

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Evaluación de la puesta en marcha del molino SAG
36'X17' y sistema auxiliares de la Minera Chinalco
Perú - 2023**

Walter Efrain Armas Segura

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

TSP - ARMAS SEGURA WALTER EFRAIN

INFORME DE ORIGINALIDAD

43%

INDICE DE SIMILITUD

42%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	kupdf.net Fuente de Internet	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
4	idoc.pub Fuente de Internet	2%
5	www.grafiati.com Fuente de Internet	2%
6	www.ferrarimotorielettrici.it Fuente de Internet	2%
7	www.flsmidth.com Fuente de Internet	1%
8	docplayer.com.br Fuente de Internet	1%
9	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%

10	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	1 %
11	www.upr-info.org Fuente de Internet	1 %
12	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	1 %
14	www.911metallurgist.com Fuente de Internet	1 %
15	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1 %
16	es.linkfang.org Fuente de Internet	1 %
17	1library.co Fuente de Internet	1 %
18	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	1 %
19	vsip.info Fuente de Internet	1 %
20	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	1 %
21	procesaminerales.blogspot.cl Fuente de Internet	1 %

22	pdfcoffee.com Fuente de Internet	1 %
23	docslide.us Fuente de Internet	1 %
24	www.chinalco.com.pe Fuente de Internet	1 %
25	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1 %
26	www.direcmin.com Fuente de Internet	<1 %
27	grupoturelectric.com Fuente de Internet	<1 %
28	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	www.casafernandez.com.ar Fuente de Internet	<1 %
31	www.rumbominero.com Fuente de Internet	<1 %
32	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
33	www.isem.org.pe Fuente de Internet	<1 %

34 Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega <1 %
Trabajo del estudiante

35 www.gekon.net.pl <1 %
Fuente de Internet

36 Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados <1 %
Trabajo del estudiante

37 qdoc.tips <1 %
Fuente de Internet

38 repositorio.unasam.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

39 repositorio.upn.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

40 www.3dfx.com.pl <1 %
Fuente de Internet

41 es.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

42 issuu.com <1 %
Fuente de Internet

43 repositorio.uap.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

44 tesis.ucsm.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

45	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
47	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
48	www.coelce.com.br Fuente de Internet	<1 %
49	www.mineroartesanal.org Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.utec.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
52	www.yumpu.com Fuente de Internet	<1 %
53	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
54	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
55	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
56	iga.igg.cnr.it Fuente de Internet	<1 %

57	vlsi-soc.pe Fuente de Internet	<1 %
58	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	<1 %
59	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
60	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
61	Andrés López, Daniela Ramos, Alexandre de Freitas Barbosa, Ángela Cristina Tepassê et al. "La inversión extranjera directa de China en América Latina: 10 estudios de caso", Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2014 Publicación	<1 %
62	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
63	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
64	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
65	www.socialetic.com Fuente de Internet	<1 %

66	academica-e.unavarra.es Fuente de Internet	<1 %
67	ceta.fiu.edu Fuente de Internet	<1 %
68	madronafarm.co Fuente de Internet	<1 %
69	ocw.bib.upct.es Fuente de Internet	<1 %
70	www.erudit.org Fuente de Internet	<1 %
71	123thuintesten.nl Fuente de Internet	<1 %
72	Edison Quisnancela, Nikolai Espinosa. "Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x", Enfoque UTE, 2016 Publicación	<1 %
73	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
74	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
75	wschristopher.org Fuente de Internet	<1 %
76	www.autocarespastor.es Fuente de Internet	<1 %

77	www.cooperaccion.org.pe Fuente de Internet	<1 %
78	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
79	xdoc.mx Fuente de Internet	<1 %
80	GESTION EN CONSULTORIA INTEGRAL Y MEDIO AMBIENTE S.A.C. - GESIM SAC. "DAA Colectiva de la Planta Campoy-IGA0002126", R.D. N° 034-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %
81	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
82	baixardoc.com Fuente de Internet	<1 %
83	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
84	floatspa.pl Fuente de Internet	<1 %
85	moam.info Fuente de Internet	<1 %
86	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %

87	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
88	studylib.es Fuente de Internet	<1 %
89	www.floatspa.pl Fuente de Internet	<1 %
90	www.itc.mx Fuente de Internet	<1 %
91	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
92	www.cocinastello.es Fuente de Internet	<1 %
93	VITEEL EIRL.. "DIA del Proyecto Ampliación de Redes de Distribución Primaria, Secundaria y Conexiones Domiciliarias para el Parque Industrial Mz. E-1, E-2, E-3, E-4 y E-8, Distrito de La Esperanza, Provincia de Trujillo, Región La Libertad-IGA0020402", R.G.R. N° 000413-2021-GRLL-GGR-GREMH , 2022 Publicación	<1 %
94	www.rucalafputemun.cl Fuente de Internet	<1 %

AGRADECIMIENTO

A Dios, por protegerme, darme sabiduría y salud durante todo este camino para poder superar toda las dificultades y obstáculos a lo largo de toda mi vida, por permitirme llegar a este momento tan importante para mí y mi familia.

A mi esposa, por darme las fuerzas cuando me sentía cansado las veces que llegaba del trabajo y tenía que seguir con mi vida universitaria.

A mi hija, porque desde el día que nació me hizo ver la vida de distinta manera y que con su hermosa sonrisa logró que tome otro impulso para poder lograr mis metas.

DEDICATORIA

A mis padres, personas con mucha sabiduría quienes siempre se han esforzado a impulsarme a ser mejor persona cada día.

A los conocimientos adquiridos en esta prestigiosa Universidad Continental, estoy escalando peldaño a peldaño, logrando mis metas en lo profesional y personal.

ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Introducción	xi
CAPÍTULO I	13
ASPECTOS GENERALES	13
1.1. Datos generales	13
1.2. Actividades principales	13
1.3. Reseña histórica de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.	14
1.4. Organigrama de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.	15
1.5. Valores de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.	15
1.5.1. Visión.....	15
1.5.2. Misión.....	15
1.5.3. Creación de valor	15
1.5.4. Sostenibilidad.....	16
1.5.5. Responsabilidad ambiental	16
1.5.6. Responsabilidad social.....	16
1.6. Bases legales	16
1.6.1. Constitución de la compañía empresa Minera Chinalco Perú S. A.	16
1.7. Descripción del área donde se realizaron las actividades profesionales	17
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	18
CAPÍTULO II	19
ASPECTOS GENERALES	19
2.1. Diagnóstico situacional del proyecto	19
2.1.1. Descripción geográfica	20
2.1.2. Descripción del proyecto Toromocho.....	22
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	22
2.3. Objetivos de la actividad profesional	22
2.3.1. Objetivo general.....	22
2.3.2. Objetivos específicos	22
2.4. Justificación de la actividad profesional	23
2.4.1. Teórica	23

2.4.2. Económica	23
2.5. Resultados esperados	23
CAPÍTULO III.....	25
MARCO TEÓRICO	25
3.1. Actividades realizadas en el proyecto	25
3.2. Bases teóricas de las actividades realizadas	25
3.2.1. Parámetros eléctricos	25
3.2.1.1. Parámetros básicos de electricidad.....	25
3.2.2. Definiciones	26
3.2.2.1. Molinos SAG	26
3.2.2.2. Accionamiento eléctrico de un molino semiautógeno	27
3.2.2.3. Molienda semiautógena	28
3.2.3. Circuito de molienda tipo SAG.....	29
3.2.3.1. Criterios de dimensionamiento del circuito de molienda.....	32
3.3. Sustento académico de la evaluación de circuitos de molienda SAG	34
3.3.1. Antecedentes nacionales	34
3.3.2. Antecedentes internacionales	36
3.4. Sustento normativo.....	38
3.4.1. Base legal.....	38
3.4.1.1. Normativa vigente.....	38
3.4.1.2. Normativa complementaria vigente	39
3.4.2. Leyes y normas técnicas aplicables para la instalación de maquinarias de molienda en yacimientos mineros.....	39
3.4.2.1. Normativa aplicable para dispositivos electromecánicos asociados al circuito de molienda.....	39
3.4.2.2. Ley general de la minería – Decreto Ley N.º 18880 (1971)	40
3.4.2.3. Normativa vigente adicional	40
3.4.3. Condiciones de servicio de los elementos de un circuito de molienda	40
3.4.3.1. Características técnicas de los circuitos de molienda.....	40
3.4.3.2. Características de las protecciones de los circuitos de molienda	41
3.4.3.3. Características de revestimiento adicional en zonas concretas del molino SAG.....	42
CAPÍTULO IV	43
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	43
4.1. Descripción de actividades profesionales	43
4.1.1. Actividad 1: Descripción y planificación de actividades a realizar	43
4.1.2. Actividad 2: Validación y análisis del proyecto Toromocho – tajo abierto.....	45

4.1.3. Actividad 3: Descripción de las características del molino SAG	45
4.1.4. Actividad 4: Descripción de la preparación previa y condiciones de instalación..	46
4.1.5. Actividad 5: Descripción de la secuencia de instalación por fases	48
4.1.6. Actividad 6: Descripción de las consideraciones después de la instalación del molino SAG	49
4.1.7. Actividad 7: Descripción de las condiciones de operación del motor	50
4.1.8. Actividad 8: Descripción de la instalación del dispositivo del extremo de carga..	51
4.1.9. Actividad 9: Descripción de las operaciones normales y mantenimiento de la carga del molino SAG	53
4.2. Enfoque de las actividades profesionales.....	54
4.2.1. Alcance de las actividades profesionales	54
4.2.2. Entregables de las actividades profesionales	55
4.3. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	55
4.3.1. Metodologías, técnicas e instrumentos	55
4.3.1.1. Método inductivo	55
4.3.1.2. Método de investigación	56
4.3.1.3. Alcance de la investigación.....	56
4.3.1.4. Técnicas	56
4.3.1.5. Técnica de la observación	56
4.3.1.6. Técnica de la planificación.....	56
4.3.1.7. Instrumentos.....	56
4.3.2. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades.....	57
CAPÍTULO V	58
RESULTADOS	58
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.....	58
5.1.1. Evaluación y prueba en el caso de carga: gravedad – estabilidad mecánica.....	58
5.1.2. Evaluación y prueba para el caso de carga: excitación	59
5.1.3. Evaluación y prueba para el caso de carga: Puesta en marcha	60
5.1.4. Evaluación y prueba para el caso de carga: Funcionamiento normal	61
5.1.5. Evaluación y prueba para el caso de carga: Corto circuito	61
5.1.6. Evaluación y prueba para el caso de carga: Carga sísmica y operación normal	62
5.1.7. Evaluación y prueba del circuito de molienda (molino SAG y bolas).....	62
5.1.8. Pruebas y funcionalidad de los suministros auxiliares.....	64
5.1.9. Pruebas y funcionalidad del sistema de enfriamiento	66
5.1.10. Pruebas y funcionalidad en la puesta en marcha (pruebas con agua).....	68
5.1.11. Comisionamiento y pruebas con carga.....	70
5.2. Logros alcanzados.....	72

5.2.1. En la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG y los dispositivos auxiliares	72
5.2.2. En el ámbito profesional	72
5.2.3. En el ámbito personal.....	72
5.3. Dificultades encontradas	72
5.4. Planteamiento de mejoras	73
5.4.1. Aportes del bachiller en la empresa	73
5.4.1.1. En el aspecto cognoscitivo	73
5.4.1.2. En el aspecto actitudinal	74
Conclusiones	75
Recomendaciones	76
Lista de referencias	77
Anexos	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Localización geográfica del proyecto Toromocho.....	21
Tabla 2. Tipos de accionamiento de molino semiautógeno y de bolas.....	27
Tabla 3. Normativa vigente para la instalación de componentes eléctricos.....	39
Tabla 4. Normativa vigente para maquinarias asociadas a dispositivos electromecánicos.....	39
Tabla 5. Normativa vigente para dispositivos de corte e interrupción.....	40
Tabla 6. Normativa para aisladores	40
Tabla 4. Normativa adicional.....	40
Tabla 8. Características técnicas de los circuitos de molienda	41
Tabla 9. Características técnicas y económicas del revestimiento de molinos SAG	41
Tabla 10. Características adicionales de elementos asociados al circuito de molienda.....	42
Tabla 11. Parámetros de diseño del molino SAG	46
Tabla 12. Secuencia de instalación	49
Tabla 13. Consideraciones después de la instalación	49
Tabla 14. Factor de corrección por altura y temperatura	51
Tabla 15. Factor de corrección por velocidad del aire	51
Tabla 16. Instalación de los dispositivos del extremo de carga	52
Tabla 17. Reducción de entrehierro	60
Tabla 18. Reducción de entrehierro en puesta en marcha.....	60
Tabla 19. Reducción de entrehierro en operación normal	61
Tabla 20. Reducción de entrehierro en corto circuito.....	62
Tabla 21. Reducción de entrehierro en corto circuito.....	62
Tabla 22. Verificación de los sistemas auxiliares en la inspección eléctrica.....	65
Tabla 23. Verificación de los sistemas auxiliares en la inspección mecánica	65
Tabla 24. Verificación de los sistemas auxiliares en la inspección y sistema de control	66
Tabla 25. Verificación del arranque de los ventiladores de las torres de enfriamiento	66
Tabla 26. Verificación del arranque de las bombas de enfriamiento de agua 2060 – PP – 098/198.....	67
Tabla 27. Verificación de circulación de agua en subsistemas y el sistema de presurización. 67	
Tabla 28. Verificación del arranque de las bombas de enfriamiento 295/296.....	68
Tabla 29. Puesta en marcha – prueba de estanqueidad de tanque.....	68
Tabla 30. Puesta en marcha – prueba de sellado de liner	69
Tabla 31. Puesta en marcha – arranque de molino SAG 1	69
Tabla 32. Riesgos identificados en el área de molino SAG 36’X17’	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del directorio de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.	15
Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto Toromocho	20
Figura 3. Proyecto Toromocho – tajo abierto	21
Figura 4. Molino SAG Chinalco.....	26
Figura 5. Clasificación de molinos mineros acorde a las etapas de procesamiento.....	28
Figura 6. Esquemático de un molino semiautógeno.....	29
Figura 7. Circuito de trituración y molienda semiautógena (SAG)	30
Figura 8. Circuito de molienda – fase de trituración.....	30
Figura 9. Circuito de molienda – fase de clasificación	31
Figura 10. Circuito de molienda – fase de remolienda	31
Figura 11. Circuito con molino SAG y molino de bolas	32
Figura 12. Esquema de funcionamiento de un molino semiautógeno.....	34
Figura 13. Proyecto Toromocho – vista descriptiva	45
Figura 14. Zonas de operación del proceso de chancado en el molino SAG.....	54
Figura 15. Desviación vertical del modelo de evaluación completo bajo la gravedad	59
Figura 16. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «excitación».....	59
Figura 17. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «puesta en marcha»	60
Figura 18. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «funcionamiento normal»....	61
Figura 19. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «corto Circuito».....	61
Figura 20. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «funcionamiento normal y terremoto».....	62
Figura 21. Gráfica descrita de la carga de las bolas y resultados del tonelaje	64
Figura 22. Métrica de la carga de bolas y resultados del tonelaje.....	64
Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de comisionamiento con carga	71
Figura 24. Sistema auxiliares y componentes del molino SAG 36’x17’	79
Figura 25. Ejemplo de demanda de potencia del molino SAG 36’x17’	79
Figura 26. I. Conversión de energía AC/AC y II. Rectificación de energía AC/DC	80
Figura 27. Detalle de componentes mayores del sistema de accionamiento	81
Figura 28. Sistema de enfriamiento del molino SAG	81
Figura 29. Detalle de los componentes del accionamiento	82
Figura 30. Impactómetro y su ubicación del molino SAG.....	82

RESUMEN

Las operaciones mineras tienen una vital relevancia en la economía del país, puesto que constituyen uno de los indicadores económicos más relevantes, la importancia que tiene este en la intervención en los indicadores económicos es vital en cada una de sus fases, desde la fase de extracción hasta la fase de exportación minera, siempre bajo estándares y criterios de economía, calidad y seguridad. Las operaciones extractivas mineras tienen gran relevancia en la economía y sostenibilidad peruana, puesto que el Perú es el segundo productor de plata, cobre y zinc a nivel mundial. Asimismo, es el primer productor de oro, zinc, estaño, plomo y molibdeno en América Latina. La cordillera de los Andes es la columna vertebral de Perú y la principal fuente de depósitos minerales del mundo y, debido a esto, el tener equipos y maquinarias en las maniobras extractivas es vital para la continuidad del proceso relacionado a la minería en cada una de sus fases, que es específicamente donde se enfoca el presente trabajo.

En la actualidad, es necesario el conocimiento de la parte mecánica y eléctrica de dichos equipos y maquinarias, por consiguiente, conocer los componentes, los principios de funcionamiento y elementos que componen dichas maquinarias es fundamental para la continuidad del proceso operativo de extracción de minerales. En virtud de lo anterior, es importante establecer los parámetros necesarios para operación no solo de los factores eléctricos que influyen en el funcionamiento de estos equipos y dispositivos, sino también los factores mecánicos y la relevancia de ambos aspectos en la continuidad de las operaciones extractivas, es por lo que el estudio presente se centra en la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la minera Chinalco, Perú – 2023.

INTRODUCCIÓN

El informe aquí presente enmarca mi desempeño profesional de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica, ya que vengo laborando en la empresa Minera Chinalco Perú S. A. en el proyecto Toromocho con el objetivo de realizar la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la minera Chinalco, Perú, cumpliendo con los estándares eléctricos y mineros nacionales vigentes.

El presente trabajo de suficiencia profesional se encuentra dividido en 5 capítulos en los que se enmarcan aspectos relevantes de la data obtenida y los parámetros energéticos de operación y lineamientos referentes al molino SAG 36'X17 y la empresa Minera Chinalco Perú S. A. y asimismo, del proyecto Toromocho.

En el Capítulo I se hace énfasis en el *know how* adquirido en la empresa donde vengo desempeñando mis labores como profesional en la Ingeniería Eléctrica y, asimismo, un marco descriptivo de las actividades que vengo desarrollando en mi centro de trabajo.

En el Capítulo II se hace énfasis en un diagnóstico situacional y el estado actual de conocimiento del proyecto Toromocho y el avance del proyecto, lineamientos como los criterios de operación de los molinos y sus condiciones normales de operación, cabe resaltar que dicho diagnóstico debe ser ejecutado por un profesional de la Ingeniería Eléctrica, con el análisis crítico y cognitivo para la maniobrabilidad y análisis de la data a obtener.

El Capítulo III se enfoca en la teoría correspondiente que sienta las bases del presente documento de suficiencia profesional, donde nos enfocamos en temas legales, normativos y teóricos que dan la característica de suficiencia profesional.

En el Capítulo IV se hace énfasis de las actividades concisas que se hacen para la obtención de la data referente a la funcionalidad eléctrica de la operación y montaje del molino SAG 36'X17' en las operaciones extractivas mineras, así como, la validación respectiva acorde a los parámetros eléctricos de funcionamiento, donde acorde a un exhaustivo análisis crítico delimitado por el marco normativo vigente, actualmente, se verificará la veracidad de los datos y la implicancia de estos en el presente trabajo de suficiencia profesional.

En el Capítulo V se interioriza y describen los resultados que se obtienen y el tratamiento respectivo a esta data. Donde haciendo uso de herramientas de jerarquización de datos, se profundiza y enmarca el aporte que tendrá este trabajo en la aplicación práctica y

predictiva que es el fin de esta investigación y, por ende, se evidencia el aporte como profesional en la Ingeniería Eléctrica.

Finalmente, el trabajo de suficiencia profesional concluye en la aplicación práctica de los resultados obtenidos y el análisis respectivo, donde una vez más se detallan la importancia de la Ingeniería Eléctrica y los profesionales que se dedican a dar solución a los problemas que se suscitan en campo y en práctica, siempre respetando la normativa vigente actual que es la base de todo trabajo relacionado a la Ingeniería Eléctrica y los procedimientos que se enmarcan en líneas siguientes.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Datos generales

Razón social: Minera Chinalco Perú S. A.

RUC: 20506675457

Urbanización: El Derby (piso 20)

Dirección legal: Av. El Derby N.º 250, Santiago de Surco

Departamento: Lima, Perú.

1.2. Actividades principales

Minera Chinalco Perú es una empresa peruana productora de metales preciosos, se dedica a la exploración, explotación y procesamiento de cobre, molibdeno y plata, es una empresa dedicada a la explotación de recursos mineros y procesos extractivos de minerales, el presente trabajo se enfoca en el proyecto Toromocho.

El proyecto Toromocho está conformado por un yacimiento de pórfidos de cobre, considerado como uno de los yacimientos polimetálicos más importantes del Perú, se ha planificado una producción anual promedio de 1 millón de toneladas de concentrados de cobre, 10 mil toneladas de óxido de molibdeno y más de 4 millones de onzas de plata.

Las reservas de la mina ascienden a más de 1500 millones de toneladas de mineral, con una ley promedio de 0.5 por ciento de cobre, 0.2 por ciento de molibdeno y 6.9 gramos de plata por tonelada basado en una ley de corte de aproximadamente 0,37 % de cobre.

1.3. Reseña histórica de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

La empresa Minera Chinalco Perú S.A. nace en el año 2007, la *Aluminum Corporation of China* (Chinalco) creó Minera Chinalco Perú S. A. (Chinalco Perú) para construir, desarrollar y operar el megaproyecto cuprífero Toromocho.

La unidad minera Toromocho ha sido la primera mina de cobre de clase mundial que una empresa china ha ejecutado y desarrollado desde el inicio en el extranjero. Hoy, Chinalco Perú es una de las empresas más importantes de China Copper y la compañía extranjera más grande de propiedad absoluta de Chinalco.

Minera Chinalco Perú S. A. es una empresa subsidiaria de *Aluminum Corporation of China* (Chinalco), su casa matriz es uno de los más grandes conglomerados industriales de la República Popular China con sede en Beijín, China. Establecida el 23 de febrero de 2001, *Aluminum Corporation of China* es una empresa estatal clave supervisada directamente por el gobierno central chino. Es la compañía de metales no ferrosos más grande de China, que está principalmente involucrada en el desarrollo de recursos minerales, fundición y procesamiento de metales no ferrosos, y servicios relacionados de comercio e ingeniería. Ahora es el segundo mayor productor de alúmina del mundo, el tercer mayor proveedor de aluminio primario y el quinto mayor productor de aluminio fabricado. También tiene las capacidades más fuertes en China.

En el año 2008, el presidente de Chinalco, Sr. Xiao Yaqing, anuncia la adquisición exitosa del proyecto Toromocho y, posteriormente, en el año 2011 se da el inicio oficial de operación de la planta de tratamiento de aguas del túnel Kingsmill, en el año 2013 se da el primer arranque de la chancadora primaria y el primer ingreso al molino SAG, asimismo, el expresidente del Perú, Sr. Ollanta Humala y el expresidente de Aluminum Corporation of China, Sr. Xiong Weiping anuncian el inicio de la fase de operaciones y el *stacker* vertió su primera «cucharada» hacia el *stockpile*, en el año 2014 se da el inicio de operaciones del molino de bolas 2 y también el primer embarque de concentrado de cobre; el año siguiente, la planta de procesos produce de acuerdo a la capacidad máxima de diseño y en el año 2016 se entregan títulos de propiedad a pobladores morocochanos que poseen vivienda en Nueva Morococha, en el año 2018 el primero de junio el presidente de la República, Sr. Martín Vizcarra, y el Dr. Ge Honglin, presidente de Aluminum Corporation of China, anuncian el inicio de obras de la expansión de la planta de la unidad minera Toromocho. En el año 2020 empezaron las pruebas de funcionamiento del molino de bolas y molino SAG de la obra de expansión de la planta.

1.4. Organigrama de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

El organigrama de la empresa Minera Chinalco Perú S. A. se resume así:

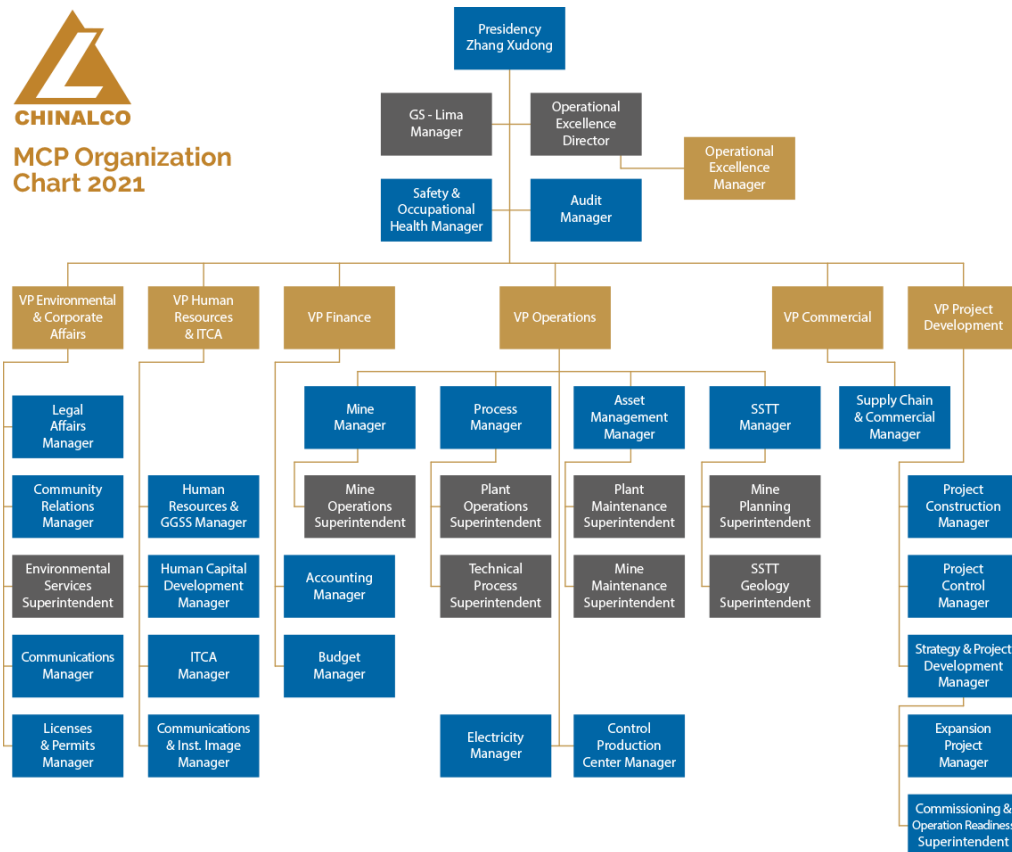


Figura 1. Organigrama del directorio de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

1.5. Valores de la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

1.5.1. Visión

Ser reconocidos como una empresa minera de primer nivel, que genera valor por su alta eficiencia, calidad en su gestión y liderazgo en tecnología e innovación.

1.5.2. Misión

Con el firme compromiso de nuestros colaboradores transformamos eficiente y responsablemente los recursos naturales, contribuyendo con el desarrollo sostenible de nuestro entorno, así como del bienestar de nuestros grupos de interés.

1.5.3. Creación de valor

Con el firme compromiso de nuestros colaboradores transformamos eficiente y responsablemente los recursos naturales, contribuyendo con el desarrollo sostenible de nuestro entorno, así como del bienestar de nuestros grupos de interés.

1.5.4. Sostenibilidad

Trabajamos por el desarrollo sostenible de nuestra área de influencia enfocados en la calidad de vida de los pobladores. Implementamos programas, mejoramos la infraestructura, apoyamos con material de soporte e impulsamos constantemente iniciativas para preservar la calidad del ambiente y el bienestar social.

1.5.5. Responsabilidad ambiental

Tomando como referente a la normativa nacional y altos estándares de gestión ambiental, Chinalco Perú viene ejecutando acciones para proteger el ambiente y preservar los recursos. Las obras de mayor envergadura han sido la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas del túnel Kingsmill y la edificación de un vivero-invernadero. También se han realizado remediaciones, trabajos de forestación y periódicamente se monitorea los recursos del entorno. Operamos respetando a nuestros vecinos y cuidando el ambiente con miras a lograr el desarrollo sostenible.

1.5.6. Responsabilidad social

Contamos con una política de responsabilidad social orientada a alcanzar el desarrollo sostenible de las personas y los recursos de nuestras zonas de influencia. Trabajamos en base a cuatro ejes estratégicos.

- Educación
- Salud
- Desarrollo productivo
- Fortalecimiento de organizaciones sociales

1.6. Bases legales

1.6.1. Constitución de la compañía empresa Minera Chinalco Perú S. A.

La empresa Minera Chinalco Perú S. A. con respecto a la normativa eléctrica se constituyó y está supeditada bajo el régimen de la Ley General de Electricidad N.º 23406 y su reglamento D. S. N.º 031-82-EM/VM del 4 de octubre de 1982, mediante Resolución Ministerial N.º 319-83-EM/DGE del 21 de diciembre de 1983.

Con respecto a la normativa minera, la empresa Minera Chinalco Perú S. A. se rige por el derecho privado y forma parte de las empresas que se encuentran bajo el ámbito que se enmarca en la resolución secretarial / R.SG. N.º 0205-2022-RE,

Oficialización del evento denominado «Perumin 35 Convención Minera». Normas – Varias, abril - 2022.

1.7. Descripción del área donde se realizaron las actividades profesionales

Labores encomendadas como Supervisor Electromecánico en la empresa Mainin SRL donde se hace servicios a la planta concentradora de la mina Chinalco Perú, la empresa Mainin se dedica a hacer las siguientes actividades:

- Mantenimiento correctivo de GMD del molino de bolas y molinos SAG, mantenimiento de estator de GMD.
- Mantenimiento de correctivo de motores de baja tensión y alta tensión (revisión y medición de caja de conexión, cambio de cables de fuerza y control)
- Trabajos en salas eléctricas en el área de chancado primario y molinos.
- Mantenimiento correctivo de variadores en baja tensión
- Canalización y tendido de cables de fuerza y control
- Mantenimiento preventivo de GMD del molino de bolas y molinos SAG
- Mantenimiento a instrumentos de protección y accionamiento de chancadoras *flsmith* XL1100 y *aprom feeder*
- Mantenimiento y calibración de sensores de PH
- Mantenimiento y calibración de transmisión de nivel
- Mantenimiento de detector de metales
- Mantenimiento y calibración de sensor de ORP

Al tener el cargo de supervisor electromecánico aprendí a planificar los trabajos de acuerdo con las órdenes de trabajo del área de chancado primario y molinos, tengo a cargo a 20 personas, aprendí a delegar y aplicar las habilidades blandas en cada uno de ellos. Verifico los

peligros que pueden ocurrir en el área de trabajo, evalúo los riesgos de cada trabajo, verifico que todo el personal cuente con los EPP básicos y específicos para cada tarea que ejecute.

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

En mis labores en la empresa Mainin SRL me desempeñé en el cargo de supervisor electromecánico, supervisando trabajos en la parte eléctrica, instrumentación y mecánica, en las áreas de chancado primario y molinos, como supervisor cumplí las siguientes funciones:

- Asistir a reuniones contractuales con los jefes de MCP (Chinalco)
- Planificar actividades según el plan de trabajo. Emitir informes semanales y mensuales.
- Supervisar los trabajos de mantenimiento, calibración y construcción de trabajos de instrumentación, automatización y control de procesos.
- Supervisar el mantenimiento de motores trifásicos de 460 V
- Supervisar el cableado estructurado, cableado por bandejas, canaletas, tuberías de equipo del motor de la bomba Warman.
- Supervisar trabajos de alto riesgo (altura, eléctricos, espacios confinados, trabajos en caliente, etc.).
- Realizar la revisión de información técnica de la especialidad de instrumentación y control para diseño de ingeniería, tales como: especificaciones técnicas, criterios de diseño, PFD, P&ID.
- Supervisión en el precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de los equipos de molinos SAG, molino de bolas, *aprom feeder*.
- Evaluar el desempeño de los trabajadores a cargo.
- Liderazgo, comunicación efectiva, orientación al logro, compromiso, integridad, capacidad de análisis y tolerancia a la presión

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES

2.1. Diagnóstico situacional del proyecto

Uno de los problemas más comunes con las operaciones de extracción minera es la dificultad que se presenta en tratar de alcanzar las metas de productividad y parámetros establecidos por la empresa, debido a otras razones como el tipo de mineral extraído y la naturaleza compositiva del mismo, porcentaje de humedad y tipo de alimentación eléctrica de los equipos y maquinarias para su tratamiento respectivo, así como también hay otros factores operativos como la capacidad de carga y transporte de equipos, condiciones que pueden afectar las finanzas, dificultando también el entorno laboral de la empresa.

Actualmente, existen excelentes oportunidades de desarrollo en el campo de la ingeniería que se enfocan en mejorar la productividad, utilizando métodos de investigación aplicados en cada una de las fases del proceso extractivo, herramientas tales como técnicas estadísticas y de análisis de datos básicos y avanzados que se centran en la operación, mantenimiento y parametrización de los equipos, específicamente en el proceso de chancado en el circuito de molienda, ayudando así a analizar y reducir este tipo de problemas; en el contexto del presente trabajo se enmarcan las operaciones de extracción que se vienen realizando en el proyecto Toromocho.

La unidad minera Toromocho es una mina de tajo abierto cuyo producto principal es el concentrado de cobre. El proceso de las operaciones consiste en la trituración, molienda, flotación, concentrado y espesado que se enmarca en los siguientes aspectos:

- Planta de chancado primario
- Fajas transportadoras de una longitud aproximada de 5.5 kilómetros
- Pila de mineral grueso con capacidad de almacenamiento de 79 680 toneladas
- Circuito de molienda (molino SAG, dos molinos de bolas y trituradora *Pebbles*)
- Circuito de flotación de cobre y circuito de remolienda
- Espesadores de cobre y reespesado final
- Flotación de molibdeno y planta hidrometalúrgica
- Instalaciones de bombeo y espesado de relaves
- Circuito de filtrado de concentrado
- Almacenamiento y carga de concentrado

2.1.1. Descripción geográfica

El proyecto Toromocho está ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín. La región en la que se encuentran las concesiones presenta una topografía inclinada accidentada, con altitudes sobre el depósito que varían entre 4 500 y 5 000 m s. n. m. a 142 km de Lima, vía terrestre y 32 km de La Oroya, los valles en el área circundante tienen origen glaciar.



Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto Toromocho



Figura 3. Proyecto Toromocho – tajo abierto

El proyecto involucra principalmente a la cuenca del río Rumichaca y a la cuenca Huascacocha, las cuales drenan hacia la cuenca del río Yauli y finalmente hacia el océano Atlántico a través de los ríos Mantaro y Amazonas. El acceso al área del proyecto se realiza desde la ciudad de Lima por la carretera central, a través de una vía asfaltada hasta Morococha (142 km), así como mediante el ferrocarril central (173 km). Ambas vías también unen la zona del proyecto con la ciudad de La Oroya ubicada a 32 km por carretera y 35 km por ferrocarril, aproximadamente.

Es importante conocer las coordenadas de operación del proyecto determinado:

Tabla 1. Localización geográfica del proyecto Toromocho

Localización geográfica	Proyecto Toromocho
Coordenadas UTM WGS84	
· Zona	18 L
· Este (m)	375 588 E
· Norte (m)	8 716 565 N

2.1.2. Descripción del proyecto Toromocho

La operación Toromocho es una mina de tajo abierto, en la que se prevé una vida minera de 36 años. Los concentrados de cobre y molibdeno son transportados por ferrocarril hacia el puerto del Callao. Toromocho tiene una reserva de 1526 millones de TM de mineral con ley promedio de cobre de 0.48 %.

Debido a que el área de emplazamiento del proyecto Toromocho involucra el área urbana actual de la ciudad de Morococha, se hace necesario que la ciudad sea reubicada en un área apta que se encuentre fuera del alcance de cualquier infraestructura del proyecto minero. La población para reubicar es de aproximadamente 1200 familias. El proceso de reasentamiento comenzó en noviembre de 2012 para facilitar el desarrollo del megaproyecto minero Toromocho, la mayoría de la población residente en la ciudad de Morococha antigua, excapital del distrito de Morococha, decidió trasladarse a la zona denominada «Nueva Morococha», construida por Minera Chinalco Perú S. A. para albergar a unas 1150 familias.

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

Como identificación de la oportunidad se tiene en cuenta dos puntos básicos:

- Que para la empresa Minera Chinalco Perú S. A. es primordial asegurar el funcionamiento normalizado y estable del molino SAG 36'X17' y también de los sistemas auxiliares y dispositivos electromecánicos ligados al circuito de molienda.
- Que la puesta en marcha, funcionamiento y operación continua del circuito de molienda y el molino SAG 36'X17', así como, los sistemas auxiliares y dispositivos electromecánicos cumplan con los estándares funcionales y maniobrabilidad asociados a la actualidad y futuros cambios en los parámetros de operación.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general

Evaluar la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la minera Chinalco Perú S. A., 2023.

2.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las condiciones de operación del circuito de molienda y el molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la empresa Minera Chinalco Perú S. A., 2023.

- Identificar los parámetros energéticos y mecánicos de la línea del circuito de molienda y el molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la empresa Minera Chinalco Perú S. A., 2023.
- Identificar la configuración y procedimientos eléctricos aplicados a la instalación y modelado del circuito de molienda y el molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la empresa Minera Chinalco Perú S. A., 2023.

2.4. Justificación de la actividad profesional

2.4.1. Teórica

El objetivo de la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la minera Chinalco Perú S. A. es para asegurar el proceso operativo y continuo propio en el proyecto Toromocho, para así cumplir con los parámetros de operación y garantizar el proceso extractivo continuo adrede a las actividades mineras recalçadas en líneas anteriores; en virtud de lo anterior, el presente trabajo se justifica en el aspecto teórico, porque aplica los principios previamente mencionados y, así mismo, se aplican en cuestiones prácticas como es la alimentación eléctrica, instalación y criterio de operación.

2.4.2. Económica

Con la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la minera Chinalco Perú S. A. se garantizaría la operación adecuada y constante del circuito de molienda de la fase de chancado de mineral en el yacimiento minero del tajo de Toromocho, por lo que los índices de confiabilidad aumentarían, por ende, el presente trabajo se justifica en el campo económico en base a este aspecto; asimismo, unas mejoras en el proceso operativo nos induce a una mejora en la estabilidad y calidad que prevén menos incidencias de fallas por origen humano y aumento de la capacidad de respuesta ante contingencias que impidan el trabajo continuo de esta unidad minera.

2.5. Resultados esperados

Con la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares de la minera Chinalco Perú S. A. se prevé los siguientes resultados enfocados en la operación continua del circuito de molienda en la fase de chancado del yacimiento minero del proyecto Toromocho.

- Incremento de la confiabilidad del circuito de molienda y la del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares con facilidad de respuesta ante contingencias eléctricas y mecánicas que aseguren su funcionamiento continuo.
- Mejoras en la maniobrabilidad y censado de parámetros energéticos del molino SAG 36'X17' y sistemas auxiliares.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Actividades realizadas en el proyecto

Este capítulo se enmarca en las bases matemáticas, empíricas y teóricas que se aplican al análisis de alimentación eléctrica en el sistema garantizado y conocimientos en accionamiento mecánico-eléctrico y principios de compensación eléctrica y maniobras en extra alta tensión, que está sustentado en la ley de concesiones eléctricas y su reglamento vigente hasta la actualidad, así como se hace énfasis a los conocimientos teóricos que se ha venido aplicando y conociendo en la universidad, que se detallan en conjunto en las líneas siguientes.

3.2. Bases teóricas de las actividades realizadas

3.2.1. Parámetros eléctricos

3.2.1.1. Parámetros básicos de electricidad

A) Tensión

Se define como la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, su unidad de medida es el voltio y se representa con el símbolo (V).

B) Corriente

Se define como el flujo de electrones en un circuito eléctrico, su unidad de medida es el amperio y se representa con el símbolo (A).

C) Potencia

Se define como la cantidad de trabajo desarrollado en un determinado tiempo, su unidad de medida es el watt y se representa con el símbolo (W).

D) Frecuencia

Se define como la magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico, su unidad de medida es el Hertz y se representa con (Hz).

3.2.2. Definiciones

3.2.2.1. Molinos SAG

Se define como el molino semiautógeno o molino SAG como un equipo usado en plantas mineras para moler rocas de mineral para reducir su tamaño y hacerlo apto para las etapas siguientes de procesamiento de dicho mineral. Estos equipos se caracterizan por ser de mayor potencia y tamaño que los molinos de bolas y por permitir una mayor razón de reducción del tamaño de las rocas. De esta manera, una planta que posee molienda semiautógena puede simplificar su proceso al pasarse directamente del chancado primario a la flotación, sin emplear etapas intermedias de chancado secundario y terciario para reducir el tamaño del mineral. Estos molinos se denominan semiautógenos porque para la molienda del mineral emplean además del mismo mineral, bolas de acero. Al girar el contenido en el molino, las rocas y bolas caen y ayudan a moler el mismo mineral. Otra diferencia visual entre estos tipos de molinos es que en general los molinos SAG o semiautógenos poseen un mayor diámetro y una menor longitud que los molinos de bolas.



Figura 4. Molino SAG Chinalco

El campo principal de aplicación de la molienda autógena es el tratamiento y preparación de minerales (Cu, Pb, Zn, Fe, baritina, fosfatos, amianto). También hay molinos de este tipo trabajando en el tratamiento de

materias primas para la fabricación de cemento, fabricación de arena artificial, etc. Estos molinos son ampliamente utilizados para las etapas de tratamiento y preparación de los minerales mencionados anteriormente.

3.2.2.2. Accionamiento eléctrico de un molino semiautógeno

Los accionamientos eléctricos de los molinos están delimitados por equipos mecánicos que para ser accionados requieren de un sistema de motor compuesto por uno o dos motores según el tipo de accionamiento. La elección de este se relaciona básicamente con la potencia requerida y de si se requiere contar con velocidad variable en el proceso. Específicamente, en el caso de los molinos semiautógenos no se considera necesario contar con velocidad variable, pues el molino se operará con una velocidad que no requiere ser permanentemente ajustada. Esto porque dicha variación de velocidad no mejora ni empeora el rendimiento o resultado final. Los tipos de accionamiento empleados usualmente para molinos de bolas y semiautógenos están representados en la tabla 2:

Tabla 2. Tipos de accionamiento de molino semiautógeno y de bolas

Accionamiento	Principio de accionamiento
Piñón corona	El accionamiento en este caso se adosa al tambor del molino una corona o engranaje perimetral de gran diámetro, que es accionado mediante uno o dos piñones, los que a su vez se acoplan a uno o dos motores eléctricos, según la potencia que se requiera. La razón de transformación dada por la gran diferencia de diámetros entre el piñón y la corona permite una gran reducción de velocidad, con lo que se obtiene la baja velocidad con que esto equipos operan. El límite práctico de esta solución está dado por la potencia que es posible transmitir a la corona, y actualmente bordea los 15 MW.
Motor anillo y ciclo conversor	Este tipo de accionamiento es la solución habitualmente asociada a los molinos semiautógenos, esto dado por los rangos de potencia que superan habitualmente los que permite la solución anterior. En este caso en lugar de emplearse uno o dos motores, se emplea uno único motor anillo, denominado así porque el rotor se acopla directamente al tambor del molino (en forma parecida a lo que se hacía con la corona) y el estator toma la forma de anillo. El estator se acopla a la fundación y es accionado mediante un ciclo conversor o ciclo convertidor. Este tipo de convertidor de electrónica de potencia permite convertir la alimentación trifásica de frecuencia de la red (50 Hz o 60 Hz, según el país) en una alimentación de baja frecuencia que permite obtener la baja velocidad requerida por el molino.
Variador de velocidad	Este tipo de accionamiento es ideal para potencias más bajas, se utiliza a veces en lugar del ciclo conversor un variador de velocidad.

Fuente: Artículo WKP (2015)

3.2.2.3. Molienda semiautógena

Se define como la incidencia de una fragmentación del mineral por el efecto combinado del propio mineral y de un pequeño porcentaje de bolas de acero. La molienda autógena (AG) o semiautógena (SAG), es empleada en molienda primaria. La molienda de *pebbles* es normalmente utilizada en molienda secundaria. Según la etapa de molienda, los molinos se pueden clasificar acorde a la figura 4 que se muestra a continuación:

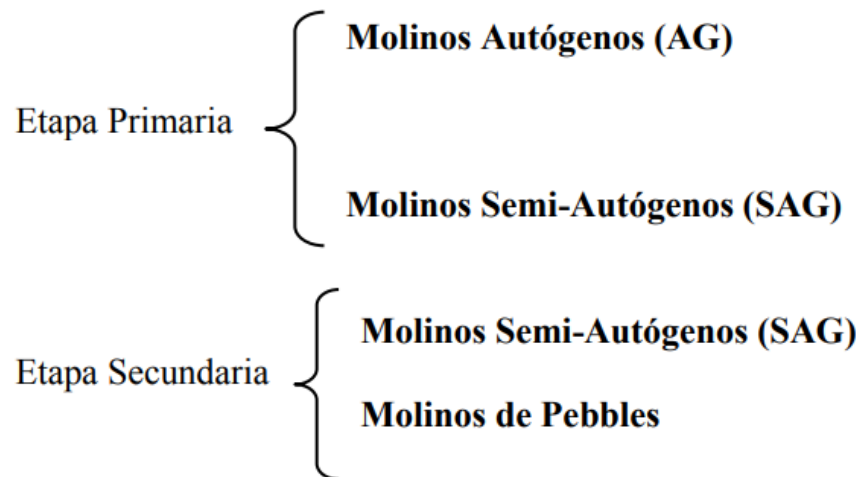


Figura 5. Clasificación de molinos mineros acorde a las etapas de procesamiento

Los molinos semiautógenos en líneas generales tienen la siguiente estructura que se muestra en la figura 5, donde se establece el campo de aplicación primario de este tipo de molienda que es precisamente en la etapa de reducción de tamaño.

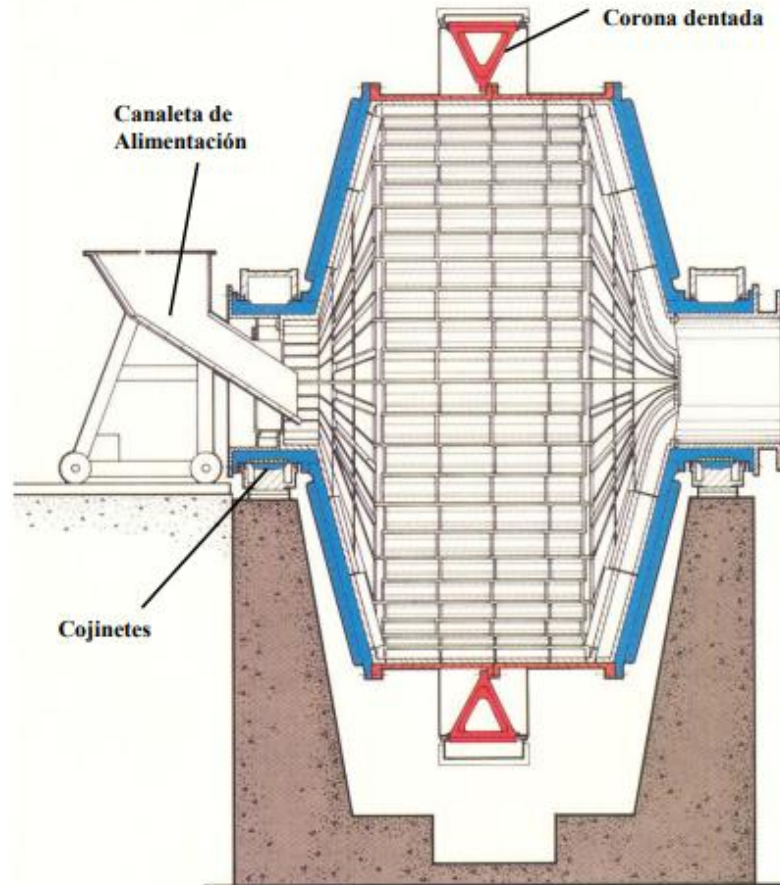


Figura 6. Esquemático de un molino semiautógeno

3.2.3. Circuito de molienda tipo SAG

Se define a los circuitos de molienda tipo SAG como aquella fase del procesamiento del mineral que involucra varias etapas involucrando molinos de barras, bolas y autógenos en algunos casos. Es poco habitual moler el mineral en una sola etapa para obtener los rangos de tamaño necesarios en el proceso de concentración subsiguiente, ya que los consumos energéticos resultan mucho más altos que cuando se reduce de tamaño en varias etapas, cabe mencionar que estos se dividen en dos tipos en base al tipo de circuito que se tiene en cuenta, como son los siguientes:

Circuito abierto: cuando el mineral pasa a través de los molinos sin una etapa de clasificación paralela.

Circuito cerrado: cuando el molino trabaja con un clasificador cuyo producto grueso retorna de nuevo al molino, mientras que el fino pasa directamente a la etapa siguiente.

Se utilizan para evitar la sobremolienda en la cual el hidrociclón trabaja en

circuito cerrado con el molino, logrando una disminución sustancial en el consumo energético al evacuar del circuito el material ya molido, al tamaño deseado. Un circuito abierto que moliera a este mismo tamaño consumiría una cantidad mayor de energía y originaría una elevada proporción de finos.

En las figuras siguientes apreciamos arreglos de molienda para casos de trituración y molienda convencional y molienda semiautógena.

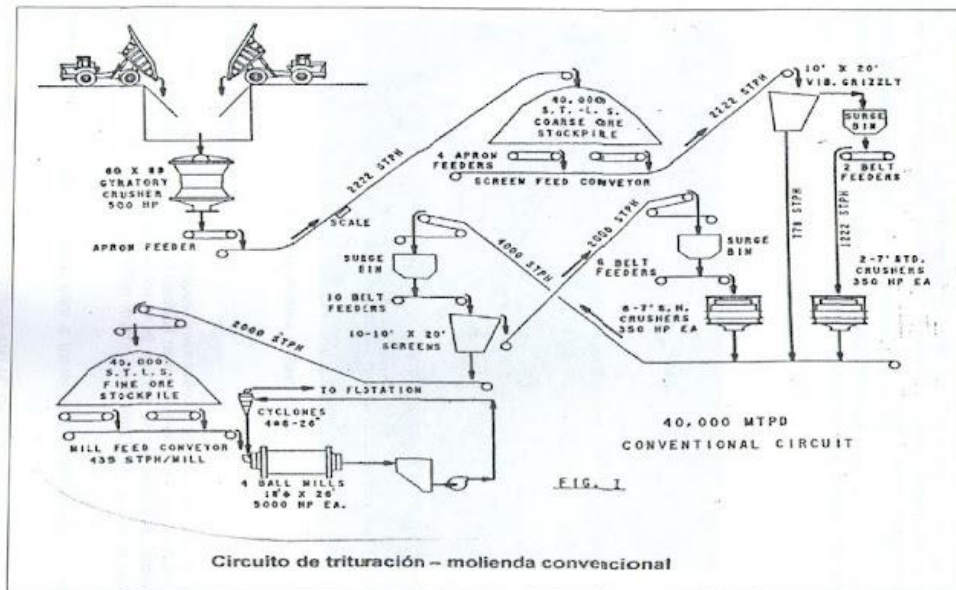


Figura 7. Circuito de trituración y molienda semiautógena (SAG)

La fase inicial corresponde a las maquinarias relacionadas en la etapa de trituración y molienda convencionales que se puede apreciar en la figura 7.

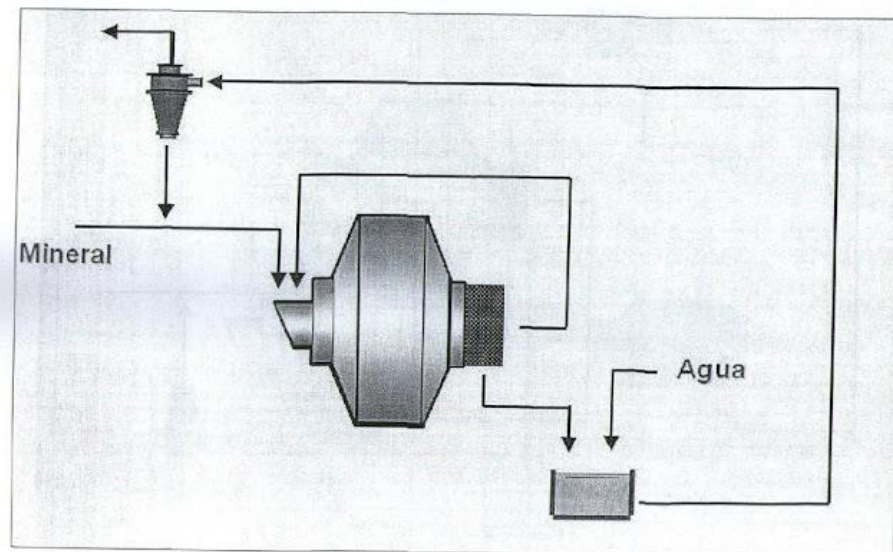


Figura 8. Circuito de molienda - fase de trituración

La segunda fase corresponde a las maquinarias relacionadas en la etapa de molienda SAG y la clasificación que se enmarca en el gráfico 8.

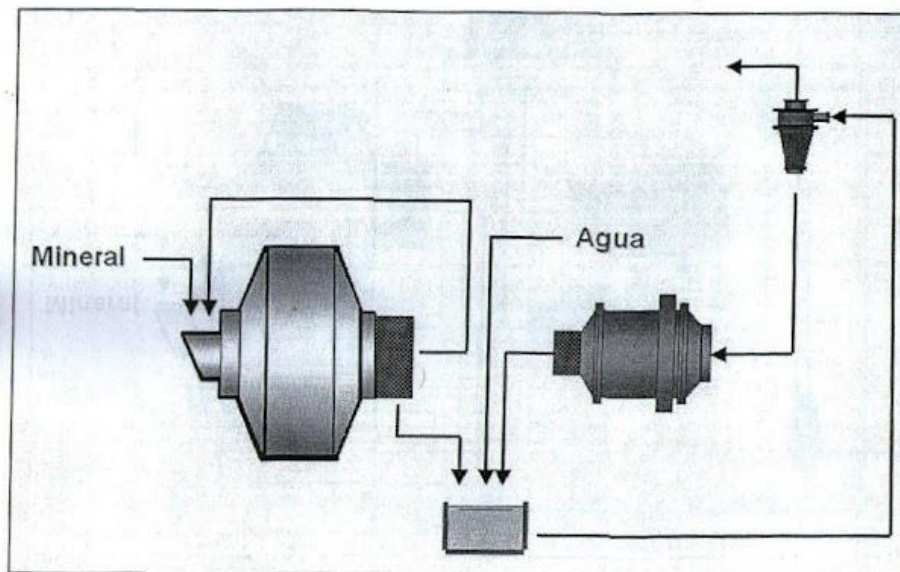


Figura 9. Circuito de molienda – fase de clasificación

La tercera fase corresponde a las maquinarias relacionadas en la etapa de molienda SAG, clasificación y remolienda que se enmarca en el gráfico 9.

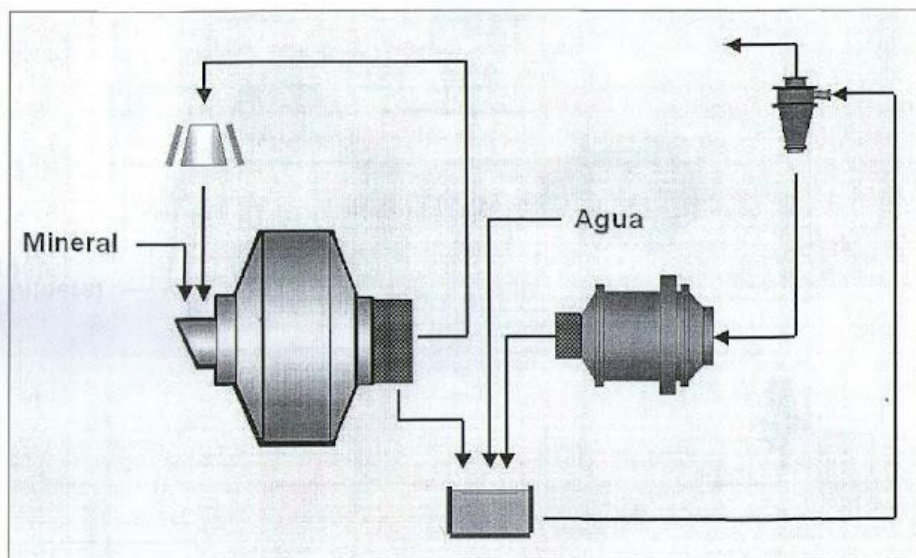


Figura 10. Circuito de molienda – fase de remolienda

Acorde a las fases explicadas anteriormente y teniendo en cuenta que el proceso de molienda es repetitivo se tiene el siguiente gráfico que involucra tanto al circuito de molienda SAG como un circuito de molienda de bolas, que, como se dijo en líneas

anteriores, tienen cierto símil en el tipo de elemento de trituración de elementos.

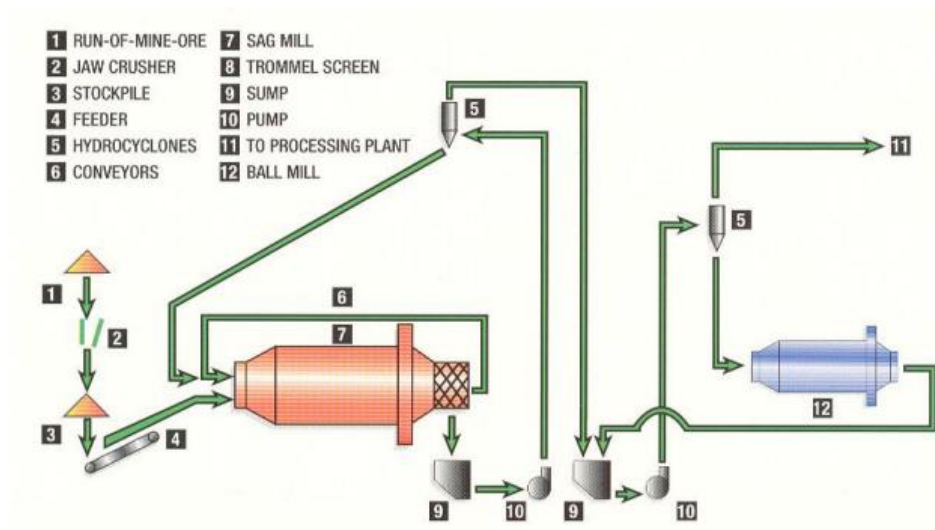


Figura 11. Circuito con molino SAG y molino de bolas

3.2.3.1. Criterios de dimensionamiento del circuito de molienda

Los criterios de dimensionamiento de los circuitos de molienda SAG son indicadores numéricos que influyen en la decisión de utilización de este dispositivo o la búsqueda de otro tipo de circuito de molienda, se presentan los siguientes:

Granulometría de alimentación: que representa la distribución de tamaños en la alimentación y que se controla con los alimentadores en el almacenamiento de mineral grueso.

Velocidad del remolino (RPM): que es controlada por medio de un variador instalado en el motor del molino, dependiendo de la dureza del mineral y de la granulometría de alimentación aumentará o disminuirá la velocidad del molino. Normalmente a **mayor** dureza y tamaño, **aumenta** la velocidad y viceversa.

Razón de alimentación: que es cuando el tonelaje de alimentación es **bajo** se dañan los revestimientos del molino, si por el contrario es **alto** hay sobrecarga del molino demandando una mayor potencia del motor y consumo de energía.

Agua de alimentación: que es un indicador que representa la inserción de agua en la entrada del mineral al molino y proporciona la relación correcta

de porcentaje de sólidos, para una adecuada molienda.

Dureza del mineral: que representa la resistencia del mineral a ser quebrado cuando esta aumenta, hay que regular la distribución de tamaños en la alimentación y aumentar la velocidad del molino.

Presión de los descansos: este es un indicador de vital importancia puesto que cuando la presión de los descansos aumenta, indica que el molino esta sobrecargado, por lo tanto, hay que regular la densidad de la pulpa y la distribución de tamaños de alimentación no haya aumentado.

Densidad de la pulpa: la densidad de la pulpa es importante saberla para conocer si la molienda está siendo adecuada, para lo cual debe de estar en 1.88 t/m^3 con 70 % de sólidos en la descarga del molino.

Carga de bola: es necesario conocer el porcentaje de bola para una molienda adecuada del mineral, el cual deberá estar en 6 %, la bola consumida se repondrá continuamente de acuerdo con el tonelaje molido. Típicamente el tamaño es de 5" a 6".

Esquemático y ecuación de molienda de circuitos SAG: la siguiente ecuación relaciona algunas de estas variables según el modelado de Nordberg.

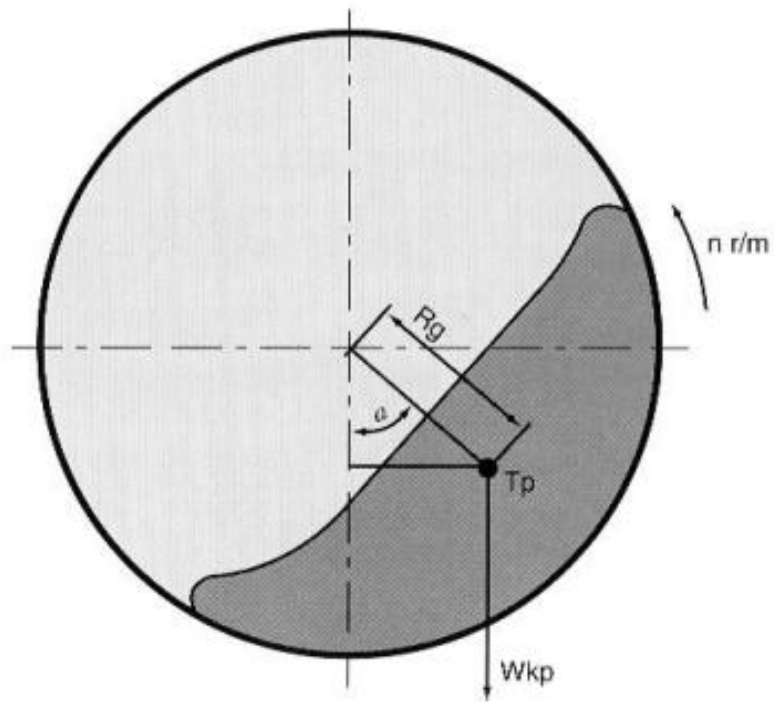


Figura 12. Esquema de funcionamiento de un molino semiautógeno

Teniendo la siguiente expresión: $N = c \cdot W \cdot R_g \cdot n$ donde las variables son las siguientes:

N = potencia bruta del molino, en kW

c = constante cuyo valor es de 1/1200 para SAG, AG y molinos de *pebbles*.

W = peso de la carga en kg

R_g = distancia del C. D. G. al eje del molino en metros

n = velocidad del molino en rpm

3.3. Sustento académico de la evaluación de circuitos de molienda SAG

3.3.1. Antecedentes nacionales

En la tesis «Análisis dinámico de molino SAG» (1). Se presenta el objetivo de evaluar, mediante simulación, la respuesta dinámica de un molino tipo SAG con motor de anillo, en distintas situaciones operacionales. La tarea fue desarrollada bajo condiciones lineales de rigidez y el método de elementos finitos, utilizando la plataforma computacional ANSYS. En particular, se buscó la caracterización de los puntos críticos del equipo, tanto en el plano estructural como dinámico, es decir, fueron definidas las combinaciones de variables mecánicas, como deformaciones, esfuerzos, rigideces, velocidades de rotación del molino, frecuencias naturales y modos normales,

que en conjunto denotan potenciales anomalías operacionales o fallas, con un enfoque especial en la variación del espacio de aire presente entre el estator y el rotor del equipo. Para esto se efectuó un análisis estructural, de rigidez, modal y finalmente un análisis de colapso de entrehierro. Paralelamente fue planteada una metodología de análisis clara y reproducible, mediante un protocolo de etapas e implementaciones técnicas utilizadas. La importancia de la realización de un análisis de estas características se funda en la reducida oferta que este tipo de estudios posee a nivel mundial y la presente situación de la industria minera nacional, en donde un número considerable de molinos SAG con motor tipo anillo, ha sufrido fallas en su operación.

El principal fenómeno mecánico estudiado en este trabajo son los denominados esfuerzos radiales excéntricos, generados por la interacción magnética entre el rotor y el estator del molino. Los factores predominantes en la existencia de estos esfuerzos son inevitables fallas de montaje del equipo y las deformaciones que este sufre en operación. Este último factor se refiere directamente a la magnitud de la rigidez global del sistema y a la de sus componentes. Los resultados finales del trabajo mostraron una disminución del 51 % de la rigidez horizontal global respecto de la vertical. Particularmente, se observa una notable asimetría de la rigidez del estator e importantes deformaciones. En términos cuasiestáticos el espacio de aire estator-rotor no alcanza variaciones alarmantes; sin embargo, incorporando los resultados obtenidos en el análisis modal, existen dos modos normales del sistema (#4 y #5) que perjudican notablemente esta dimensión, cuyas frecuencias naturales se encuentran cercanas a dos fuentes excitatorias del sistema, en condiciones nominales de operación.

Se concluye que los puntos críticos del equipo están directamente relacionados con dos modos normales del sistema, los que alteran directamente el espacio de aire estator-rotor. Especial énfasis como potencial de falla se le entrega al modo #5, dada su reducida capacidad de amortiguamiento. En términos estructurales el protagonista de las mayores debilidades y asimetrías en su rigidez es el estator. Sin pretender asegurar que estas son las causas de las fallas de los equipos en faena, se pretende acotar el problema y establecer estos focos críticos como hipótesis de estudios de mayor complejidad. En términos generales, también se concluye que la simulación es una herramienta potente, que en buen uso, entrega información valiosa en estudios ingenieriles (1).

En la tesis «Control predictivo con restricciones para una planta de molienda SAG» (2). Se presenta la modelación, simulación y control de una planta de molienda

semiautógena SAG. Donde se han utilizado datos de la planta concentradora Colón de la División El Teniente de Codelco para la conciliación de los modelos estáticos programados. La programación de los modelos y la simulación se ha desarrollado en el ambiente Simulink de Matlab. Los modelos estáticos desarrollados para los diferentes equipos pertenecientes a la planta SAG han sido iterados para obtener una simulación dinámica y realizar el desarrollo de la estrategia de control propuesta en el trabajo.

En cierta medida se ha simplificado algunas cosas en el desarrollo de la memoria, como la consideración de algunas variables de proceso para el control del proceso. Sin embargo, las variables consideradas en el control son aquellas que están disponibles en planta, lo que se respalda en la recopilación de información realizada en la planta SAG1 de la concentradora Colón de la División El Teniente de Codelco. El algoritmo de control desarrollado es de tipo LPMPC (predictivo con restricciones basado en programación lineal). Esta solución permite manejar al sistema en una zona estable y óptima de manera global sin violar restricciones de proceso, siguiendo el objetivo principal que es maximizar el beneficio económico, o dicho de otra forma, maximizar el mineral procesado. Los resultados obtenidos permiten concluir que es posible trabajar en la zona estable del molino maximizando el mineral procesado y sin violar restricciones, además considerando la arquitectura de la estrategia de control, el controlador predictivo podría ser implementado dentro de un algoritmo de control que esté en funcionamiento como un control experto que le entregue el *set point* de la variable a controlar (nivel de llenado) (2).

3.3.2. Antecedentes internacionales

En la tesis «Optimización de la eficiencia energética en un molino semiautógeno mediante el diseño de revestimientos utilizando simulaciones de elementos discretos» (3). Se enfocó en buscar el diseño óptimo de los revestimientos de molinos semiautógenos de la industria minera, utilizando el método de elementos discretos para mejorar la eficiencia energética bajo condiciones operacionales fijas tales como velocidad de rotación del molino, porcentaje del volumen de llenado, diámetro de medios de molienda y granulometría del mineral.

Asimismo, se buscó incrementar la eficiencia a través de una correcta transferencia e incremento de energía a la carga dentro del molino. El método de elementos discretos se empleó a través de simulaciones en el Software Rocky-DEM para tres variables: ángulo del *lifter* (levantador), relación entre la altura del *lifter* y espaciado entre *liners* y el número de revestimientos. Para cada una de estas

variables se realizó un análisis de sensibilidad para siete escenarios, de los cuales se eligió el diseño óptimo del revestimiento. Mediante la optimización del perfil geométrico de los revestimientos (30° de ángulo del *lifter*, 201.11 mm de altura, con un ratio de 2.42 y con 36 revestimientos) del caso base, con un enfoque en el incremento de energía, los valores óptimos para generar dicho incremento de energía dentro del molino semiautógeno fueron de 35° de ángulo del *lifter*, 250 mm de altura, con un ratio de 2.79 y con una disminución del número de revestimiento de 36 a 30 *liners*. A través de estos valores se logró un aumento de la eficiencia en la generación de energía del 5.26 % con respecto a energía del caso base (3).

En la tesis «Diseño de un sistema automatizado alimentador de bolas de 4.5” y 5” para molino SAG» (4). Se presenta el problema de la industria minera que se encuentra migrando hacia el uso de nuevas tecnologías para la automatización de casi todos sus procesos debido a que permite obtener un ahorro significativo de costos operativos, mano de obra, planificación, tiempo, seguridad para el operador y toma de decisiones inmediata para la mejora de procesos. Por ello, la automatización de procesos en áreas donde existe una mayor demanda de costos como lo es la molienda es de mucha importancia para la planta de procesamiento de mineral. En el proceso de molienda, los gastos de activos que demandan mayor cantidad de dinero al año son el consumo de bolas. Por ello, el automatizar este proceso para optimizar el consumo de bolas, sin afectar el rendimiento en un molino, representan un gran ahorro en cualquier planta de procesamiento de mineral, por consiguiente, se espera controlar el flujo de bolas en una molienda SAG que, por lo general, cuenta con diámetros de 4.5” y 5”.

Entonces, el presente trabajo involucra el diseño de un sistema automatizado alimentador de bolas de 4.5” y 5” para molino SAG, con características particulares que satisfacen los requerimientos de un alimentador de molinos SAG convencional existentes. Finalmente, el diseño del sistema propuesto garantiza un flujo constante de bolas, que consiste en una tolva de almacenamiento de bolas que son descargadas, de manera controlada, mediante una compuerta accionada por un pistón neumático hacia un dosificador accionado por un motor eléctrico. Este dosificador permite regular la velocidad de descarga de las bolas dirigiéndolas hacia un sensor para que sean contabilizadas y analizadas al final de su recorrido previo al ingreso del molino. El sensor, el motor eléctrico y la compuerta de descarga son controlados mediante un panel de control (4).

En la tesis «Evaluación de un circuito de molienda y clasificación» (5). Se presentan la problemática de la difícil tarea de enfrentarse a querer dominar estos cilindros metálicos, donde su único trabajo es obtener un producto final que satisfaga las posteriores operaciones. El grupo humano que laboran en estas empresas mineras deberán lidiar en la reducción de costos operacionales, especialmente en proyectos a baja escala, como también en las tomas de decisiones que deben lograr para que este objetivo se cumpla. En Ecuador hay muy pocas plantas metalúrgicas funcionando satisfactoriamente, en la mayoría solo llegan a los tradicionales molinos chilenos «trapiches», con los cuales solo logran una recuperación del 50 % del oro presente en el mineral a un alto grado de contaminación.

Los diferentes parámetros de estudios para su determinada aplicación en el diseño y puesta en marcha de un circuito de molienda y clasificación, nos lleva a un buen entendimiento de estos equipos para su óptimo aprovechamiento y para la definición sobre densidad de pulpa, dureza, carga circulante, carga moledora inicial y de reposición como también definiciones sobre consumo de energía específica, caracterización del mineral, y sobre todo dimensionamiento de los diferentes equipos que intervienen en este complejo sistema de molienda y clasificación.

En el transcurso de estos últimos años he sido partícipe de la evolución del circuito de molienda de la empresa Minera Sodirec. S. A., que con la aplicación de los variadores de 6 velocidades, los hidrociclones de fondo plano cambios de la carga moledora y aumento de velocidad de giro de los molinos se pudo incrementar la capacidad de molienda de 100 TM/día llegando a 200 TM/día con un incremento del 100 %.

3.4. Sustento normativo

3.4.1. Base legal

3.4.1.1. Normativa vigente

La empresa Minera Chinalco Perú S. A. para los criterios de evaluación del molino SAG en la fase de trituración y los circuitos de molienda en la empresa Chinalco se basó en las siguientes normativas.

Tabla 3. Normativa vigente para la instalación de componentes eléctricos

Tipo de norma	Descripción
Normativa general de electricidad	<ul style="list-style-type: none"> • Código Nacional de Electricidad Suministro – 2011 • Código Nacional de Electricidad Utilización – 2006 • Normas Técnicas Peruanas vigentes (NTP) • Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) • Normas ANSI (American National Standards Institute) • Normas ASTM (American Society for Testing and Materials) • IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) • Reglamento Nacional de Edificaciones 2006
Normativa de impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Constitución política del Perú de 1993 • Política Nacional del Ambiente, D. S. N.º 012-2009-MINAM • Texto Único Ordenado de la Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley N.º 27444, aprobado por Decreto Supremo N.º 004-2019-JUS

Nota: tomada de Enersis (2016)

3.4.1.2. Normativa complementaria vigente

La empresa Minera Chinalco Perú S. A. acorde a la disposición de la ley de concesiones eléctricas 25844 que es un estándar para la regulación y legislado del sector de la electricidad, define que está delimitada a los trabajos y maniobras en yacimientos mineros y zonas de explotación y maniobras extractivas.

3.4.2. Leyes y normas técnicas aplicables para la instalación de maquinarias de molienda en yacimientos mineros

La empresa Minera Chinalco Perú S. A. se supeditan las normativas constructivas y de revisión de las normas técnicas que describe las características que debe tener la instalación de bancos de condensadores para las líneas de distribución y el sistema garantizado, esta normativa internacional se basa en los siguientes criterios.

3.4.2.1. Normativa aplicable para dispositivos electromecánicos asociados al circuito de molienda

Tabla 4. Normativa vigente para maquinarias asociadas a dispositivos electromecánicos

	Criterios
Normativa	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Extra alta tensión, Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo - se especifican condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de extra alta tensión y sus ITC-RAT 01 a 23. Dicha normativa se aplica a instalaciones y a los elementos y equipos que las componen, con una tensión que sea superior a 1000 V. • El Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Extra alta tensión reemplaza al Real Decreto 3275/1982, de 12-11, sobre condiciones técnicas y garantías en centrales eléctricas y centros de transformación. El aumento de la potencia instalada, la innovación industrial y el progreso tecnológico dieron lugar a un nuevo conjunto de requisitos técnicos y legales.

Nota: tomada de Enersis (2016)

Tabla 5. Normativa vigente para dispositivos de corte e interrupción

Criterios	
Normativa	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 60056: Interruptores de Extra alta tensión para corriente alterna IEC 60099: Pararrayos • IEC 60255: Relés eléctricos • IEC 60044-1: Transformadores de Corriente • 60420: Combinados interruptor-fusibles de corriente alterna para extra alta tensión

Nota: tomada de Enersis (2016)

3.4.2.2. Ley general de la minería – Decreto Ley N.º 18880 (1971)

Tabla 6. Normativa para aisladores

Criterios	
Normativa	<ul style="list-style-type: none"> • Teniendo en cuenta el D. S. N.º 055-2010-EM, Art. 337 (Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería) y basados en el código nacional de electricidad que establece prescripciones consideradas necesarias para la seguridad de las personas y de las propiedades en el uso de la electricidad se aprueba el uso de la energía eléctrica en la variedad de niveles de tensión normalizados para la continuidad de las operaciones extractivas relativas a la explotación de yacimientos minerales supeditados a la norma legal vigente. Se aprobó y promulgó el decreto supremo publicado en el diario El Peruano en Lima, el 11 de julio del año 2001.

Nota: tomada de Enersis (2016)

3.4.2.3. Normativa vigente adicional

Tabla 7. Normativa adicional

Criterios	
Normativa	<ul style="list-style-type: none"> • NEMA CC1: Conectores eléctricos de potencia para subestaciones en zonas mineras. • IEC 60518: Normalización dimensional de terminales de equipos y dispositivos electromecánicos en yacimientos mineros. • AT ASTM B117: Standard practice for operating salt spray (fog) apparatus. • ASTM D2247: Standard practice for testing water resistance of coatings in 100% relative humidity. • ASTM D2794: Standard test method for resistance of organic coatings to the effects of rapid deformation (impact). • ASTM D3359: Standard test methods for measuring adhesion by tape test.

Nota: tomada de Enersis (2016)

3.4.3. Condiciones de servicio de los elementos de un circuito de molienda

3.4.3.1. Características técnicas de los circuitos de molienda

La evaluación del molino SAG de la empresa Minera Chinalco Perú S. A. se supedita a las características técnicas en forma de lineamientos en general, orientada a los circuitos de molienda y la disposición mecánica del ingreso de mineral.

Tabla 8. Características técnicas de los circuitos de molienda

Lineamientos	
Circuito de molienda y ciclón de operación	<ul style="list-style-type: none">• Un circuito de molienda consta tanto de un molino como de un ciclón, para evaluar un circuito se deberá de considerar tanto las variables de operación y de diseño tanto del ciclón como del molino.• Existe de acuerdo con el orden en el que entra el mineral al circuito y al arreglo de los equipos se puede tener un circuito abierto, circuito inverso o circuito cerrado.• Cuando el mineral entra directamente al molino y la descarga de este pasa al área siguiente se trata de un circuito abierto; cuando el mineral que sale del molino se alimenta a un ciclón del cual el derrame se envía al proceso siguiente y las arenas regresan al molino se trata de un circuito cerrado; cuando el mineral fresco no entra primero al molino si no al ciclón y las arenas ingresan al molino como única alimentación se habla de un circuito inverso. La aplicación de uno u otro circuito dependerá tanto de las características del mineral alimentado como de las propiedades que se requiera que tenga el producto.• La granulometría del producto del ciclón obtenido varía de acuerdo con el tipo de arreglo que se tenga.

Nota: tomada de Enersis (2016)

3.4.3.2. Características de las protecciones de los circuitos de molienda

Las características técnicas de los molinos SAG utilizados para la fase de trituración se enmarcan en la tabla 9:

Tabla 9. Características técnicas y económicas del revestimiento de molinos SAG

Lineamientos	
Protección de los molinos con revestimiento	<ul style="list-style-type: none">• Compuestos: para obtener el mejor rendimiento a lo largo de un amplio rango de aplicaciones, los revestimientos compuestos para molinos PulpMax™ de FLSmidth, son lo mejor de ambos mundos. Estos revestimientos brindan una mayor vida útil que otras opciones en el mercado, incorporando una matriz única de caucho, acero y cerámica. Al reducir significativamente el tiempo inactivo y permitiendo un mayor rendimiento, los revestimientos compuestos de molinos PulpMax, ofrecen un retorno de inversión inigualable para los revestimientos de un solo material y son una solución de desgaste efectiva para molinos SAG y de bolas.• Acero: solo superados por los revestimientos compuestos, los de acero brindan una protección de alta calidad contra el desgaste de impacto, tanto en molinos SAG como en molinos de bolas. Incorporando diferentes aleaciones en los aceros, personalizamos la solución de revestimiento para la aplicación específica de cada cliente. Y trabajando con fundiciones locales alrededor del mundo, optimizamos la cadena de suministros para mejorar su logística, reduciendo los plazos de entrega y con ahorros importantes en transporte.• Caucho: los revestimientos de caucho son ideales para combatir el desgaste contra la abrasión. Los revestimientos de caucho son, por lo general, una solución menos costosa y están fácilmente disponibles en todo el mundo. Los revestimientos de caucho son mayormente utilizados en operaciones pequeñas, y es normal encontrarlos en molinos de bolas de menos de 6.5 metros de diámetro. Los revestimientos de caucho son altamente confiables y son una solución estándar que puede ser diseñada para adecuarse a la mayoría de las aplicaciones.• En los condensadores deberá ser incluido un sistema de detección de desequilibrio entre fases.

Nota: tomada de Enersis (2016)

3.4.3.3. Características de revestimiento adicional en zonas concretas del molino SAG

Las características adicionales de revestimiento se enmarcan en las siguientes líneas, cada material tiene sus propias ventajas y mejores prácticas, así como cada operación de molienda enfrenta sus propios desafíos. El mejor material de revestimiento de acuerdo con sus requerimientos es de vital importancia en la vida útil de un molino. Ya sea que sus objetivos sean reducir costos, disminuir el gasto de energía, mejorar el rendimiento, reducir el tiempo inactivo, o todas las anteriores, con el fin de garantizar la productividad y eficiencia del circuito de molienda.

Tabla 10. Características adicionales de elementos asociados al circuito de molienda

	Lineamientos
Revestimiento específico	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimiento de la tapa de alimentación: que consta de una pieza de desgaste personalizada. Identificar el tipo apropiado de revestimiento y diseño es vital para optimizar el rendimiento del molino y los costos totales de molienda, incluidos los costos de energía, equipos de molienda y mantenimiento. • Revestimiento del casco: para molinos SAG: que son compuestos de caucho con acero laminado y acero fundido; optimizado para mejorar el rendimiento y la vida útil del equipo. • Revestimiento de la tapa de descarga: el diseño dependerá del patrón de perforación en las cabezas del molino, velocidad del molino (rpm), diámetro máximo de cuerpo de molienda (mm) y el grado de llenado del cuerpo de molienda (%).

Nota: tomada de Enersis (2016)

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de actividades profesionales

4.1.1. Actividad 1: Descripción y planificación de actividades a realizar

En esta actividad, en mi calidad de Supervisor Electromecánico para el proyecto Toromocho de la empresa Mainin SRL donde laboro, que pertenece a la empresa Minera Chinalco Perú S. A. y teniendo en cuenta el objetivo de evaluar la puesta en marcha del molino SAG 36'X17' y de los sistemas auxiliares asociados a este dispositivo se detalla el presente informe que corresponde a las actividades paso a paso de evaluación de dicho elemento de molienda y la disposición de los sistemas asociados.

El proyecto Toromocho consiste en una mina de tajo abierto con reservas de cobre y molibdeno, localizada en la parte central de los Andes del Perú; en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín (figura 1). El proyecto está localizado en un área que cuenta con una larga historia de operaciones mineras y que ha sido activamente explorada desde los años 60 por Cerro de Pasco Corporation, luego por Centromin y recientemente por Minera Perú Copper S. A. (ahora Minera Chinalco Perú S. A.), quien recibe la concesión de Centromin (ahora Activos Mineros) mediante un contrato de transferencia del 5 de mayo de 2008.

A la fecha, las exploraciones geológicas y el planeamiento de mina han determinado que el depósito Toromocho contiene una reserva de 1526 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0,48 %, una ley promedio de molibdeno de 0,019 % y una ley promedio de plata de 6,88 gramos por tonelada, basado

en una ley de corte de aproximadamente 0,37 % de cobre.

El proyecto prevé 32 años de operaciones de minado, durante los cuales también se realizará la producción de concentrado y almacenamiento de mineral de baja ley. Posteriormente, por un periodo adicional de 4 años, las operaciones estarán dirigidas al aprovechamiento del mineral de baja ley almacenado durante los primeros 32 años, sumando en total 36 años de operación propuesta para el proyecto. El plan de operaciones del proyecto contempla la extracción mineral de una mina a tajo abierto, utilizando métodos convencionales de explotación, usando palas y camiones para el transporte del mineral o desmonte.

Con una tasa de procesamiento del mineral de 117 200 t/d, la planta concentradora producirá durante los 36 años de vida de la operación un promedio de 1838 t/d de concentrado de cobre (26,5 % Cu) y 25,7 t/d de óxido de molibdeno (MoO_3). Durante los primeros 10 años de la operación, la producción media será de 2335 t/d de concentrado de cobre. El concentrado de cobre será producido a partir del mineral mediante procesos de chancado, molienda, flotación y espesamiento, mientras que la producción de óxido de molibdeno involucrará un proceso de oxidación a presión. Tanto el concentrado de cobre como el óxido de molibdeno serán transportados por ferrocarril hacia el puerto de Callao.

Los índices de extracción y, acorde a las fases de tratamiento del mineral proyectado y existente, en la fase de molienda se enmarca el proceso de comisionado del molino SAG, que como objetivo del proyecto, se evaluará para la continuidad de las operaciones del circuito.

Para este objetivo se plantean los siguientes desgloses de trabajo general donde nos enfocamos en los siguientes factores:

- Análisis del estado actual y situacional del molino SAG y de los dispositivos asociados a la etapa de molienda.
- Diseño, análisis y evaluación del sistema principal y auxiliar del molino SAG en conocimiento de las características principales asociadas a la funcionalidad de la maquinaria.

- Diseño, análisis y evaluación del proceso de comisionado posterior a la puesta en marcha del equipo.

Durante la verificación de la documentación y planteamiento de objetivos entregada a la empresa y acorde a la normativa vigente se verifica el cumplimiento de las exigencias establecidas en las bases integradas de la licitación correspondiente con la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

4.1.2. Actividad 2: Validación y análisis del proyecto Toromocho – tajo abierto

En esta etapa se verifica la información registrada y diseñada del proyecto que enmarca su alcance.

- Datos geográficos de la localización del proyecto Toromocho
- Datos de los diagramas referentes al diagrama circuital de la etapa de molienda.

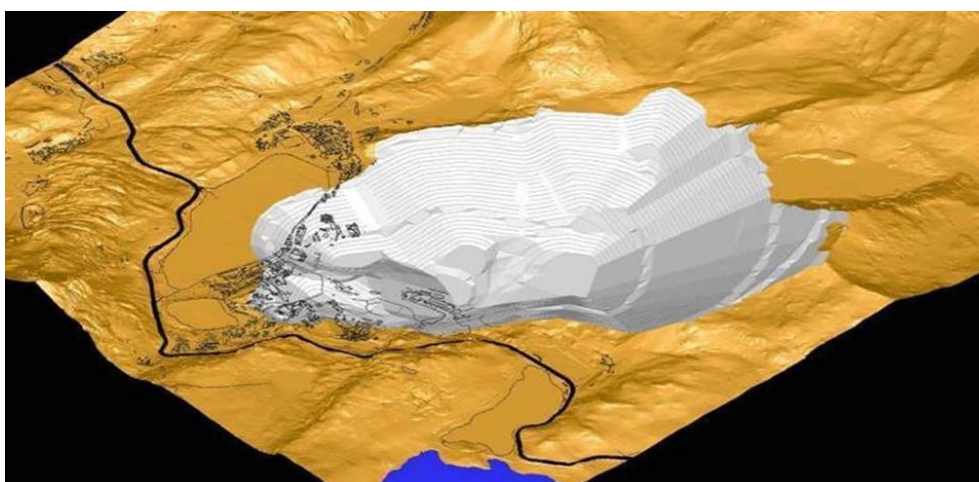


Figura 13. Proyecto Toromocho – vista descriptiva

4.1.3. Actividad 3: Descripción de las características del molino SAG

Como Supervisor Electromecánico para la empresa Minera Chinalco Perú S. A. estuve a cargo del diseño de las características de diseño del molino para su respectiva evaluación.

El objetivo de esta primera parte es presentar los parámetros de diseño asociados al molino SAG, parámetros que se plasman en la tabla 11 a continuación.

Tabla 11. Parámetros de diseño del molino SAG

Parámetro	Descripción																																
Tamaño del molino	36' x 17'																																
Tipo	Molino SAG																																
Motor de accionamiento	Conjunto periférico ABB (provisto por el cliente) kW: 13,500 kW de torque constante -7.77 RPM (60 % TCS) a 9.60 RPM (74 % TCS) Potencia constante - 9.60 RPM (74 % TCS) a 10.38 (80 % TCS)																																
Reductor de mantenimiento	No corresponde																																
Sistema de frenos del molino	Freno hidráulico <i>Svendborg</i>																																
Tamaño del cojinete de los muñones y el tipo	132» – cojinetes hidrostáticos																																
Sistema de lubricación de los cojinetes de los muñones	Sistema de lubricación de almohadillas hidrostáticas																																
Revestimiento del molino	Revestimientos de cromo y molibdeno con conjunto del descargador de pulpa																																
Dispositivo de carga	Revestimiento del muñón de carga y canaleta de carga revestida y con ruedas																																
Dispositivo de descarga	Conjunto del revestimiento del muñón de descarga y criba																																
Medios de molienda	Bolas de molienda de acero																																
(A una carga nominal de las bolas del 18 %)																																	
Peso total de la carga de bolas: 413 toneladas métricas																																	
Tamaño de carga de bolas y distribución de peso recomendados	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño de las bolas (in.)</th> <th>Tamaño de las bolas (mm)</th> <th>% de carga inicial</th> <th>Peso (mt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5.0 "</td> <td>125 mm</td> <td>20</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>4.5 "</td> <td>115 mm</td> <td>31</td> <td>128</td> </tr> <tr> <td>4.0 "</td> <td>100 mm</td> <td>22</td> <td>91</td> </tr> <tr> <td>3.5 "</td> <td>88 mm</td> <td>14</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>3.0 "</td> <td>75 mm</td> <td>9</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>2.5 "</td> <td>63 mm</td> <td>4</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>100</td> <td>413 toneladas métricas</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño de las bolas (in.)	Tamaño de las bolas (mm)	% de carga inicial	Peso (mt)	5.0 "	125 mm	20	83	4.5 "	115 mm	31	128	4.0 "	100 mm	22	91	3.5 "	88 mm	14	58	3.0 "	75 mm	9	37	2.5 "	63 mm	4	16			100	413 toneladas métricas
Tamaño de las bolas (in.)	Tamaño de las bolas (mm)	% de carga inicial	Peso (mt)																														
5.0 "	125 mm	20	83																														
4.5 "	115 mm	31	128																														
4.0 "	100 mm	22	91																														
3.5 "	88 mm	14	58																														
3.0 "	75 mm	9	37																														
2.5 "	63 mm	4	16																														
		100	413 toneladas métricas																														
Condiciones de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Material procesado: mineral de tamaño de cobre / molibdeno • Capacidad: 2550 toneladas por hora • Carga: F80 = 180 mm • Producto: P80 = 5739 micrones • Carga de bolas (por volumen): 10 % - 18 % máximo 																																

Nota: tomada de Metso (2018)

Teniendo los lineamientos anteriores claros para los cálculos y parámetros operativos basados en los escenarios de máxima carga y descarga se puede iniciar la evaluación del respectivo circuito de molienda que en el siguiente capítulo se enmarcará a modo de puesta en marcha y comisionamiento.

4.1.4. Actividad 4: Descripción de la preparación previa y condiciones de instalación

Como Supervisor Electromecánico para la empresa Minera Chinalco Perú S. A. ya bien planteadas las condiciones de diseño y parámetros eléctricos y mecánicos de

operación se determina y describe la preparación previa a la instalación del equipo.

Antes de comenzar el montaje del molino SAG, se deben planificar o proporcionar instalaciones adecuadas de manipulación, teniendo en cuenta los pesos y dimensiones de los diversos conjuntos y piezas. Se dispone de esta información a partir de los planos de premontaje y documentos de embarque. Antes de iniciarse el montaje, se deben reunir todas las herramientas y equipos apropiados, requeridos para la instalación y alineación de bloques de nivelación, placas de fundación, cabezales, cojinetes, etc. A continuación, se incluye un listado de las herramientas más comunes requeridas para montar e instalar molinos. Esta lista no incluye herramientas estándar de construcción, tales como aparatos de izado, equipos de construcción, etc., que normalmente son suministrados por empresas de ingeniería o por los contratistas montadores del molino que en este caso, viene a ser la empresa Minera Chinalco Perú S. A.

- Nivel óptico de precisión (K&E) con una exactitud de 0,08 mm/M (0,001" por pie) o equivalente.
- Niveles de precisión con una exactitud de 0,4mm/M (0,005" por pie). 150 mm / 200 mm / 300 mm (6" / 8" / 12") de largo.
- Galga(s de espesores (*blue point*) 75 mm a 100 mm (3" a 4") de largo, 0,04 mm a 0,9 mm (0,0015" a 0,035") de grosor, y 300 mm (12") de largo, 0,05 mm a 0,6 mm (0,002" a 0,025") de grosor.
- Indicadores de cuadrante y bases magnéticas 0,25 mm (1") indicador de desplazamiento, 0,02 mm (0,001") resolución mínima de 3 juegos cada uno.
- Reglones de acero inoxidable con un borde biselado 0,6 M (2'), 1,2 M (4') y 1,8 M (6') de largo, el reglón de 1,8 M debe tener una anchura de 100 mm (4").
- Micrómetros de tamaños diferentes de 150 mm (6") a 450 mm (18") de largo, 0,025 mm (0,001") de resolución (o del tamaño) adecuado para cumplir con los requisitos del molino).

- Material delgado para calzos, de acero inoxidable, 0,05 mm a 0,75 mm (0,002” a 0,030 de espesor). La cantidad de cajas depende del tamaño del molino.
- Equipo de alineación láser, y alambre de piano, calibre 8 (0,5 mm) (0,020”) de espesor.
- Péndulos (4) como mínimo 0,3 kg a 0,35 kg (10 a 12 oz.)
- Pasadores de alineación (pasadores) para el montaje de cascos, cabezales, etc.
- Pernos de alineación para el montaje de muñones.
- Galgas (telescópicas) para orificios de 3 mm a 12 mm (0,125” a 0,5”), y 19 mm a 75 mm (0,75” a 3,000”) de intervalo.
- Escuadra de precisión, 300 mm (1 pie).
- Cinta metálica de 15 M (50 pies) o equivalente.
- Limas para metales, molino o segundo corte, 300 m y (12”) de largo.
- Piedras de afilar planas.
- Pasta prusiana azulada para termotratamiento

4.1.5. Actividad 5: Descripción de la secuencia de instalación por fases

Como Supervisor Electromecánico para la empresa Minera Chinalco Perú S. A. presenté la secuencia de instalación del molino SAG dividida en fases, la cual se enmarca en la tabla 12:

Tabla 12. Secuencia de instalación

Fase	Etapa
Fase 1	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje del cuerpo giratorio
Fase 2	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación del tren de transmisión
Fase 3	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de los componentes restantes
Subactividades IV	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación del cabezal del molino y los revestimientos del casco, con excepción de los revestimientos del deflector del cabezal de carga en el extremo de carga y del conjunto del descargador de pulpa en el extremo de descarga. • Instalación del revestimiento del muñón de descarga. • Instalación del conjunto del descargador de pulpa. Las secciones del descargador de pulpa se empernan al revestimiento del muñón de descarga, a través del cabezal de descarga.
Finalización	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de la criba para completar el dispositivo de descarga. • Instalación del revestimiento del muñón de carga. • Instalación las secciones del revestimiento del deflector del cabezal de carga. Estas secciones se empernan al revestimiento del muñón de carga, a través del cabezal de carga. • Instalación de la canaleta de carga para completar el montaje del extremo de carga. • Instalación de todos los equipos de los sistemas auxiliares suministrados, incluido el sistema de carga, los sistemas de recolección y transporte del producto, y todas las tuberías y válvulas del sistema. • Verificación del apriete de toda la quincallería y confirme que se hayan instalado todos los componentes de acuerdo con los planos de montaje.

Nota: tomada de Metso (2018)

4.1.6. Actividad 6: Descripción de las consideraciones después de la instalación del molino SAG

En esta actividad se presentan las consideraciones después de la instalación del Molino y los subcomponentes, antes de la puesta en marcha respectiva para garantizar el funcionamiento adecuado.

Tabla 13. Consideraciones después de la instalación

Prueba	Criterio
Resistencia de aislamiento	Debe estar dentro de los valores aceptables.
Cojinetes	Rodamientos: si presentan señales de oxidación, deben ser sustituidos. En caso de que no presenten oxidación, realizar el procedimiento de relubricación en motores almacenados por un periodo superior a dos años deben tener sus rodamientos sustituidos antes de ser puestos en operación. Cojinetes de deslizamiento: para motores almacenados por un periodo igual o mayor que el intervalo de cambio de aceite, deben tener su aceite sustituido. En caso de que el aceite haya sido retirado, es necesario retirar el deshumificador y recolocar el aceite en el cojinete.
Condición de los condensadores de partida	Para motores monofásicos almacenados por un periodo mayor a dos años, es recomendado que sus condensadores de partida sean sustituidos.
Caja de conexión	Deben estar limpias y secas en su interior. Los elementos de contacto deben estar libres de oxidación y correctamente conectados.

	Las entradas de cables no utilizadas deben estar correctamente selladas, la tapa de la caja de conexión debe ser cerrada y los sellados deben estar en condiciones apropiadas para atender el grado de protección del motor.
Ventilación	Las aletas, la entrada y la salida de aire deben estar limpias y desobstruidas. La distancia de instalación recomendada entre las entradas de aire del motor y la pared no debe ser inferior a (un cuarto) del diámetro de la entrada de aire. Se debe asegurar espacio suficiente para la realización de servicios de limpieza.
Acoplamiento	Remover el dispositivo de trabado del eje (si existe) y la grasa de protección contra corrosión de la punta del eje y de la brida solamente puco antes de instalar el motor.
Drenaje	Siempre deben estar posicionados de forma que el drenaje sea facilitado (en el punto más bajo del motor. En caso de que exista una flecha indicadora en el cuerpo del drenaje, el drenaje debe ser montado para que la misma apunte hacia abajo). Motores con drenaje de goma salen de la fábrica en la posición y deben ser abiertos periódicamente para permitir la salida del agua condensado. Para ambientes con elevada condensación del agua y motores con grado de protección IP55, los drenajes pueden ser armados en la posición abierto. Para motores con grado de protección IP56, IP65 o IP66, los drenajes deben permanecer en la posición Cerrado, siendo abiertos solamente durante el mantenimiento del motor. Los motores con lubricación de tipo <i>Oil Mist</i> deben tener sus drenajes conectados a un sistema de recolección específico.
Recomendaciones adicionales	Verifique el sentido de rotación del motor, encendiéndolo a vacío antes de acoplarlo a la carga. Para motores montados en posición vertical con la punta de eje hacia abajo, se recomienda el uso de sombrerete para evitar a penetración de cuerpos extraños en el interior del motor. Para motores montados en la posición vertical con la punta de eje hacia arriba, se recomienda el uso de un deflector de agua (<i>water slinger ring</i>) para evitar la penetración de agua por el eje.

Nota: tomada de WEG (2018)

4.1.7. Actividad 7: Descripción de las condiciones de operación del motor

En esta actividad se enmarca la estimación del tiempo de vida de los motores eléctricos que son proyectados para operar a una altitud limitada a 1000 m por encima del nivel del mar y en temperatura ambiente entre -20 °C y +40 °C. Cualquier variación de las condiciones del ambiente, donde el motor operará, debe estar indicada en la placa de identificación del motor.

Algunos componentes precisan ser cambiados, cuando la temperatura ambiente es diferente de la indicada arriba. Para temperaturas y altitudes diferentes de las indicadas arriba, en la tabla 14 se presenta los indicadores para encontrar el factor de corrección que deberá ser utilizado para definir la potencia útil disponible ($P_{max} = P_{nom} \times \text{Factor de corrección}$).

Tabla 14. Factor de corrección por altura y temperatura

T (°C)	Altitud (m)								
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
10							0,97	0,92	0,88
15						0,98	0,94	0,90	0,86
20					1,00	0,95	0,91	0,87	0,83
25				1,00	0,95	0,93	0,89	0,85	0,81
30			1,00	0,96	0,92	0,90	0,86	0,82	0,78
35		1,00	0,95	0,93	0,90	0,88	0,84	0,80	0,75
40	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82	0,80	0,76	0,71
45	0,95	0,92	0,90	0,88	0,85	0,81	0,78	0,74	0,69
50	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77	0,72	0,67
55	0,88	0,85	0,83	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,65
60	0,83	0,82	0,80	0,77	0,75	0,73	0,70	0,67	0,62
65	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,62	0,58
70	0,74	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,62	0,58	0,43
75	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58	0,53	0,49
80	0,65	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,55	0,48	0,44

Nota: tomada de WEG (2018)

El ambiente en el local de instalación (zona de chancado en el interior de la mina) deberá tener condiciones de renovación de aire del orden de 1 m³ por segundo para cada 100 kW o fracción de potencia del motor. Para motores ventilados, que no poseen ventilador propio, la ventilación adecuada del motor es de responsabilidad del fabricante del equipamiento. En caso de que no haya especificación de la velocidad de aire mínima entre las aletas del motor en una placa de identificación, deben ser seguidos los valores indicados en la tabla 15. Los valores presentados en la tabla 14 son válidos para motores aleteados alimentados en la frecuencia de 60 Hz. Para obtención de las velocidades mínimas de aire en 60 Hz se deben multiplicar los valores de la tabla por 0,83.

Tabla 15. Factor de corrección por velocidad del aire

Velocidad mínima de aire entre las aletas del motor					
Carcasa		Polos			
IEC	NEMA	2	4	6	8
63 a 90	143/5	14	7	5	4
100 a 132	182/4 y 213/5	18	10	8	6
160 a 200	364/5 a 444/5	20	20	12	7
225 a 280	364/5 a 444/5	22	22	18	12
315 a 355	445/7 a 588/9	25	25	20	15

Nota: tomada de WEG (2018)

4.1.8. Actividad 8: Descripción de la instalación del dispositivo del extremo de carga

El dispositivo del extremo de carga consta de una canaleta de carga revestida con un carro, y de un revestimiento del muñón de carga. El carro está diseñado para aceptar la unidad transporte de la canaleta de carga que será compartido por el molino

SAG y de bolas de este proyecto. La secuencia de instalación de este dispositivo, en mi calidad de supervisor electromecánico se detalla a continuación en la tabla 16, estas maniobras descritas anteriormente se realizaron en el orden secuencial que los dispositivos demandaban.

Tabla 16. Instalación de los dispositivos del extremo de carga

Elemento	Instalación
Instalación del revestimiento del muñón de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Insertar el revestimiento en el muñón, con el sello de caucho colocado. El sello se corta según la longitud al momento de la instalación. Se debe tener cuidado de no causar daños al sello durante la instalación. • Empernar el revestimiento al muñón, usando la quincallería indicada en el plano de montaje de la canaleta de carga. El anillo de goteo se emperna al revestimiento del muñón usando la misma quincallería que emperna el revestimiento del muñón al muñón de carga. Coloque el anillo de goteo en posición y sujete el revestimiento del muñón al muñón de carga.
Instalación de la canaleta de carga	<ul style="list-style-type: none"> • Las ruedas y ejes del carro de la canaleta de carga se envían separadamente del resto de la canaleta de carga. Instale las ruedas y los ejes, y coloque el carro sobre los rieles suministrados por el cliente. El plano del conjunto del carro de la canaleta de carga muestra el arreglo de montaje de los ejes. • La canaleta de carga se envía sin sus revestimientos instalados. Realice las verificaciones de alineación inicial antes de instalar los revestimientos. Emperne la tolva de la canaleta de carga al carro. • Rodar el carro en posición para verificar la posición vertical de la canaleta de carga en el revestimiento del muñón de carga. La canaleta de carga no debe entrar en contacto con el revestimiento del muñón de carga. Coloque calzos entre el carro y la tolva de carga, tal como se muestra. Estos calzos se pueden quitar o ajustar según resulte necesario para realizar la alineación vertical de la canaleta de carga. La alineación horizontal se logra moviendo la tolva de carga lateralmente en los orificios ranurados utilizados para empernar la tolva al confirmar que la canaleta de carga esté posicionada en el centro del revestimiento del muñón de carga. • Una vez confirmada la alineación, ruende la canaleta de carga para alejarla del molino, a fin de instalar los revestimientos. • Colocar 7400 kg (16315 libras) de bolas de acero en la caja de contrapeso para mayor estabilidad. Las bolas son suministradas por el cliente. • Empernar primero los revestimientos de la tolva de carga. El peso de los revestimientos en la tolva de la canaleta de carga (junto con las bolas de acero en la caja de contrapeso) brindará estabilidad y contrapeso para equilibrar el peso de los revestimientos de la canaleta de carga. • Empernar los revestimientos de la canaleta de carga. • Mover lentamente la canaleta de carga a la posición indicada. La canaleta de carga se debe centrar en el revestimiento del muñón de carga y no debe entrar en contacto con dicho revestimiento. • Una vez confirmado que la alineación final de la canaleta de carga es correcta, utilice el soporte de posicionamiento y el pasador de bloqueo para bloquear el carro de la canaleta de carga en la posición indicada.
Conjunto del extremo de descarga	<ul style="list-style-type: none"> • El conjunto del extremo de descarga consta del revestimiento del muñón de descarga con un conjunto de respaldo de caucho reemplazable y un conjunto de criba. El revestimiento del muñón de descarga protege el interior del muñón de contacto con el producto y con los medios de molienda. El conjunto de anillo de goteo conectado al revestimiento del muñón de descarga está diseñado para proteger los cojinetes del muñón de descarga contra los derrames de fangos desde el extremo del molino. La configuración de la criba permite que el producto correctamente

<p>Instalación del conjunto de revestimiento del muñón de descarga</p>	<p>triturado atraviese los paneles de pantalla, mientras que el material de tamaño excesivo y parásito queda retenido, para proteger los componentes corriente abajo, tales como las bombas de producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el revestimiento del muñón no se hubiese enviado ya ensamblado, instale el conjunto de respaldo de caucho del revestimiento del muñón. • Insertar el revestimiento en el muñón, con el sello de caucho colocado. El sello se corta a la longitud indicada durante la instalación. Se debe tener cuidado de no causar daños al sello durante la instalación. • Empernar el revestimiento al muñón, usando la quincallería indicada en extremo de descarga.
<p>Instalación del conjunto de la criba</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los paneles y deflectores de pantalla de la criba se deben instalar en terreno antes de poder instalarse una criba. Se colocan tiras de espuma de poliuretano en los canales en «U» y luego se enganchan los paneles de pantalla en dichos canales, tal como se muestra en el plano de montaje de la criba. Cuando se instalan los paneles de pantalla, los deflectores de la criba deben empernarse tal como se muestra en el plano de montaje de la criba. • Una vez montada la criba, colóquela sobre el extremo del revestimiento de descarga del muñón y emperne la criba al revestimiento del muñón utilizando la quincallería indicada en el plano de montaje del extremo de descarga. Se fija un anillo de goteo de diez (10) segmentos usando los mismos pernos que sujetan la criba al revestimiento del muñón de descarga. Coloque los segmentos del anillo de goteo en posición y emperne la criba al revestimiento del muñón de descarga.

Nota: tomada de WEG (2018)

4.1.9. Actividad 9: Descripción de las operaciones normales y mantenimiento de la carga del molino SAG

Al mantenerse la carga del molino y al controlarse la velocidad de carga, se ayudará a asegurar una máxima eficiencia del sistema de molienda. Los enclavamientos del sistema monitorean la condición de operación del molino de molienda y apagarán el molino si la condiciones se desvían de los parámetros operativos. Se espera que este molino opere con una carga de bolas del 18 %. Un control regular de la velocidad de carga, dureza del mineral, consumo de potencia del molino, volúmenes de carga del molino (pesos de carga) y verificaciones visuales periódicas del volumen de bolas (con la carga molida eliminada del molino y el molino detenido) indicarán las tendencias de consumo de bolas por tonelada de material molido. Con la información recopilada de acuerdo con las indicaciones anteriores, se puede establecer y mantener un plan de adición de carga de bolas (cantidades e intervalos) en base a las siguientes variables que se explicarán a continuación.

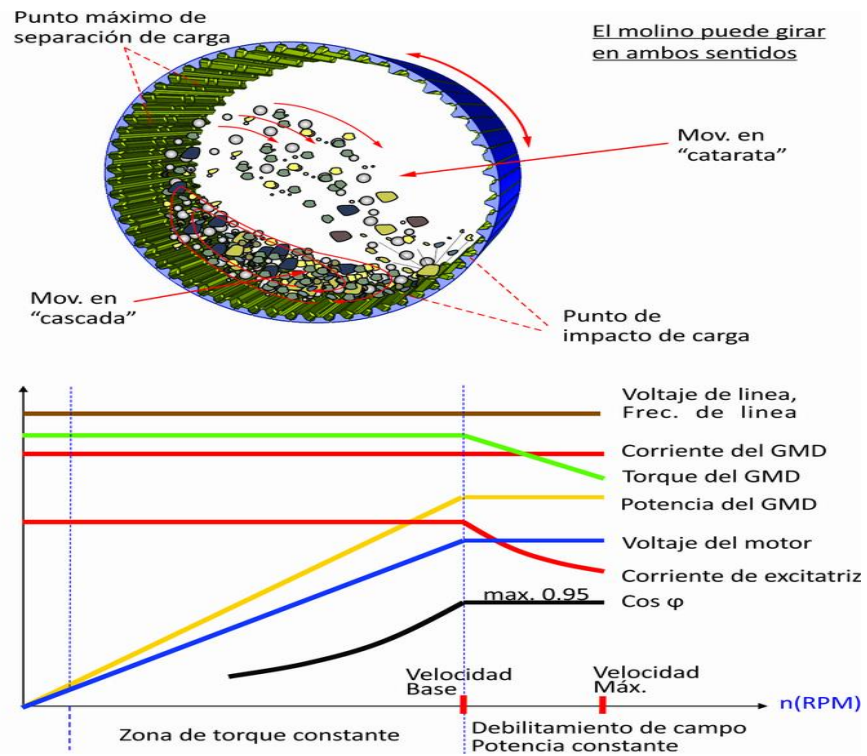


Figura 14. Zonas de operación del proceso de chancado en el molino SAG

4.2. Enfoque de las actividades profesionales

Las actividades profesionales ejecutadas corresponden a la evaluación, implicancias, planificación y soportabilidad de equipos electromecánicos en yacimientos mineros que se enmarcan en las disposiciones legales de la Ley de concesiones eléctricas y la Ley general de la minería correspondiente a los diseños eléctricos de las dispositivos y maquinarias utilizadas en la puesta en marcha del molino SAG y las operaciones continuas, cabe resaltar que los análisis previamente mencionados están enfocados en su funcionalidad mecánica, su equipamiento e instalaciones; se escogió ambos puesto que para el análisis de parámetros de operación y las pruebas de comisionamiento y de frecuencia son necesarias las lecturas y disposiciones de diseño, no solamente del molino SAG utilizado, sino también de los dispositivos electromecánicos asociados a sí mismo.

Asimismo, plasmando y aplicando la teoría aprendida en la universidad es que se logra estos objetivos de control de parámetros de operación y evaluación de sistemas electromecánicos, en el campo laboral convergen los aprendizajes empíricos y teóricos, de modo tal que, la formación profesional se ve afianzada en cada uno de estos aspectos.

4.2.1. Alcance de las actividades profesionales

El alcance de mis actividades profesionales es a nivel nacional donde se involucre la aplicación de técnicas, diseño y supervisión de parámetros de operación de

equipos en estudios de perfiles predictivos, correctivos y preventivos que involucren circuitos eléctricos y dispositivos electromecánicos en cualquier rama laboral, teniendo como sustento legal las leyes y disposiciones emitidas por el Ministerio de Energía y Minas, la Dirección General de Electricidad, Osinergmin, entre otras entidades, que son de cumplimiento obligatorio en todas las empresas del sector eléctrico o minero a nivel nacional; en tal sentido, son de vital importancia las actividades ejecutadas, puesto que, permiten la mejora del proceso de operación extractiva, transformación y transferencia de recursos minerales, así como la optimización del uso de recursos, equipos y dispositivos que afiancen su funcionamiento, por lo que, mediante este tipo de trabajos se contribuye a la mejora constante y el monitoreo de los componentes electromecánicos en las plantas chancadoras e instrumentación.

4.2.2. Entregables de las actividades profesionales

En la ejecución de las actividades profesionales se tuvo la siguiente estructura de entregas documentarias.

- Entregable 1: Orden de comisionamiento y memoria descriptiva

- Entregable 2: Fichas de trabajo en campo y revisión de fichas técnicas de seguimiento de maniobras de instalación y montaje del molino SAG

- Entregable 3: Informe técnico de maniobras y comisionamiento.

- Entregable 4: Acta de conformidad

- Entregable 5: Acta de puesta en marcha

4.3. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.3.1. Metodologías, técnicas e instrumentos

Los métodos que se han empleado en la ejecución de mis actividades profesionales fueron los siguientes:

4.3.1.1. Método inductivo

Las soluciones que se identificaron en el desarrollo de las actividades se replicaron y remitieron al personal que labora en campo a fin de afianzar y sincronizar el trabajo en equipo.

4.3.1.2. Método de investigación

El trabajo presentado se aproxima a la estructura referente a la metodología de investigación cuantitativa, puesto que, se manejan números y la incidencia que tienen estos en los resultados.

4.3.1.3. Alcance de la investigación

Se identificó como alcance de la investigación al estudio descriptivo, puesto que se centró la investigación en la descripción del fenómeno y el evento, definirlo y posteriormente detallarlo.

4.3.1.4. Técnicas

Las técnicas utilizadas en mis actividades profesionales son las siguientes:

4.3.1.5. Técnica de la observación

Consiste en la observación minuciosa del evento, contextualizando, se aplicó este método en la visita a campo y la inspección visual del estado operativo y avance del proceso de instalación y montaje de las maniobras, así mismo, también en el proceso de evaluación del molino SAG.

4.3.1.6. Técnica de la planificación

Se debe establecer un orden secuencial de las actividades a realizar a fin de tener un objetivo y un proceso por el cual afianzar las metas estratégicas, que en el caso de mis labores como profesional es de evaluar la instalación, montaje, puesta en marcha y evaluación del circuito de molienda tipo semiautógena.

4.3.1.7. Instrumentos

En la consolidación de los trabajos de campo necesarios para llevar a cabo el presente trabajo de medición se utilizaron los siguientes instrumentos.

- Documentos de archivo
- Lecturas de informes
- Inspección visual

4.3.2. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Los equipos que se utilizan en la ejecución de las actividades profesionales son:

- Laptop
- Celular inteligente
- Escáner
- Servidor de comunicaciones
- Servidor de base de datos
- Impresoras

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

De lo expuesto en líneas anteriores y atendiendo a la necesidad de la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG y los dispositivos asociados en el proyecto Toromocho perteneciente a la empresa Minera Chinalco Perú S. A. se detallan los siguientes resultados reflejados como evaluación de puesta en marcha y de frecuencia de alineamiento y estabilidad mecánica del molino SAG.

5.1.1. Evaluación y prueba en el caso de carga: gravedad – estabilidad mecánica

Como se menciona en líneas anteriores y correspondientemente a la prueba de frecuencia y estabilidad mecánica, la figura 15 muestra la deformación vertical del modelo de cálculo global bajo el efecto de 1 g, en los valores de desplazamiento determinados en los nodos seleccionados dan una encuesta sobre las acciones individuales. La calibración de la posición vertical del molino en relación con el bastidor del motor que tiene lugar durante el montaje, el trabajo y durante la operación continua pueden simularse en caso de procesamiento posterior de la deformación de datos a través del desplazamiento vertical ficticio entre el molino y el estator. Teniendo en cuenta el criterio de que en el aire la reducción del espacio y la expansión del espacio de aire bajo peso muerto tendrán la misma cantidad, este valor asciende a 1,284 mm que representa la inclinación del eje del molino para dicho caso, el cual está dentro del estándar permitido.

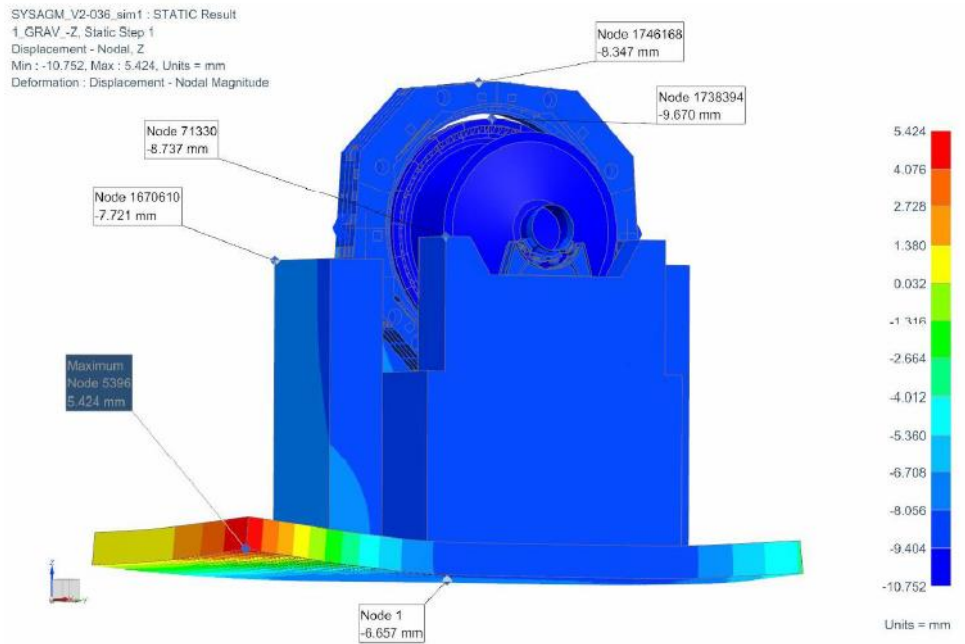


Figura 15. Desviación vertical del modelo de evaluación completo bajo la gravedad

5.1.2. Evaluación y prueba para el caso de carga: excitación

El caso de carga «excitación» se caracteriza por el valor más alto de elasticidad magnética en el entrehierro. La distribución de masa y las cargas aplicadas dan como resultado un modo de cálculo que es simétrico a la vertical plano X-Z. Por lo tanto, se requiere un examen, en este caso de carga para averiguar en qué dirección de la excentricidad provoca las mayores reducciones del entrehierro. Todas las posiciones angulares de -600 a 600 se examinan en incrementos de 150 cada una. Como ya se detalla en el gráfico 16 a continuación, la reducción máxima del entrehierro se determina bajo el supuesto que la excentricidad total se distribuirá de 2 mm a 1 mm de excentricidad eléctrica y 1 mm de excentricidad geométrica el cual arroja la gráfica de geocentricidad.

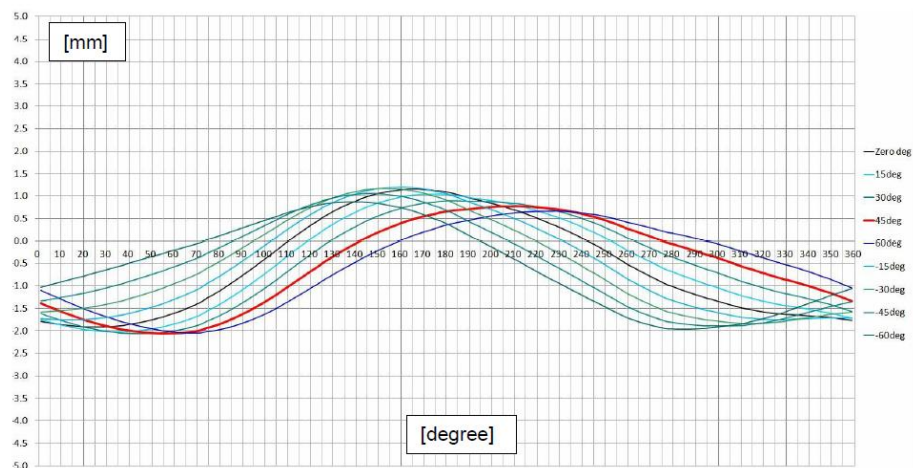


Figura 16. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «excitación»

Las mayores reducciones de entrehierro se muestran en la siguiente tabla y enmarca la reducción máxima del entrehierro durante el caso de carga «excitación» que asciende a 2,067 mm y está por debajo del valor admisible de 4,0 mm el cual es un indicador positivo en la instalación del suministro eléctrico – mecánico del molino SAG.

Tabla 17. Reducción de entrehierro

Dirección de excentricidad	Reducción máxima de entrehierro		Reducción permisible del entrehierro
	Valor	En el grado	
45°	2.067 mm	54.6°	4 mm

Nota: tomada de WEG (2018)

5.1.3. Evaluación y prueba para el caso de carga: Puesta en marcha

Esta prueba es similar a la anteriormente descrita, con la diferencia de que se hace en los instantes de iniciada la puesta en marcha eléctrica del molino SAG y se evalúa la dirección de excentricidad.

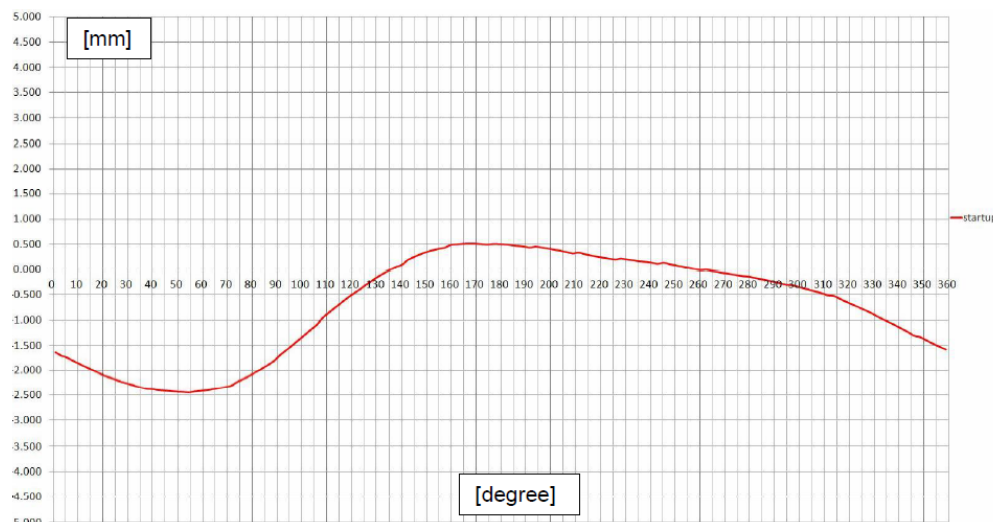


Figura 17. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «puesta en marcha»

Tabla 18. Reducción de entrehierro en puesta en marcha

Dirección de excentricidad	Reducción máxima de entrehierro		Reducción permisible del entrehierro
	Valor		
45°	2.452 mm		4.00 mm

Nota: tomada de WEG (2018)

La reducción máxima del entrehierro durante el caso de carga «arranque» asciende a 2,452 mm y está por debajo el valor máximo admisible de 4,0 mm.

5.1.4. Evaluación y prueba para el caso de carga: Funcionamiento normal



Figura 18. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «funcionamiento normal»

La reducción máxima del entrehierro durante el caso de carga «funcionamiento normal» asciende a 1,859 mm y es por debajo del valor admisible de 5,0 mm.

Tabla 19. Reducción de entrehierro en operación normal

Dirección de excentricidad	Reducción máxima de entrehierro Valor	Reducción permisible del entrehierro
45°	1.859 mm	5.00 mm

Nota: tomada de WEG (2018)

5.1.5. Evaluación y prueba para el caso de carga: Corto circuito

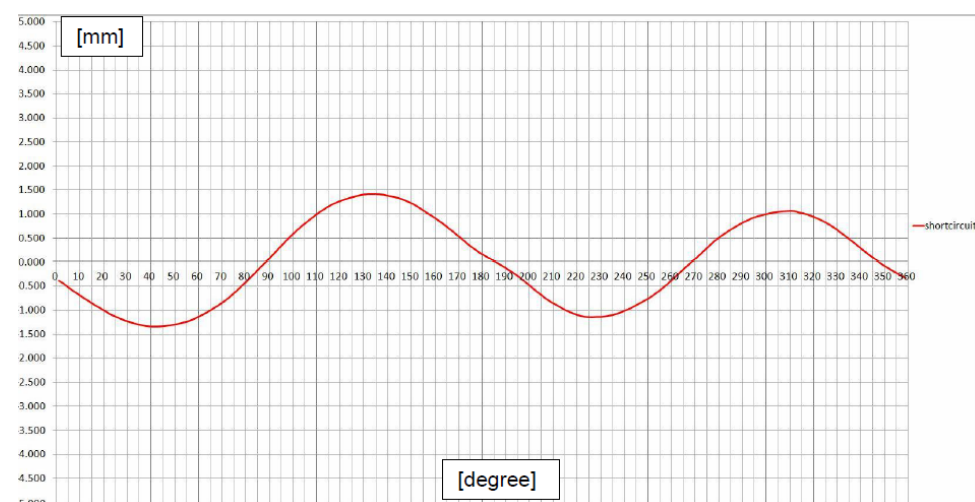


Figura 19. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «corto Circuito»

La reducción máxima del entrehierro durante el caso de carga «cortocircuito» asciende a 1,348 mm y está por debajo el valor admisible de 5,0 mm.

Tabla 20. Reducción de entrehierro en corto circuito

Reducción máxima de entrehierro	Reducción permisible del entrehierro
Valor	
1.348 mm	5.00 / 17.5 mm

Nota: tomada de WEG (2018)

5.1.6. Evaluación y prueba para el caso de carga: Carga sísmica y operación normal

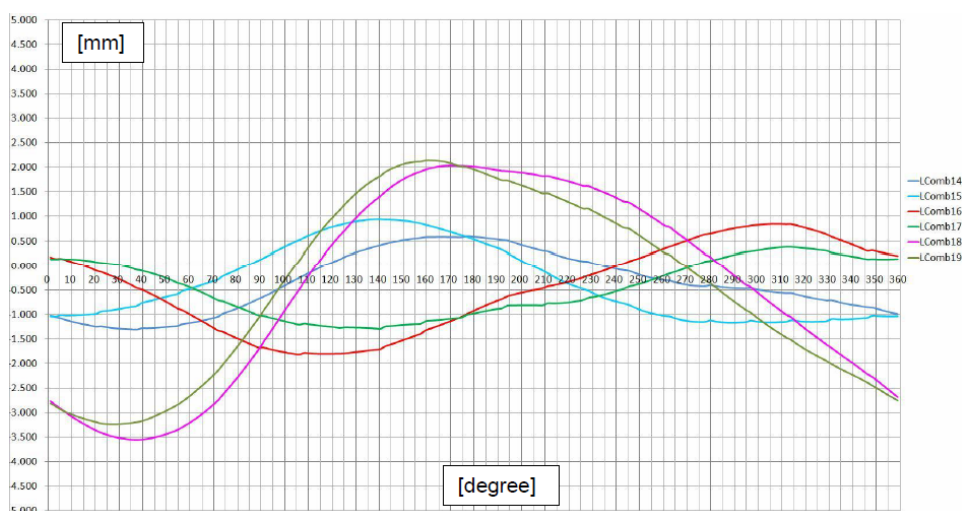


Figura 20. Deformación del entrehierro en mm - caso de carga «funcionamiento normal y terremoto»

La reducción máxima del entrehierro durante el caso de carga «carga sísmica y funcionamiento normal» asciende a 3,563 mm y está por debajo del valor admisible de 5,0 mm.

Tabla 21. Reducción de entrehierro en corto circuito

Dirección de excentricidad	Reducción máxima de entrehierro	Reducción permisible del entrehierro
	Valor	
45°	3.563 mm	5.00 / 17.5 mm

Nota: tomada de WEG (2018)

5.1.7. Evaluación y prueba del circuito de molienda (molino SAG y bolas) Etapa 1

En esta etapa de pruebas el molino estuvo listo para agregar carga fresca de mineral por la faja, hasta llegar a un nivel de carga del orden del 30 % de nivel de carga en volumen. El tiempo de alimentación de carga de mineral es calculado en función a la fracción granulométrica de contenido de finos < 75 mm (según abertura del *outer grate*). Mientras el molino estaba girando a velocidades controladas según la carga de mineral alimentado se va monitoreando fugas y monitoreando las condiciones de los sistemas auxiliares o parámetros de control del molino. El tiempo estimado de prueba

de esta etapa fue alrededor de 1 hora, considerando que el molino efectivamente se asume que contiene una carga de material de alrededor de 30 %. Para realizar esta etapa de pruebas el molino de bolas estuvo preparado para recibir la carga de mineral desde la descarga de SAG.

Etapas 2

En esta etapa se agregó bolas al 10 % (V/V) del nivel de volumen de carga de bolas al molino o equivalente a 239 TM de carga de bolas. Con este nivel de carga de bolas se inició la alimentación de carga de mineral al molino SAG. La alimentación de mineral fresco al molino en esta etapa fue del 50 % con respecto a la capacidad de diseño. El tiempo estimado de prueba para esta etapa fue de al menos 72 horas de operación continua. Luego de ello tuvo que realizarse una parada del molino para realizar ajustes de pernos principalmente de los revestimientos e inspecciones de todo el sistema.

Etapas 3 y 4

En esta etapa el molino SAG estuvo preparado para operar de manera estable por los próximos 7 a 10 días iniciada la prueba de carga, para ello se tuvieron que agregarse bolas al 15 % a 18 % (V/V) del nivel de volumen de carga de bolas, es decir el equivalente a 330 hasta 388 TM de carga de bolas en total. La duración de esta prueba fue de 7 a 10 días, dependiendo del rendimiento y de los resultados de monitoreo de las variables del molino que se registran en las hojas de registro de protocolos de comisionamiento.

La alimentación de carga fresca al molino en esta etapa fue del 75 al 100 % con respecto a la capacidad de diseño nominal (es decir 1772 a 2363 t/h que incluye el *rate* de disponibilidad 93 %).

Resultado

A partir de la secuencia de pruebas anteriormente descritas se desarrolló el siguiente gráfico correspondiente a cada una de las fases y las lecturas de los dispositivos de medición.

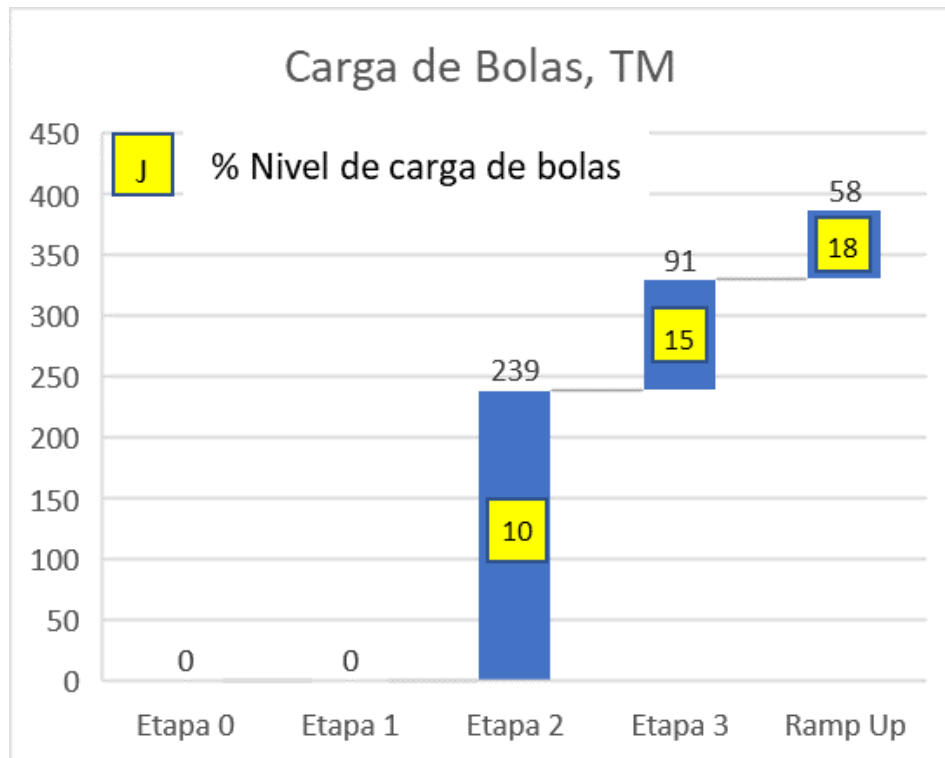


Figura 21. Gráfica descrita de la carga de las bolas y resultados del tonelaje

Ball-Diameter-Inches	SAG Mill Weight ton 18%
5.0"	83
4.5"	128
4.0"	91
3.5"	58
3.0"	37
2.5"	16
Total	413

Figura 22. Métrica de la carga de bolas y resultados del tonelaje

5.1.8. Pruebas y funcionalidad de los suministros auxiliares

Se verificó la correcta funcionalidad de todos los suministros auxiliares en la parte eléctrica y mecánica en los resultados postoperación de las pruebas realizadas que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 22. Verificación de los sistemas auxiliares en la inspección eléctrica

	Criterios	Resultado
Inspección eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar las condiciones previas al encendido de los equipos. • Verificar cableado eléctrico para detectar posibles daños y desconexiones. • Verificar el arranque y operatividad de los motores de fajas transportadoras. • Verificar el chequeo de la operación de los controles automático y manual. • Precomisionado de motores de bombas de torre de enfriamiento de molinos 2110-PP-295/296 • Verificar que hayan sido ejecutados las pruebas de precomisionado de <i>switchgear</i> principal en media tensión 7011-SG-002 ubicado en la sala eléctrica principal existente 700-ER-001 que suministran energía al E-House 2112-ER-014 correspondientes al Molino SAG N.º 2. • Verificar que se hayan ejecutado las pruebas de precomisionado del <i>switchgear</i> en baja tensión 2110-LV-001 ubicados en la sala eléctrica nueva 2110-ER-018 que suministran energía a los servicios auxiliares del Molino de SAG N.º 2. • Verificar que hayan sido ejecutados las pruebas de precomisionado del MCC 2110-MC-001 que suministran energía al sistema de agua de enfriamiento de molinos (ventiladores de torre de enfriamiento 2110-CT-003M1/M2, bomba dosificadora antiincrustante 2110-MP-310-M1, bomba dosificadora inhibidor de corrosión 2110-MP-311-M1, bomba dosificadora BIOCIDE 2110-MP-312-M1 y las bombas de recirculación de agua de la torre de enfriamiento 2110-PP-295/296). • Verificar la energización y prueba del sistema de control de potencia. 	Operativo

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 23. Verificación de los sistemas auxiliares en la inspección mecánica

	Criterios	Resultado
Inspección mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de torques de pernos, de bridas u conectores giratorios • Revisión de soportes de tuberías, bombas. • Movimiento libre y suave en todos los elementos móviles • Lubricación de partes móviles. • Verificar que todas las pruebas de precomisionado se hayan realizado satisfactoriamente, esto incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que se haya precomisionado los Alimentadores de Placa 2060-FE-005/006 y Sistemas de Lubricación. • Verificar que se haya precomisionado la Faja de Recuperación de Mineral 2111-CV-011. • Verificar que se haya precomisionado la de Transferencia 2111-CV-012. • Precomisionado de Faja de Alimentación 2111-CV-013. • Verificar que se haya precomisionado la Torre de enfriamiento de Molinos 2110-CT-003. • Verificar las posiciones de las válvulas que permitirán el flujo correcto del agua de proceso. • Válvulas de drenaje cerradas. • Válvulas mariposa en posición de inicio • Verificar que las pruebas de precomisionado para los sistemas auxiliares del molino se hayan realizado satisfactoriamente. 	Operativo

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 24. Verificación de los sistemas auxiliares en la inspección y sistema de control

	Criterios	Resultado
Sistema de control	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las pruebas de precomisionado para los sistemas auxiliares del molino se hayan realizado satisfactoriamente. • Asegurarse que todos los <i>interlocks</i> de seguridad y permisivos hayan sido probados y estén funcionales antes del arranque del molino y sus sistemas auxiliares. • Verificar la operatividad de válvulas de control y lógica de control de los instrumentos del área de Molino SAG N.º 2. En caso de tener alarma de miss-match o problemas en la lógica, hacer revisar por personal de instrumentación y control de procesos. Para las válvulas automáticas: Cerrar y abrir en modo remoto y manual. • Verificar el chequeo de la operación de los controles automático y manual del Molino SAG N.º 2. • Verificar la operación de los dispositivos de bloqueo (permisivos y enclavamientos) en el DCS. • Verificar la realización de las pruebas de funcionamiento de dispositivos de protección, instrumentos eléctricos y dispositivos de seguridad • Verificación de operatividad de sensores de protección de las fajas: <i>pull cords</i>, velocidad cero, rotura de faja corte de faja, sensor de atoro chute de descarga, desalineamiento, sirena, baliza, nivel alto/bajo del contrapeso, cámara de CCTV. 	Operativo

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

5.1.9. Pruebas y funcionalidad del sistema de enfriamiento

Se verificó la correcta funcionalidad de todo el sistema de enfriamiento en la parte eléctrica y mecánica en los resultados postoperación de las pruebas realizadas que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 25. Verificación del arranque de los ventiladores de las torres de enfriamiento

	Criterios	Resultado
Ventiladores de torre de enfriamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el sentido de rotación de los ventiladores. • Monitorear la vibración en los dos ventiladores. Verificar si se activan las señales de <i>trip</i> por vibración correspondiente a cada ventilador (VSH-1150, VSH-1151). 	Operativo

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 26. Verificación del arranque de las bombas de enfriamiento de agua 2060 – PP – 098/198

	Criterios	Resultado
Bomba de enfriamiento – 098 y 198	Arranque de Bomba 2060-PP-098	
	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar la presión de <i>shut off</i> (cerrando la válvula de descarga) para contrastar con la curva certificada de la bomba. • Realizar la apertura gradual de la válvula de descarga, controlando que la presión no se reduzca bruscamente para lograr 392 KPa (presión de diseño) hasta la recirculación del agua de refrigeración en el anillo. • Monitorear la presión a través del indicador 2060-PI-0170 • Monitorear durante 1 hora parámetros de amperaje, vibración y temperatura en motor y bomba • Revisar si hay fugas en el anillo de recirculación de agua. • Realizar las pruebas de parada de emergencia local y verificar el arranque en modo automático de la bomba • Detener la bomba 260-PP-098 y dar pase al arranque de bomba 260-PP-198 	Operativo
	Arranque de Bomba 2060-PP-198	
	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar la presión de <i>shut off</i> (cerrando la válvula de descarga) para contrastar con la curva certificada de la bomba. • Realizar la apertura gradual de la válvula de descarga, controlando que la presión no se reduzca bruscamente para lograr 392 kPa (presión de diseño) hasta la recirculación del agua de refrigeración en el anillo. • Monitorear la presión a través del indicador 2060-PI-0175 • Monitorear durante 1 hora parámetros de amperaje, vibración y temperatura en motor y bomba. • Revisar si hay fugas en el anillo de recirculación de agua. • Realizar las pruebas de parada de emergencia local y verificar el arranque en modo automático de la bomba 	

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 27. Verificación de circulación de agua en subsistemas y el sistema de presurización

	Criterios	Resultado
Sistema de presurización y circulación de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Arrancar el sistema de enfriamiento. • Presurizar la línea de alimentación 6»-CWS-060-0015-L1, teniendo todas las válvulas de las derivaciones cerradas. • Abrir las válvulas de las derivaciones en la línea de retorno 10”-CWS-2110-0148-L1. • Abrir una a la vez cada derivación de la línea de alimentación 12”-CWS-2110-0103-L1. • Verificar fugas durante la presurización de cada derivación. • Confirmar que el agua de enfriamiento impulsada por las bombas 2110-PP-098/198; este llegando hacia los puntos finales con el flujo adecuado. Los puntos de alimentación son: <ul style="list-style-type: none"> • 3”-CWS-2060-0017-L1: Hacia Intercambiador de Calor 2060-HX-005 • 3”-CWS-2110-0016-L1: Hacia Intercambiador de Calor 2060-HX-006 • Confirmar que la salida de los intercambiadores de calor de los alimentadores de placa presenta flujo suficiente (2060-FSL-0021/0031) • Verificar que en la línea de retorno 4»-CWR-2060-0020-L1 se encuentre la válvula de control de presión PV-0160 (del tipo <i>backpressure</i>) operando de forma adecuada. • Dejar recirculando el agua de enfriamiento por un periodo mínimo de 2 horas para monitorear su operación adecuada. 	Operativo

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 28. Verificación del arranque de las bombas de enfriamiento 295/296

	Criterios	Resultado
Bombas de enfriamiento 2060-PP – 295/296	<p align="center">Arranque de Bomba 2060-PP-295</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registrar la presión de <i>shut off</i> (cerrando la válvula de descarga) para contrastar con la curva certificada de la bomba. • Realizar la apertura gradual de la válvula de descarga, controlando que la presión no se reduzca bruscamente para lograr 392 KPa (presión de diseño) hasta la recirculación del agua de refrigeración en el anillo. • Monitorear la presión a través del indicador 2110-PI-0171 • Monitorear la temperatura a través del indicador 2110-TI-0174. • Monitorear durante 1 hora parámetros de amperaje, vibración y temperatura en motor y bomba. • Revisar si hay fugas en el anillo de recirculación de agua. • Realizar las pruebas de parada de emergencia local y verificar el arranque en modo automático de la bomba • Detener la bomba 260-PP-295 y dar pase al arranque de bomba 260-PP-296 	Operativo
	<p align="center">Arranque de Bomba 2060-PP-296</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registrar la presión de <i>shut off</i> (cerrando la válvula de descarga) para contrastar con la curva certificada de la bomba. • Realizar la apertura gradual de la válvula de descarga, controlando que la presión no se reduzca bruscamente para lograr 392 KPa (presión de diseño) hasta la recirculación del agua de refrigeración en el anillo. • Monitorear la presión a través del indicador 2110-PI-0172 • Monitorear la temperatura a través del indicador 2110-TI-0174. • Monitorear durante 1 hora parámetros de amperaje, vibración y temperatura en motor y bomba. • Revisar si hay fugas en el anillo de recirculación de agua. • Realizar las pruebas de parada de emergencia local y verificar el arranque en modo automático de la bomba 	

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

5.1.10. Pruebas y funcionalidad en la puesta en marcha (pruebas con agua)

Se verificó la correcta funcionalidad de todo el sistemas circuitual de molienda y los componentes auxiliares en la parte eléctrica y mecánica en los resultados postoperación de las pruebas realizadas que se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 29. Puesta en marcha – prueba de estanqueidad de tanque

Prueba	Criterios	Resultado
Estanqueidad	<p align="center">Prueba de estanqueidad de tanque de alimentación de nido ciclones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que las válvulas de drenaje HV-0378A/B del Tanque de alimentación 2114-TK-002 abren y cierran de forma correcta en modo local y manual desde el DCS. • Asegurar que las válvulas de drenaje HV-0378A/B estén completamente cerradas. • Asegurar que las válvulas de succión HV-0384 y HV-0394 de las bombas PP-201 y PP-202 respectivamente, estén completamente cerradas. 	Operativo

- Asegurar que las válvulas de succión HV-0384 y HV-0394 estén completamente cerradas
- Revisar los transmisores indicadores de nivel del Tanque de alimentación de bombas (LIT0376A/B).
- Asegurar que el transmisor tenga energía eléctrica y que la lectura de ambos transmisores represente el nivel actual del cajón de bombas y que la variación entre ambas señales no sea mayor a ± 2 % del nivel actual.
- Abrir la válvula FV-0375 en la línea de agua de proceso y comience a llenar el Tanque de alimentación 2114-TK-002. Continúe el llenado y cierre la válvula cuando el Tanque tenga un nivel del 75 %.
- Verificar que no se tenga fugas en los acoples y válvulas de las líneas de succión y drenaje del Tanque de alimentación 2114-TK-002.
- Si existiese fugas hacer corregir por mantenimiento mecánico.
- Luego de las pruebas, descargar el tanque, para el correcto inicio de la prueba con Agua del Molino SAG N.º 2.

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 30. Puesta en marcha – prueba de sellado de liner

Prueba	Criterios	Resultado
Prueba de sellado de los liner del molino con agua		
Sellado	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe abrir la válvula de alimentación de agua FV-0112; ya que a través de esta línea de 24» se dará el ingreso de agua para llenar el Molino SAG N.º 2. Se debe llenar con agua hasta que rebose el Molino SAG N.º 2 por el lado de la descarga y se verifique que no haya fugas en las conexiones. 	Operativo
	<ul style="list-style-type: none"> • Revise que la válvula FV-0112 se pueda abrir y cerrar correctamente en modo local y manual. • Se debe verificar la disponibilidad de las Bombas de alta presión de agua a Molino 8011-PP-205/206. • Se debe revisar que nivel del tanque de agua a molino 800-TK-114 (existente), debe estar por sobre el 75 % de su nivel, para evitar detenciones de bombas por alarma de nivel bajo LALL-0041. 	

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

Tabla 31. Puesta en marcha – arranque de molino SAG 1

Prueba	Criterios	Resultado
Arranque de Molino SAG N.º 1		
Arranque	<ul style="list-style-type: none"> • Arranque el molino en modo local desde HMI (tablero de control) y correr - Creeping • Pasar a modo remoto desde DCS - <i>Inching</i> • Verificar si hay fugas por los <i>liners</i> del molino. • Detener el molino y dejar que el sistema de lubricación de los rodamientos y frenos continúe operando si no hay condiciones inusuales que están siendo monitoreadas u observadas. 	Operativo
	<ul style="list-style-type: none"> • Corregir cualquier condición de operación anormal. 	

Nota: tomada de Chinalco Hach (2018)

5.1.11. Comisionamiento y pruebas con carga

Una vez verificada la funcionalidad de los sistemas auxiliares y el funcionamiento operativo en condiciones normales del molino SAG N.º 2 se realizó el flujograma del comisionamiento con carga correspondiente a la figura 23.

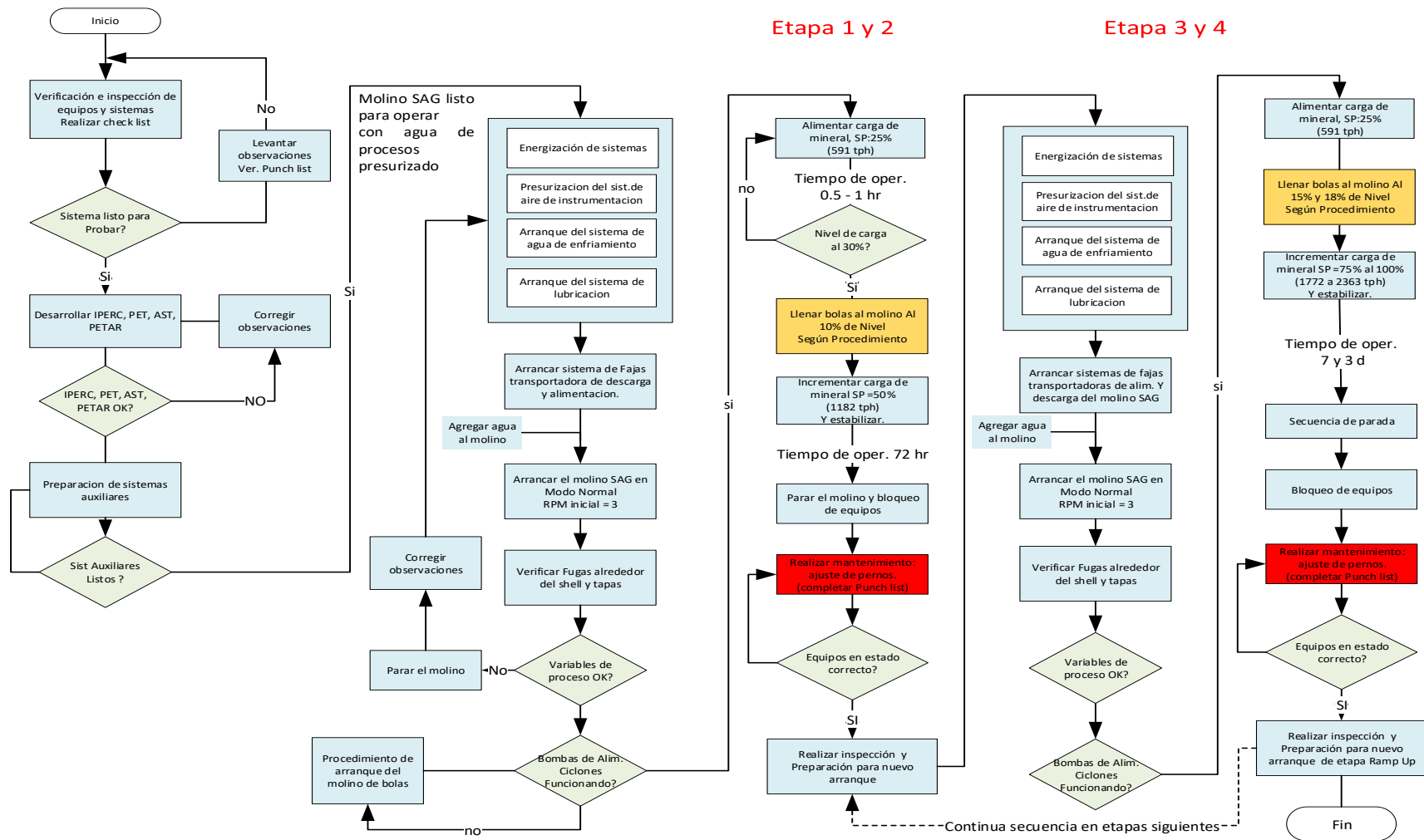


Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de comisionamiento con carga

5.2. Logros alcanzados

5.2.1. En la evaluación de la puesta en marcha del molino SAG y los dispositivos auxiliares

Con respecto a los resultados del molino SAG y los dispositivos auxiliares y conforme a los documentos de puesta en marcha, refiere que se logró el objetivo de evaluación del molino SAG y los dispositivos auxiliares asociados al mismo y descritos anteriormente, haciendo factible y posible la representación gráfica del comportamiento del sistema circuital de molienda en todos los procesos previos a la puesta en marcha, la planta chancadora en la fase de trituración y también de los dispositivos asociados, las configuraciones de los equipos electromecánicos refieren una puesta en marcha positiva, respetando las normativas y estándares de calidad como así lo refieren los entregables y actividades.

5.2.2. En el ámbito profesional

En cuanto al ámbito profesional, el desarrollo de mis actividades profesionales en la empresa Minera Chinalco Perú S. A., específicamente, en el proyecto Toromocho me dieron el conocimiento empírico necesario para el tratamiento de los datos y la relevancia que tiene cada uno de estos en el modelamiento de los sistemas circuitales de molienda.

Asimismo, la experiencia adquirida en mi centro laboral me permite gestionar la data para innovar en eficiencia en equipos que requieran nuevas tecnologías, con el fin supremo de garantizar la confiabilidad y mejoras en el proceso de producción en aras de automatizar los procesos industriales

5.2.3. En el ámbito personal

En el ámbito personal, el trabajo colaborativo en la empresa Minera Chinalco Perú S. A., en el proyecto Toromocho me permitió percibir distintos puntos de vista y soluciones empíricas a problemas no solo relacionados al control y monitoreo y supervisión electromecánica de los dispositivos asociados y circuitos eléctricos relacionados a sistemas que componen el circuito de molienda, si no a la gestión del personal y su motivación, que sirven para enriquecer mi proceder ante percances, no solo de origen laboral, sino también de origen social y emocional.

5.3. Dificultades encontradas

Las dificultades encontradas es la deficiencia de personal capacitado para la gestión de la data que se obtiene de los censos de la productividad, el avance que se tiene y la

predisposición al conocimiento empírico de la prueba y error. Parte de la gestión de la data trata de predecir eventos futuros, para de esta manera, optimizar al máximo los recursos con los que se cuenta y partir de dichos conocimientos y mejorar para alcanzar la eficiencia energética en aras de mejorar siempre la productividad y el valor agregado que podemos darles a situaciones de contingencia.

El trabajo bajo presión es realmente una limitante en la toma de decisiones, sobre todo, para el personal que no está constantemente en este rubro del sector eléctrico y es que el fin supremo de todo trabajo es continuar y asegurar la productividad para no generar perjuicios económicos a los clientes y siempre, desde el punto de vista de gestión, priorizar a los *stakeholders*.

5.4. Planteamiento de mejoras

Las mejoras que se plantean para la mejora continua de las labores realizadas no solo por mí, sino por las personas que laboramos en la empresa Minera Chinalco Perú S. A., específicamente, en el proyecto Toromocho es la capacitación constante sujeta a actualizaciones de la información actual y la información nueva para los continuos procesos de retroalimentación y transmisión del *know how* consolidado sobre pruebas de puesta en marcha de dispositivos electromecánicos en cada una de las fases.

La aplicación de los protocolos y procedimientos a la alimentación eléctrica en plantas trituradoras y, así mismo, conocimientos de circuitos eléctricos y mecánicos guardan mucha relación con el tiempo de vida y eficiencia de los equipos y maquinarias con la que se cuenta. Por ende, se propone capacitaciones de estadística inferencial para poder predecir futuros cambios abruptos al sistema.

5.4.1. Aportes del bachiller en la empresa

5.4.1.1. En el aspecto cognoscitivo

En el aspecto cognoscitivo, se aportó los conocimientos obtenidos y desarrollados en las materias de la Universidad Continental como son:

- Sistemas Eléctricos de Potencia 1 y 2, asignatura dirigida por el Ing. Garay Aquino, Dennys.
- Estabilidad, asignatura dirigida por el Ing. Huamán Rojas, Jezzy James.

5.4.1.2. En el aspecto actitudinal

En el aspecto actitudinal, se aportó los valores adquiridos en la Universidad Continental como:

- Integridad
- Compromiso social
- Responsabilidad
- Humanismo
- Solidaridad
- Honestidad

CONCLUSIONES

- Las actividades que desempeñé como Supervisor Electromecánico me permitieron consolidar el aprendizaje empírico y práctico en la evaluación de la puesta en marcha del Molino SAG y los dispositivos auxiliares en la empresa Minera Chinalco Perú S. A., específicamente, en el proyecto Toromocho acorde a los parámetros eléctricos y las condiciones de operaciones de los distintos equipos de potencia con los que se cuenta en dicha planta de trituración, proporcionando satisfactoriamente la continuidad de la operación, modelado, y estabilidad adecuada para su funcionamiento con mayores índices de eficiencia y menos pérdidas a lo largo del tramo de operación en el tipo de vida del proyecto.
- La capacitación y la adquisición previa del *know how* en campo es vital para la toma de decisiones y planes de acción en las evaluaciones continuas de sistemas de potencia y equipamiento electromecánico, relacionando la maniobrabilidad de dichos componentes con los sistemas de protecciones asociados desprendiendo el conocimiento empírico y práctico necesario para tales labores.
- La puesta en marcha del molino SAG y los dispositivos auxiliares se ve afianzado en las pruebas y resultados enmarcados en el resumen del documento y logros, demostrando que es una estructura eléctrico-mecánica idónea para tales niveles y parámetros operativos. La evaluación de este arrojó resultados positivos en la estabilidad y operatividad en todas las pruebas de pre- y comisionamiento adrede a la puesta en marcha por lo que se consolida la instalación y evaluación de este.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, para temas relacionados a la ampliación de la línea, contar con la data actualizada de las instalaciones y sistemas eléctricos y mecánicos asociados actualizados al momento de la puesta en marcha de no solo los equipos del circuito de molienda, sino también de todos los demás tramos y fases de la parte extractiva y de transformación del mineral adrede a las actividades mineras.
- La evaluación constate de los parámetros eléctricos y mecánicos de los dispositivos de transformación es vital para asegurar la continuidad de operaciones de este diseño de equipos, como también lo son las pruebas necesarias para llegar a dicha conclusión, para ello se debe contar con la máxima respuesta de data para el modelado de contingencias y situaciones futuras de perjuicio a la producción.
- Se recomienda seguir con los estándares establecidos para cada maniobra que involucren los trabajos y maniobras eléctricos y mecánicos para cualquier nivel de tensión y fase de transformación de mineral, estas normativas y estándares se actualizan constantemente acorde a los requerimientos y avance de los sistemas de potencia y electrificación en general, por ende, se debe tener acceso constante a esta data para el cumplimiento de los requerimientos en futuras ampliaciones, no solo del proyecto Toromocho, sino también a lo largo de los demás yacimientos del Perú y el mundo.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **HUAYRA SANCHEZ, G.** *Influencia del sistema de protección ante fallas a tierra en la subestación de distribución de 10 kV – Chilete – Cajamarca 2018.* Universidad Continental. 2021. Tesis de grado.
2. **AGUILAR BONIFACIO, R.; HILARIO PÉREZ, J.** *Propuesta de mejora en la Gestión del Mantenimiento de Subestaciones de Transmisión en una empresa de Distribución de Energía Eléctrica.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2015.
3. **GÓMEZ ALIAGA, V.** *Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica,* 2012. Tesis de grado.
4. **NIENTO GONZALES, J. P.; CASTAÑÓN GARZA, L.** *Diagnóstico de Fallas Múltiples en Sistemas Eléctricos de Potencia con Cambios de Carga Dinámicos Utilizando Redes Neuronales Probabilísticas.* 2009. Tesis de grado.
5. **CORTES CALDERON, J.** *Análisis de Localización de fallas en sistemas eléctricos de distribución con generación distribuida.* 2017. Tesis de grado.
6. **MUÑOZ OBLITAS, J.** *Análisis de Calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas.* 2019. Tesis de grado.
7. **ACOSTA VARGAS, M.** *Diagnóstico de la Calidad de la Energía Eléctrica y Caracterización Energética en la empresa Alimentos Cárnicos S. A. S., sede Barranquilla.* 2013. Tesis de grado.

ANEXOS

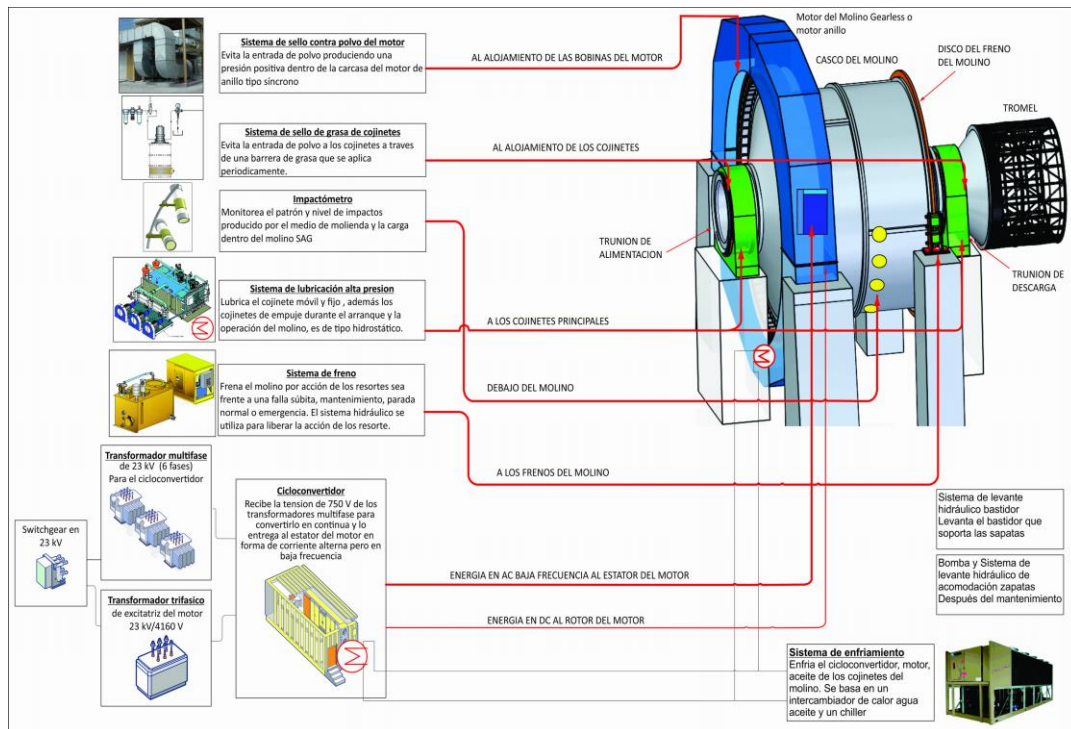


Figura 24. Sistema auxiliares y componentes del molino SAG 36'x17'

Moly-Cop Tools™ (Version 3.0)

SAG MILL POWER ESTIMATION Hogg & Fuerstenau Model

Remarks: Base Case Example : 36'φ x 17' SAG Mill.

Mill Dimensions and Operating Conditions							Mill Power, kW	
Eff. Diameter	Eff. Length	Mill Speed	Charge	Balls	Interstitial	Lift	9068	Balls
ft	ft	% Critical	Filling,%	Filling,%	Slurry Filling,%	Angle, (°)	1941	Rocks
36.00	17.00	76.00	25.00	16.00	50.00	44.00	1134	Slurry
	rpm	9.70					12143	Net Total
							10.00	% Losses
							13492	Gross Total

% Solids in the Mill	Ore Density, ton/m3	Slurry Density, ton/m3	Balls Density, ton/m3	Charge Volume, m3	Mill Charge Weight, tons			Apparent Density, ton/m3
					Ball Charge	O' size Rocks	Interstitial Slurry	
70.00	2.95	1.86	7.75	122.74	365.27	78.21	45.69	3.985

Figura 25. Ejemplo de demanda de potencia del molino SAG 36'x17'

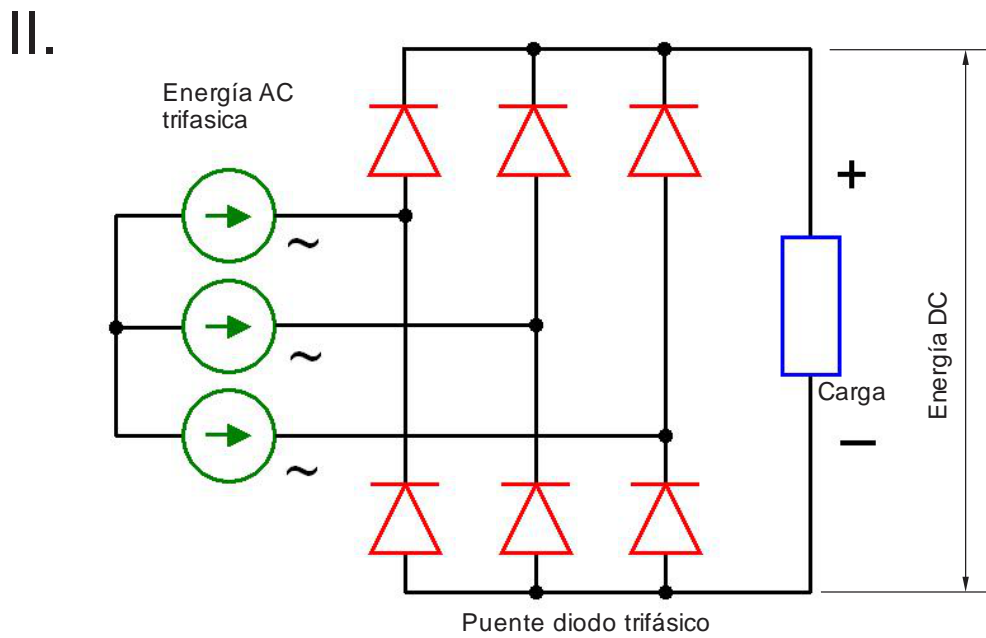
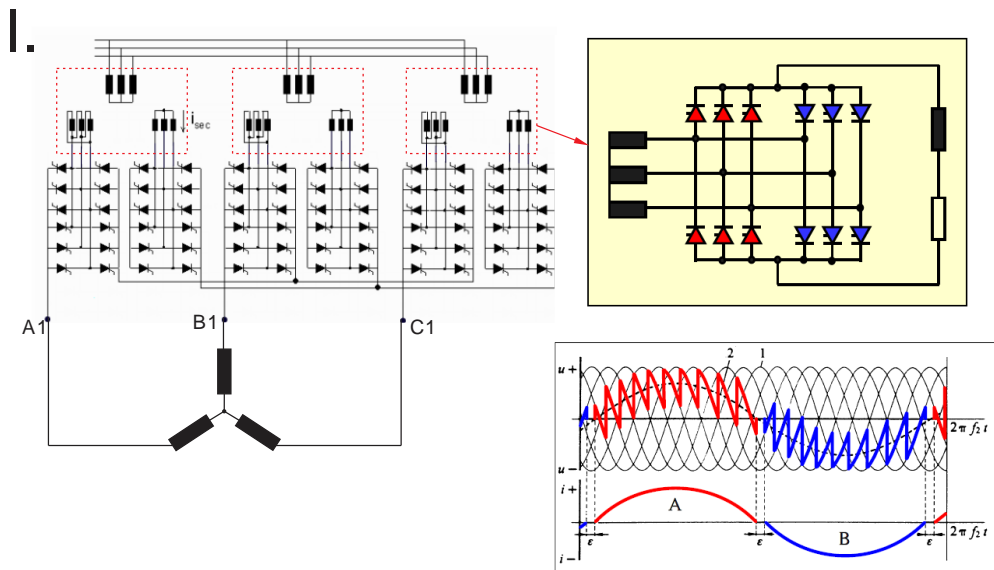


Figura 26. I. Conversión de energía AC/AC y II. Rectificación de energía AC/DC

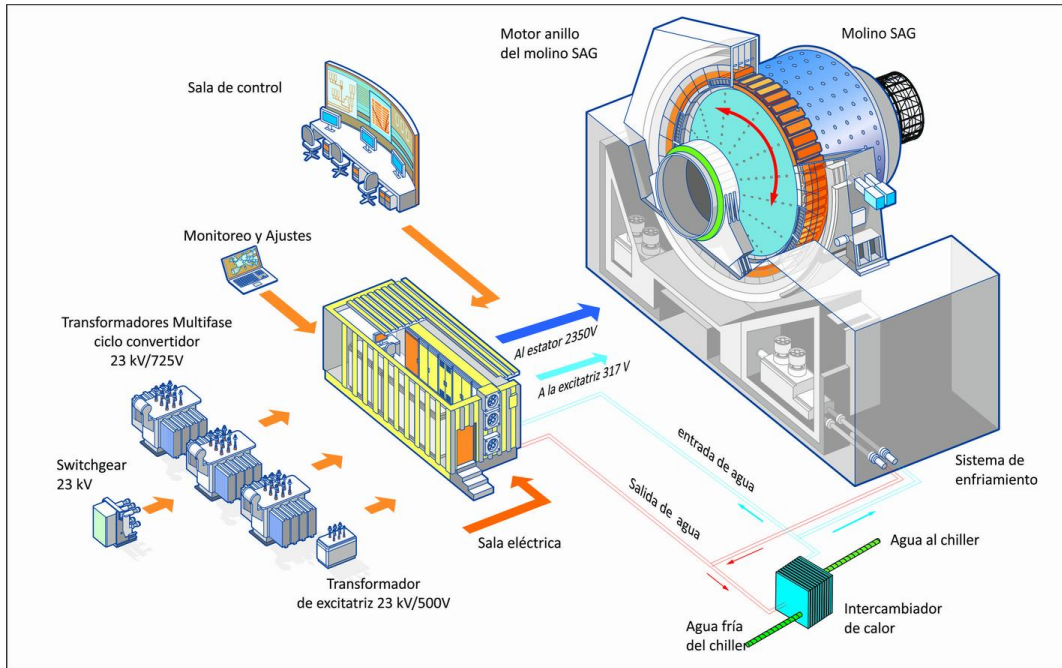


Figura 27. Detalle de componentes mayores del sistema de accionamiento

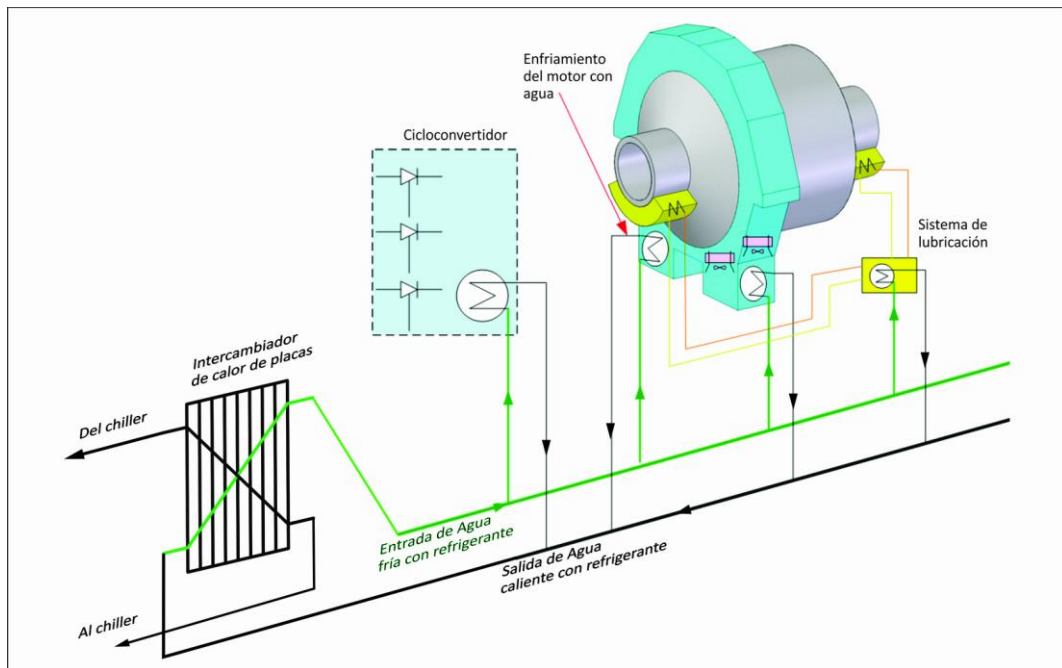


Figura 28. Sistema de enfriamiento del molino SAG

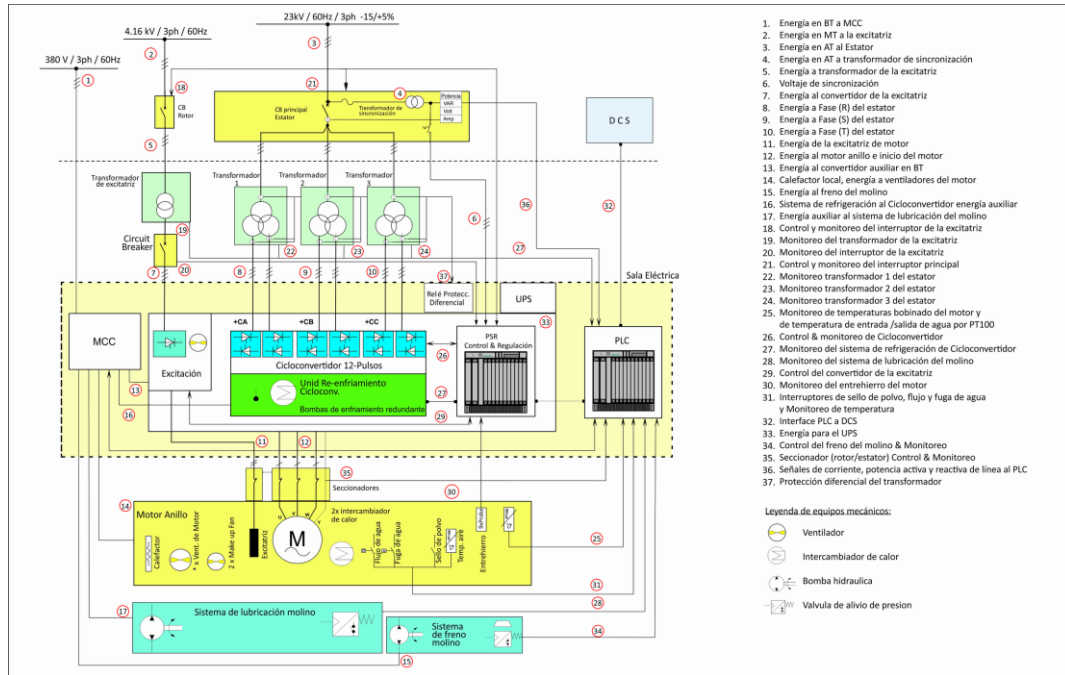


Figura 29. Detalle de los componentes del accionamiento

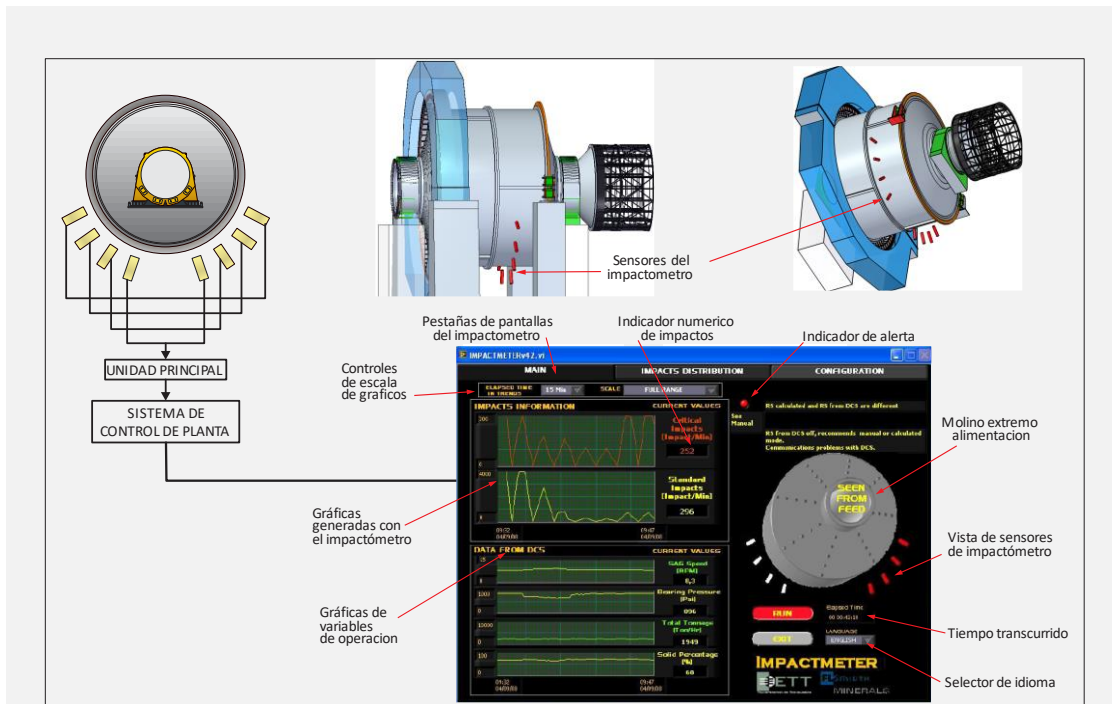





Figura 30. Impactómetro y su ubicación del molino SAG

Tabla 32. Riesgos identificados en el área de molino SAG 36'X17'

	Peligro	Riesgo (evento peligroso)	Daño (consecuencia de riesgo)
Tipo de peligro	Ruido	Exposición al ruido	Pérdida auditiva inducida por ruido, cefalea, alteraciones gastrointestinales, síndromes somatomorfos y problemas cardiovasculares, síndrome de fatiga crónica.
	Superficies a temperaturas extremas	Contacto con el cuerpo / Contacto térmico	Quemaduras
	Vibraciones	Exposición a vibraciones	Alteraciones músculo esqueléticas, síndrome de Kienbock (necrosis del semilunar), síndrome de Kohler (necrosis del escafoides), alteraciones vasculares como síndrome de Reynaud, alteraciones del sistema vestibulococlear (vértigos, alteraciones de la audiciones), alteraciones del ritmo cardíaco, alteraciones visuales.
	Calor	Exposición a temperaturas ambientales extremas	Deshidratación, fatiga, hiperhidrosis (exceso de sudoración), micosis (hongos), dermatosis (alteraciones en la piel), alteraciones cardiovasculares.
	Frío	Exposición a temperaturas ambientales extremas	Quemaduras, deshidratación, fatiga y somnolencia, alteraciones cardiovasculares, mialgias y artralgias (dolores musculares y articulares). Infecciones respiratorias, dermatitis por frío.
	Superficies a temperaturas extremas	Contacto con el cuerpo / Contacto térmico	Quemaduras
	Altura geográfica	Exposición a altura geográfica	Mal de montaña, edema agudo de pulmón, edema cerebral, hiperhemoglobinemia (incremento de las concentraciones de sangre), fatiga y somnolencia, descompensación cardiovascular; hipoglicemia (baja de azúcar), hiperuricemia (incremento de ácido úrico) , dislipidemia a predominio de los triglicéridos, sequedad de la piel, deshidratación.
	Condiciones ambientales inadecuadas (humedad, ventilación, etc.)	Exposición a condiciones ambientales inadecuadas	Afectaciones respiratorias
Químico	Polvo (material particulado)	inhalación	Neumoconiosis, irritación, intoxicación y problemas alérgicos.
Biológicos	Agentes Biológicos (Agentes patógenos, animales e insectos)	Contacto o exposición, Contacto con ambientes o superficies contaminadas	Enfermedades infectocontagiosas, micosis, parasitosis, infestaciones, infecciones por mecanismos ano - mano - boca, mordeduras, lesiones en la piel, lesiones en diversos órganos, envenenamiento y muerte

	Peligro	Riesgo (evento peligroso)	Daño (consecuencia de riesgo)
Mecánicos	Tránsito de vehículos	Atropello o golpes por vehículos	Fractura, Contusiones, Lesiones, Muerte
	Superficie Resbaladiza, Irregular, Obstáculos en el piso	Caída de personas al mismo nivel	Excoriaciones, abrasiones (lesiones superficial), fracturas y contusiones
	Exposición a alturas mayores a 1.80 metros	Caída de personas a distinto nivel	Mareos, caídas, golpes, fracturas, muerte, síndrome del colgados.
	Manipulación de Herramientas/objetos	Golpes o cortes con equipos, herramientas u objetos punzocortantes	Traumatismo, contusiones, muerte
	Equipos en movimiento	Atrapamiento	Fracturas, amputaciones, muerte.
	Fluidos a Presión, Equipo Presurizado	Explosión de recipientes y/o descarga de fluido a alta presión	Traumatismo, contusiones, muerte
	Partículas en Proyección	Impacto de fragmentos de partículas sobre las personas	Contusiones, lesiones
Eléctricas	Alta o media tensión - Cargas eléctricas	Contacto eléctrico directo	Muerte
	Baja tensión - Cargas eléctricas	Contacto eléctrico indirecto	Muerte
	Electricidad estática	Descarga eléctrica estática - incendio	quemaduras, shock eléctrico, paro cardio-respiratorio, golpes por partículas en proyección.
Fenómenos naturales	Lluvia torrencial	Inundaciones	Muerte/ ahogamiento / policontusiones
	Rayos	Descarga eléctrica	Muerte/quemaduras

Aislamiento y bloqueo

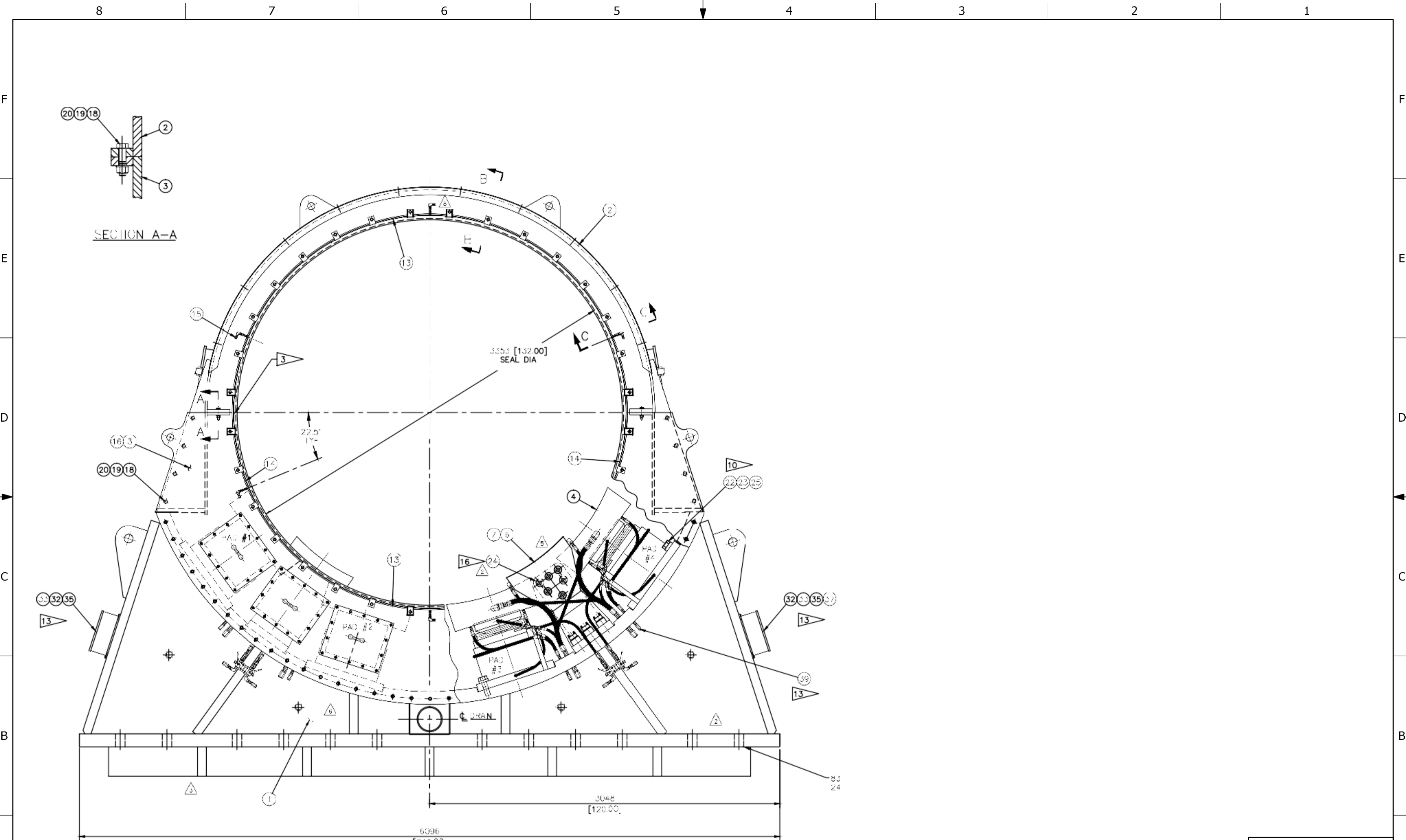
Molino SAG 2112-ML-004							
CATEGORIA	N.º	EQUIPO POR BLOQUEAR	TAG	CONDICION PREVIA	CONDICION POSTERIOR	PERSONAL AUTORIZADO	METODO DE BLOQUEO
BLOQUEO AGUAS ARRIBA	1	Faja de alimentación de carga a Molino SAG	2111-CV-013	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	3	Motor Bomba de Lechada de Cal	2615-PP-007/008-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
		Válvula Manual en las líneas de cal 1-1/2"-ML-2615-2026-L5 / 1-1/2"-ML-2615-2031-L5	1-1/2"-D-1	CERRADA	BLOQUEADA	MECA	MECA-4
	4	Válvula Manual en las líneas de cal 1-1/2"-ML-2615-2026-L5 / 1-1/2"-ML-2615-2031-L5	2112-FV-5542 2112-FV-5544	CERRADA	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
	5	Motor Bomba Diesel 2610-MP-311	2610-MP-311-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
		Válvula manual en línea Diesel 1"-FO-2610-0034-L4	1"-A-5	CERRADA	BLOQUEADA	MECA	MECA-2
	6	Válvula manual en línea de agua de molienda 24"-PRW-2111-0003-L1B	24"-B-2-GO	CERRADA	BLOQUEADA	MECA	MECA-2
		Válvula neumática en línea de agua de molienda 24"-PRW-2111-0003-L1B	2112-FV-0112	CERRADA	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO A	ELEC	ELEC - 1
	Motor alimentador de bolas 2111-FE-025	2111-FE-025-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1	
BLOQUEO DEL EQUIPO	8	GMD de Molino SAG	2112-ML-004-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
	9	Sistema de enfriamiento GMD	2112-HX-038	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
	10	Unidad hidráulica de lubricación de Molino SAG	2112-LU-021	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
	11	Sistema de enfriamiento cooling tower	2110-CT-003	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
	12	Unidad de potencia hidráulica del Sistema de frenado	2112-HP-125	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
BLOQUEO AGUAS ABAJO	13	Líneas de lavado de trommel	2112-FV-0371A	CERRADA	BLOQUEADO	MECA	MECA-5
	14	Líneas de lavado de trommel	2112-FV-0371B	CERRADA	BLOQUEADO	MECA	MECA-5
NOTAS Y OBSERVACIONES						LEYENDA	
(1) Desactivar y bloquear variador de frecuencia o arrancador.							Eléctrico
MECA-5 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.							Mecánico
ELEC-1 Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo del equipo.							Operador

Faja Alimentación a Molino SAG 2111-CV-013							
CATEGORIA	N.º	EQUIPO POR BLOQUEAR	TAG	CONDUCCION PREVIA	CONDICION POSTERIOR	PERSONAL AUTORIZADO	METODO DE BLOQUEO
BLOQUEO AGUAS ARRIBA	1	Motor de faja 2111-CV-012	2111-CV-012-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
BLOQUEO DEL EQUIPO (*)	2	Motor de faja 2111-CV-013	2111-CV-013-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
NOTAS Y OBSERVACIONES						LEYENDA	
(*) Desactivación y bloqueo de faja de alimentación al SAG						ELEC	: Eléctrico
MECA-2 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula bola o esférica, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						MECA	: Mecánico
MECA-5 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						OPER	: Operador
ELEC-1 Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo del equipo.							
Faja de transferencia 2111-CV-012							
CATEGORIA	N.º	EQUIPO POR BLOQUEAR	TAG	CONDUCCION PREVIA	CONDICION POSTERIOR	PERSONAL AUTORIZADO	METODO DE BLOQUEO
BLOQUEO AGUAS ARRIBA	1	Motor de faja 2111-CV-011	2115-CV-014-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	2	Motor de faja 2115-CV-016	2115-CV-016-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
BLOQUEO DEL EQUIPO (*)	3	Motor de faja 2111-CV-012	2111-CV-01-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
NOTAS Y OBSERVACIONES						LEYENDA	
(*) Desactivación y bloqueo de Faja de transferencia						ELEC	Eléctrico
MECA-2 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula bola o esférica, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						MECA	Mecánico
MECA-5 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						OPER	Operador
ELEC-1 Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo del equipo.							
Faja colectora 2111-CV-011							
CATEGORIA	N.º	EQUIPO POR BLOQUEAR	TAG	CONDUCCION PREVIA	CONDICION POSTERIOR	PERSONAL AUTORIZADO	METODO DE BLOQUEO
BLOQUEO AGUAS ARRIBA	1	Apron Feeders	2060-FE-005	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	2	Apron Feeders	2060-FE-006	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	5	Motor alimentador de bolas 2111-FE-025	2111-FE-025-M1	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
BLOQUEO DEL EQUIPO (*)	6	Motor de faja 2111-CV-011	2111-CV-011	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC - 1
NOTAS Y OBSERVACIONES						LEYENDA	
(*) Desactivación y bloqueo de Faja de transferencia						ELEC	Eléctrico
MECA-2 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula bola o esférica, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						MECA	Mecánico
MECA-5 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						OPER	Operador
ELEC-1 Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo del equipo.							

Apron Feeder 2060-FE-005							
CATEGORIA	N.º	EQUIPO POR BLOQUEAR	TAG	CONDUCCION PREVIA	CONDICION POSTERIOR	PERSONAL AUTORIZADO	METODO DE BLOQUEO
BLOQUEO AGUAS ARRIBA	1	Instalación de lanzas	2060-ZM-012	INSTALADAS	INSTALADAS	MECA	MANUAL
BLOQUEO DEL EQUIPO (*)	2	Unidad de potencia hidráulica de Apron Feeder FE-005	2060-HP-015	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	3	Sistema de enfriamiento de Apron Feeder FE-005	2060-HX-005	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	4	Sistema de lubricación de Apron Feeder FE-005	2060-LU-001	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
NOTAS Y OBSERVACIONES						LEYENDA	
(*) Desactivación y bloqueo de Feeder						ELEC	: Eléctrico
MECA-2 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula bola o esférica, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						MECA	: Mecánico
MECA-5 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						OPER	: Operador
ELEC-1 Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo del equipo.							
Apron Feeder 2060-FE-006							
CATEGORIA	N.º	EQUIPO POR BLOQUEAR	TAG	CONDUCCION PREVIA	CONDICION POSTERIOR	PERSONAL AUTORIZADO	METODO DE BLOQUEO
BLOQUEO AGUAS ARRIBA	1	Instalación de lanzas	2060-ZM-013	INSTALADAS	INSTALADAS	MECA	MANUAL
BLOQUEO DEL EQUIPO (*)	2	Unidad de potencia hidráulica de Apron Feeder FE-006	2060-HP-016	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	3	Sistema de enfriamiento de Apron Feeder FE-006	2060-HX-006	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
	4	Sistema de lubricación de Apron Feeder FE-006	2060-LU-002	DETENIDO	DESENERGIZADO Y BLOQUEADO	ELEC	ELEC-1
NOTAS Y OBSERVACIONES						LEYENDA	
(*) Desactivación y bloqueo de Faja de descarga						ELEC	: Eléctrico
MECA-2 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula bola o esférica, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						MECA	: Mecánico
MECA-5 Accionar el mecanismo de cierre de la válvula cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta.						OPER	: Operador
ELEC-1 Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo del equipo.							

METODO DE BLOQUEO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	SIN BLOQUEO	CON BLOQUEO	METODO DE BLOQUEO	TEST DE ENERGIA CERO
ELEC-1	Centro de Control de Motores de Baja tensión			Girar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo y etiquetado.	Comprobar la tensión en la salida del interruptor
ELEC-2	Variador de Frecuencia o velocidad en Centro de Control de Motores de Baja tensión			Bajar la palanca del interruptor a posición OFF y efectuar el bloqueo y etiquetado.	Comprobar la tensión en la salida del interruptor
MECA-1	Válvula Mariposa			Accionar el mecanismo de cierre de la válvula mariposa, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta	Verificar que la válvula este bloqueada y no exista presión residual
MECA-2	Válvula de bola o esférica			Accionar el mecanismo de cierre de la válvula bola, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta	Verificar que la válvula este bloqueada y no exista presión residual
MECA-3	Válvula Globo			Accionar el mecanismo de cierre de la válvula de globo, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta	Verificar que la válvula este bloqueada y no exista presión residual
MECA-4	Válvula Compuerta			Accionar el mecanismo de cierre de la válvula, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta	Verificar que la válvula este bloqueada y no exista presión residual
MECA-5	Válvula de Cuchilla			Accionar el mecanismo de cierre de la válvula de cuchilla, cerrar completamente, colocar dispositivo de bloqueo, colocar candado y tarjeta	Verificar que la válvula este bloqueada y no exista presión residual



REF MASTER DRAWING 10211372-DWK

TOROMOCHO EXPANSION PROJECT
 MINERA CHINALCO PERU (MCP)
 P.O. NO: TEP-M-057
 36" DIA X 17" LG SAG MILL
 EQUIPMENT NUMBER: 2112-ML-004

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS, ANGLES ARE IN DEGREES AND MINUTES, AND TOLERANCES ARE PER TABLE BELOW.

FABRICATION AND CASTING DIMENSIONS	MACHINING DIMENSIONS
X = ± 0.6	X = ± 0.7
.X = ± 0.3	.XX = ± 0.38
.XX = ± 1.5	ANGULAR = ± 0°-15'
ANGULAR = ± 2 DEGREES	MACHINE SURFACE FINISH 6.3 RMS - UNLESS NOTED
CHAMFER = ± 4 DEGREES	

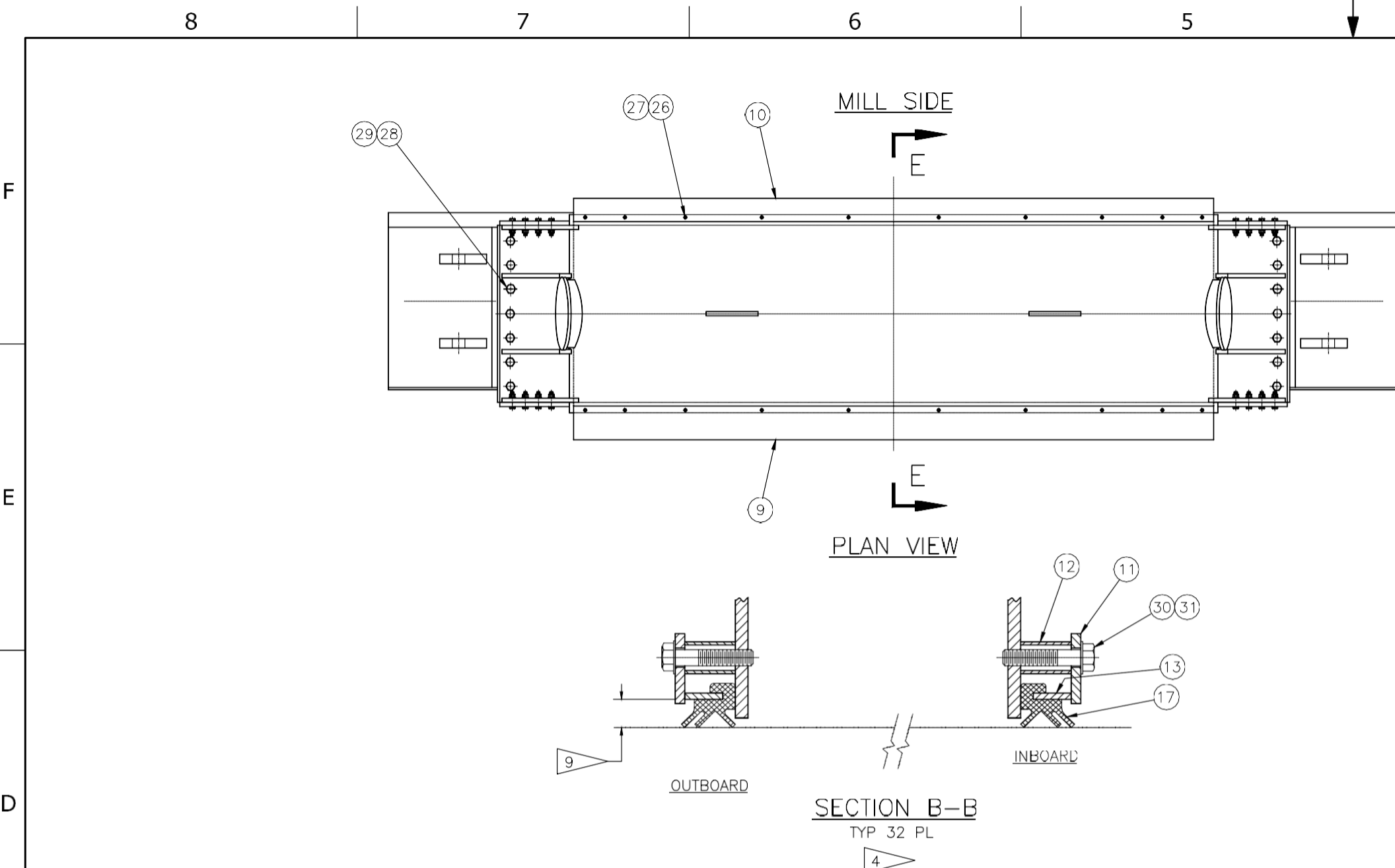
THIRD ANGLE PROJECTION

REV	DESCRIPTION OF REVISION	BY	APPD	DATE
09	ADDED VIEW INDICATION	KSO	KSO	2015-01-06
08	ADD GREASE PORT TOP AND BOTTOM	DBP	DBP	2014-10-22
07	SEE SHEET 2	DBP	DBP	2014-12-08
06	ADD RIBS	DBP	DBP	2014-10-02

metso
 Metso Minerals Industries, Inc.
 Grinding Systems
 240 Arch St., P.O. Box 15312
 York, PA 17405-7312 USA

This Unpublished Drawing and Content is the CONFIDENTIAL PROPERTY OF METSO MINERALS INDUSTRIES, INC. (MMI), protected by Trade Secret, Copyright and other laws, and may not be used, copied or disclosed without the specific written consent of MMI. If published, the following notice shall apply: © Metso Minerals Industries, Inc.

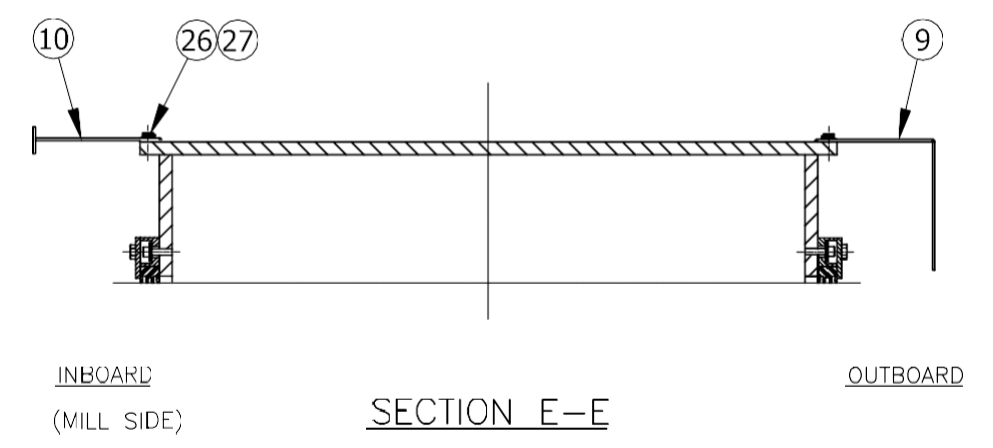
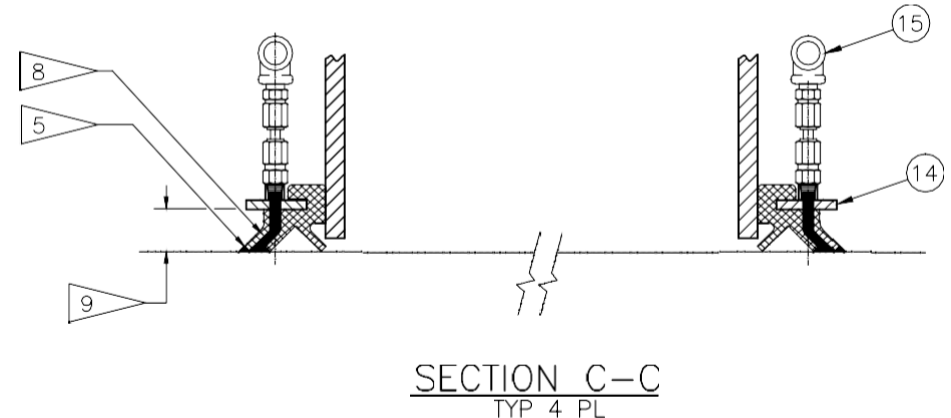
TITLE		PROJECT No.		EQUIPMENT No.	
TRUNNION BEARING ASSY 132" PAD TYPE (METRIC) FIXED		C.3011		90020824	
TOROMOCHO SAG MILL		MATERIAL No: ZX11353063		MATERIAL Wt.: 35,880	
		SCALE: 1:15		For Construction	
DRN: FPM1	DATE: 2014-02-25	CKD: DBP	DATE: 2014-03-11	APPD: DBP	DATE:
ISO	DRAWING NO	SHEET	REV	OF	REV
A1	1				89



ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	MATERIAL SPEC	MATERIAL NUMBER	DRAWING NUMBER	UNIT WEIGHT	WEIGHT UNIT
1	1	EA	PEDESTAL, 132" PAD BEARING, FIXED		ZX11354586	10212641-DWK	19,641	KG
2	1	EA	BRG CAP ASSY, 132.00		05-044658	05-044658-01	2,722	KG
3	2	EA	COVER PLATE, SIDE, 132 BRG		05-059424	05-059424-01	0.00	KG
4	4	EA	BEARING ASSEMBLY, PAD/SUPPORT, 132, FIXED		ZX11353266	10211440-DWK	2,268	KG
5	2	EA	THRUST PAD BASE, 132" BEARING	ASTM A36 STEEL	ZX11358689	10214247-DWK	705	KG
6	2	EA	THRUST PAD, 132" BRG, SEISMIC		ZX11358829	10214308-DWK	179	KG
7	4	EA	SENSOR, TEMPERATURE		04-142239	04-142239-01	0.00	KG
8	20	EA	ASSEMBLY, TORQUEBOLT, 2.00-8UN X 7.50 L	ASTM A193, GRADE B7	ZX11359006	10214375-DWK	5.0	KG
9	1	EA	SPLASH SHIELD, 132.0 BRG		05-038995	05-038995-01	38	KG
10	1	EA	SPLASH SHIELD, MILL SIDE		05-059430	05-059430-01	0.00	KG
11	64	EA	RETAINING PLATE, BEARING SEAL	AISI 1018, CR STL	02-060437	02-060437-01	0.27	KG
12	64	EA	TUBE, SEAL RETAINING		02-060438	02-060438-01	0.11	KG
13	4	EA	RING SEGMENT RETAINING, 132 BEARING		ZX11386219	10223517-DWK	3.4	KG
14	8	EA	RING SEGMENT RETAINING, 132 BEARING		ZX11386039	10223484-DWK	3.4	KG
15	12	EA	GREASE PIPE ASSY		05-038776	05-038776-01	0.45	KG
16	3	EA	GASKET ELIMINATOR 515		04-091509	04-091509-01	0.00	KG
17	4	EA	SEAL, EXTRUSION, 218.00 LG		02-066522	02-063133-01*	0.00	KG
18	20	EA	BOLT, HEXAGONAL M20X2.50X80-ASMEB18.2.3.	STEEL 4.6 UNPLTD	04-111107	04-111000-01	0.21	KG
19	94	EA	NUT, HEXAGONAL ISO4032-M20-8-UNPLTD	ST 8 UNPLTD	04-121262	04-121255-01	0.12	KG
20	94	EA	WASHER SPRING DIN127-B20-FST-UNPLTD	SPRING STEEL	04-096637	04-096628-01	0.02	KG
21	74	EA	WASHER, PLAIN ISO7089-20-CL 140 HV-UNPL	140HV UNPLTD	04-096657	04-096648-01	0.01	KG
22	16	EA	BOLT, HEXAGONAL 1.750"-8UN-2AX5.500"-AS	ASTMA193 GR B7 UNPL	04-075776	04-101713-02	1.00	KG
23	16	EA	WASHER, STRL FAB, 1.75 BOLT		02-043209	02-043206-01	0.00	KG
24	12	EA	SCREW, FLANGED 12PT, 2.25 X 7.00		ZX11358857	04-126573-01	4.1	KG
25	16	EA	WASHER, HARDENED, CIRCULAR 44.45-ASMEB	ASTMF436 C38-45 UNP	04-091287	04-101758-01	0.20	KG
26	20	EA	BOLT, HEXAGONAL M12X1.75X25-ASMEB18.2.3	STEEL 4.6 UNPLTD	04-111015	04-111000-01*	0.03	KG
27	20	EA	WASHER, PLAIN ISO7089-12-CL 140 HV-UNPL	140HV UNPLTD	04-112526	04-096648-01	0.01	KG
28	14	EA	BOLT, HEXAGONAL M30X3.50X90-ASMEB18.2.3.	STEEL 4.6 UNPLTD	04-111229	04-111000-01	2.0	KG
29	14	EA	WASHER, LOCK DIN127B-M30-RC45-53-UNPLTD	STEEL UNPLTD	04-096639	04-096628-01	0.00	KG
30	64	EA	BOLT, HEXAGONAL M16X2.00X90-ASMEB18.2.3	STEEL 4.6 UNPLTD	04-111114	04-111000-01	0.00	KG
31	64	EA	WASHER, PLAIN, M16, DIN 127A	STL, UNPLTD	04-096655	04-096648-01	0.01	KG
32	8	EA	BOLT, HEXAGONAL M8X1.250X30-ASMEB18.2.3	STEEL 4.6 UNPLTD	04-111020	04-111000-01*	0.00	KG
33	8	EA	WASHER, LOCK DIN127B-M8-RC45-53-UNPLTD	STEEL UNPLTD	04-096631	04-096628-01	0.00	KG
34	20	EA	WASHER, SQ 2.00 THK X 5.00 X 2.12 BORE	ASTM A36	02-069118	02-069115-01*	5.5	KG
35	2	EA	ASSEMBLY, JUNCTION BOX, FEED END PAD BR		ZX11358709	10214091-DWK	15	KG
36	1	EA	LUBE, HYDROSTATIC LINE ASSY, 132 FIXED		ZX11353964	10212352-DWK	0.00	KG
37	1	EA	CONDUIT ASSY, 132" PAD BRG, FEED (FIXED)		ZX11358872	10214302-DWK	0.00	KG
38	2	EA	05-009237, COVER ASSY BEARING ACCESS			05-009237-01	12	KG

NOTES:

- ALL PORTS AND FIELD PIPING CONNECTION MUST BE OIL TIGHT, SEAL AS REQUIRED.
 - DISASSEMBLE AND CLEAN ALL PARTS PRIOR TO FINAL INSTALLATION. ALL MATING PARTS TO BE DEBURRED. SEE INSTRUCTION MANUAL FOR DETAILS.
 - ASSEMBLE SEALS AS SHOWN TO PERMIT SEPARATION OF TRUNNION BEARING CAP FROM BASE. EACH SEAL EXTRUSION (ITEM 17) IS APPROX 6" (150mm) LONGER THAN NEEDED. TRIM SQUARELY AND TO PROPER LENGTH AT ASSEMBLY.
 - SEE INSTRUCTION MANUAL FOR DETAILED ASSEMBLY INSTRUCTIONS FOR THE BEARING SEAL.
 - EXCESS GREASE PURGES OUTSIDE BEARING HOUSING.
 - ALL PIPING CONNECTIONS TO BE PLUGGED FOR SHIPMENT.
 - CENTERLINES ARE SCRIBED ONTO BEARING BASES DURING MANUFACTURE TO BE REFERENCED DURING ERECTION.
 - FILL SEAL CAVITIES WITH NUMBER TWO GREASE AT INITIAL INSTALLATION USING GREASE FITTINGS PROVIDED (12 PLACES). EACH SIDE OF SEAL WILL ACCEPT APPROX 75 CU IN (1229 cc) OF GREASE. DURING MILL OPERATION, THE AUTOMATIC GREASE SYSTEM WILL MAINTAIN THE PROPER AMOUNT OF GREASE IN THE SEAL.
 - RUBBER SEAL AND RETAINING RING SEGMENTS ALLOW FOR CONTINUOUS ADJUSTMENT THRU FULL CIRCUMFERENCE. FOR OPTIMUM OPERATION, SEAL MUST PROVIDE THE ACTUAL SEAL.
 - TORQUE 1.75 DIA BOLTS ITEM 22 TO 2690 FT-LB (3650 N-m).
 - TORQUE 1/2mm DIA ANCHOR BOLTS (GRADE ASTM A307) TO 3,700 FT-LB (5020 N-m)
 - 2.00 DIA TORQUE BOLTS, ITEM 8, ARE TO BE TIGHTENED IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURERS INSTRUCTIONS. TORQUE 114 FT-LB (155 N-m) TO OBTAIN THE ALL OF THE 0.50 DIA JACKBOLTS EVENLY TO PROPER AMOUNT OF TENSILE LOAD ON THE BOLTS.
 - SEE HYDROSTATIC LUBE LINE DRAWING FOR HOSE CONNECTIONS.
 - LOCATE AND TAP HOLES FOR JUNCTION BOX AT ASSEMBLY.
 - ESTIMATED WEIGHT OF ASSEMBLY = 35880 kg / 79,100 LB
 - TORQUE 2.25 DIA BOLTS ITEM 24, TO 5290 FT-LB (8000 N-m).
- ▲ TORQUE VALUES SHOWN ARE FOR USE WITH "MOLY PASTE" LUBRICANT.



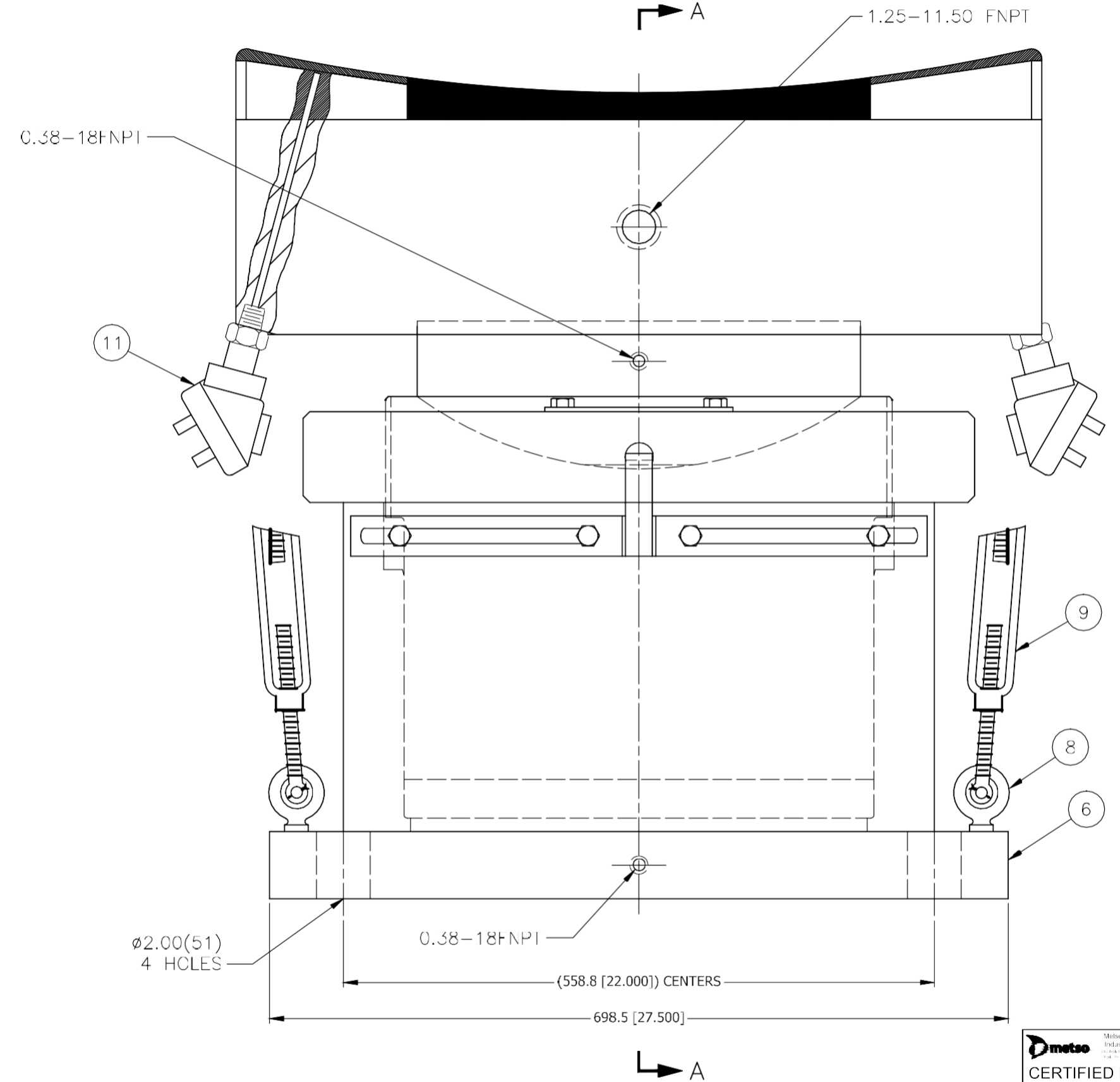
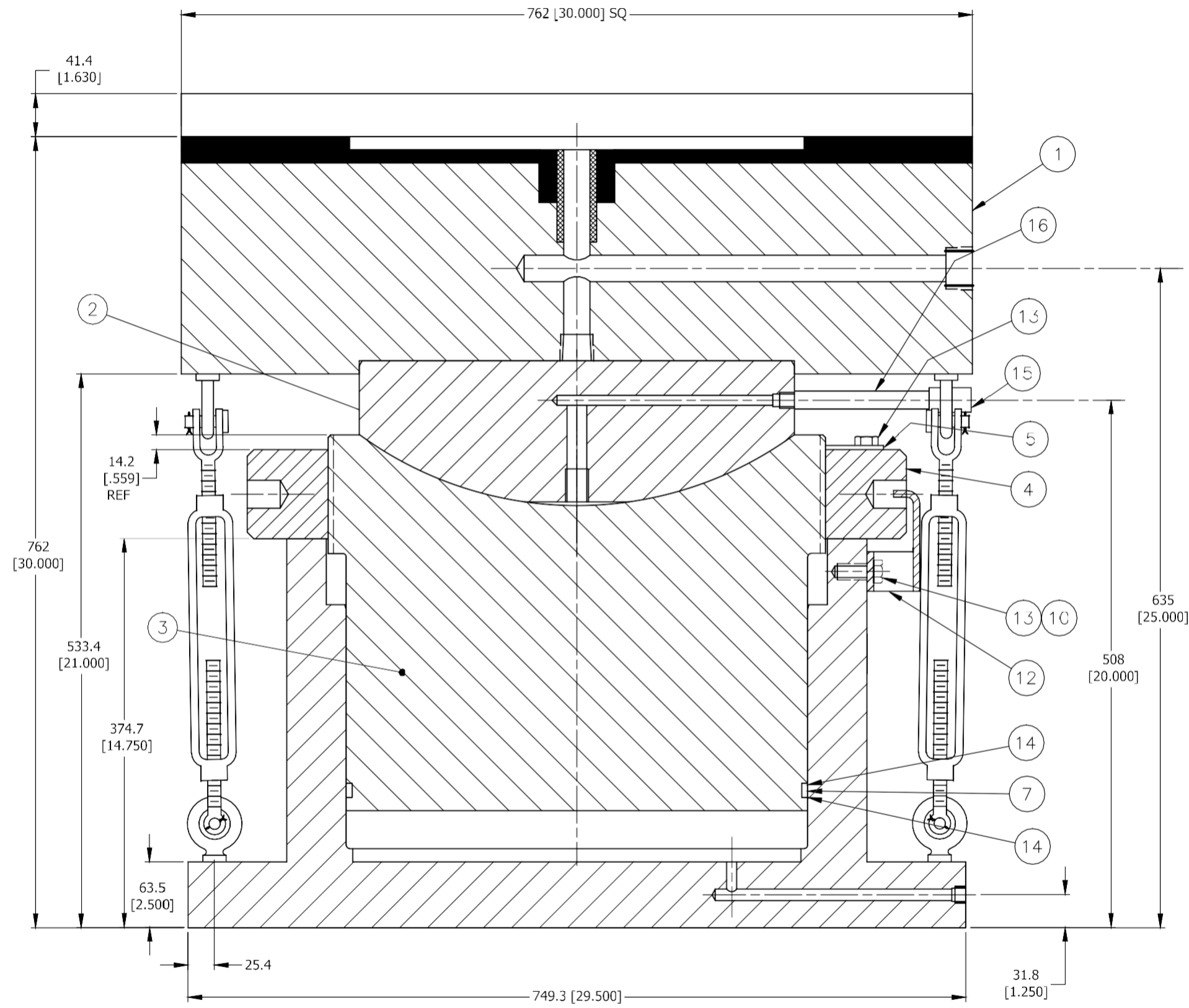
TOROMOCHO EXPANSION PROJECT
 MINERA CHINALCO PERU (MCP)
 P.O. NO: TEP-M-057
 36" DIA X 17' LG SAG MILL
 EQUIPMENT NUMBER: 2112-ML-004

REF MASIER DRAWING 10211372-DWK

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS, ANGLES ARE IN DEGREES AND MINUTES, AND TOLERANCES ARE PER TABLE BELOW.		09	UPDATED DRAWING; SEE SHEET 1	KSO	KSO	2015-01-06	<p>Metso Minerals Industries, Inc. Grinding Systems 240 Arch St., P.O. Box 15312 York, PA 17405-7312 USA</p>	TITLE	DRN: FPM1	PROJECT No. C.3011	EQUIPMENT No. 90020824
FABRICATION AND CASTING DIMENSIONS	MACHINING DIMENSIONS	08	IT 13 WAS 02-069160, IT 14 WAS 05-038992	DBP	DBP	2014-10-22		TRUNNION BEARING ASSY 132" PAD TYPE (METRIC) FIXED	DATE: 2014-02-25	MATERIAL No: ZX11353063	
X = ± 0.5 XX = ± 0.3 ANGULAR = ± 2 DEGREES CHAMFER = ± 4 DEGREES	X = ± 0.15 XX = ± 0.08 ANGULAR = ± 0°-15' MACHINE SURFACE FINISH 6.3 RMS - UNLESS NOTED	07	REVISE NOTE 8	DBP	DBP	2014-12-08			CKD: DBP	MATERIAL Spec.:	
		06	SEE SHEET 1	DBP	DBP	2014-10-02			DATE: 2014-03-13	MATERIAL Wt.: 35,880	Wt. Unit: KG
DO NOT SCALE	THIRD ANGLE PROJECTION	REV	DESCRIPTION OF REVISION	BY	APPD	DATE			APPD: DBP	SCALE: 1:20	For Construction
8	7	6	5	4	3	2	1	DATE: 2014-03-13	ISO 10211372-DWK	SHEET 2 OF 90	

ITEM	QTY	UNIT	DESCRIPTION	MATERIAL SPEC	MATERIAL NUMBER	DRAWING NUMBER	UNIT WEIGHT	WEIGHT UNIT
1	1	EA	BEARING PAD,30X30,132 DIA TRUN		05-019084	05-019084-01	1,111	KG
2	1	EA	BALL, SPHERICAL, PAD SUPPORT		02-118124	02-118124-01	0.00	KG
3	1	EA	PISTON, BRG PAD, 132"		02-118125	02-118125-01	0.00	KG
4	1	EA	NUT, 18.00 HYDRAULIC PEDESTAL		02-097926	02-097926-01	91	KG
5	1	EA	PLATE, LOCKING		02-040651	02-040651-01	0.45	KG
6	1	EA	BASE, 132 PAD BRG, FIXED		05-069397	05-069397-01	0.00	KG
7	1	EA	O-RING, SEAL, 17.00 ID, AS568-463		04-027407	04-088417-01	0.00	KG
8	8	EA	EYE BOLT ASME B18.15-0.500"-13UNCX1.500	FS	04-042235	04-042235-01	0.14	KG
9	4	EA	TURNBUCKLE, 0.50 X 6.00, TAKEUP		04-100099	04-100099-01	0.00	KG
10	4	EA	WASHER, LOCK DIN127-M12-ROCKWELL C 45-5	STL, UNPLTD	04-096633	04-096628-01	0.01	KG
11	2	EA	SENSOR, TEMPERATURE		04-142238	04-142238-01	0.00	KG
12	1	EA	CLIP		05-018867	05-018867-01	1.8	KG
13	6	EA	SCREW, HEXAGONAL M12X 25, CL 4.6, STL		04-111015	04-111000-01*	0.03	KG
14	2	EA	BACKUP RING PARKER # 8-463N300-90		04-088304	04-088304-01	0.00	KG
15	1	EA	FITTING 3/8 GG-S	STEEL	04-092386	04-092385-01	0.06	KG
16	1	EA	FITTING, NIPPLE, 0.38X 6.00, SC80, A53		04-020583	04-099622-01	0.00	KG

NOTE:
ALL DIMENSIONS $\frac{\text{mm}}{\text{INCHES}}$



metso
CERTIFIED FOR CONSTRUCTION
By: DBP, Date: 7/1/14

EST WT: 2268 kg/5000 lb
REF MASTER DRAWING 05-069396

TOROMOCHO EXPANSION PROJECT
MINERA CHINALCO PERU (MCP)
P.O. NO: TEP-M-057
36" DIA X 17' LG SAG MILL
EQUIPMENT NUMBER: 2112-ML-004

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS, ANGLES ARE IN DEGREES AND MINUTES, AND TOLERANCES ARE PER TABLE BELOW.
FABRICATION AND CASTING DIMENSIONS X = ± 0.6 XX = ± 0.3 XXX = ± 1.5 ANGULAR = ± 2 DEGREES CHAMFER = ± 4 DEGREES
MACHINING DIMENSIONS X = ± 0.15 XX = ± 0.7 XXX = ± 0.38 ANGULAR = ± 0°-15' MACHINE SURFACE FINISH 6.3 RMS - UNLESS NOTED
THIRD ANGLE PROJECTION

REV	DESCRIPTION OF REVISION	BY	APPD	DATE
03	ADD CERTIFIED TAG	DBP	DBP	2014-07-01
02	ADD ITEM 11	DBP	DBP	2014-04-17
01	INITIAL RELEASE	FPM1	DBP	2014-03-13

metso Minerals Industries, Inc.
Grinding Systems
240 Arch St., P.O. Box 15312
York, PA 17405-7312 USA

This Unpublished Drawing and Content is the CONFIDENTIAL PROPERTY OF METSO MINERALS INDUSTRIES, INC. (MMI), protected by Trade Secret, Copyright and other laws, and may not be used, copied or disclosed without the specific written consent of MMI. If published, the following notice shall apply: © Metso Minerals Industries, Inc.

TITLE	DRN	DATE	CKD	DATE	APPD	DATE
BEARING PAD/SUPPORT ASSY 132" PAD TYPE (METRIC) FIXED	FPM1	2014-02-26	DBP	2014-03-13		

PROJECT No.	EQUIPMENT No.	MATERIAL No.	MATERIAL Spec.	MATERIAL Wt.	Wt. Unit	SCALE	ISO	DRAWING NO	SHEET	REV
C.3011	90020824	ZX11353266		2,268	KG	1:3	A1	1	91	

MPC ACADW Form - Rev 2/06 - 34