiere decir que hablamos de un ahorro de hasta 25 A que es consecuencia de usar un motor más adecuado, tanto en aislamiento como en potencia y de la configuración realizada en el relé SPM (sistema de protección para motores síncronos).

Se procedió a arrancar el molino SAG y cabe mencionar que también estaba operando en esos momentos los molinos del circuito Poracota, obteniéndose un ligero aumento de la corriente de hasta 130 A, al igual como pasó anteriormente sin embargo notamos claramente que estamos por debajo de los 146 A que es la corriente de plena carga del motor.

2.5.5 Procedimiento de afinamiento de Molino SAG

En esta actividad no se varió las configuraciones en el relé SPM (sistema de protección para motores síncronos), ya que se continua con el mismo motor de 1500 HP. Luego se procedió a arrancar el motor con un voltaje de piso (Floor Voltaje) de 6 V.

Se realiza el arranque del motor del molino SAG, obteniéndose:

Tabla 10:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	35 A
I_2	35 A
I_3	35 A
I_{AC}	31 A
PF	0.06
I_{MAX}	180 A
I_{DC}	13 A
V_{DC}	83 V
R_{DC}	6.3 Ω

Luego se procede a encrochar el molino resultando:

Tabla 11:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	TRIP
I_2	TRIP
I_3	TRIP
I_{AC}	TRIP
PF	TRIP
I_{MAX}	420 A
I_{DC}	TRIP
V_{DC}	TRIP
R_{DC}	TRIP

El relé SPM (sistema de protección para motores síncronos), marco la falla por PF TRIP.

Se cambió el valor del voltaje de piso en el SPM (sistema de protección para motores síncronos), a 7 V y se volvió a realizar el mismo procedimiento.

Se realizó el arranque del motor del molino SAG, obteniéndose:

Tabla 12:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	65 A
I_2	65 A
I_3	65 A
I_{AC}	68 A
PF	0.09
I_{MAX}	180 A
I_{DC}	16 A
V_{DC}	97 V
R_{DC}	6 Ω

Luego se procedió a encrochar el motor del molino resultando:

Tabla 13:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	110 A
I_2	115 A
I_3	110 A
I_{AC}	118 A
PF	0.9
I_{MAX}	420 A
I_{DC}	15 A
V_{DC}	94 V
R_{DC}	6.1 Ω

Se notó que la corriente y el voltaje de salida del excitador, tomados con una pinza amperimétrica, no coincidían con los valores mostrados en el relé, por lo tanto, se procedió a calibrar, para lo cual se varió los parámetros FS EXC VOLT y FS EXC AMPS en el relé SPM (sistema de protección para motores síncronos).

Luego de haber arrancado el motor, se desencrocha el motor del molino y se vuelve a encrochar luego de 10 min. Se notó que el motor se embala (baja la corriente), esto debido a la inercia y por ese motivo cuando volvemos a encrochar sale un fallo FP TRIP,

esto debido a que como el relé SPM (sistema de protección para motores síncronos) está captando una corriente inferior e interpreta que necesita menos torque e inyecta más lento el campo, por lo cual no llega a sincronizar a tiempo y manda el fallo. Notamos que hubo un pico máximo de corriente $I_{\text{máx.}} = 420$ amperios.

Se procede a cambiar el voltaje de piso a 6.8 V. El motor arranca con normalidad, sin embargo, en el momento de encrochar muestra el mismo fallo.

Se procede a cambiar nuevamente el voltaje de piso a 7.2 V y a su vez varió los siguientes parámetros:

Tabla 14:

Calibración

CALIBRACIÓN	
FS EXC VOLT	1.02
FS EXC AMPS	0.89
PROTECCIONES	
PF TRIP	-0.7
FAR DELAY	8 seg
FCX DELAY	8 seg

Se realiza el arranque del motor del molino SAG, obteniéndose:

Tabla 15:

Toma de Datos

TOMA DE DATOS	
I1	75 A
I2	75 A
I3	75 A
IAC	76 A
PF	0.03
IMAX	185 A
IDC	17 A
VDC	98 V
RDC	6 Ω

Luego se procede a encrochar el motor del molino resultando:

Tabla 16:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	125 A
I_2	124 A
I_3	118 A
I_{AC}	112 A
PF	0.85
I_{MAX}	420 A
I_{DC}	16 A
V_{DC}	96 V
R_{DC}	6 Ω

Luego de 2 minutos la corriente baja a un promedio de 115 A, cuando se desencrocha se vuelve a notar que el motor se embala (baja corriente), bajando la corriente a un promedio de 55 A.

Para nuevamente encrochar se cambia los siguientes parámetros:

Tabla 17:*Protecciones*

PROTECCIONES	
GAIN VOLT	10
STABILITY	15
FLOOR VOLTAJE	7V

Se volvió arrancando ahora con un voltaje de piso de 7 V, para esta etapa se realizó dos tipos de prueba simulando el máximo esfuerzo que realiza el molino y el mínimo esfuerzo.

El máximo esfuerzo se da cuando por algún motivo el molino se detiene y contiene carga en su interior. Además, el eje del motor está totalmente detenido por lo cual requiere un mayor torque.

El mínimo esfuerzo se da cuando el motor se embala (baja corriente), el eje está girando, sin embargo, el motor está apagado, esto hace que el controlador no le envíe mucho torque y no termine por sincronizar.

Se realiza el arranque del motor SAG, obteniéndose con carga en el molino:

Tabla 18:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	60 A
I_2	65 A
I_3	65 A
I_{AC}	68 A
PF	0.03
I_{MAX}	180 A
I_{DC}	16 A
V_{DC}	97 V
R_{DC}	6 Ω

Luego se procede a encrochar el molino con el eje del motor totalmente detenido resultando:

Tabla 19:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	115 A
I_2	120 A
I_3	115 A
I_{AC}	106 A
PF	0.87
I_{MAX}	380 A
I_{DC}	15 A
V_{DC}	94 V
R_{DC}	6 Ω

El molino logró arrancar correctamente y su encroche fue satisfactorio. La inyección DC fue más rápida y fina, el pico de corriente duró aproximadamente 2 segundos.

Se realiza el arranque del motor SAG, obteniéndose los siguientes datos sin carga:

Tabla 20:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	65 A
I_2	65 A
I_3	65 A
I_{AC}	67 A
PF	0.03
I_{MAX}	170 A
I_{DC}	16 A
V_{DC}	97 V
R_{DC}	6 Ω

Luego se procede a encrochar el molino con el eje del motor girando resultando:

Tabla 21:*Toma de Datos*

TOMA DE DATOS	
I_1	110 A
I_2	110 A
I_3	110 A
I_{AC}	98 A
PF	0.87
I_{MAX}	400 A
I_{DC}	15 A
V_{DC}	94 V
R_{DC}	6.1 Ω

El molino logró arrancar correctamente y su encroche fue satisfactorio. La inyección DC fue más rápida y fina, el pico de corriente fue instantáneo.

2.6 OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA UNIDAD MINERA UCHUCCHACUA

Como parte del área de mantenimiento eléctrico en la unidad minera también se hizo otras actividades inherentes a la función del mantenimiento, se describirá algunas actividades realizadas en el área.

2.6.1 Actividad: análisis del sistema eléctrico mina

Otra de las actividades realizadas en la unidad minera, fue realizar el análisis del sistema eléctrico de la unidad minera.

En este informe se presenta los resultados del análisis del flujo de potencia del sistema eléctrico de interior mina proyectado del año 2019, considerando el sistema de bombeo, ventiladores principales, los nuevos proyectos como es el Pique Luz Nv.3710 Rampa 626P y el avance de las operaciones.

El análisis del flujo de potencia realizado se basa en la máxima demanda proyectada asumiendo que todas las cargas de interior mina, trabajan a plena carga en un determinado tiempo, es preciso señalar que es poco probable que esto ocurra debido al dinamismo de nuestro sistema eléctrico en interior mina.

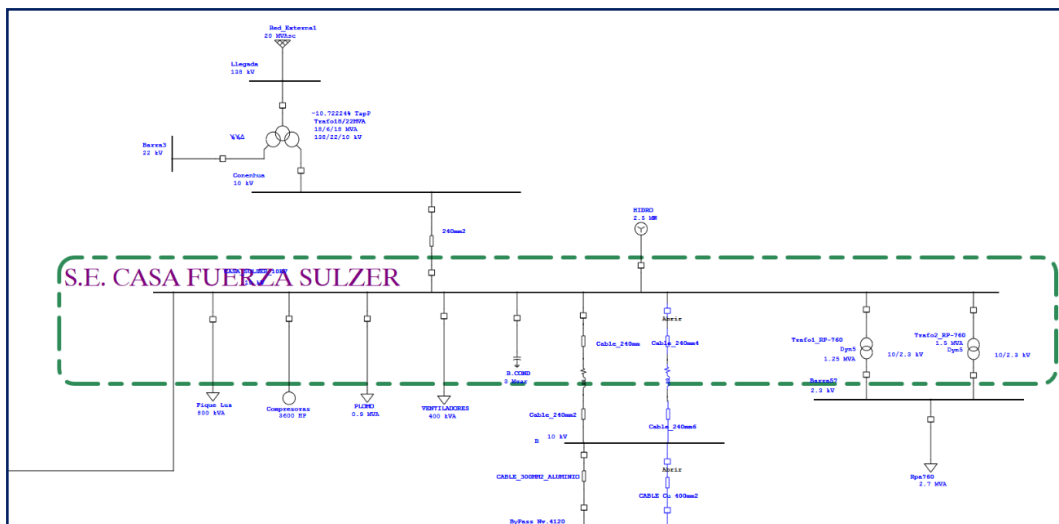


Imagen 22. Subestación Eléctrica Principal Casa Fuerza Sulzer

Según se muestra en la figura 22, el diagrama unifilar de la subestación principal Casa Fuerza Sulzer, está alimentada por la Subestación Eléctrica Paragsha (Conenhua). A continuación, vamos a presentar el análisis del flujo de potencia del sistema eléctrico de interior mina.

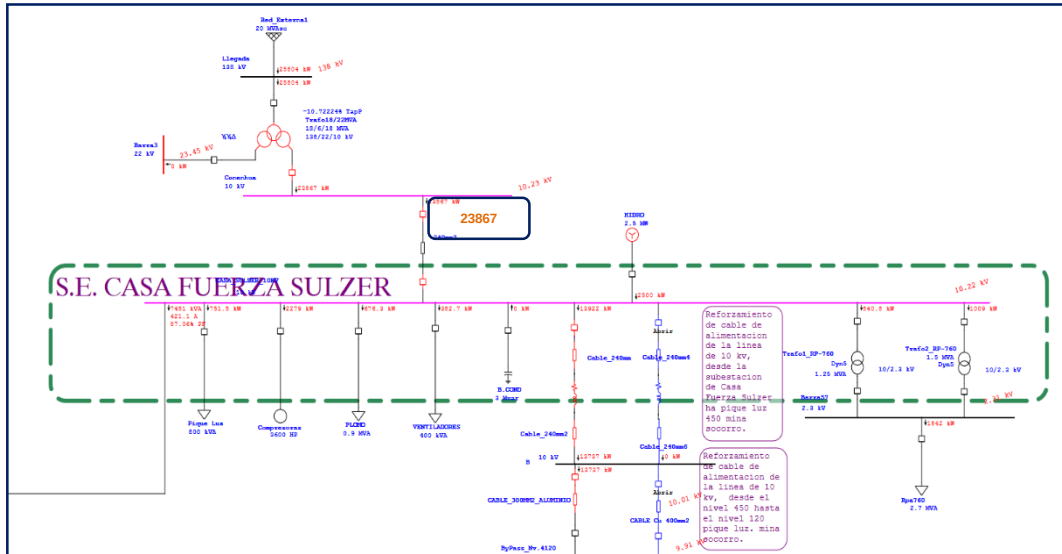


Imagen 23. Flujo de Potencia Sistema Eléctrico Mina.

De acuerdo con la figura 23, se muestra los resultados del flujo de potencia del sistema eléctrico de mina, considerando que todas las cargas coinciden en un determinado tiempo a plena carga, tendiendo como resultado un consumo de 23,867 KW, es necesario este resultado multiplicarlo por el factor de demanda (0.85) ya que las cargas no consumen su potencia nominal, resultando 20,287 KW.

Haciendo un análisis sobre la coherencia de los resultados vamos a mostrar la máxima demanda del año 2018:

2.6.1.1 Registros de la demanda del año 2018:

Se cuentan con registros de máxima demanda de Mina y Planta, de los meses de enero a mayo, donde se resaltan las máximas demandas en los meses de febrero a abril 2018.

Tabla 22:*Máxima demanda mes de febrero 2018*

TABLA DE MAXIMAS DEMANDAS - FEBRERO 2018					
SUBESTACIÓN	MEDIDOR	TIPO HORARIO	DEMANDA (MW)	FECHA	HORA
PARAGSHA II	C504	Hora Fuera Punta	37,686	16/02/18	14:15
		Hora Punta	33,304	08/02/18	23:00
	T CHACUA	Hora Fuera Punta	37,109	16/02/18	14:15
		Hora Punta	32,894	08/02/18	23:00
	N400	Hora Fuera Punta	12,480	07/02/18	03:00
		Hora Punta	11,859	05/02/18	22:30
JCHUCCHACUA	MINA	Hora Fuera Punta	18,694	16/02/18	15:00
		Hora Punta	15,057	16/02/18	21:45
	PLANTA	Hora Fuera Punta	7,158	28/02/18	02:00
		Hora Punta	7,268	28/02/18	20:15
	N401	Hora Fuera Punta	2,362	06/02/18	00:00
		Hora Punta	2,226	06/02/18	22:45
	N403	Hora Fuera Punta	10,538	01/02/18	16:30
		Hora Punta	9,959	10/02/18	22:30

Tabla 23:*Máxima demanda mes de marzo 2018*

TABLA DE MAXIMAS DEMANDAS - MARZO 2018					
SUBESTACIÓN	MEDIDOR	TIPO HORARIO	DEMANDA (MW)	FECHA	HORA
PARAGSHA II	C504	Hora Fuera Punta	35,368	19/03/18	02:30
		Hora Punta	35,302	28/03/18	23:00
	T CHACUA	Hora Fuera Punta	34,861	19/03/18	02:30
		Hora Punta	34,810	28/03/18	23:00
	N400	Hora Fuera Punta	13,285	27/03/18	16:00
		Hora Punta	12,714	27/03/18	23:00
UCHUCCHACUA	MINA	Hora Fuera Punta	15,891	20/03/18	03:00
		Hora Punta	15,494	28/03/18	23:00
	PLANTA	Hora Fuera Punta	7,189	02/03/18	02:30
		Hora Punta	7,139	26/03/18	20:45
	N401	Hora Fuera Punta	2,534	18/03/18	09:45
		Hora Punta	2,373	31/03/18	19:45
	N403	Hora Fuera Punta	11,089	27/03/18	16:00
		Hora Punta	10,727	24/03/18	22:15

Tabla 24:*Máxima demanda mes de abril 2018*

TABLA DE MAXIMAS DEMANDAS - ABRIL 2018					
SUBESTACIÓN	MEDIDOR	TIPO HORARIO	DEMANDA (MW)	FECHA	HORA
PARAGSHA II	C504	Hora Fuera Punta	36,783	10/04/18	23:45
		Hora Punta	35,027	10/04/18	23:00
	T CHACUA	Hora Fuera Punta	36,249	10/04/18	23:45
		Hora Punta	34,528	10/04/18	23:00
UCHUCCHACUA	N400	Hora Fuera Punta	13,243	01/04/18	11:45
		Hora Punta	12,427	19/04/18	22:45
	MINA	Hora Fuera Punta	17,033	10/04/18	23:45
		Hora Punta	15,800	09/04/18	23:00
	PLANTA 4)	Hora Fuera Punta	7,288	23/04/18	01:45
		Hora Punta	7,153	07/04/18	21:00
	N401	Hora Fuera Punta	2,626	15/04/18	15:45
		Hora Punta	2,618	03/04/18	21:30
	N403	Hora Fuera Punta	11,072	07/04/18	16:00
		Hora Punta	10,450	12/04/18	22:45

Los registros mostrados de febrero, marzo y abril, fueron de mayores precipitaciones y donde el sistema de bombeo de mina, se convirtió en una carga importante, por esa razón la máxima demanda se registró en el mes de febrero con 18,694 KW.

2.6.1.2 Comparación de resultados 2018-2019

En referencia al flujo de potencia del sistema eléctrico de mina para el año 2019 el resultado de la máxima demanda es 20,287 KW, y según lo presentado en el año 2018 la máxima demanda fue de 18,694 KW, el aumento de potencia en la máxima demanda para el año 2019 se debe a lo siguiente:

- Aumento del proyecto Pique Luz Nv.3710 Rpa. 626P.
- Sistema de bombeo Nv.3710 Rpa. 626P, 05 bombas de 150HP.
- Aumento de 500HP en sistema de bombeo en diferentes niveles como el Nv.3920 Rpa626P Nv.3850 Rpa626P y Nv.3740 Rpa626P.
- Incremento de la producción de mineral.

Por otro lado, con una máxima demanda de 20,287 KW en el año 2019, la corriente por el cable de alimentación principal (2x (3x1x240 mm² Cu)) a la subestación eléctrica Casa Fuerza Sulzer es 1238 Amperios en el lado de 10 KV.

Asimismo, el cable de 3x1x240 mm² Cu según sus datos técnicos, soporta una corriente nominal de 486 Amperios, en este caso la alimentación principal a la subestación eléctrica Casa Fuerza Sulzer es 2x (3x1x240 mm² Cu); es decir, 972 Amperios es lo

Diagrama de cableado de la casa fuerza Sulzer. El diagrama muestra una red de alimentación que comienza con un cableado externo de 20 kV, pasando por un transformador y un interruptor de carga, y luego se divide en varias líneas de 10 kV y 10.23 kV. Se detallan los tipos de cables utilizados, como Cable_240mm2 y Cable_240mm, y se indican los puntos de conexión a la red de la casa fuerza Sulzer. Se incluyen también detalles de los transformadores y los interruptores de carga.

En relación con el análisis el cable de alimentación de SE Casa Fuerza Sulzer estaría sobrecargado en 127% en el escenario de máxima demanda, importante considerar el comportamiento de este cable ya que si se dañara nos veríamos seriamente perjudicados.

De los resultados de la máxima demanda, 20,287 KW del año 2019 con los nuevos proyectos y cargas adicionales a incrementar, se tiene una corriente en la barra principal de la SE Casa Fuerza Sulzer de 1238 Amperios.

A continuación, se presenta la tabla con las capacidades nominales de corriente de las barras de cobre:

CARGAS DE PLATINAS DE COBRE, según DIN 43671

Ancho x espesor	Sección en mm.	Peso Kg/m	Carga continua en Amperios					
			Corriente Alterna					
			Pintadas			Desnudas		
			Nº de pletinas			Nº de pletinas		
			1	2	3	1	2	3
12x2	24	0,21	125	225		110	200	
15x2	30	0,27	155	270		140	240	
15x3	45	0,4	185	330		170	300	
20x2	40	0,36	205	350		185	315	
20x3	60	0,53	245	425		220	380	
20x5	100	0,89	325	550		290	4590	
25x3	75	0,67	300	510		270	460	
25x5	125	1,11	385	670		350	600	
30x3	90	0,8	350	600		315	540	
30x5	150	1,34	450	780		400	700	
40x3	120	1,07	460	780		420	710	
40x5	200	1,78	600	1000	2060	520	900	18850
40x10	400	3,56	835	1500	1750	750	1350	1550
50x5	250	2,23	700	1200	2450	630	1100	2200
50x10	500	4,45	1025	1800	1980	920	1620	1800
60x5	300	2,67	825	1400	2800	750	1300	2500
60x10	600	5,34	1200	2100	2450	1100	1860	2200
80x5	400	3,56	1060	1800	3450	950	1650	3100
80x10	800	7,12	1540	2600	2950	1400	2300	2600
100x5	500	4,45	1310	2200	4000	1200	2000	3600

Imagen 25. Capacidad de corriente de barras de cobre.
Fuente: DIN 43671.

Según nos muestra la imagen 25, de la capacidad de corriente de barras de cobre, vemos que la barra de cobre de dimensiones ancho x espesor (60x5 mm), soporta una capacidad de 825 Amperios, teniendo 01 pletina de cobre que es lo que contamos en la SE Casa Fuerza Sulzer, para mayor detalle mostraremos otra tabla:

INTENSIDAD ADMISIBLE. DIN 43671																						
Temperatura ambiente 35°C • Temperatura final barras 65°C • Conductividad 56 M/Ωmm2(ρ= 0,0178Ωmm2/m)																						
Ancho x Espesor	Corriente alterna hasta 60 Hz								Corriente continua y alterna 16 2/3 Hz								CARACTERISTICAS ESTATICAS					
	Pintado				Brillante				Pintado				Brillante				$x = \sqrt{\frac{J_x}{F}}$ $y = \frac{W_x}{F} \cdot y$ J_x cm² W_x cm² I_x cm J_y cm² W_y cm² I_y cm					
	Número de Barras				Número de Barras				Número de Barras				Número de Barras									
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	IIII	I	II	III	IIII						
12 x 2	123	202	228		108	182	216		123	202	233		108	182	220		0,0288	0,0480	0,346	0,000800	0,00800	0,0577
15 x 2	148	240	261		128	212	247		148	240	267		128	212	252		0,0563	0,0750	0,433	0,00100	0,0100	0,0577
15 x 3	187	316	381		162	282	361		187	316	387		162	282	365		0,0844	0,113		0,00338	0,0225	0,0866
20 x 2	189	302	313		162	264	298		189	302	321		162	266	303		0,133	0,133		0,00133	0,0133	0,0577
20 x 3	237	394	454		204	348	431		237	394	463		204	348	437		0,200	0,200		0,00450	0,0300	0,0866
20 x 5	319	560	728		274	500	690		320	562	729		274	502	687		0,333	0,333	0,577	0,02080	0,0833	0,1440
20 x 10	497	924	1320		427	825	1180		499	932	1300		428	832	1210		0,667	0,667		0,16700	0,3330	0,2890
25 x 3	287	470	525		245	412	498		287	470	536		245	414	506		0,391	0,313	0,722	0,00563	0,0375	0,0866
25 x 5	384	662	869		327	586	795		384	664	841		327	590	794		0,651	0,521		0,02600	0,1040	0,1440
30 x 3	337	544	593		285	476	564		337	546	608		286	478	575		0,675	0,450		0,00675	0,0450	0,0866
30 x 5	447	760	944		379	672	896		448	766	950		380	676	897		1,130	0,750	0,866	0,03130	0,1250	0,1440
30 x 10	676	1200	1670		573	1060	1480		683	1230	1630		579	1080	1520		2,250	1,500		0,25000	0,5000	0,2890
40 x 3	435	692	725		366	600	690		436	696	748		367	604	708		1,60	0,800		0,00900	0,0600	0,0866
40 x 5	573	952	1140		482	836	1090		576	966	1160		484	848	1100		2,67	1,330	1,15	0,04170	0,1670	0,1440
40 x 10	850	1470	2000	2580	715	1290	1770	2280	865	1530	2000		728	1350	1880		5,33	2,670		0,33300	0,6670	0,2890
50 x 5	697	1140	1330	2010	583	994	1260	1920	703	1170	1370		588	1020	1300		5,21	2,08	1,44	0,0521	0,208	0,144
60 x 10	1363	1723	2023	2803	682	1018	1218	2003	1053	1653	2003		975	1616	2003		10,10	1,17		0,1170	0,000	0,000
60 x 5	826	1330	1510	2310	688	1150	1440	2210	836	1370	1580	2060	696	1190	1500	1970	9,00	3,00	1,73	0,0625	0,250	0,144
60 x 10	1180	1960	2610	3290	985	1720	2300	2900	1230	2130	2720	3580	1020	1870	2570	3390	18,00	6,00	1,70	0,5000	1,000	0,289

Imagen 26. Capacidad de corriente de barras de cobre.
Fuente: DIN 43671.

De acuerdo con las tablas presentadas en las fichas técnicas de los proveedores de pletinas de cobre, se concluye que la capacidad nominal de la barra de la SE Casa Fuerza Sulzer es 825 Amperios. De los resultados de la máxima demanda, 20,287 KW del año 2019, se tiene una corriente en la barra principal de la SE Casa Fuerza Sulzer de 1238 Amperios, esto quiere decir que es necesario la ampliación de la barra de dicha subestación eléctrica ya que en el escenario de máxima demanda en el año 2019 la barra principal de Cu 60x5 mm estaría sobrecargada en un 150%.

2.6.2.1 Análisis del comportamiento del Sistema Eléctrico Mina año 2017

Según los registros de corriente de la alimentación principal de la SE Casa Fuerza Sulzer en el mes de marzo del 2017 la barra estaba expuesta en 238 periodos de 15 minutos registrados por el medidor ION, esto pasado a horas fue un total de 59.5 horas que la barra estuvo sobrecargada.

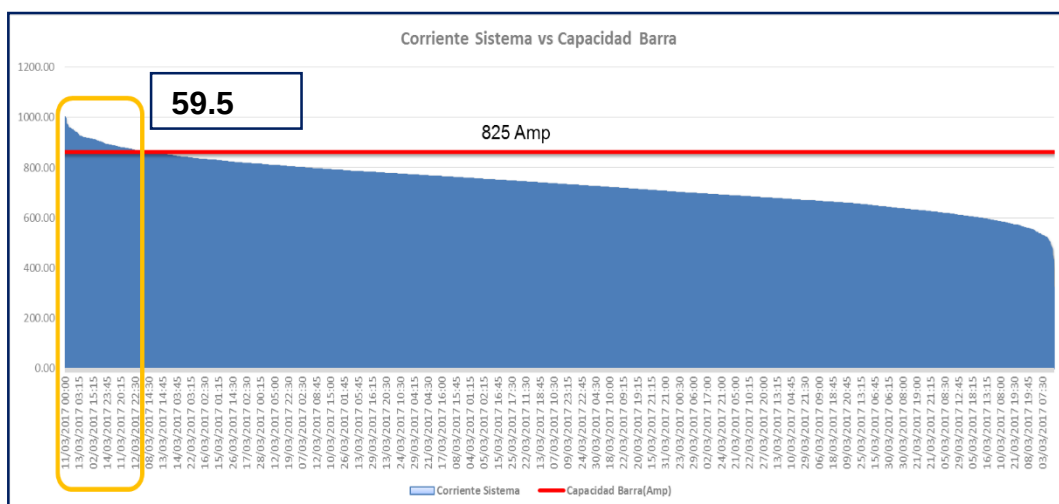


Imagen 27. Corriente del sistema eléctrico mina y capacidad de barra Cu.

No tenemos registros de los meses de avenida del año 2018 debido a la actualización que se realizó en el sistema de los medidores ION.

Se tiene claro que la SE Casa Fuerza Sulzer necesita una ampliación de la barra, ya que según los antecedentes registrados desde el año 2017 tenemos ya una sobrecarga en dicha barra. Asimismo, en referencia a lo proyectado en el año 2019 tendremos una sobrecarga de 150% de sobrecarga en el escenario de máxima demanda presentado al inicio de este informe, por ello es necesario una ampliación de dicha barra, ya que se requiere que el sistema eléctrico sea confiable y seguro para brindar la continuidad del suministro eléctrico a las operaciones mineras.

Según lo presentado, la corriente en el escenario de máxima demanda del año 2019 es 1238 amperios, por lo que, se deberá ampliar la barra a una capacidad mayor a este valor y de acuerdo con las imágenes 25 y 26 y 27 las barras que cumplen la capacidad de 1238 Amperios son:

- Barra Cu 80x10 mm, corriente nominal 1500 Amperios.
- Barra Cu 100x5 mm, corriente nominal 1300 Amperios.

2.6.3 Actividad: Modelado del Sistema Eléctrico de Interior Mina con el Software ETAP

2.6.3.1 Objetivo

- Simular el sistema eléctrico de los circuitos de interior mina en el software ETAP 16.1.1 de propiedad de la empresa.
- Analizar los diferentes escenarios a partir del levantamiento de información de los cables, transformadores y cargas comprometidas en el sistema eléctrico de interior mina.
- Tomar decisiones inmediatas analizando la simulación del flujo de potencia del sistema eléctrico de interior mina.
- Comprobar el comportamiento de los parámetros eléctricos de las subestaciones eléctricas, transformadores, cables y cargas.
- Simular nuevas instalaciones y variaciones en la red del sistema eléctrico de interior mina, planteando nuevas propuestas y comprobarlas en el programa ETAP en un mínimo tiempo.

2.6.3.2 Alcance del proyecto

El sistema eléctrico de interior mina es dinámico debido a las operaciones y las cargas que alimenta.

En el área de mantenimiento eléctrico, se tiene mapeado las distintas subestaciones eléctricas y las cargas que alimentan, esta información y se tiene plasmado en un diagrama unifilar en AutoCAD.

La importancia de tener el sistema eléctrico de interior mina en un software de simulación, es que facilita saber que está pasando o qué pasará con nuestra red eléctrica. Las decisiones dependerán de que tan rápido sean capaces de decidir en hacer o no una modificación de la red eléctrica.

En el software de simulación en un mínimo tiempo se puede determinar si es necesario reforzar nuestra red troncal del sistema eléctrico de interior mina, si los

parámetros eléctricos se encuentran dentro de lo establecido por las normas que rigen dentro del ámbito de la ingeniería como por ejemplo el Código Nacional de Electricidad.

Contar con un sistema eléctrico simulado en un software de simulación de flujo de potencia, permite trabajar con mayor claridad y conocer de manera más exacta nuestro sistema eléctrico y los problemas que presenta en la actualidad.

Gracias a ello, esto permite planificar nuestras redes y subestaciones eléctricas para el futuro, gestionar los equipos y materiales necesarios para las ampliaciones que determinemos convenientes.

2.6.3.3 Procedimiento del modelado en el Software Etap del Sistema Eléctrico de Interior Mina

- Recolección de datos de taller eléctrico: planos eléctricos, diagramas unifilares y experiencia del personal.
- Se realizó la visita a campo y toma de datos de las subestaciones eléctricas, las cargas que alimentan y las interconexiones entre estas.
- El procedimiento de toma de datos como corrientes en las subestaciones eléctricas, las realizamos con un equipo de medición (pinza amperimétrica), en los tableros de distribución de llegada del transformador está instalado un medidor que registra los distintos parámetros de potencia, factor de potencia, corriente y voltaje. Cabe señalar que no todos los tableros de distribución contaban con medidor, por ello se realizó unos cálculos para determinar los parámetros eléctricos.
- Con los datos medidos se procedió a simular en el software ETAP todas las instalaciones que se había mapeado en campo, esta actividad se realizó en un promedio de 2 meses para poder culminar las principales redes troncales, las subestaciones de bombeo y aquellas cargas de la profundización.
- Esta actividad fue de gran contribución para las tomas de decisiones inmediatas y precisas, ya que en una temporada de lluvia el sistema de bombeo suele ser el más crítico dentro de nuestras operaciones debido a la magnitud de las precipitaciones en esta zona.

2.6.3.4 Modelado en el Software ETAP del Sistema Eléctrico de Interior Mina

Con los datos tomados en campo y la información obtenida en los planos que maneja el área de mantenimiento eléctrico se empieza a simular el sistema eléctrico de interior mina:

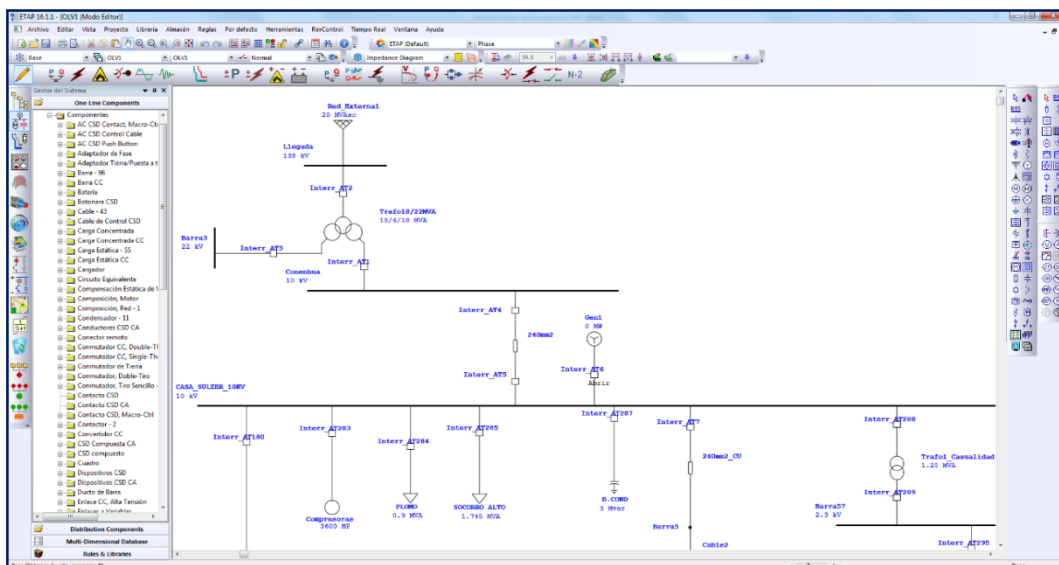


Imagen 28. Simulación sistema eléctrico interior mina en software ETAP.

Tal como se muestra en la figura 28, hemos modelado desde la red de alimentación y el transformador principal que alimenta todo el sistema eléctrico de interior mina y otras de superficie como es Plomopampa.

Los transformadores de potencia, barras, cables y cargas están modelados tomando como datos reales las placas y las especificaciones técnicas de los equipos.

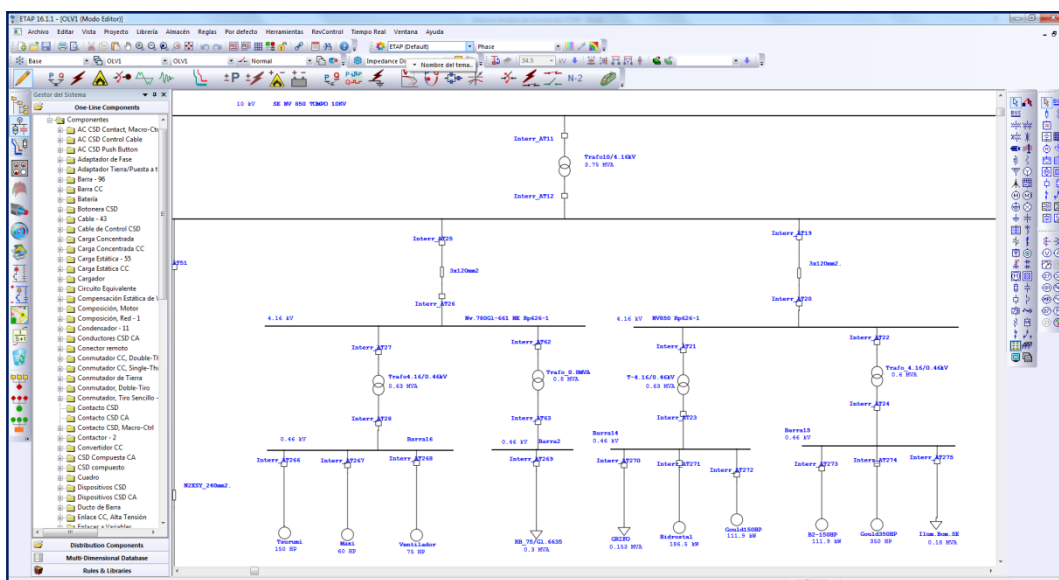


Imagen 29. Simulación sistema eléctrico Nv.3850 Rp626-1.

Según se muestra en la figura 29, vemos que se ha modelado la subestación eléctrica del Nv.3850 Rp626-1 una de las más importantes dentro de nuestro sistema eléctrico ya que alimenta gran parte de la profundización en la rampa 626-1.

Como se demuestra hemos mapeado las subestaciones eléctricas de todos los niveles para determinar el estado de las mismas, la cargabilidad de los transformadores de potencia y la sobrecarga de nuestros cables eléctricos que interconectan todas las instalaciones.

Cabe señalar que la subestación eléctrica presentada en la figura 31, alimenta al sistema de bombeo y cargas solicitadas por el área de operaciones. El modelado de esta red eléctrica se realizó con el apoyo de personal supervisor y técnico que contribuyeron con dicho fin.

Tener el sistema eléctrico modelado y comprobando los parámetros eléctricos de las barras y transformadores es importante para llevar un correcto control de sistema eléctrico de interior mina.

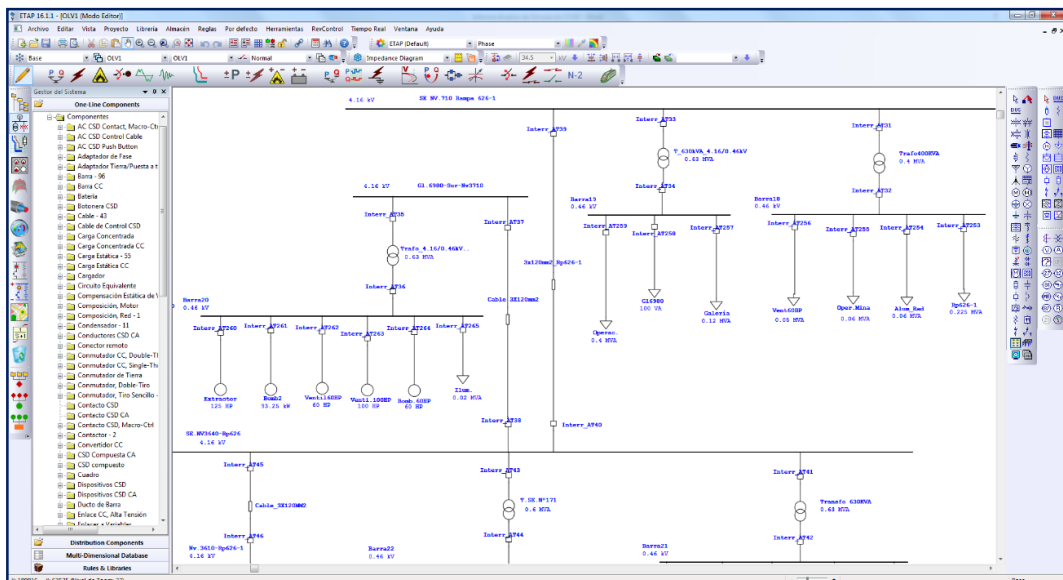


Imagen 30. Simulación sistema eléctrico la red eléctrica del Nivel 3710 al 3640 de la rampa 626-1.

Según la figura 30, se ha modelado la red eléctrica del Nivel 3710 al 3640 de la rampa 626-1. Las cargas que alimentan estas subestaciones también se han modelado con sus respectivas características técnicas.

En el software ETAP gracias a la funcionalidad del programa podemos simular cargas rotativas y cargas estáticas tal como se muestra en la figura 30.

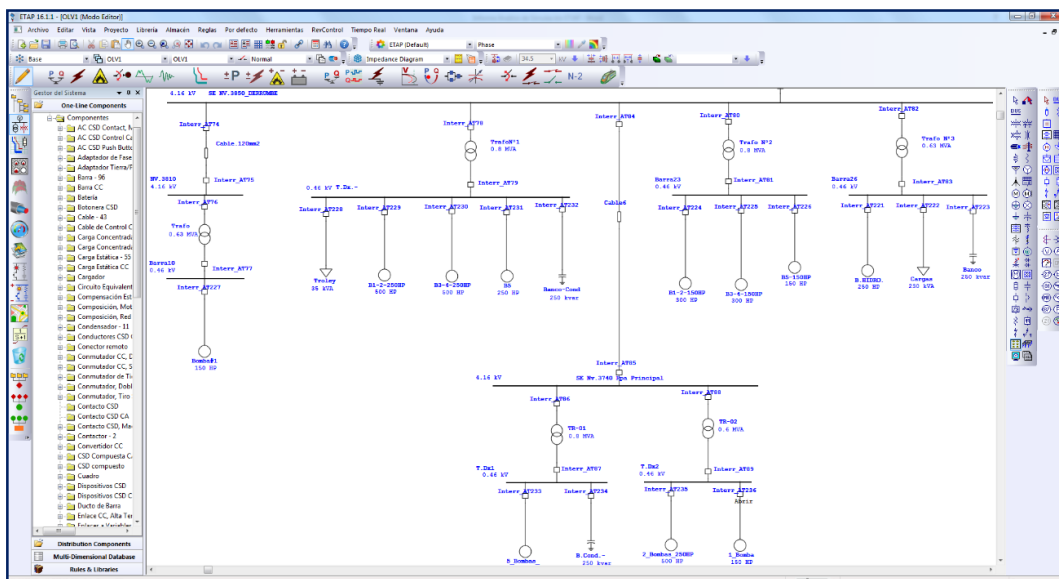


Imagen 31. Simulación sistema eléctrico subestación Derrumbe Nv.3850 rampa principal.

En la figura 31, se ha modelado la subestación Derrumbe Nv.3850 Rampa Principal con todas sus características técnicas, las cargas rotativas y estáticas que esta alimenta. Asimismo, según se muestra la subestación Derrumbe alimenta a las subestaciones del Nv.3810 y Nv.3740 de la rampa principal.

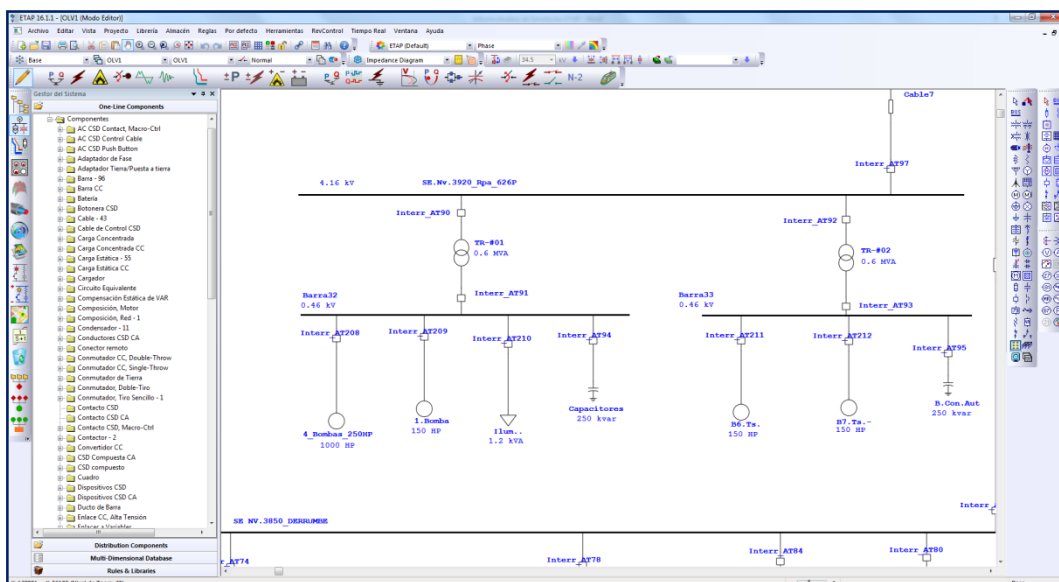


Imagen 32. Simulación sistema eléctrico subestación Nv.3920 Rp. 626 Principal.

Presentamos en la figura 32, el modelado de la subestación Nv.3920 Rp. 626 Principal con las cargas rotativas y estáticas que esta alimenta.

Los datos técnicos que solicita el programa ETAP para poder realizar el flujo de potencia, fueron tomados de la visita a campo y de la placa característica de los transformadores de potencia.

El modelado se ha realizado de todas las subestaciones eléctricas de interior mina, y se ha asumido cargas debido a su consumo mínimo, luego de la toma de corrientes en las visitas a campo realizadas con personal supervisor y técnico.

2.6.3.5 Beneficios de la simulación en el Software ETAP

Las bondades que brinda este software ETAP son múltiples y hemos realizado este modelado del sistema eléctrico de interior mina, ya que es transcendental conocer cómo se encuentra nuestro sistema con las cargas y equipos que están conectados entre sí. Con esto hemos logrado ante una temporada crítica de mayor precipitación, mantener nuestra red en óptimas condiciones y asimismo conocer que debemos reforzar nuestra línea troncal de 10 KV que alimenta a toda la profundización.

Los beneficios de la simulación en el software ETAP son:

- Realizar estudios de flujo de potencia del sistema eléctrico de interior mina.
- Planificar la red eléctrica de interior mina.
- Tomar decisiones de manera correcta y exacta.
- Conocer los parámetros eléctricos de las subestaciones eléctricas, cables eléctricos, transformadores de potencia y barras del sistema eléctrico.
- Realizar un estudio de cargabilidad de transformadores.
- Mostrar distintos escenarios para futuras ampliaciones y/o modificaciones en nuestra red eléctrica.
- Determinar la extensión de nuestras redes eléctricas debido a las cargas conectadas a nuestras subestaciones eléctricas.
- Realizar estudios de compensación de energía reactiva, simulando la instalación de banco de condensadores en las barras.

2.7 RESULTADOS ESPERADOS SOBRE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

- Se aseguró y mantuvo el desarrollo de las actividades de acuerdo con las normas y procedimientos establecidos; así como, la existencia de condiciones de seguridad adecuadas en el área de trabajo para la realización normal y sin contratiempos de los trabajos, contribuyendo en garantizar la seguridad propia, del grupo y equipo de trabajo.

- Se contribuyó para asegurar que se cumpla con las especificaciones técnicas establecidas y la calidad de los trabajos de instalaciones, montaje y mantenimiento eléctrico efectuados en el área.
- Se desarrolló el mejoramiento continuo del personal técnico del área, para el desarrollo óptimo de los trabajos y cumplimiento de los procedimientos y técnicas de trabajo del área.
- Se dispuso de manera eficiente los equipos, maquinaria, componentes y afines necesarios para el desarrollo de los trabajos encomendados (instalaciones, montaje, mantenimiento y reparaciones eléctricas).
- Se verificó y aseguro el estado óptimo de las instalaciones, del equipo y maquinaria en la realización de los trabajos de manera eficiente y segura.
- Se están aplicando adecuadamente las correcciones correspondientes cumpliendo los estándares establecidos por la compañía.

CAPÍTULO III

APORTES Y DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS

3.1 RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Como resultado de la actividad realizada, se mejoró la eficiencia en horas productivas de los molinos principales Dominiom y Sag de la planta concentradora, porque con el trabajo realizado, las paradas intempestivas de la planta se redujeron casi al 98%. En la implementación se cumplió la exigencia técnica requerida para este tipo de actividades.

También se logró evaluar los escenarios de las máximas demandas para la SE Casa Fuerza Sulzer en mina, logrando así tener datos para implementar cables de alimentación, ampliación de barras de cobre en la SE y tener en cuenta la capacidad de uno de los transformadores principales en su suministro de energía.

3.1.1 Resultados de la puesta en marcha de arrancador síncrono y afinamiento de molinos

- En el molino DOMINION se puede notar un claro ahorro de corriente consumida de hasta 25 A con respecto al antiguo motor.
- El nuevo motor DOMINION vino equipado con RTD de 100Ω para lo cual el relé Multilin 269 solo acepta RTD de 10Ω y no lee correctamente las temperaturas del motor por lo que se recomienda migrar al relé Multilin 469 que acepta RTD 100Ω. Además, tiene ventajas sobre nuestro actual relé como el manejo de históricos que sería muy importante para poder implementar mantenimiento preventivo en nuestros motores de media tensión.

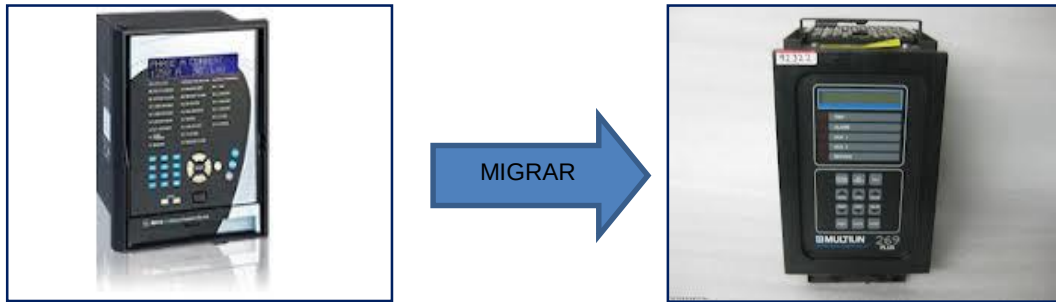


Imagen 33. Corriente del sistema eléctrico mina y capacidad de barra Cu.

- Se concluye que los tiempos referidos en la sincronización y arranque son más cortos haciendo más fino la sincronización y el arranque, además que los picos de corriente han disminuido.
- En lo referido al voltaje de piso a cuanto más nivel tengo en ese parámetro mejor torque, sin embargo, la corriente sube y por ende el consumo también el controlador SPM administra este voltaje, por este motivo es que se busca un valor bajo para cuando el motor no necesite mucha inyección DC este pueda bajar al nivel inferior.
- El motor debería estar sin carga para poder arrancar, de preferencia totalmente parado (15 minutos de espera) para evitar un TRIP innecesario por embalamiento. Se sugiere transmitir esto a todos los operadores de planta y revisen el procedimiento de arranque y parada de molinos.



Imagen 34. Motor Dominion.

- La protección de corto circuito está anulada ya que contamos con un contador normal en Media Tensión (MT). Se recomienda analizar la opción de colocar un contactor de vacío en Media Tensión (MT).

- Se configuró para que solo se puedan realizar 3 arranques en 1 hora (Tiempo de espera = 25 minutos).
- Se realizó backup de los programas de configuración tanto del relé SPM y el Multilin 269, el personal de mantenimiento planta fue instruido para el manejo de los parámetros y software.
- Se recomienda instalar un carbón de puesta a tierra para el eje del motor SAG, que descarga el campo estático producido en el rotor, al no tener ese carbón el campo estático se descarga por la chumacera y su aterramiento a tierra produciendo calentamientos en la chumacera. El nuevo motor DOMINION tiene este sistema lo cual es una ventaja para cuidar la vida útil de la parte mecánica del motor.

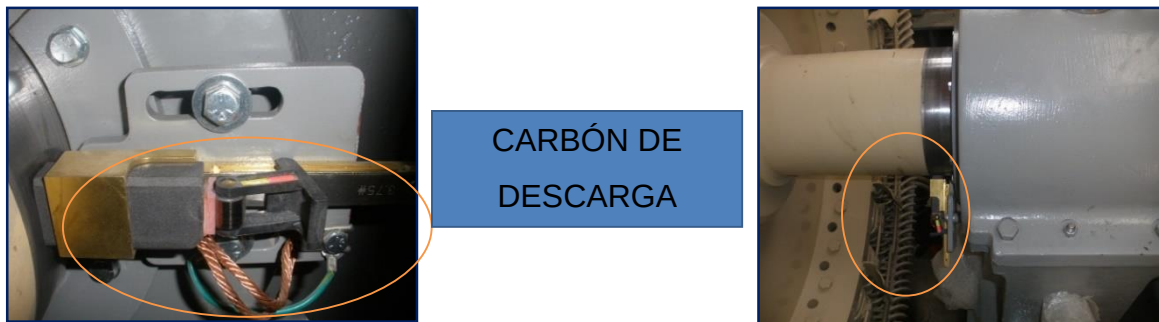


Imagen 35. Configuración de los motores.

3.1.2 Resultados del análisis del Sistema Eléctrico Mina

- Se debe de tener en cuenta que el cable de alimentación 2x (3x1x240 mm² Cu) de la SE Casa Fuerza Sulzer en el escenario de máxima demanda en el año 2019, se va a sobrecargar en un 127%.
- Es necesario una ampliación de la barra de la SE Casa Fuerza Sulzer, ya que según los registros históricos de los medidores desde el año 2017 está en sobrecarga dicha barra en la temporada de lluvias.
- Según el análisis la barra de Cu de la SE Casa Fuerza Sulzer en el escenario de máxima demanda en el año 2019, se va a sobrecargar en un 150%.
- Respecto del transformador principal TP-384, que suministra la energía a mina, 18/22 MVA ONAN/ONAF; (18 MVA ventilación natural y 22 MVA con ventilación forzada), en febrero se registró en el 2018 una máxima demanda de 18.69 MW (19.08 MVA), este se sobrecargó en 6%, respecto a su potencia nominal trabajando en ONAN (Ventilación natural).

- Se requiere tener en cuenta la capacidad del transformador TP-384, ya que según lo proyectado el año 2019 tendría una máxima demanda de 20,287 KW (20.7 MVA), este se sobrecargará 15%, respecto a su potencia nominal trabajando en ONAN (Ventilación natural).

3.2 LOGROS ALCANZADOS

3.2.1 En el ámbito del proyecto

Se obtuvo las siguientes actividades en el proyecto:

- Inicialmente se puso en marcha la configuración del relé de sincronización para dos motores síncronos, debido a que se tenían paradas intempestivas de estos motores y por ende deteniendo la producción.
- Se logró demostrar los resultados positivos del cambio de configuración de los relés, replicándolos en la configuración para otros motores síncronos.
- Este trabajo solo se pudo realizar en las paradas de planta programadas por el área de mantenimiento.

3.2.2 En el ámbito personal

Desempeñarme como supervisor instrumentista electricista, y el cumplimiento general del programa del mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos en planta de procesos.

3.3 APORTES DEL BACHILLER EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

3.3.1 En el aspecto cognoscitivo

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

- Sistema de suministro y utilización I.
- Sistema de suministro y utilización II.
- Máquinas eléctricas I.
- Máquinas eléctricas II.
- Instalaciones eléctricas.
- Ingeniería de control.
- Sistema transmisión y distribución.

- Sistemas de potencia I.
- Sistemas de potencia II.

El aporte de los cursos aprendidos fue preponderante en el desarrollo de las actividades desempeñadas, pero sobre todo hacer hincapié en los cursos mencionados líneas arriba, porque estos cursos todos tienen laboratorio y proyectos, lo que hace que el estudiante, pueda aplicar sus conocimientos en el campo laboral.

3.3.2 En el aspecto procedimental

En el aspecto procedimental el bachiller realizó fiel cumplimiento las normas técnicas nacionales e internacionales, dando como resultado la disponibilidad y confiabilidad de equipos electromecánicos. Esto gracias a la enseñanza de la universidad en los cursos involucrados en la enseñanza de normas técnicas, tales como introducción a la ingeniería eléctrica, mediciones eléctricas y otros.

Es necesario precisar, que cuando una persona se desempeña, en el campo laboral, su trabajo tiene que estar acorde con los estándares internacionales y nacionales. Eso garantiza que su desempeño sea de calidad y contribuye a que la empresa tenga certificaciones de calidad en el servicio que brinda.

Esta ideología de realizar el trabajo de forma profesional es algo que la universidad inculca a sus estudiantes desde que ingresan a las aulas.

3.3.3 En el aspecto actitudinal

En el aspecto actitudinal el bachiller aportó actitudes positivas de liderazgo, obteniendo mayor experiencia en el área de Ingeniería Eléctrica.

Una persona cuando trabaja en equipo debe tener en cuenta que debe estar comprometido con el trabajo que desempeña, para esto debe tener desarrollado habilidades blandas, esto le permitirá interactuar de manera empática y armoniosa con el grupo de trabajo que integra.

Dentro del desarrollo de habilidades blandas, es necesario tener personas con actitudes positivas y que sean capaces de solucionar situaciones que se presentan en el desempeño de las actividades a realizar.

Una de las habilidades que el bachiller desarrolló en las actividades realizadas fue el liderazgo, empatía y compromiso con la labor realizada. Gracias a lo desarrollado es que se puede afirmar que los trabajos fueron hechos con calidad y garantía cumpliendo los más altos estándares internacionales y nacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLOG de la Escuela de Posgrado de la Universidad Continental. ¿Qué es el proceso administrativo de la empresa?, consultado el 10 de diciembre del 2021. Disponible en: <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/que-es-el-proceso-administrativo-de-la-empresa>.
- BROKERING CHRISTIE, W.; PALMA BEHNKE, R.; VARGAS DÍAZ, L. «Cap. 5». Ñom Lufke (El rayo domado) o Los sistemas eléctricos de potencia, Editorial Prentice Hall. 2008. pp. 84, ISBN 9789702612926.
- DIAZ L. La observación. Facultad de psicología, UNAM. 1ra edición. [Consultado el 27 de diciembre del 2021.] http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf.
- DOÑEZ GUTIÉRREZ, CM. Selección y análisis de equipo de protección en los sistemas de distribución (23 kV) para proporcionar la acción correcta a la naturaleza de las fallas. Tesis (Título De Ingeniera Eléctrica Y Electrónica). México DF: universidad autónoma de México, Facultad de Ingeniería. 2015. 192 pp.
- ENRIQUE, O. Transformadores de potencia, de medida y de protección, 7ma edición Marcombo-Boixareu: Barcelona. 1994. 286 pp. ISBN 84-267-0690-8.
- Elektromotoren Und Gerätebau Barleben GMBH ©. [consulta: 4 noviembre 2018].
- ENRÍQUEZ, G. El Libro Practico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos. 1ª. ed. Limusa: México DF. 2004. 252 pp. ISBN 968-18-6053-5.
- FUENTES, G. Substation Automation Systems / Seminario de Transformadores; en línea [fecha de consulta: 06 de Julio del 2021].
- GIORDANO, JL. El conductor eléctrico (Ley de Ohm) Profísica. Chile. 2008. [consulta: 6 noviembre 2011].
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Historia de la minería en el Perú, [Consultado el 15 de diciembre del 2021]. <https://iimp.org.pe/mineria-en-el-peru/historia>
- LLORENTE, A. Cables Eléctricos Aislados, 1ª. ed. Paraninfo. 1994. 328 pp. ISBN 9788428320658.
- NEUAH, F. Protección de Transformadores de Gran Potencia en Alta Tensión. Universidad de Buenos Aires. 2014. 37 pp.

- ORELLANA, D. Y SÁNCHEZ, M. Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. Revista De Investigación Educativa, Universidad de Salamanca, Vol. 24. 2006. n.º 1, pp. 205-222.
- SAMPIERI y FERNÁNDEZ. Metodología de la investigación, 5ta Ed, editorial McGrawhill/Interamericana Editores, S.A. De C.V. A México D.F. 149 pp.
- CHAPMAN, S. Máquinas eléctricas; 5ta. Ed, McGraw-Hill Educación: México, DF. 2012. 502 pp. ISBN 9786071507242.
- Semiconductor SMPS Power Supply Design Manual, (2018).
- SINGER F. Transformadores. Editorial H.A.S.A. 2021.
[http://www.ingenieros.es/files/proyectos/Transformadores_y_Protecciones.pdf]
- STONER, J., FREEMAN, R., GILBERT, D. Administración. Editorial Prentice Hall, 6ta edición. 1996. pp 690. ISBN 9789708300780.
- Universidad de Alicante. Técnicas de Observación. Consultado el 18 de octubre del 2021.
https://personal.ua.es/es/francisco-frances/materiales/tema4/tcnicas_de_observacin.html
- Universia.pe. 10 técnicas para buscar información en google. [Consultado el 27 de diciembre del 2021]. <https://www.universia.net/pe/actualidad/orientacion-academica/10-tecnicas-para-buscar-informacion-en-google.html>.

ANEXOS

Autorización de uso de Software

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO DE SOFTWARE

Yo, Ing. Jesús Angel Cerrón Inga, identificado con DNI 41792800 en mi calidad de Jefe de Procesos Planta y en representación de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Unidad Orcopampa, otorgo la autorización al señor Luis Alfredo Bernaola Gaspar, identificado con DNI 44545631, bachiller en la carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CONTINENTAL, para que utilice los softwares empleados en la empresa tales como AutoCAD 2018, Microsoft Office 2016, Microsoft Project; incluidos también los software de simulación de flujos de potencia eléctrica tales como CADE_Simu, Etap y DlgSILENT, con la finalidad de que pueda desarrollar su Trabajo de Suficiencia Profesional titulado "CONFIGURACIÓN Y REGULACIÓN DE RELÉ DE PROTECCIÓN PARA ARRANCADOR SÍNCRONO EN PLANTA DE PROCESOS", y de esta manera optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista.

Jueves 19 de agosto del 2021

CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.
U.E.A. ORCOPAMPA
PLANTA DE PROCESOS

Firma y sello

Nombre:

Fecha:

DNI:

Jesús Angel Cerrón Inga
19/08/2021
41792800

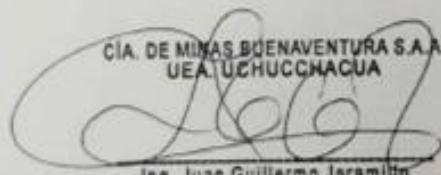
Autorización de uso de datos de U.M. Uchucchacua

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO DE INFORMACIÓN

Yo, Ing. Juan Guillermo Jaramillo, identificado con DNI 42780842 en mi calidad de Asistente Jefe de Mantenimiento y en representación de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Unidad Uchucchacua, otorgo la autorización al señor Luis Alfredo Bernaola Gaspar, identificado con DNI 44545631, bachiller en la carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CONTINENTAL, para que utilice información de la empresa tales como fotos, figuras, planos, programas, diagramas de subestaciones, flujos de potencia eléctrica y datos diversos, con la finalidad de que pueda desarrollar su Trabajo de Suficiencia Profesional titulado "CONFIGURACIÓN Y REGULACIÓN DE RELÉ DE PROTECCIÓN PARA ARRANCADOR SÍNCRONO EN PLANTA DE PROCESOS", y de esta manera optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista.

Lunes 23 de agosto del 2021

CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.
UEA UCHUCHACUA



Ing. Juan Guillermo Jaramillo
Asistente Jefe Mantenimiento Planta

Firma y sello

Nombre: JUAN GUILLERMO JARAMILLO

Fecha: 23/08/21

DNI: 42780842

Autorización de uso de datos de U.M. Orcopampa

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO DE INFORMACIÓN

Yo, Ing. Jesús Angel Cerrón Inga, identificado con DNI 41792800 en mi calidad de Jefe de Procesos Planta y en representación de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Unidad Orcopampa, otorgo la autorización al señor Luis Alfredo Bernaola Gaspar, identificado con DNI 44545631, bachiller en la carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CONTINENTAL, para que utilice información de la empresa tales como fotos, figuras, planos, programas, diagramas de subestaciones, flujos de potencia eléctrica y datos diversos, con la finalidad de que pueda desarrollar su Trabajo de Suficiencia Profesional titulado "CONFIGURACIÓN Y REGULACIÓN DE RELÉ DE PROTECCIÓN PARA ARRANCADOR SÍNCRONO EN PLANTA DE PROCESOS", y de esta manera optar al Título Profesional de Ingeniero Electricista.

Jueves 19 de agosto del 2021

CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.
U.E.A. ORCOPAMPA

PLANTA DE PROCESOS

Firma y sello

Nombre:

Fecha:

DNI:

Jesús Angel Cerrón Inga

19/08/2021

41792800