

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE MOLIENDA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL MOLINO SEMI-AUTÓGENO (SAG) EN MINERA GOLD FIELDS-CERRO CORONA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero industrial

Autores:

Bach. Dilmer Rodriguez Medina
Bach. Mary Flor Urrutia Tarrillo

Asesor:

Mg. Ing. Wilson Gonzales Abanto

Cajamarca - Perú

2020



DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres Paula Medina Zamora y Escolástico Rodríguez Acuña, quienes fueron mis pilares demostrándome su apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos, por su amor, por su constante motivación para mi formación personal y profesional. A mi esposa Adelma Uriarte Zamora y mi hija Camila Isamar Rodríguez quienes estuvieron conmigo durante esta vida académica demostrándome su cariño y ayuda incondicional. A mi compañera Mary Flor por su apoyo constante para la culminación de la presente tesis.

Dilmer Rodriguez Medina.

El trabajo está dedicado a Dios por darme la fuerza y poder terminar la carrera, a mi mamá Santos, a mi hija Jaanai, a mi esposo David y mi hermana Marilyn por su fuerza, paciencia y apoyo incondicional. A mi compañero Dilmer Rodríguez por su apoyo incondicional en sus conocimientos y experiencias compartidas en el proceso de nuestra formación profesional y culminación de la tesis.

Mary Flor Urrutia Tarrillo

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos brindado salud para lograr nuestras metas trazadas.

A nuestra Alma Mater por habernos abierto sus puertas para nuestra formación personal y profesional.

A cada uno de los directivos y docentes de la universidad, quienes nos brindaron sus sabias enseñanzas, conocimientos y experiencias en el transcurso de los cinco años de formación profesional.

De forma especial al profesor Ing. Wilson Gonzales Abanto por su ímpetu en la culminación de la investigación.

Al gerente y colaboradores de la Empresa Gold Fields – Cerro Corona, quienes nos brindaron la oportunidad de realizar y culminar la investigación con éxito.

Dilmer Rodriguez Medina y Mary Flor Urrutia Tarrillo

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. Objetivo general.	17
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. HIPÓTESIS	17
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	18
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
2.1.1. Según su Manipulación de Variable: Pre Experimental	18
2.1.2. Según la Naturaleza de Datos: Cuantitativa	18
2.1.3. Según su Propósito: Básica	18
2.1.4. Materiales:	18
2.1.5. Instrumentos	19
2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	21
2.2.1. Procedimiento	21
2.2.2. Encuesta	22
2.2.3. Análisis de base de datos	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	24
3.1. DIAGNOSTICO ACTUAL DE LA EMPRESA	24
3.1.1. Datos generales de la empresa	24
3.1.2. Descripción General	24
3.1.3. Mapa de procesos	25
3.2. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	30

3.2.1. Análisis del área de molienda de minerales.....	30
3.2.2. Fenómenos.....	30
3.3. DIAGNÓSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.3.1. Proceso Productivo de molienda.....	32
3.3.1.1 Índice de tiempo de paradas correctivas.....	32
3.3.1.2 Tiempo de desgaste de piezas.....	33
3.3.1.3 Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda.....	34
3.3.2. Variable Dependiente: Productividad.....	37
3.3.2.1 Cantidad de consumo de energía.....	37
3.3.2.2 Producción de la maquina.....	38
3.3.2.3 Eficacia de proceso.....	40
3.3.2.4 Eficiencia de proceso.....	40
3.3.3. Productividad.....	40
3.4. RESULTADO DE LOS INDICADORES ACTUALES.....	41
3.5. PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL MOLINO SAG DE LA EMPRESA GOLD FIELDS CERRO CORONA.....	42
3.5.1. Descripción de implementación de la propuesta de mejora.....	42
3.5.2. Uso de liners modernos hechos de Poly-Met.....	61
3.6. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MOLIENDA Y LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA GOLD FIELDS CERRO CORONA.....	65
3.6.1. Nivel de capacitaciones en el trabajo de molienda en los 37 temas a los 47 operarios (Operadores de planta concentradora, Instrumentistas, Mecánicos y Electricistas).....	66
3.6.2. Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda.....	70
3.6.3. Productividad del molino semi autógeno SAG.....	73
3.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE MOLIENDA (MOLINO SAG).....	78
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	89
4.1 DISCUSIÓN.....	89
4.2 CONCLUSIONES.....	91
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variable	20
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: En la presente investigación se ha visto el uso necesario de la encuesta para poder encontrar el nivel de capacitaciones del personal siendo esto una de nuestras variables	21
Tabla 3. Detalles técnicas e instrumentos de recolección de datos: A continuación, se detalla la manera en la manera de utilizar la encuesta, la cual se realiza a los todos los operadores de planta de la empresa Minera Gold Fields	21
Tabla 4. Métodos, instrumentos y procesamientos de análisis de datos	23
Tabla 5. Herramientas empleadas en la investigación: Las herramientas utilizadas en la investigación se muestran a continuación	23
Tabla 6. ¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida molino de SAG?	34
Tabla 7. ¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del Inching drive en Molino SAG?	35
Tabla 8. ¿Usted recibe capacitación permanente?	35
Tabla 9. ¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?	36
Tabla 10. ¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?	37
Tabla 11. Toneladas de Cu por trimestre antes de la propuesta	38
Tabla 12. Productividad del proceso de molienda	40
Tabla 13. Resultado de los indicadores actuales.	41
Tabla 14. Plan de Capacitación	47
Tabla 15. Parámetros del molino SAG	53
Tabla 16. Procedimiento de arranque del molino SAG	54
Tabla 17. Actividades en la planta de procesos	57

Tabla 18. Programa de inspecciones	59
Tabla 19. Inversión en la compra de liners tipo Poly Met	65
Tabla 20. Capacitación de los 20 operadores de planta concentradora.....	66
Tabla 21. Capacitación de los 7 instrumentistas	67
Tabla 22. Capacitación de los 13 mecánicos.....	68
Tabla 23. Capacitación de los 7 electricistas.....	69
Tabla 24. ¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida molino de SAG?	70
Tabla 25. ¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del inching drive en Molino SAG?	71
Tabla 26. ¿Usted recibe capacitación permanente?	72
Tabla 27. ¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?	72
Tabla 28. ¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?.....	73
Tabla 29. Toneladas de Cu por trimestre después de la propuesta	73
Tabla 30. Eficacia del proceso de molienda.....	74
Tabla 31. Eficiencia del proceso de molienda.....	75
Tabla 32. Productividad del proceso de molienda	75
Tabla 33. Matriz de operacionalización de variables antes de la propuesta	76
Tabla 34. Matriz de operacionalización de variables antes y después de la propuesta.....	77
Tabla 35. Mineral bruto.....	78
Tabla 36. Toneladas y Kg de Cu por horas correctivas	78
Tabla 37. Costo promedio ponderado de capital.....	79
Tabla 38. Rentabilidad financiera	79
Tabla 39. Inversión parcial y total por capacitación de operarios.....	80
Tabla 40. Gastos en la compra de Liners tipo Poly Met	82

Tabla 41. Gastos en la compra de medios molidores y cerámicos	82
Tabla 42. Gastos en la compra de lubricación	82
Tabla 43. Gastos en reactivos.....	83
Tabla 44. Gastos en energía eléctrica.....	83
Tabla 45. Gastos en energía eléctrica, sala 23.....	84
Tabla 46. Gastos en voladura	84
Tabla 47. Gastos en carguío, acarreo y acumulación de material	84
Tabla 48. Costos proyectados - Flujo de inversión	85
Tabla 49. Indicadores de ahorro (US\$)	87
Tabla 50. Flujo de caja neto del proyecto	87
Tabla 51. Cálculo del VAN y el TIR	87
Tabla 52. Interpretación de datos	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de procesos de la empresa minera Gold Fields S.A.....	27
Figura 2. Diagrama de actividades del proceso de molienda.....	28
Figura 3. Diagrama de actividades del proceso de molienda.....	29
Figura 4. Diagrama de Pareto.....	32
Figura 5. Tiempo en horas de paradas por trimestre (Año 2019)	32
Figura 6. Número de piezas desgastadas por (Año 2019).....	33
Figura 7. ¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?.....	34
Figura 8. Porcentaje de los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según ¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del Inching drive en el Molino SAG?:	35
Figura 9. Porcentaje de los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según ¿Usted recibe capacitación permanente?	36
Figura 10. Resultados obtenidos de la encuesta realizada a los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona referidos a ¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?	36
Figura 11. Porcentaje de los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según ¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?	37
Figura 12. Empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según potencia consumida de molino SAG (Año 2019)	38
Figura 13. Empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según Tonelaje Histórico (Año 2019).	39
Figura 14. Bajo peso y larga vida útil	63
Figura 15. Revestimiento en el cilindro de molino SAG	64

Figura 16. Resultado de la capacitación a los 20 operadores de planta concentradora de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 16 temas.....	67
Figura 17. Resultado de la capacitación a los 7 Instrumentistas de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 4 temas.....	68
Figura 18. Resultado de la capacitación a los 13 mecánicos de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 10 temas.	69
Figura 19. Resultado de la capacitación a los 7 electricistas de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 7 temas.	70
Figura 20. ¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?.....	71
Figura 21. ¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del Inching drive en el Molino SAG?:	71
Figura 22. ¿Usted recibe capacitación permanente?	72
Figura 23. ¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?	72
Figura 24. ¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?	73
Figura 25. Producción de Cu por el molino SAG – Cerro Corona, después de la propuesta. .	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tiempo de horas correctivas por trimestre y reporte de funcionamiento del molino por cada mes del año 2019	94
Anexo 2. Número de piezas desgastadas durante el año 2019	101
Anexo 3. Instrumento de recolección de datos y base de datos	102
Anexo 4. Validación del instrumento de recolección de datos	104
Anexo 5. Consumo de energía anual y trimestral y consumo de energía por horas correctivas del año 2019	108
Anexo 6. Producción de mineral bruto y Cu del molino SAG (toneladas) - 2019.....	109
Anexo 7. Registro del Plan anual de Capacitación	110
Anexo 8. Programa de inspecciones Plan Anual de Inspección	115
Anexo 9. Chek List.....	116
Anexo 10. Especificaciones técnicas de los liners acero original	118
Anexo 11. Especificaciones técnicas de los liners Poly-Met	119
Anexo 12. Solicitud para el acceso a información para ejecución de tesis	120
Anexo 13. Liners acero puro con fecha de instalación y de retiro del molino SAG minera Gold Fields	121
Anexo 14. especificaciones técnicas del molino (manual)	122
Anexo 15. Relación de TM brutas producidas, con toneladas producidas de concentrado de cobre	123

RESUMEN

La investigación se realizó en la Empresa Minera Gold Fields S.A - Cajamarca, dedicada a la explotación y concentración de cobre y oro. En la presente investigación el objetivo ha sido: Determinar como la mejora del proceso de molienda aumenta la productividad del molino SAG en Minera Gold Fields Cerro Corona, presentando problemas en la productividad por paradas no programadas. La investigación según su manipulación de variable es pre experimental, según la naturaleza de datos es cuantitativa y según su propósito es básica. La población de estudio fueron todos los procesos de molienda de minerales en Minera Gold Fields – Cerro Corona y la muestra fue el proceso de molienda de mineral en molino SAG en Minera Gold Fields – Cerro Corona. Llegando al resultado principal que se obtuvo una mejora en la productividad de un 91%, reflejada en aumento de Cu en 5,180.87 toneladas al año que es equivalente al 2.54% aproximadamente. Llegando a las principales conclusiones: Se evaluó el Proceso de Molienda y la Productividad de la empresa Gold Fields - Cerro Corona y que después de la propuesta planteada se obtuvo un aumento en la productividad de 1,295.22 Toneladas de Cu por trimestre en promedio y que se evaluó económicamente la propuesta de mejora en el proceso de molienda (molino SAG) y al analizar los resultados, se obtuvo una ganancia US\$ 22,451,294.8 dólares al año.

Palabras clave: Proceso de molienda, productividad del molino SAG

ABSTRACT

The investigation was carried out at the Mining Company Gold Fields S.A - Cajamarca, dedicated to the exploitation and concentration of copper and gold. In the present investigation the objective has been: To determine how the improvement of the grinding process increases the productivity of the SAG mill at Mining Gold Fields - Cerro Corona, presenting problems in productivity due to unscheduled stops. Research according to its variable manipulation is pre-experimental, according to the nature of the data it is quantitative and according to its purpose it is basic. The study population was all the mineral grinding processes at Mining Gold Fields - Cerro Corona and the sample was the mineral grinding process at SAG mill at Mining Gold Fields - Cerro Corona. Arriving at the main result, an improvement in productivity of 91% was obtained, reflected in an increase in Cu of 5,180.87 tons per year, which is equivalent to approximately 2.54%. Reaching the main conclusions: The Milling Process and Productivity of the company Gold Fields - Cerro Corona were evaluated and that after the proposed proposal, an increase in productivity of 1,295.22 Tons of Cu per quarter was obtained on average and that was evaluated economically, the proposal for improvement in the grinding process (SAG mill) and when analysing the results, was obtained a profit of US \$ 22,451,294.8 dollars a year.

Keywords: Grinding process, SAG mill productivity

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La realidad actual de las empresas mineras en el mundo, que implementan mejoras en el proceso en el área de molienda de minerales les permite incrementar la productividad de sus recursos. Estas empresas como toda organización moderna se rigen por el principio de la mejora continua, orientados a incrementar la productividad, disminuir los costos de operación y obtener cada vez mayor rentabilidad. Así, en esa línea (Torres V, Guanipa G, y Mijares M, 2017, p. 23) afirman que la productividad comienza con la necesidad de lograr el aprovechamiento de todos los recursos que se utilizan durante el proceso de producción como: materiales, maquinaria, infraestructura, mano de obra, espacios, entre otros, y, obtener una mejora continua que redundará en la competitividad de la organización, incidiendo positivamente en la calidad de servicio, calidad del producto, procesos de fabricación, métodos de trabajo.

Análoga situación se produce en el desarrollo minero en Perú, que ha crecido un 70.6% en el año 2019. Según Ministerio de Energía y Minas (2019) en relación con las mejoras en el proceso en el área de molienda de minerales, que permita incrementar la productividad de plantas concentradoras.

Aguilar (2017) se analizaron durante los últimos 8 años en los Congresos Internacionales de Conminución, donde se presentan avances en el diseño de plantas óptimas para el procesamiento de minerales. Para el entendimiento del criterio de optimización del molino SAG es necesario conocer la capacidad del equipo y realizar de acuerdo con los parámetros de diseño y la filosofía de operación, saber la geometría del molino y todo en función a las variables de operación como la velocidad, el tamaño de las partículas, etc., ya que estos inciden directamente en el consumo de energía y la capacidad del molino.

Según, Muñoz (2019) refiriéndose a las empresas mineras en Arequipa, afirma que estas requieren de muchos servicios externos en todas las áreas de producción, concretamente en los equipos utilizados en conminución, dentro de ellos, en los molinos de bolas utilizados en planta concentradora en minería y su cambio de revestimientos. Los “liners de acero” o revestimientos, que forman parte del molino, actúan como protectores internos, las que a su vez se van desgastando con el tiempo, por el constante impacto interno y las fuerzas existentes entre la carga de mineral y las bolas de acero. Precisamente por este desgaste las empresas mineras se ven en la necesidad de realizar mantenimientos preventivos, los cuales son programados.

Desde la perspectiva de Collantes (2017), en la actualidad, la mayoría de las empresas mineras en Perú adoptan una gestión de mantenimiento, que permite alcanzar un grado de confiabilidad en los equipos y máquinas, conformado por acciones correctivas para mantener los estándares de la producción en los niveles deseados. Señala que en Perú normalmente las organizaciones extractoras de minerales dejan a un lado el mantenimiento como tal, les importa más producir y producir sin tomar en cuenta el desgaste en las maquinarias al ser forzadas diariamente a cumplir con el pedido solicitado, explotan todos los recursos posibles para crear dividendos a los directivos de las organizaciones y no piensan en conservar la vida útil de las máquinas a través de un mantenimiento.

En relación con lo anterior, tras varios períodos de crecimiento económico, la capacidad de generación de bienestar económico ha sufrido una considerable baja debido a una situación multifactorial, traducido en una menor productividad, lo que ha generado una gran preocupación por parte de las empresas mineras.

Zavaleta (2018), quién sostiene que las empresas de sector son muy competitivas con unos elevados estándares de trabajo, así como también exigentes en la productividad de todas

las áreas involucradas, por lo que nace una preocupación en las jefaturas de cada proceso el de elevar los indicadores de productividad.

En la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona, no es ajena a estas situaciones presentando graves problemas en el área de molienda con la producción del molino (SAG), no permitiendo lograr el tonelaje óptimo, siendo deficiente en la producción. Actualmente existe incertidumbre con la mineralogía, presentándose minerales competentes (difíciles de procesarlos), con índice de dureza y granulometría muy alta, por tal efecto incumple el tonelaje requerido, por mayor residencia del mineral en el interior del molino, no logrando evacuar la carga fluidamente. y en consecuencia genera pérdida en la producción, incremento notable de la potencia (consumo de energía), desgaste excesivo de liners y medios de molienda.

Además, existe un plan de mantenimiento preventivo, pero carece de diversas actividades que integren una adecuada gestión de mantenimiento, que permita controlar, planificar, y efectuar ya que viene presentando paradas del molino (SAG) no programadas, debido a la presencia de averías, fallas en el molino, a causa de un mal control en la operación del molino. Siendo estos problemas principales que repercute en los indicadores de producción y eficiencia. Se busca predecir los inconvenientes antes que ocurra, y así elevar la eficiencia y eficacia del molino, para generar aumento de productividad.

El proceso de molienda de mineral, es la reducción de tamaño de las rocas mineralizadas de manera que sea adecuado hasta 150 micras, y pase a la siguiente etapa de procesamiento de dicho mineral. Aquima Ccorri,(2017), afirma que la molienda por lo general se realiza cuando el material está formado una pulpa con agua. La molienda es un proceso de reducción, utilizando las fuerzas mecánicas de impacto, comprensión, corte y frotamiento de la roca.

Tejada (2017, p. 24). La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados, se define como el uso eficiente de recurso, diversos bienes y servicios.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de propuesta de mejora del proceso de molienda aumenta la productividad del molino (SAG) en Minera Gold Fields - Cerro Corona?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar la propuesta de mejora del proceso de molienda para aumentar la productividad del molino SAG en Minera Gold Fields Cerro Corona.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de molienda y la Productividad del Molino SAG en la empresa Gold Fields Cerro Corona.
- Proponer y elaborar la propuesta de mejora para aumentar la productividad en el Molino SAG de la Empresa Gold Fields Cerro Corona.
- Evaluar el Proceso de Molienda y la Productividad de la empresa Gold Fields Cerro Corona después de la propuesta del plan capacitación, plan de inspección y cambio de liners de acero a los de tipo Poly Met.
- Evaluar económicamente la propuesta de mejora en el proceso de molienda (molino SAG).

1.4. Hipótesis

El diseño de propuesta de mejora del proceso de molienda aumentará la productividad en el molino SAG en la empresa Minera Gold Fieles-Cerro Corona

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según su Manipulación de Variable: Pre Experimental

Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente la variable independiente, ni se utiliza el control de la máquina, además se tiene una sola muestra, porque consiste una investigación con propuesta, ya que se trabaja con variables concretas. (Haidi Annys, 2017).

2.1.2. Según la Naturaleza de Datos: Cuantitativa

Se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición. Esto porque permitió un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis. (Panzarelli R, 2018)

2.1.3. Según su Propósito: Básica

Esto debido a que la investigación tiene por finalidad la obtención de conocimientos de diferente índole. Odón (2017) Afirma que incrementar los anuncios de la investigación que pretende generar conocimiento sin priorizar su utilidad y aplicación a corto plazo. Busca el saber por la necesidad de conocer del tema

La investigación básica o fundamental busca el conocimiento de la realidad o de los fenómenos de la naturaleza, para contribuir a una sociedad cada vez más avanzada y que responda mejor a los retos de la humanidad. (Daniela, 2018)

2.1.4. Materiales:

Los materiales requeridos para el desarrollo del presente estudio fueron los siguientes:

- Literatura vinculada a las propuestas de mejora en la cadena productiva de empresas relacionadas al rubro.
- Computadora personal portátil con software apropiado para el procesamiento de datos.

- Papel, lapiceros, cuadernos de apuntes y otros artículos de escritorio para la redacción del informe final
- CD, USB, para al almacenamiento de la información de forma electrónica
- Engrapador, perforador, Folder.
- Impresora, tóner.
- Lapiceros y lápices, correctores y resaltadores.

2.1.5. Instrumentos

Las Tablas 1, 2 y 3, muestra las técnicas e instrumentos que son necesarios a utilizar para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos. Se muestra además los indicadores que se utilizarán para poder dimensionar las oportunidades de mejora y el posterior control luego de implementar las propuestas de mejora al proceso de molienda de minerales.

Tabla 1
Matriz de operacionalización de variable

Variables	Definición de variable	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Independiente Proceso de molienda.	Secuencia metódica de actividades que consta de molienda primaria y secundaria en húmedo, para reducir el tamaño óptimo de la partícula y pase a la siguiente área de flotación.	Índice de tiempo de paradas	$\frac{\text{Tiempo total de operacion}}{\text{Tiempo de paradas}} \times 100\%$	% de disponibilidad
		Tiempo de desgaste de piezas	$\frac{\text{Horas trabajadas piasas}}{\text{Vida util de piezas}}$	horas
		Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda	$\frac{\text{Numero de personas capacitadas}}{\text{Total de personas}}$	Personal capacitado
Dependiente Productividad	Relación entre lo producido y recursos empleados	Cantidad de consumo de energía	$\frac{\text{Producción}}{\text{Consumo de energia del molino}}$	Kw-h/t
		Producción de la maquina	$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Ciclo de producción}}$	Ton/Trim.
		Eficacia de proceso	$\frac{\text{Toneladas de Cu producidas antes de la propuesta}}{\text{Toneladas de Cu producidas después de la propuesta}}$	%
		Eficiencia de proceso	$\frac{\text{Horas utilizadas máquina actual}}{\text{Horas utilizadas máquina actual + horas correctivas}}$	%

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: En la presente investigación se ha visto el uso necesario de la encuesta para poder encontrar el nivel de capacitaciones del personal siendo esto una de nuestras variables

Método	Fuente	Técnica
Cuantitativa	Primaria	Encuesta
Cuantitativa	Primaria	Análisis de base de datos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

Detalles técnicas e instrumentos de recolección de datos: A continuación, se detalla la manera en la manera de utilizar la encuesta, la cual se realiza a los todos los operadores de planta de la empresa Minera Gold Fields

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicación en
Encuesta	Permitirá obtener información sobre cuanto conocen los procesos y actividades actuales en el área de molienda	Guía de encuesta Lapicero Cámara	Operadores
Análisis de base de datos	Obtener la data de la base de datos histórica del proceso del molino SAG	Registros del historial de la base de datos.	Recopilación de data Molino SAG

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 3, nos permite verificar el análisis de los datos para una toma decisiones adecuadas

2.2.1. Procedimiento

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizará los siguientes métodos: Para el levantamiento de información primaria se realizará la encuesta, análisis de base de datos, con la aplicación de los instrumentos de cada uno de los métodos a desarrollar: guía de encuesta, registros de base de datos historiales del software de tv de la empresa minera, el desarrollo de los instrumentos nos permite recabar información primaria según necesidades de la investigación.

2.2.2. Encuesta

Elaboración de la encuesta:

Los investigadores harán una encuesta, la cual será aplicada directamente a los 47 operarios que trabajan en el área de producción de la empresa Minera Gold Fields, la encuesta está compuesta por 5 preguntas que conlleva a determinar una de nuestras variables que hace referencia sobre el nivel de capacitación de los operarios.

Orden de la encuesta:

- Coordinación con el Superintendente de Gold Fields – Cerro Corona, para coordinar la programación de la aplicación de la encuesta.
- La encuesta se aplicará a los operarios que intervienen directamente en la operación del molino SAG con el fin de conocer la información de sus actividades y preparación en la operación.
- Hacer de conocimiento al Gerente de Operaciones para que comunique a los operarios para la ejecución de la encuesta.
- La encuesta tendrá una duración de 20 minutos aproximadamente.
- Registrar la información obtenida a la data.

2.2.3. Análisis de base de datos

El análisis de datos en la actualidad permite a las organizaciones poder realizar el proceso de toma de decisiones basado en datos históricos de la empresa Minera. El análisis de datos se distingue de la extracción de datos por su alcance, su propósito y su enfoque sobre el análisis.

Este análisis permitirá obtener gráficos de tendencias, gráficos de barras, mediante el software Excel, para ello se debe tener la siguiente secuencia:

- Revisar la información documentaria inherente al proceso de producción del molino SAG, así como registros de producción, consumo de energía, desgastes de piezas, índice de paradas de los datos históricos con los que cuenta la empresa

- Analizar los datos después de haber realizado la revisión de registros, se procede a organizarlos utilizando estadística descriptiva, se utilizarán métodos que permitieron optimizar los procesos de producción, como son Ishikawa, Pareto entre otros.
- Solicitar permiso a través de correos electrónicos al Gerente y Superintendente de procesos de la empresa, brindar facilidades para poder tener acceso a sus registros de producción mediante ello se analiza y desarrolló la propuesta de mejora.

Tabla 4

Métodos, instrumentos y procesamientos de análisis de datos

Indicador	Método	Instrumento
Índice de tiempo de paradas	Historial, registro de base de datos	Excel
Tiempo de desgaste de piezas	Análisis de datos	Excel
Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda	Proceso estadístico	Recopilación de información
Materia prima	Análisis de base de datos	Excel
Cantidad de consumo de energía	Análisis de base de datos	Excel
Producción de la maquina	Análisis de base de datos	Excel
Eficacia de proceso	Análisis de base de datos	Excel
Eficiencia de proceso	Análisis de base de datos	Excel

Fuente: elaboración propia

Tabla 5

Herramientas empleadas en la investigación: Las herramientas utilizadas en la investigación se muestran a continuación

INSTRUMENTOS	JUSTIFICACION
Microsoft Office Word	Ayudará a redactar la investigación.
Microsoft Office Excel	Permitirá procesar los cuadros y/o tablas para el respectivo registro de la investigación.
Microsoft Power Point	Permitirá elaborar las diapositivas para la presentación de la investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnostico actual de la empresa

3.1.1. Datos generales de la empresa

- **Razón Social:** Minera Gold Fields Perú S.A.
- **RUC:** 20348535685
- **Actividad económica:** Extracción de otros minerales metalíferos no ferrosos
- **Representante Legal:** Cortez Febres Jaime Arturo
- **Ubicación:** Minera Gold Fields Perú S.A. tiene domicilio fiscal en Av. El Derby Nro. 055 Inti. 301 (Torre 1 Oficina 301) Lima - Lima - Santiago De Surco, sus operaciones se realizan en la provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, Comunidad Campesina El Tingo, Anexo Predio La Jalca, Caseríos Complace y Pilancones. El área de influencia directa del proyecto abarca a la Comunidad Campesina El Tingo, incluido su Anexo el Predio La Jalca, conformado por los caseríos de Pilancones, Coimolache y el Centro Poblado Urbano de Hualgayoc.

3.1.2. Descripción General.

Minera Gold Fields Perú S.A. se dedica a la explotación y concentración de cobre y oro, la empresa minera tiene la aceptación de la población, debido a las obras que gestiona en beneficio a la comunidad, así como la generación de puestos de trabajo.

Minera Gold Fields Perú S.A es una empresa de origen sudafricano de clase mundial y tiene una producción anual aproximada de 2.2 millones de onzas de oro a través de sus siete operaciones mineras en tres países: Sudáfrica (South Deep), Ghana (Tarkwa, Damang), Australia (Agnew Law lers, St. Ives, Granny Smith) y en el Perú (Cerro Corona).

En el Perú, opera la mina Cerro Corona, la cual se inició a mediados de 2008 una de cinco operaciones mineras de cobre y oro más reconocidas del país.

El yacimiento de la operación minera Cerro Corona consiste en una mineralización de cobre primario enriquecido en oro, que se encuentra en vetas, fracturas, rocas huésped de

pórfido de diorita, y en cuerpos intrusivos de la misma sobre sedimentos calcáreos y caliza. Además, posee una zona desarrollada, aunque menos significativa, de cobre oxidado y cobre enriquecido con mineralización supe génica en la superficie. Análisis de microscopía indica una mineralización de cobre débil moderada, la cual está asociada con piritita y marcasita.

El método de explotación usado es el de voladura, el mineral extraído es depositado en la cancha de mineral y alimentado a la planta concentradora, la cual, cuenta con un sistema de varias etapas en las cuales se recupera el cobre y oro por procesos de chancado, molienda y flotación.

3.1.3. Mapa de procesos

El presente mapa de procesos de la empresa minera Gold Fields S.A. que se muestra en la Figura No 1 está estructurado por proceso estratégico, proceso operativo y proceso de soporte.

En cuanto al proceso estratégico está vinculado al ámbito de las responsabilidades de la dirección: gestión general que está conformada planificación, gestión administrativa gestión de calidad en la producción, y lo último en almacenamiento y despacho. Estos tienen la función principal y dirección de los procesos estratégicos.

En el proceso operativo los procesos están relacionados primera fase o área para obtener el producto final. Donde el mineral ingresa áreas de reducción de tamaño (chancado, luego pasa al proceso de molienda, flotación, espesamiento, filtrado, luego pasa a la pasa fase final.

Proceso de Soporte tenemos Salud Ocupacional y Seguridad, Logística, Producción, Laboratorio Metalúrgico, Mantenimiento y Control de Calidad. Los procesos de soporte tienen la función principal de sustentar principalmente los procesos operativos que se ha mencionado anteriormente. Asimismo, está relacionado con procesos vinculados a los recursos y prestación de servicios internos y externos.

a) Proceso productivo

La unidad minera Cerro Corona produce concentrado de cobre que contiene partículas de oro mediante métodos convencionales de explotación a tajo abierto y tratamiento de minerales de sulfuros mediante la extracción por flotación de concentrado, que posteriormente transporta en camiones hasta el puerto de Salaverry, para enviarlos a fundiciones de Asia y Europa por vía marítima.

b) Planta concentradora

Planta concentradora que recupera minerales sulfurados de cobre por flotación y comercializarlos bajo la modalidad de concentrados. El desarrollo del proyecto comprendió la construcción de una planta concentradora para procesar sulfuros de cobre con contenido de oro, con una capacidad de procesamiento de 775 ton de mineral por hora, mediante las etapas de trituración o chancado, molienda, flotación, espesamiento y filtrado y almacenamiento temporal de concentrados. La planta consta de seis secciones claramente definidas:

- Área de Chancado.
- Área de Molienda.
- Área de Flotación.
- Área de Espesamiento y Relaves.
- Área de Filtrado.
- Área de Almacenamiento y Despacho.

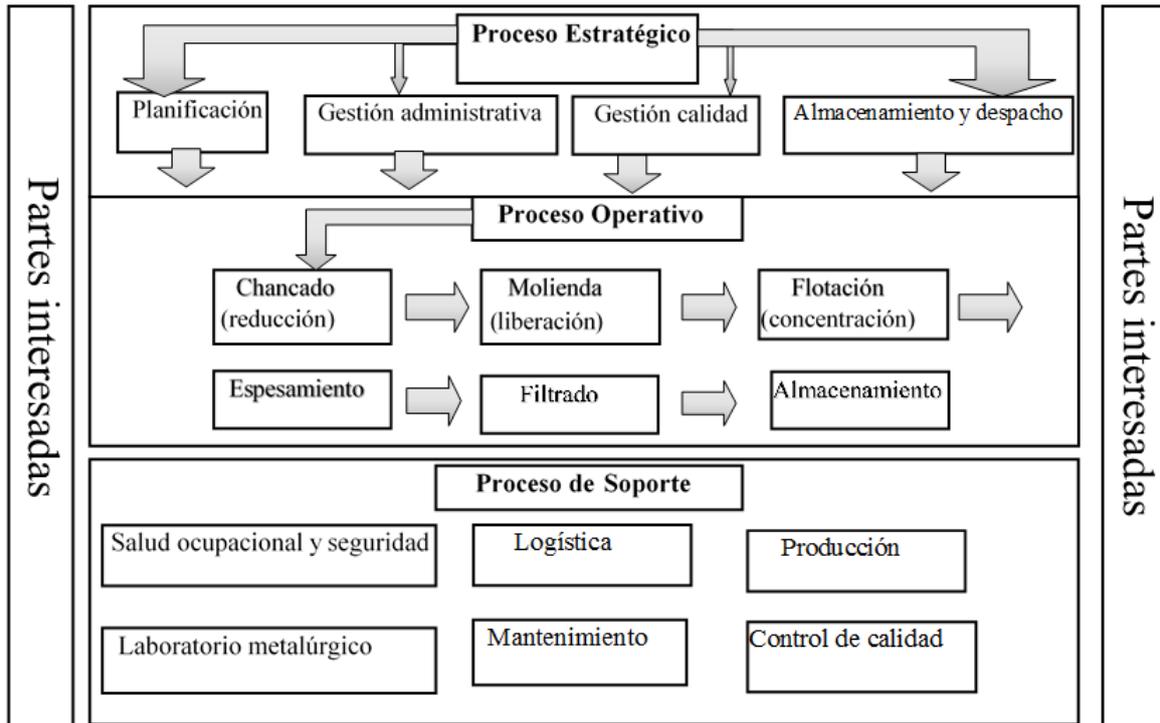


Figura 1. Mapa de procesos de la empresa minera Gold Fields S.A

c) Diagrama de procesos

En el diagrama de procesos del área de molienda de minerales nos muestra la ruta cronológica, de las actividades en el proceso, y los equipos que se usan para el proceso de reducción de tamaño del mineral. En donde nos muestra, las inspecciones, el transporte, las demoras, las que se realiza durante el proceso.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO – MOLIENDA DEL MINERAL

FECHA DE ELABORACIÓN: 08/02/2020 SUBÁREA DE PRODUCCIÓN Molienda MÉTODO REALIZADO: DOP
 EMPRESA: Gold Fields la cima S.A PRODUCTO: Concentrado de cobre ELABORADO POR: Rodríguez Medina, Dilmer
 Urrutia Tarrillo, Mary Flor.
 ÁREA DE PRODUCCIÓN: Planta de procesos NÚMERO DE DIAGRAMA: 20 REVISADO POR: Gonzales Abanto, Wilson

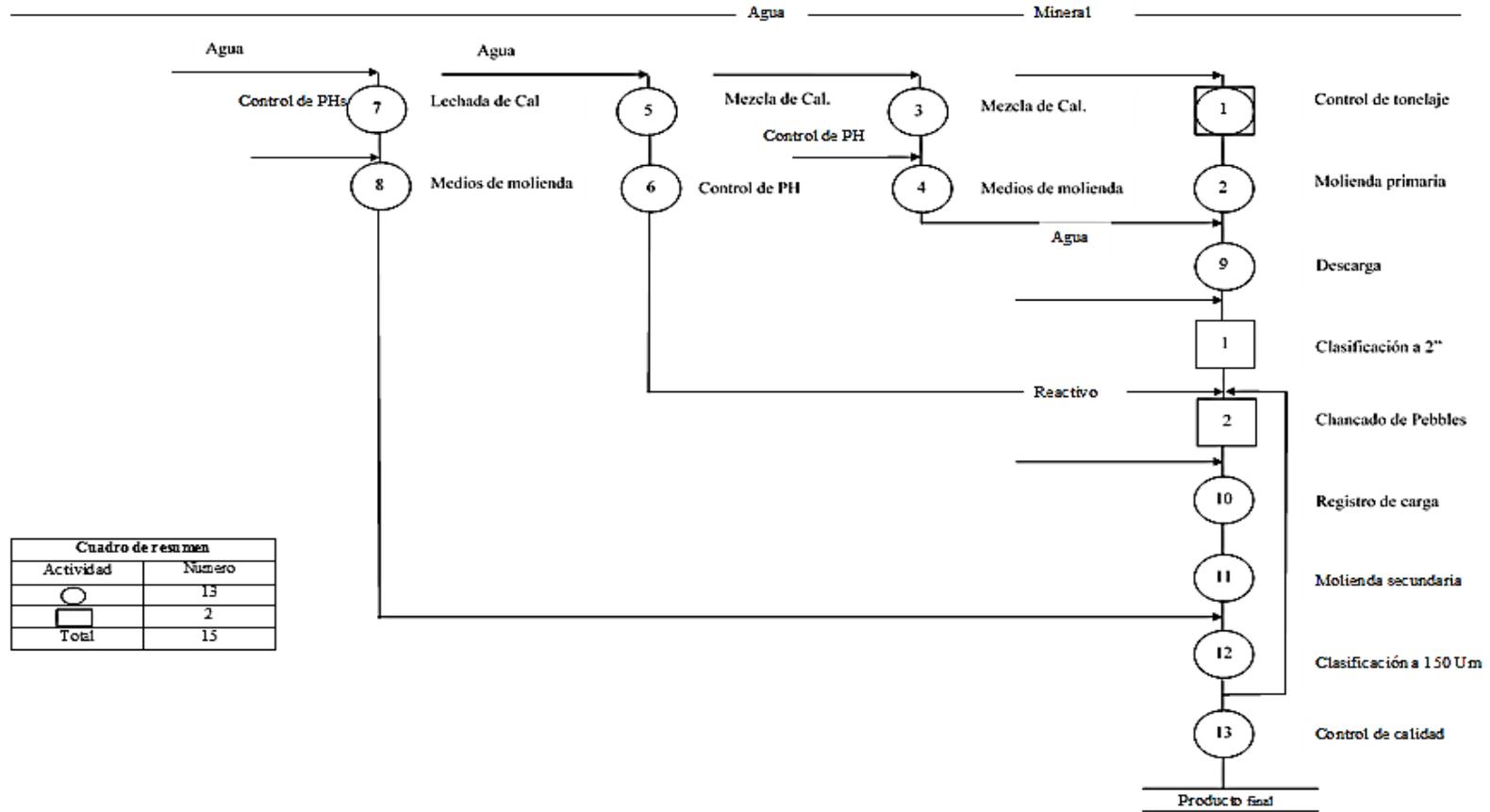


Figura 2. Diagrama de operaciones del proceso de molienda

Operario/Material/Equipo			
Diagrama N°: 01 Hoja N°: 01	Resumen		
Objeto: Molienda del mineral	Actividad	Actual	Propuesta
Actividad: Reducción de partículas.	Operación	7	/
	Transporte	3	
	Espera	2	
	Inspección	3	
Método: Actual/Propuesto	Almacena	1	
	Distancia (m)		
Lugar: Hualgayoc	Tiempo (min)		
Operarios(as): Varios N°: 47	Costo		
	M obra		
Compuesto por: Dilmer/Flor Fecha: 08/02/2020	Material		
	Aprobado por: Wilson Gonzales Fecha: 18/08/2020	Total...	16
			0

Descripción	d (M)	t (Min)	○	⇒	◐	◑	▽	Descripción
1. Transporte	300	2		●				En faja
2. Control granulométrico		3	●					Con Setting (menor a 6" de roca)
3. Control de tonelaje			●					Balanza en línea
4. Alimentación		3		●				Faja transportadora
5. Trituración por impacto			●					Velocidad del Molino (rpm)
6. Trituración por cascada			●					Velocidad del Molino (rpm)
7. Trituración por catarata			●					Velocidad del Molino (rpm)
8. Control de velocidad					●			Manual y automático
9. Muestreo		5			●			Balanza electrónica
10. Clasificación						●		Con Tromel
11. Inspección		1				●		Visual y en el laboratorio
12. Recepción					●			Cajón de 20000 m ³
13. Bombeo			●	●				Con bombas centrífugas
14. Monitoreo		3	●					
15. Control de calidad		1				●		Muestreador en línea con Outotec PSI 300I
Total	300	18	7	3	2	3	1	

Figura 3. Diagrama de actividades del proceso de molienda

Fuente: Elaboración propia

3.2. Diagnóstico del área de estudio

3.2.1. Análisis del área de molienda de minerales.

Para analizar el problema en el proceso de molienda de mineral en el molino SAG, se realizó mediante el diagrama de Pareto, el cual se muestra en la Figura 4, se colocaron todos los principales factores que influyen en baja productividad.

De acuerdo con el proceso de molienda del mineral, en el molino SAG existen diferentes factores de operación que presentan el mayor problema de producción, si no se tiene un control óptimo, de estos factores se incurrirá en altos índices de consumo de energía por toneladas procesada, y que al presentar problemas se traduce en pérdidas económicas.

3.2.2. Fenómenos

- a. **Tiempo de paradas:** Detenciones del molino por mala operación y el mantenimiento afectando directamente en la producción.

Causas

- Personal no capacitado
- Falta de lubricación a puntos esenciales
- Detenidas de bomba de lubricación por bajo y alto presión de aire, lubricación
- Detenida por falta de calibración a los sensores de flujo de lubricación
- Detenida por filtros de aceite sucios

- b. **Desgaste de piezas:** Por mala operación impacta directamente en el incremento de desgastes en los revestimientos, medios de molienda.

Causas

- Liners de mala calidad
- Mineral agresivo

- c. **Capacitación del personal:** Los operadores del molino algunos desconocen el funcionamiento del molino

Causas

- Personal no capacitado, en operación del molino, en parámetros y variables y uso del Inching Drive.

d. Consumo de energía: Se incrementa la potencia eléctrica por mala operación, o por una inadecuada estrategia o decisión en la operación

Causas

- Alta presión en los descansos del molino
- Liners muy pesantes
- Mineral muy duro

e. Producción de la maquina: En el tonelaje que se está procesando hay fluctuaciones, no hay un control estable en tonelaje de alimentación.

Causas

- Paradas por diferentes fallas correctivas
- Paradas por falta de capacitación al personal

Según la figura 4, se observa los factores más relevantes que influyen en la productividad del Molino SAG, resaltando la, tiempos de parada, desgaste de piezas y personal no capacitado. Estos factores representan el **80%** del total causas que generan problemas en el proceso de molienda de mineral en la empresa.

DIAGRAMA DE PARETO

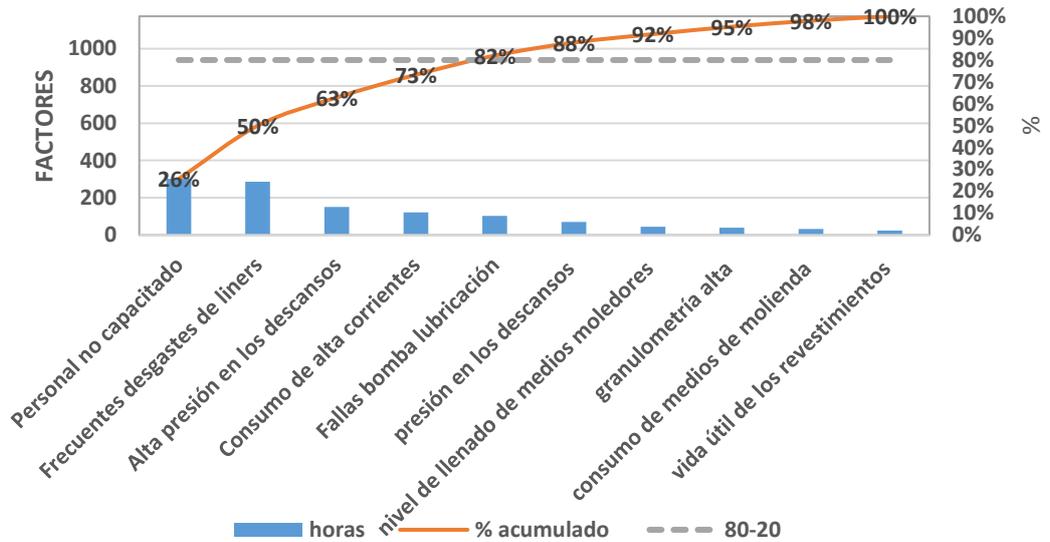


Figura 4. Diagrama de Pareto.

3.3. Diagnóstico de la Investigación

3.3.1. Proceso Productivo de molienda.

3.3.1.1 Índice de tiempo de paradas correctivas

Representa el número total de horas, “paradas” del molino por una mala operación y el mantenimiento. Es la suma de todas las horas de parada que ha sufrido un determinado ítem en el periodo analizado. (Albornoz, 2018)

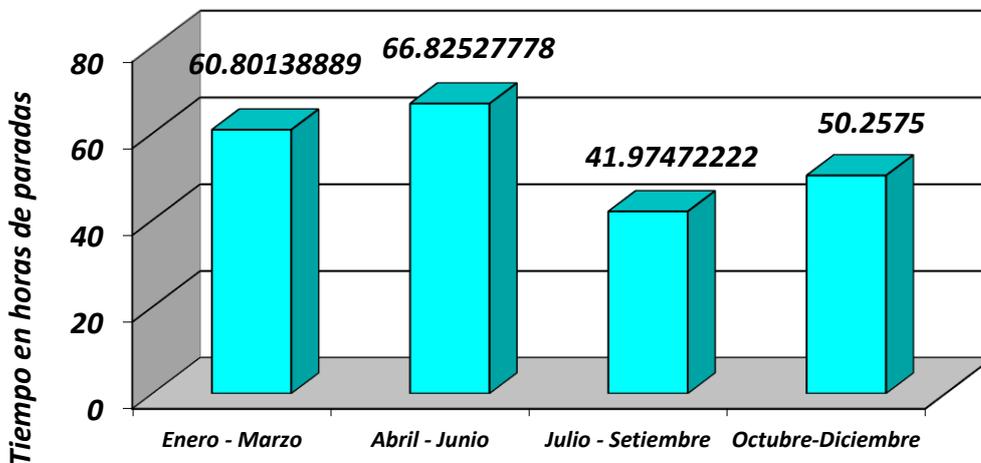


Figura 5. Tiempo en horas de paradas por trimestre (Año 2019)

En la figura 5 se realizó la gráfica según data histórica (ver anexo N° 01) proporcionada por el departamento de operaciones de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona, se observa que el primer trimestre registra 60.8 horas en el segundo trimestre correspondiente a los meses de abril a junio es el que tiene 66.82 horas y el tercer trimestre tiene el menor número de horas paradas de 41.94, junto con el cuarto trimestre que es de 50.2575 horas, en el año 2019.

3.3.1.2 Tiempo de desgaste de piezas

Es el periodo de desgaste por la operación diaria del molino, impactando directamente en el incremento de desgastes en los revestimientos, medios de molienda. (Albornoz, 2018)

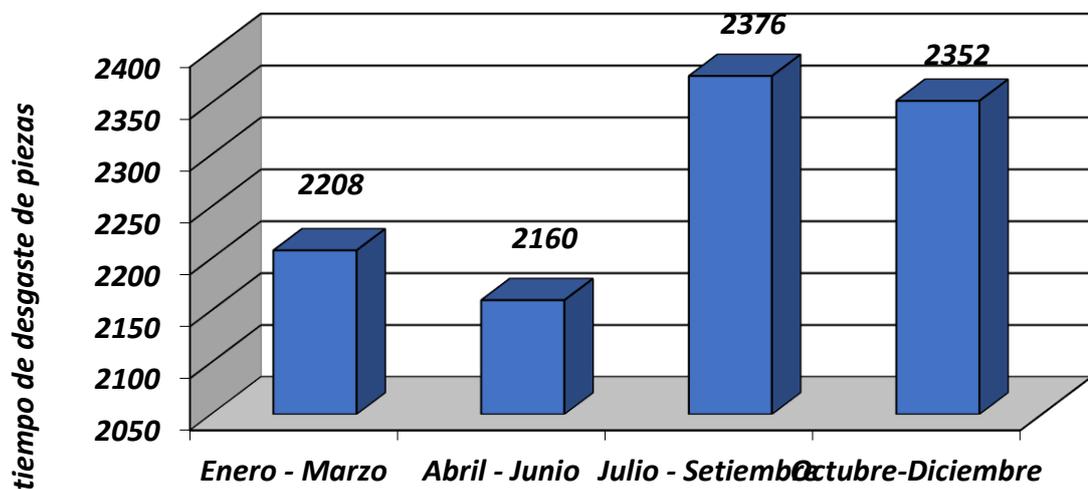


Figura 6. Tiempo de desgaste de piezas hora (Año 2019).

En la Figura 6 se realizó la gráfica según data histórica (ver anexo N° 13) proporcionada por el departamento de operaciones de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona, de la data En la figura 6 se observa que existió la durabilidad de 2208 horas en el Primer Trimestre año 2019 (enero a marzo), 2160 hora en el segundo Trimestre Año 2019 (abril a junio), 2376 hiras en el tercer trimestre año 2019 (Julio a Setiembre), 2352 horas en el cuarto trimestre año 2019 (octubre a diciembre).

3.3.1.3 Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda

Proceso a través del cual se actualizan y desarrollan conocimientos, habilidades y actitudes para el mejor desempeño de una función laboral. Constituyendo un conjunto de aprendizaje, procedimientos. (Sánchez, 2017)

La encuesta realizada a todos los 47 operadores de la empresa Minera Gold Fields (Ver Anexo N° 03) se obtuvo el nivel de conocimiento de los trabajadores la operación del Molino SAG, con la información obtenida en la encuesta aplicada a los trabajadores se obtuvo la tabla 6.

Tabla 6

¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida molino de SAG?

<i>Pregunta 01</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	28	59.57
<i>No</i>	19	40.43
Total	47	100.00

Resultados obtenidos de la encuesta Aplicada a los 47 colaboradores que operan el molino SAG de la empresa Minera Gold Fields S.A

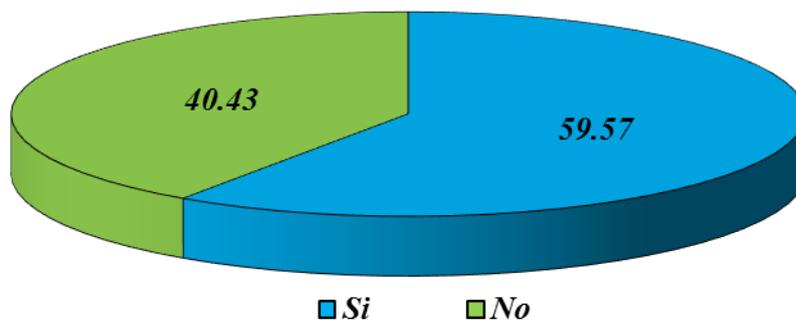


Figura 7. *¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?*

En la Tabla 6 y Figura 7 se muestra el resultado obtenido de la encuesta aplicada a los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona se aprecia que el 40.43% de los trabajadores desconocen el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG; esto precisa que los trabajadores no están siendo capacitados antes de operar el molino SAG.

Con la información obtenida en la Encuesta aplicada a los trabajadores de la empresa

Minera Gold Fields Cerro Corona, (Anexo 4) se obtuvo la tabla 7

Tabla 7

¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del Inching drive en Molino SAG?

<i>Pregunta 02</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	29	61.70
<i>No</i>	18	38.30
Total	47	100.00

Encuesta aplicada a los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields S.A. para conocer si ellos saben cómo se realiza la operación de uso del Inching Drive en el molino SAG.

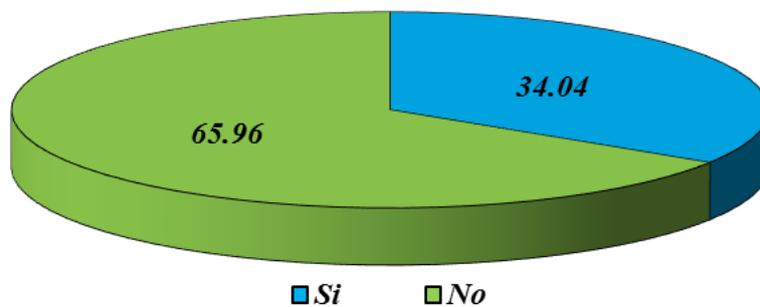


Figura 8. Porcentaje de los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según *¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del Inching drive en el Molino SAG?:*

En la Tabla 7 y Figura 8 se aprecia que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 65.96% precisa que no conocen como se realiza la operación de uso del Inching Drive.

Con la información obtenida en la Encuesta aplicada a los trabajadores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona, (Anexo 4) se obtuvo la tabla 8.

Tabla 8

¿Usted recibe capacitación permanente?

<i>Pregunta 03</i>	<i>Fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	24	51.06
<i>No</i>	23	48.94
Total	47	100.00

Según la Encuesta Aplicada (Anexo 4) a los colaboradores que operan el molino SAG de la empresa Minera Gold Fields S.A., sobre las capacitaciones que reciben

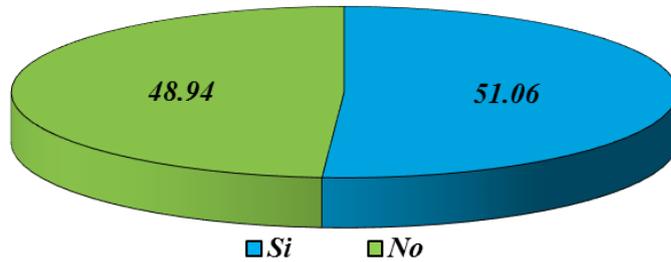


Figura 9. Porcentaje de los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según ¿Usted recibe capacitación permanente?

En la Tabla 8 y Figura 9 se aprecia que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 48.94 % manifiesta que no recibe capacitaciones permanentes.

Tabla 9

¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?

<i>Pregunta 04</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	22	46.81
<i>No</i>	25	53.19
Total	47	100.00

Encuesta Aplicada a los colaboradores que operan el molino SAG de la empresa Minera Gold Fields S.A para conocer si reciben capacitación sobre los parámetros y variable operacionales del molino SAG.

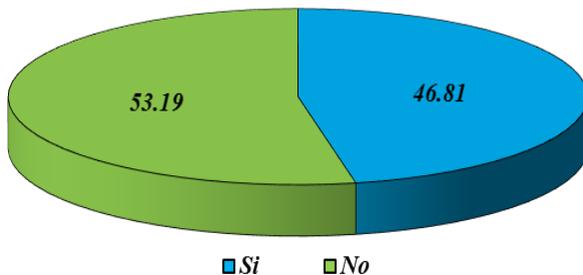


Figura 10. Resultados obtenidos de la encuesta realizada a los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona referidos a ¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?

En la Tabla 9 y Figura 10 se aprecia que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 53.19 % manifiesta que no recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG.

Tabla 10

¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?

<i>Pregunta 05</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	25	53.19
<i>No</i>	22	46.81
Total	47	100.00

Encuesta Aplicada a los colaboradores que operan al molino SAG de la empresa Minera Gold Fields S.A.

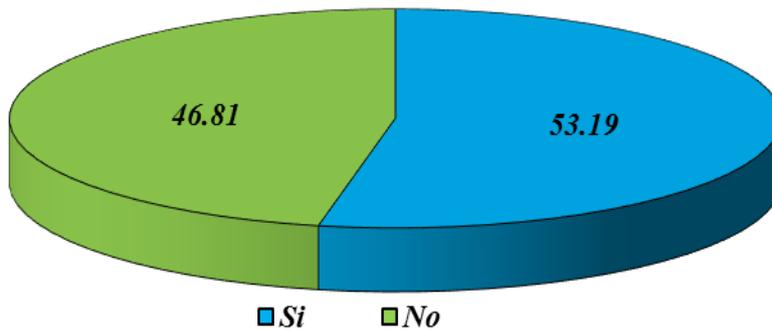


Figura 11. Porcentaje de los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según *¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?*

En la Tabla 10 y Figura 11 se puede apreciar que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 46.81% manifiesta que no recibe capacitaciones técnicas y profesiones del molino SAG.

3.3.2. Variable Dependiente: Productividad

3.3.2.1 Cantidad de consumo de energía

Mide la cantidad de energía consumida en un tiempo determinado, expresada como potencia x tiempo. Con respecto al consumo específico de energía de cada una de las operaciones unitarias, el molino SAG y el molino de bolas son los que presentan mayor consumo de energía de la planta, por tonelada tratada (Alarcón Solís , 2019, págs. 4, 5)

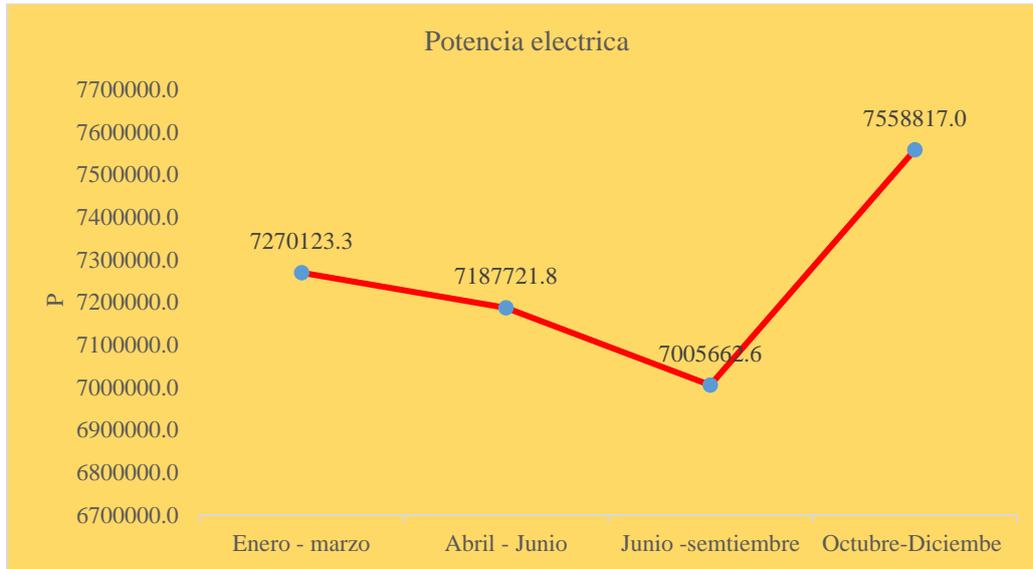


Figura 12. Empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según potencia consumida de molino SAG (Año 2019)

En la figura 12 se realizó la gráfica según data histórica proporcionada por el departamento de operaciones de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona, de la potencia eléctrica del molino (Año 2019), donde se puede apreciar que en el primer trimestre del año 2019 se obtuvo un consumo de 7270123.3 y el último trimestre 2019 del año 2019 un consumo de 7558817.0 watts. (Ver anexo N° 04).

3.3.2.2 Producción de la maquina Cu

Es la cantidad de unidades producidas en un periodo de tiempo, producción a cualquier tipo de actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios. En tanto la producción es un proceso complejo, requiere de distintos factores. (Farías **Ochoa**, 2019, pág. 34). La relación para obtener una tonelada de cobre se tiene que procesar 43 TM de mineral bruto para obtener una tonelada de cobre, ver anexo 15.

Tabla 11
Toneladas de Cu por trimestre antes de la propuesta

TRIMESTRE	Ton. Cu/Trimestre
Enero - Marzo	51,300.00
Abril - Junio	56,993.05
Julio - Septiembre	56,679.76
Octubre-Diciembre	57,818.76

Fuente: Elaboración propia

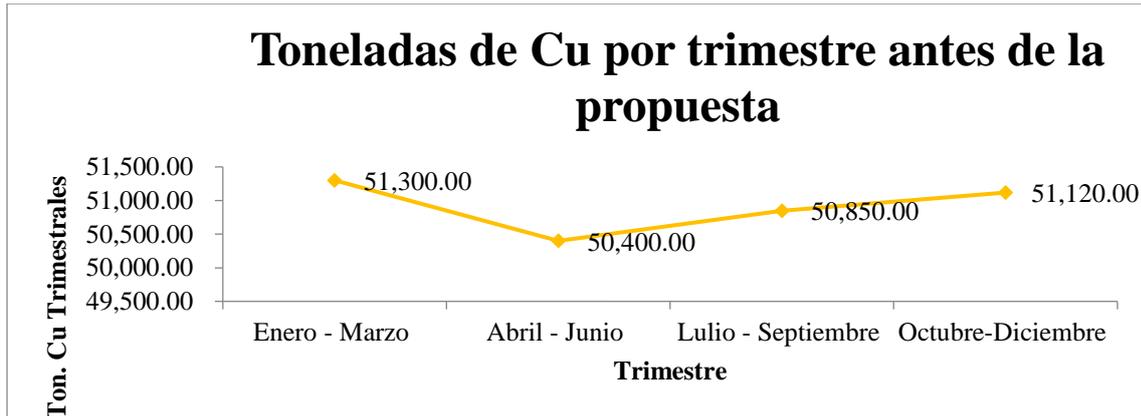


Figura 13. Empresa Minera Gold Fields Cerro Corona según Tonelaje Histórico (Año 2019).

En la Figura 13 se realizó la gráfica según data histórica (Anexo N° 05) proporcionada por el departamento de operaciones de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el tonelaje histórico trimestral (Año 2019) se observa que ha variado de 51,300.00 a 57.818.76 toneladas de Cu durante los 4 trimestres.

3.3.2.3 Eficacia de proceso

"Actuación para cumplir los objetivos previstos". Consiste en alcanzar las metas establecidas en la empresa. (Huamán Diaz , 2019, p. 43).

La eficiencia del proceso de molienda a través del molino SAG, por datos proporcionados por la empresa, siendo el primer trimestre de menor performance (89%), el cuarto trimestre bordea el (94%), por lo que estamos hablando de un promedio para el año 2019 de 91% de eficacia.

3.3.2.4 Eficiencia de proceso

Se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recursos. Obsérvese que el punto clave en esta definición es ahorro o reducción de recursos al mínimo (Huamán Diaz , 2019, p. 43)

La eficiencia del proceso de molienda a través del molino SAG, en un promedio para el año 2019 fue de 94%.

3.3.3. Productividad

Productividad es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. (Chon Torres , 2019, p. 84)

Tabla 12
Productividad del proceso de molienda

PRODUCTIVIDAD			
EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD	%
0.91	0.94	0.86	86%

Fuente. Elaboración propia

La productividad en el molino SAG en el proceso de molienda, en función a la eficiencia y eficacia, siendo el promedio (83%) de productividad.

3.4. Resultado de los indicadores actuales.

Tabla 13

Resultado de los indicadores actuales.

VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Actuales	Interpretación
Variable Independiente - Proceso de molienda.	Índice de tiempo de paradas	$\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Tiempo de paradas}} \times 100\%$	% de disponibilidad	219.86 horas	El molino SAG tuvo 219.86 horas de parada por horas correctivas al año.
	Tiempo de desgaste de piezas	$\frac{\text{Horas trabajadas piezas}}{\text{Vida útil de piezas}}$	Horas	2,274 horas.	Desgaste de piezas (liners) es de 2,274 horas de durabilidad en promedio
	Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda	$\frac{\text{Numero de personas capacitadas}}{\text{Total de personas}}$	Personal capacitado	51.06 %	El nivel de capacitaciones del personal es del 50% en promedio.
Variable Dependiente - Productividad	Cantidad de consumo de energía	$\frac{\text{Producción}}{\text{Consumo de energía del molino}}$	Kw-h/t	7,255,580.68 kw	El molino SAG consume un promedio de 7,255,580.68 Kw por trimestre
	Producción de la maquina	$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Ciclo de producción}}$	Cu/Trim.	50,917.50	La producción del molino SAG trimestralmente es de 50,917.50 ton de Cu en promedio.
	Eficacia de proceso	$\frac{\text{Toneladas de Cu producidas antes de la propuesta}}{\text{Toneladas de Cu producidas después de la propuesta}}$	%	91%	La eficacia del proceso es del 91%
	Eficiencia de proceso	$\frac{\text{Horas utilizadas máquina actual}}{\text{Horas utilizadas máquina actual + horas correctivas}}$	%	94%	La eficiencia del proceso es del 94%.

Fuente: Elaboración propia

3.5. Propuesta de plan de mejora para aumentar la productividad en el Molino SAG de la Empresa Gold Fields Cerro Corona.

3.5.1. Descripción de implementación de la propuesta de mejora

El presente tiene como finalidad describir las actividades a seguir para la implementación y realización de la mejora del proceso de molienda para aumentar la productividad del molino Semi-Autógeno (SAG) en minera Gold Fields- Cerro Corona.

La propuesta referente a la mejora de proceso logra solucionar los problemas, tomando como punto de inicio las causas que lo originan; mostrados en el diagnóstico. La propuesta de mejora se desarrolla en un Plan Anual de Capacitación y un Plan de Inspección.

3.5.1.1. Plan anual de Capacitación

3.5.1.1.1. Objetivo

Establecer un Programa de Capacitación Anual al personal para aumentar la productividad del Molino Semi-autógeno (SAG) en minera Gold Fields-Cerro Corona”.

3.5.1.1.2. Alcance

Este programa de capacitación es aplicable a todos los Operadores de planta concentradora, Instrumentistas, Mecánicos y Electricistas que intervienen directamente en la operación del molino SAG de la empresa minera Gold Fields – Cerro Corona.

3.5.1.1.3. Responsabilidades

➤ Gerente de procesos

Asegurar los recursos necesarios, humanos y materiales, que permitan el cumplimiento eficaz del presente Programa Anual de Capacitación.

➤ Superintendente de procesos

Gestionar los recursos necesarios a fin de lograr que las capacitaciones se impartan al total de sus colaboradores a cargo y de forma permanente al 100% de colaboradores en el proceso de molienda del mineral.

➤ **Supervisores**

Monitorear, asesorar y hacer cumplir el presente programa anual de capacitación, ejecutando las capacitaciones, talleres teóricos y prácticos a fin de lograr la eficacia de la capacitación.

➤ **Operadores**

Asistir a todas las capacitaciones programadas y demostrar el compromiso de mejorar su competencia a través de la aplicación práctica aprendidos en la capacitación.

3.5.1.1.4. Requisitos Previos

El Gerente general, superintendente y jefes de área deben conocer los objetivos de su área, de la organización y conocer el perfil del cargo de cada operario.

3.5.1.1.5. Desarrollo del Procedimiento:

Con el diagnóstico realizado y la propuesta del plan de capacitación presentada. los jefes de área deben estar orientadas a cubrir las deficiencias existentes entre las competencias del empleado en relación directa con los requerimientos del perfil del cargo, los objetivos del área y de la organización en general.

El superintendente o jefe de área al preparar las Necesidades de Capacitación, debe justificar la eliminación o la reprogramación de los eventos que se aprobaron e incluyeron en el Plan Anual de Capacitación del año en curso y no se van a llevar a cabo.

El superintendente recibe de los jefes de área: el registro de Necesidades de Capacitación, debidamente llenado y debe solicitar la justificación de la eliminación o la reprogramación de las capacitaciones que no se van a ejecutar en el año.

El superintendente consolida todas las Necesidades de Capacitación con las cuales, elabora y presenta el Plan Anual de Capacitación y su presupuesto ante el Gerente General para su revisión y aprobación, a más tardar en la segunda quincena de enero.

El Gerente General aprueba el Plan Anual de Capacitación, haciendo previamente las modificaciones que fuesen necesarias.

El superintendente difunde el Plan Anual de Capacitación, inmediatamente después de ser aprobado, en los niveles respectivos.

El Gerente General o jefe de área recibe y pone en conocimiento de su personal el Plan Anual de Capacitación aprobado.

Los jefes de área elaboran una “Solicitud de Capacitación” por cada evento por el cual se requiere la capacitación, de acuerdo al Plan aprobado, remitiéndolo a la superintendencia y/o al Asistente de Recursos Humanos para su ejecución. En caso se trate de un evento con varios participantes, se puede usar una sola Solicitud de Capacitación, con una lista anexa que contenga la información necesaria de cada participante.

El asistente de Recursos Humanos recibe, da trámite y gestiona la ejecución de toda “Solicitud de Capacitación” que le hagan llegar los distintos jefes de área, de acuerdo con el Plan Anual de Capacitación.

Los jefes de área deben coordinar con la superintendencia, la gestión de la “Solicitud de Capacitación”, de algún evento que no esté incluido en el Plan Anual de Capacitación aprobada, brindando los argumentos necesarios que lo justifiquen.

El superintendente presenta, si lo amerita, ante el Gerente General toda Solicitud de Capacitación que no se encuentre dentro del Plan de Capacitación aprobado y los argumentos que la justifiquen la aprobación o rechazo de ese plan.

El asistente de Recursos Humanos recibe, da trámite y gestiona la ejecución de cada “Solicitud de Capacitación” que haya sido aprobada de acuerdo al numeral inmediatamente precedente.

Los jefes de área deben recabar una copia de la constancia de cada evento de capacitación en el que haya participado el personal a su cargo y remitirla al superintendente y/o el Asistente de Recursos Humanos.

El Asistente de Recursos Humanos envía las Solicitudes de Capacitación aprobadas y ejecutadas al Gerente General, al Sub Gerente y Seguridad o Jefe de área, quienes deben evaluar en cada Solicitud de Capacitación, los resultados de los eventos brindados entre los meses de enero a julio, y los eventos entre agosto y diciembre, estableciendo si son satisfactorias desde el punto de vista de mejoramiento en el desempeño, habilidades o conocimiento del participante.

El Gerente General o jefe de área coordina y verifica la difusión, de así requerirlo, de cada evento de capacitación a por lo menos dos personas del área del empleado capacitado, registrando sus nombres en la misma Solicitud de Capacitación. Dicha difusión puede consistir inclusive, sólo en entregar copia de la información que ha recibido durante el evento. Todas las Solicitudes de Capacitación con sus respectivos resultados, deben remitirse al Sub Gerente de Recursos Humanos y superintendencia y/o el Asistente de Recursos Humanos durante la última semana de los meses ya indicados.

El Asistente de Recursos Humanos debe determinar, si fuera necesario, las acciones a seguir en caso una capacitación no haya sido satisfactoria, en coordinación con el superintendente o jefe de área que solicitó la capacitación, estableciendo si es necesario programar nuevamente la capacitación.

El Asistente de Recursos Humanos, mantiene el archivo de las Solicitudes de Capacitación completadas.

El Asistente de Recursos Humanos recibe del Sub Gerente o jefe de área, archiva y verifica que se conserven las copias de las constancias de los eventos de capacitación en el legajo de cada trabajador.

El Asistente de Recursos Humanos elabora y actualiza el Registro de Capacitación, en el cual se anota la relación de personal que participa en un evento, así como los datos del mismo, ordenado alfabéticamente de acuerdo a los apellidos del personal. Debe informar mensualmente con este Registro al Comité Directivo sobre el avance logrado en el Plan de Capacitación, así como las solicitudes aprobadas, pero no incluidas en el Plan de Capacitación.

3.5.1.1.6. Costos

El plan de Capacitación será desarrollado en un total de 1584 horas por todos los temas de capacitación con un costo de \$121,190.00 en la primera capacitación y \$71,280.00 en la segunda capacitación; haciendo un total de \$192,470.00 al año (Tabla N° 15).

3.5.1.1.7. Propuesta

El diseño del plan de capacitación (PC) propuesto en la tesis, estará enfocado en la dotación de cursos de entrenamiento especializado técnica y profesional orientados a la reducción de brechas identificadas en el Diagnóstico Actual de la Empresa, para mejorar la productividad en el molino SAG en la empresa Minera Gold Fields-Cerro Corona en 5,000 toneladas de Cu al año.

3.5.1.1.8. Registros

 Tabla 14
Plan de Capacitación

Temas de Capacitación	Frecuencia	Personal	Respons.	Costo Unit.	Cant. Pers.	Presupuesto (\$.)	Año 2021												Durac. (horas)	Observación
							Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.		
Reconocer procesos y operaciones en la planta concentradora.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00	■	■											14	10 oper. por sesión
Parámetros y variables molino SAG.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00						■	■						14	10 oper. por sesión
Reconocer los principales equipos y su importancia	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
secuencia correcta de arranque y detención del molino SAG.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Conocer las principales tareas de operación en el área de molienda	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Principios básicos de la Pirometalurgia y su aplicación	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	350.00	20	7000.00													20	10 oper. por sesión
Tipos de muestreo	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Conocimiento de base de datos para calcular la producción y operación molino SAG.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00							■	■					16	10 oper. por sesión
Análisis granulométrico	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00							■	■					16	10 oper. por sesión
Lectura e interpretación de diagramas P&ID	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00							■	■					14	10 oper. por sesión

Lubricación	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00			16	10 oper. por sesión
Interpretar la automatización y control	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	300.00	20	6000.00			18	10 oper. por sesión
Uso de instrumentos de medición de precisión	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00			14	10 oper. por sesión
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00			16	10 oper. por sesión
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00			16	10 oper. por sesión
Balance de planta (molino SAG)	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00			16	10 oper. por sesión
Fundamentos teóricos de automatización y control del proceso	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	400.00	7	2800.00			12	4 y 3 inst. por sesión
Instrumentación digital y redes industriales	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00			10	4 y 3 inst. por sesión
Dispositivos de automatización y control.	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	250.00	7	1750.00			12	4 y 3 inst. por sesión
Interpretar la automatización y control	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	300.00	7	2100.00			12	4 y 3 inst. por sesión
Uso de instrumentos de medición de precisión	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00			13	6 y 7 mec. por sesión
Medición, montajes y desmontaje	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00			13	6 y 7 mec. por sesión
Mantenimiento de equipos industriales (molienda)	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00			13	6 y 7 mec. por sesión
Soldadura para el mantenimiento	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00			13	6 y 7 mec. por sesión
Lubricación	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00			15	6 y 7 mec. por sesión
Electrohidráulicos	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00			15	6 y 7 mec. por sesión
Mantenimiento de sistemas hidráulicos	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00			15	6 y 7 mec. por sesión

Mantenimiento de bombas hidráulicas	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00			15	6 y 7 mec. por sesión
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00			15	6 y 7 mec. por sesión
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00			15	6 y 7 mec. por sesión
Utilizar instrumentos para la medición de parámetros eléctricos en circuito de corriente continua y alterna (molienda)	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00			8	4 y 3 elect. por sesión
Calcular y verificar el consumo de energía de equipos e instalaciones eléctricas (molienda)	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00			10	4 y 3 elect. por sesión
Detectar fallas en circuitos eléctricos de corriente continua y alterna	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00			10	4 y 3 elect. por sesión
Diseño de subestaciones eléctrica con distribución	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00			10	4 y 3 elect. por sesión
Potencia eléctrica	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00			8	4 y 3 elect. por sesión
Grupos electrógenos	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00			8	4 y 3 elect. por sesión
Seguridad Eléctrica y puesta a tierra	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00			8	4 y 3 elect. por sesión
Costo primera capacitación						121,190.00				
Costo segunda capacitación						71,280.00				
Total						192,470.00				

Fuente: Elaboración propia

La tabla 14 nos muestra los temas de las capacitaciones, la empresa contratista a cargo de las capacitaciones, presupuesto por capacitación, presupuesto total y la programación. El color amarillo representa el primer grupo de capacitación y el color verde al segundo grupo de capacitación.

3.5.1.1.9. Descripción

La propuesta de capacitación es aplicable a todos los Operadores de planta concentradora, Instrumentistas, Mecánicos y Electricistas que intervienen directamente en la operación del molino SAG de la empresa minera Gold Fields – Cerro Corona, con la finalidad de aumentar la productividad del Molino Semi-autógeno (SAG), y para llevarse a cabo con efectividad se responsabilizan el Gerente de procesos, Superintendente de procesos, Supervisores y operadores; donde como requisito fundamental es conocer los objetivos de su área, de la organización y conocer el perfil del cargo de cada operario. El plan de capacitación en el cual se tratarán temas indispensables para operar en el área de procesos llevará gastos considerables pero que serán recuperados y además que generará ganancias sobre los 20 millones de dólares al año, y se considera viable para la empresa Gold Fields – Cerro Corona.

3.5.1.2. Plan Anual de Inspección

3.5.1.1. Objetivo

Establecer un Plan Anual de Inspección en el área de molienda para aumentar la productividad del Molino Semi-autógeno (SAG) en minera Gold Fields-Cerro Corona.

3.5.1.2. Alcance

Este procedimiento se aplica a toda el área de molienda del molino Semi – autógeno (SAG) en minera Gold Fields-Cerro Corona”, así como a todos sus contratistas.

3.5.1.3. Definiciones

- **Acción Inmediata:** Acción tomada para controlar las causas inmediatas de una no conformidad detectada y evitar la ocurrencia de un incidente.
- **Área/Equipo de Riesgo Alto:** Es aquella área o equipo asociado a una tarea con Riesgo Alto.
- **Condición Subestándar:** Es una condición presente en el ambiente de trabajo que implica una desviación o incumplimiento de un estándar o práctica aceptada y que podría ser causa de un incidente en el área de trabajo.
- **Cuaderno de Guardia:** Registro escrito utilizado para que el supervisor deje constancia de las condiciones o actos Subestándar detectados, acciones inmediatas pendientes u otras ocurrencias o aspectos de relevancia del turno con la finalidad de que sea informado al supervisor del turno entrante.
- **Inspección:** Proceso de observación sistemática realizado por Gold Field Gold Fields-Cerro Corona. y las empresas contratistas, con personal capacitado, con la finalidad de identificar, evaluar y corregir condiciones Subestándar en el área de trabajo. Sin embargo, durante su ejecución también pueden ser identificados actos Subestándar.
- **Inspección de Inicio de Turno:** Inspección diaria realizada por el trabajador

y supervisor al inicio del turno de trabajo.

- **Inspección de Pre-Uso:** Inspección realizada por el operador.
- **Inspección Planificada:** Inspección realizada por el Comité de Seguridad, Alta Gerencia o personal de supervisión y que requiere de una planificación previa.
- **Instalaciones:** Áreas provistas de los medios necesarios para llevar a cabo una actividad, entre las cuales en Gold Fields-Cerro Corona, se consideran las siguientes:
 - Cerro Corona.
 - Procesos
 - Logística
 - Sistemas
 - Security
 - Medio Ambiente
 - Generación de Energía
 - Oficinas Administrativas
 - Unidad Médica
- **Sistema Inching Drive (ID):** sistema de giro del molino. Se usa previo al arranque luego de una parada.
- **Parada programada:** parada de acuerdo a una coordinación previa y a consecuencia de una situación que amerite esta acción.
- **Parada por mantenimiento:** parada de acuerdo al programa de mantenimiento.
- **Parada intempestiva:** causada por una condición no deseada como corte de energía, fallas del sistema de control, fallas mecánicas, etc.
- **Técnico de sala de control de molinos**

Cumplir el presente procedimiento para la operación del inching drive.

Confirmar las condiciones para el arranque y/o parada el molino.

➤ **Operador planta de procesos**

Cumplir el presente procedimiento.

Operar el molino por todo el tiempo que dure su funcionamiento durante los giros del molino, e incluye el acople y desacople del mismo.

Coordinar con técnico de sala de control la operación del Inching drive en el molino.

3.5.1.4. Responsabilidades

A. Parámetros del molino SAG

Tabla 15

Parámetros del molino SAG.

Actividad	Responsables	Descripción de la actividad (como se realiza)
Muestreo	Operadores de planta	El encargado del área procederá a realizar el muestreo del molino SAG. cogiendo el muestreo portátiles y abriendo las tapas laterales del treme, incrustando el muestreador al interior del tromel, recogiendo una muestra de un kilo, y se pesa la pulpa en una balanza marcy verificándolo el porcentaje de solidos 65%, densidad de pulpa. 1750 G/L. En caso este la densidad de pulpa muy alto o bajo se controla regulando el agua al chute de entrada.
Monitorear (presiones lubricación, temperatura)	Operadores y técnicos	Se verificará que los flujos de lubricación establecidos en cada punto 23m3 a los descansos. La presión en el molino se debe controlar entre 5600 kp a 5950 kp, esto es relativo dependiendo de las características mineralógicos, estando pendiente del sonido controlándolo la velocidad del molino.
		El operador de planta de procesos, inspecciona constantemente: las presiones y potencia de los molinos, está atento al sonido del molino <ul style="list-style-type: none"> ➤ El correcto funcionamiento de los ciclones. ➤ La presión de agua de sello de las bombas. ➤ Presión de descarga de bombas. ➤ Adecuada alimentación de carga. ➤ Flujo de lechada de cal en cascada ➤ Control de reactivos. ➤ Estado de las parrillas de descarga (deterioro), estado de mallas del tromel (deterioro), estado guardas de seguridad (deterioro). ➤ Niveles de lubricación (cambiar de sistema de lubricación cuando se verifique que el cilindro de grasa se encuentra al 10% aprox. de su capacidad
Realización de inspección, control	Operadores y técnicos	El operador después de realizar el cambio de válvulas en los cilindros de grasa coordina con mantenimiento mecánico la reposición del cilindro vacío y con instrumentación la prueba de la bomba de lubricación.), las temperaturas del sistema de

lubricación, control del agua de refrigeración, alimentación de bolas de acero de manera correcta (de acuerdo a lo planificado), adecuado funcionamiento de válvulas de control de agua, funcionamiento de enfriadores de cada equipo para evitar cualquier fuga o explosión, niveles de sobrepresión en manómetros del sistema.

Nota: de encontrar alguna anomalía, el operador comunica de inmediato al supervisor de operaciones y al técnico de sala de control.

Fuente: Elaboración propia

B. Procedimiento de arranque del Molino SAG

Tabla 16
Procedimiento de arranque del molino SAG

Actividad	Responsables	Descripción de la actividad (como se realiza)
Inspeccionar el área de trabajo	Operador planta	Asegurarse que los pisos se encuentren libres de materiales que provoquen incidentes y/o restrinjan los accesos. Habilitar válvulas de agua y de lechada de cal.
Tarea preliminar	Operadores y técnicos	<p>El operador de Planta ingresa dentro del cerco perimétrico del molino SAG, retirando el candado con la llave y mantiene la puerta cerrada durante la ejecución de la tarea. Antes de acoplar el inching se tiene que esperar hasta que el molino SAG esté totalmente detenido para lo cual se debe esperar el pase de cuarto de control.</p> <p>Verificación en pantalla de las condiciones, tales como alarmas y permisivos, previo al arranque del molino</p> <p>1. Una vez detenido totalmente el molino SAG/ Bolas el operador procede a acoplar el inching, se desactiva el seguro de la volante y se gira la volante del inching hacia la derecha hasta la posición del sensor acoplado para engrochar el eje del reductor del inching al eje del reductor del motor principal.</p> <p>2.El operador de Planta de procesos I, II, III comunica por radio al técnico de sala de control para que pase para realizar inching (dar marcha lenta al molino con la botonera del inching habilitada.</p>
Realizar el inching drive SAG		

	Operador y técnicos	<p>3. El molino SAG cuando esté descargado debe darse como mínimo un ciclo de inching y adicionar un flujo de agua de 70 a 100 m³/h en ciclos de rotación de 10 minutos cada inching.</p> <p>4. Transcurrido los ciclos de rotación del molino se estabiliza regresando tres líneas de pernos al sentido anti horario, usando la botonera que indica directa, luego se coordina con el técnico de sala de control y con el supervisor de operaciones para desacoplar el inching drive y desengrochar del eje del reductor del motor principal del molino SAG/ bolas presionando la botonera para liberar el freno.</p> <p>5. En el caso que el paren por activarse una alarma el pase para dar arranque debe dar el área de mantenimiento mecánico.</p>
Restablecer guarda de seguridad	Operador	Concluida la tarea, el operador verifica que ninguna persona permanezca dentro del cerco perimétrico del molino y procede a cerrar la puerta colocando el candado.
Realizar arranque de molino SAG	Operador técnicos	Una vez estabilizado el molino SAG y observando el eje piñón del motor principal se encuentre detenido en su totalidad se solicita pase al área de electricidad, luego se comunica a la sala de control para dar el arranque de molino SAG/.
Orden y limpieza	Operador	Los operadores de la planta deben estar atentos en todo momento a su entorno, parando la tarea en caso de detectar alguna persona ajena dentro del área de trabajo El área de trabajo debe quedar ordenada y todos los residuos sólidos generados durante la tarea deberán ser dispuestos de acuerdo al procedimiento "Código de colores para la clasificación de los residuos sólidos" de GF

Fuente: Elaboración propia

C. Operación de uso Inching Drive en el Molino SAG

Realizar este trabajo garantizando la integridad personal, del patrimonio, medio ambiente y desempeño energético; utilizando los tiempos eficientemente.

Lograr que la operación se realice en forma lógica y coherente.

Mantener fluida la carga en el interior del molino móvil evitando su compactación y posible daño al molino durante su puesta en marcha.

D. Alcance

Cuando el molino se detenga por más de 15 minutos, se procederá a realizar el giro con el sistema Inching drive por un lapso de tiempo de 10 minutos, esta condición es parte de los permisivos de arranque del molino.

Este procedimiento de empresa para cualquier caso de detención del molino, ya sea por parada programada por mantenimiento o intempestiva, en todos los casos se aplican los mismos procedimientos previos y de operación. Dado a que se encuentra como una condición permisiva para el arranque del molino, la aplicación de este procedimiento es ineludible para las puestas en marcha del molino.

Tabla 17
Actividades en la planta de procesos

Actividad	Responsable	Descripción de la actividad
		<p>Verificar y comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Que el área se encuentre despejado de personal ajeno a la operación. ➤ Que el molino se encuentre totalmente detenido. ➤ Presionar la botonera a modo de prueba para poder desacoplar. ➤ Acoplar el Inching Drive. ➤ Verificar con sala de control su correcto acoplamiento.
	Operador de planta de procesos	
		
Coordinaciones		
	Operador molinos y técnicos	<p>Luego el operador de campo se comunicará vía radial al técnico de sala de control dando la confirmación efectuada en la inspección.</p>
		<p>Verificara lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistemas de lubricación de cojinetes del molino en marcha (baja y alta presión). ➤ Sistema de lubricación de reductores en marcha ➤ Lubricación del motor y Jacking en parcha ➤ Acoplamiento del Inching Drive ➤ Verificar todos las permisivos que estén levantados. <p>Una vez corroborado las condiciones para realizar el giro del molino con el Inching Drive, se comunicará al operador de campo para su puesta en marcha.</p>
	Técnico de sala de control	
Seguridad y bloqueo	Operador planta	<p>El operador de molinos debe tener entrenamiento en:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ast. (análisis Seguro de tareas, bloqueo y rotulado, IPERC continuo.
Arranque y operación	Operador y técnicos	<p>Asegurarse de tener un flujo de agua adecuado al molino SAG</p> <p>Desactivar la botonera posicionándose a modo normal. Poner en parcha el motor del Inching Drive y realizar giros de 10 minutos continuos.</p> <p>Coordinando con el técnico de sala de control el tiempo transcurrido.</p> <p>Se realiza los giros en sentido a la operación de trabajo. Se realizará el giro del molino en reversa de su trabajo para estabilizarlo regresando tres filas de pernos del molino.</p> <p>Giros al molino SAG: se dará 3 vueltas, cada vuelta de 10 minutos. Se agregará un flujo de agua de 100m³/h al molino.</p>

		<p>Una vez concluido los giros del molino, este se mantendrá detenido mientras el Selector aún se encuentra en modo normal, colocar el selector de campo en modo prueba para liberarlo el freno del molino y espera el balanceo normal hasta que se estabilice con la finalidad de tener las condiciones para desacoplar el Inching Drive.</p> <p>Con el molino totalmente detenido se procederá a desacoplarlo el ID.</p>
Parada	Operador de molinos, y técnicos encargados	<p>Una vez desacoplado el ID el operador de campo confirmará con sala de control esta condición e informará a sala de control en el momento que el molino este totalmente detenido (termine de balancearse) para su puesta en marcha.</p> <p>Los sistemas de lubricación deben permanecer arrancados durante el arranque, operación y parada del ID.</p> <p>En todo momento el operador debe estar presente en el área de trabajo.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.5. Programa de inspecciones

Tabla 18

Programa de inspecciones

N°	Inspecciones requeridas	Periodicidad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1.	Desajustes de pernos de la carcasa y tapas de alimentación y descarga del molino SAG	Diario	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2.	Alarmas bajo caudal de lubricación, nivel bajo de lubricación	Diario	30	28	31	30	31	30	31	31	31	31	30	31
3.	Cambios de válvula de lubricación para que trabaje las líneas de bypass	Semanal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4.	Presiones bajas y altas de aceite de lubricación, aire	Cada diez días	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5.	Filtros de aceite sucios en los diferentes puntos y líneas de lubricación	Quincenal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6.	Fugas excesivas de aceite de lubricación	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7.	Verificación de aceite de lubricación	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8.	Calibración de válvula de aceite de lubricación	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9.	Desprendimiento de liners, forros del molino	Bimestral	2			2			2			2		
Total			76	72	74	76	74	72	76	74	72	76	72	74

Fuente: Elaboración propia

Descripción: el objetivo es establecer un Plan Anual de Inspección en el área de molienda para aumentar la productividad del Molino Semi-autógeno (SAG) en minera Gold Fields-Cerro Corona”, y que este procedimiento se aplica a toda el área de molienda del molino Semi – autógeno (SAG) en minera Gold Fields-Cerro Corona”, así como a todos sus contratistas. Para lo cual se diseña un Check List pre-operacional de los equipos del área molienda (SAG).

3.5.1.6. Chek List

CHECK LIST PRE-OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA MOLIENDA (SAG)

Guaras protectoras del área de molienda

- Insp. Estado de guardas, por deterioro de componentes
- Insp. Componentes de sujeción por soltura o ausencia de los mismos
- Insp. Correcta colocación y fijación sobre las estructuras y equipos a proteger
- Insp. Existe orden y limpieza en las estructuras y equipos sobre las que están colocadas

Molino SAG área 310

- Insp. Molino, cuerpo, tapas, pernos flojos
- Insp. Existe orden y limpieza en el molino y en la zona de trabaja de esta
- Insp. Limpieza en chute de alimentación

Reductores y motores del molino sag

- Insp. Reductores, por ruido, vibración, solturas, fugas de aceite verificar el nivel de aceite
- Insp. Existe orden y limpio en molino y en la zona de trabajo de esta

LU005	LU006	INCHING

Unidades hidráulicas. Motores reductores. Piñón corona

- Verificar nivel de lubricante en cilindro
- Verificar temperatura de lubricante, debe mantenerse caliente
- Insp. Intercambiador de calor, por fugas de aceite y agua

G SPRAY	LU001	LU004	LU002

Unidades hidráulicas. Lubricación de los cojinetes Molino SAG

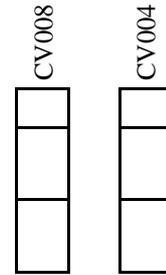
- Verificar temperatura de lubricante
- Verificar presión de la bomba de alta
- Insp. Filtros, presión diferencial o indicador de filtro sucio
- Insp. Intercambiador de calor por fugas de aceite y agua

Faja transportadora 310

Insp. Faja transportadora presenta cortes o desgaste anormal

Insp. Sistema de contrapeso la estructura de montaje, por pernos flojos o faltantes (220- cv -003)

Insp. Estadero de alimentadores de bolas, chute de descarga y alimentación de bolas.



Bomba de hidrociclones

Insp. Presión de agua de prensaestopas

Insp. Lubric. De prensaestopas mediante filtraciones mínimas y continuas de agua

Insp. La bomba, por ruidos, vibrac. Anormales. / filtrac. Por testigos./ caudal y presión normal



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Uso de liners modernos hechos de Poly-Met

3.5.2.1. Liners molino SAG

Son pieza de desgaste que protege el casco de un molino y que por su diseño sirve para moler y levantar la carga, son los componentes llamado también chaquetas o piezas interiores del molino.

3.5.2.2. Características de liner usado actualmente en el molino SAG

En la actualidad en la Empresa Minera Gold Fields, las piezas que se está usando en el molino SAG, son los revestimientos o componentes fundas de acero originales. Y por ser de puro acero cada pieza pesa bastante.

3.5.2.3. Características Liners Poly-Met

Los revestimientos Metso, Poly-Met combinan las propiedades más deseables de caucho y acero para obtener la máxima ventaja. Esta combinación permite el uso de aleaciones de hierro y acero más resistentes al desgaste que las que se pueden usar en un revestimiento metálico convencional, ya que el caucho amortigua sustancialmente las fuerzas de impacto y también da como resultado un menor peso del revestimiento. Las liners de la carcasa Poly-Met

soportan un alto impacto ya que están hechas de aleaciones altamente resistentes en combinación con caucho. Esto da como resultado la durabilidad de 2880 horas con minerales competentes ver anexo 11.

Esto hace que Poly-Met sea una solución sobresaliente, particularmente en aplicaciones pesadas. El caucho imparte flexibilidad, facilita el mantenimiento y, en combinación con insertos metálicos extremadamente duros, mantiene un perfil eficiente durante toda la vida útil del revestimiento (Metso , s.f.)

A. El uso de Poly-Met

Met proporciona una solución equilibrada, por lo que a menudo es posible ejecutar una renovación completa del revestimiento en una sola parada de mantenimiento. Combine esto con la eficiencia de la operación y una larga vida útil, y tendrá una solución comprobada para mejorar sus resultados.

Los liners livianos fabricados con caucho reforzado con acero se instalan fácilmente y proporcionan una larga vida útil. Al reducir el peso del molino, es posible aumentar el volumen de carga del molino sin riesgo de empaquetaduras o sobre carga del molino del molino. (Minería y Energía , 2018)

Muchas empresas mineras luchan por reducir la masa total del revestimiento mientras intentan evitar paradas frecuentes de mantenimiento. Para agravar este problema, un revestimiento debe mantener un perfil adecuado para mantener la eficiencia durante toda la vida útil del revestimiento.

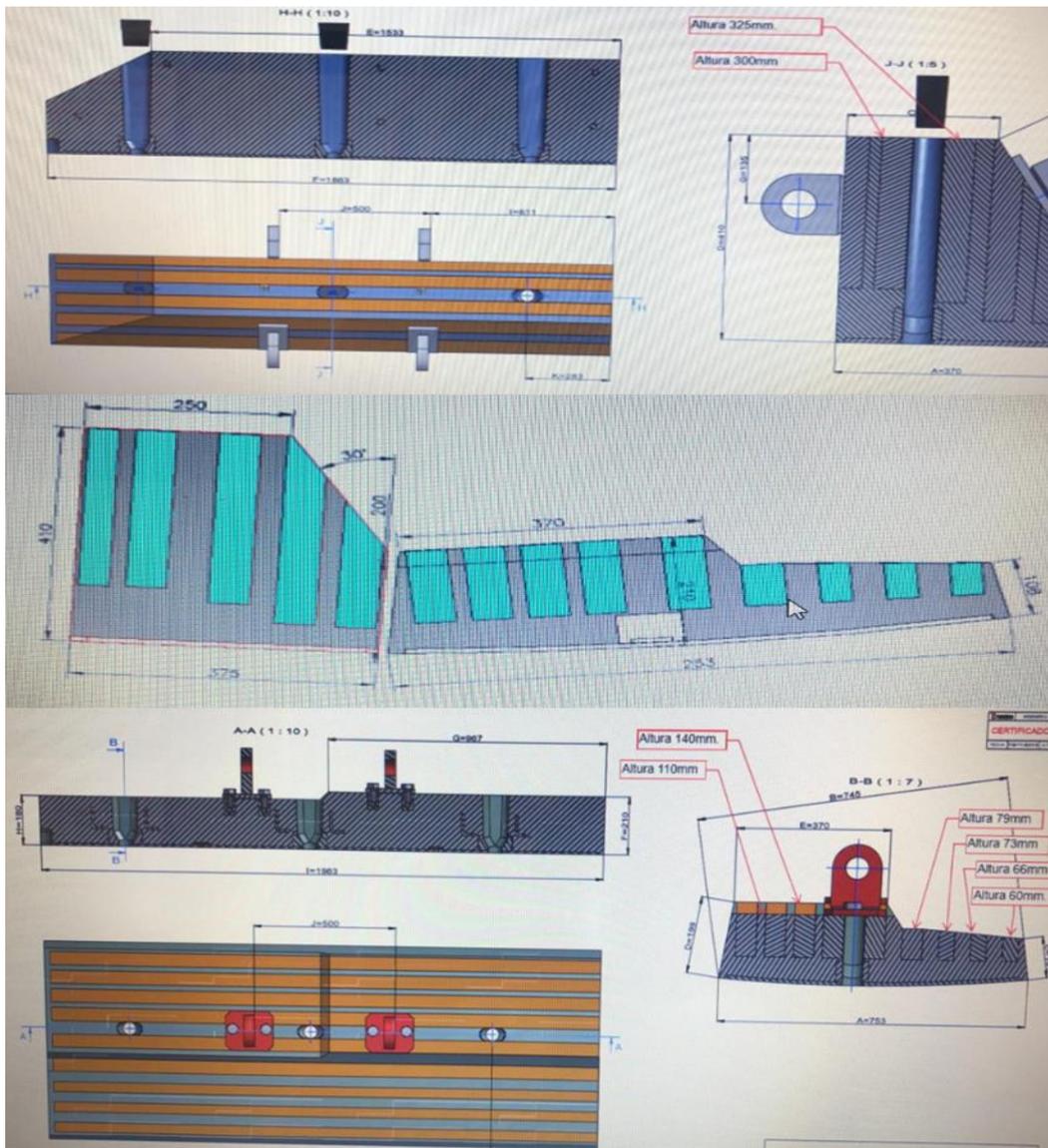


Figura 14. Bajo peso y larga vida útil

Fuente: Manual de liners Poly-Met Metso

3.5.2.4. Razones para cambiar de liners de acero a liners poly met

- Mejor respuesta en placas
- Disminuye peso del revestimiento. (implica una disminución del consumo de energía)
- Aumentar la vida útil
- Mejorar los tiempos de cambio de revestimientos
- Es más rápido su cambio.
- Maximizar la capacidad de descarga



Figura 15. Revestimiento en el cilindro de molino SAG

Fuente: Manual de mantención de FLSmith

3.5.2.5. Demostración de la factibilidad del uso de liners Poly Met

Metso ha logrado otro hecho histórico el 13 de marzo del año 2019 ha revestido totalmente con Poly-Met, una combinación de acero especial y caucho, un molino de bolas de 26 pies de diámetro (8 metros) de una “gran operación del sur”.

Este es el molino más grande que han revestido con su innovación de esquina a esquina en el Perú en reemplazo del convencional forro de acero, y de ese modo alargar la vida útil del equipo.

En abril del año 2019, la empresa de capitales finlandeses instalada en el Perú, también hizo lo mismo en un similar molino, en “otra operación minera del sur”. Víctor Ruiz alega no tener “autorización para mencionar los nombres de las compañías” en las que realizan los trabajos (Prensa Grupo SAC, 2019).

En 2013, Cerro Lindo buscaba aumentar la vida útil de los revestimientos de los molinos en su molino de bolas primario de 14'x23.5 '. La premisa era que un intervalo de tiempo más extenso entre los cambios de revestimiento aumentaría la disponibilidad,

ayudaría a evitar costos operativos innecesarios y, a su vez, daría como resultado más horas de producción.

Fue entonces cuando Cerro Lindo recurrió a Metso y decidió en noviembre de 2014 probar el revestimiento Poly-Met en la carcasa de su molino primario de bolas. Gracias a esto, la empresa minera peruana Cerro Lindo aumentó hasta 200% la vida útil de sus revestimientos de molino con la solución Metso Poly-Met (Metso, 2018).

3.5.2.6. Inversión en la compra de liners Poly Met

Tabla 19

Inversión en la compra de liners tipo Poly Met

Ítem	Medida	Cantidad	Precio	Inversión	Inversión
			unitario	cuatrimestral	anual
Liners tipo Poly Met	unidad/cuatrimestral	80	\$5,300.00	\$424,000.00	\$1,272,000.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19 muestra la inversión cuatrimestral y anual en la compra de liners tipo Poly Met.

Evaluación del Proceso de Molienda y la Productividad de la empresa Gold Fields Cerro Corona.

La evaluación del proceso de molienda y la productividad es el objetivo de la empresa Gold Fields Cerro Corona y debe ser el camino que se debe seguir para lograr los resultados generales y estabilizar la compañía.

Durante estos últimos años, debido a la variación del precio de los metales y al alto costo creciente de los insumos, fundamentalmente la energía, la industria minera se ha visto enfrentada a la imperiosa necesidad de mejorar la eficiencia de sus operaciones.

Dentro de este contexto, los procesos de molienda de minerales juegan un rol importante, tanto en el costo total de operación como en la eficiencia global del proceso. Por tal motivo

A partir de la encuesta realizada a los 47 operarios se obtuvo valores no considerables eficientes y eficaces de procesos para la producción de concentrado de mineral. A partir de la

propuesta establecida en la presente tesis se aumentará la producción como se muestra a continuación:

3.5.3. Nivel de capacitaciones en el trabajo de molienda en los 37 temas a los 47 operarios (Operadores de planta concentradora, Instrumentistas, Mecánicos y Electricistas)

3.5.3.1. Operadores planta concentradora

Los operadores de planta concentradora serán capacitados en los siguientes temas:

- Reconocer procesos y operaciones en la planta concentradora
- Parámetros y variables molino SAG
- Reconocer los principales equipos y su importancia
- Secuencia correcta de arranque y detención del molino SAG.
- Conocer las principales tareas de operación en el área de molienda
- Principios básicos de la Pirometalurgia y su aplicación
- Tipos de muestreo
- Conocimiento de base de datos para calcular la producción y operación molino SAG
- Análisis granulométrico
- Lectura e interpretación de diagramas P&ID
- Lubricación
- Interpretar la automatización y control
- Uso de instrumentos de medición de precisión
- Análisis de fallas de componentes hidráulicos
- Diagnóstico y corrección en equipos industriales
- Balance de planta (molino SAG)

Tabla 20
Capacitación de los 20 operadores de planta concentradora

<i>Capacitación</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	20	100.00
<i>No</i>	0	00.00
<i>Total</i>	20	100.00

Resultado de la capacitación hecha a los operadores de planta concentradora a un 100%



Figura 16. Resultado de la capacitación a los 20 operadores de planta concentradora de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 16 temas.

3.5.3.2. Instrumentistas

Los Instrumentistas serán capacitados en los siguientes temas:

- Fundamentos teóricos de automatización y control del proceso
- Lectura e interpretación de diagramas P&ID
- Dispositivos de automatización y control.
- Interpretar la automatización y control

Tabla 21
Capacitación de los 7 instrumentistas

<i>Capacitación</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	7	100.00
<i>No</i>	0	00.00
<i>Total</i>	7	100.00

Resultado de la capacitación hecha a los instrumentistas a un 100%



Figura 17. Resultado de la capacitación a los 7 Instrumentistas de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 4 temas.

3.5.3.3. Mecánicos

Los Mecánicos serán capacitados en los siguientes temas:

- Uso de instrumentos de medición de precisión
- Medición, montajes y desmontaje
- Mantenimiento de equipos industriales (molienda)
- Soldadura para el mantenimiento
- Lubricación
- Electrohidráulicos
- Mantenimiento de sistemas hidráulicos
- Mantenimiento de bombas hidráulicas
- Análisis de fallas de componentes hidráulicos
- Diagnóstico y corrección en equipos industriales

Tabla 22
Capacitación de los 13 mecánicos

<i>Capacitación</i>	<i>f_i</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	<i>13</i>	<i>100.00</i>
<i>No</i>	<i>0</i>	<i>00.00</i>
<i>Total</i>	<i>13</i>	<i>100.00</i>

Resultado de la capacitación hecha a los 13 mecánicos a un 100%

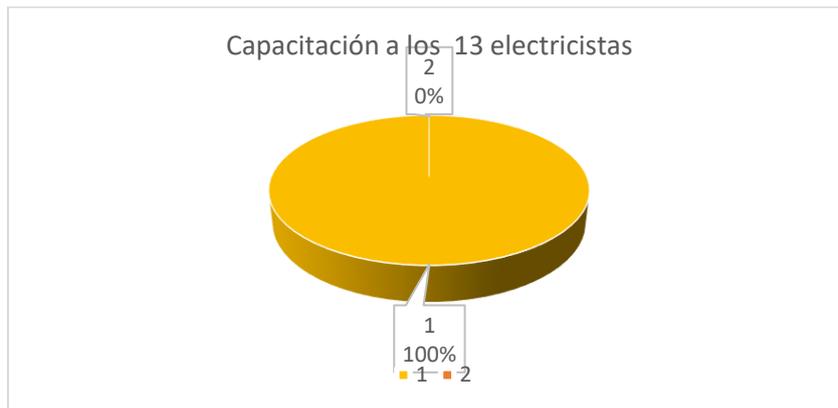


Figura 18. Resultado de la capacitación a los 13 mecánicos de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 10 temas.

3.5.3.4. Electricistas

Los Electricistas serán capacitados en los siguientes temas:

- Utilizar instrumentos para la medición de parámetros eléctricos en circuito de corriente continua y alterna (molienda)
- Calcular y verificar el consumo de energía de equipos e instalaciones eléctricas (molienda)
- Detectar fallas en circuitos eléctricos de corriente continua y alterna
- Medición de tensión, corriente y resistencia
- Potencia eléctrica
- Motor trifásico del tipo jaula de ardilla y rotor bobinado
- Seguridad Eléctrica y puesta a tierra

Tabla 23
Capacitación de los 7 electricistas

<i>Capacitación</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	7	100.00
<i>No</i>	0	00.00
Total	7	100.00

Resultado de la capacitación hecha a los 7 electricistas a un 100%



Figura 19. Resultado de la capacitación a los 7 electricistas de la empresa de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona donde el 100% serán capacitados en los 7 temas.

3.5.4. Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda

El nivel de capacitación después de la propuesta, donde con la encuesta realizada a los 47 operadores de la empresa Minera Gold Fields (Ver Anexo 4), se espera obtener el nivel de 100% de conocimientos por parte de los trabajadores de la operación del Molino SAG.

Tabla 24

¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida molino de SAG?

<i>Pregunta 01</i>	<i>fi</i>	<i>hi%</i>
<i>Si</i>	47	100.00
<i>No</i>	0	0.00
Total	47	100.00

Resultados obtenidos de la encuesta Aplicada a los 47 colaboradores que operan el molino SAG de la empresa Minera Gold Fields S.A

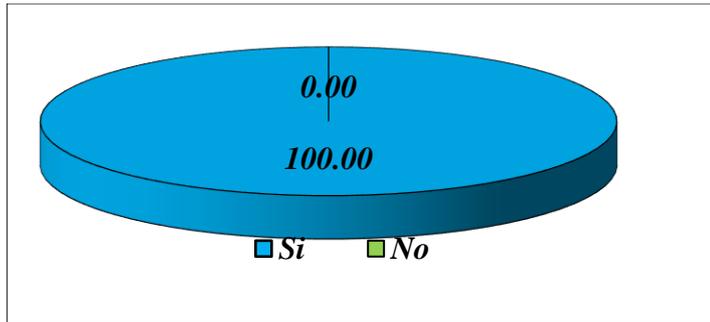


Figura 20. ¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?

En la Tabla 24 y Figura 20 se muestra el resultado obtenido de la encuesta aplicada a los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona se aprecia que el 100% de los trabajadores conocen el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG; esto precisa que los trabajadores han sido capacitados antes de operar el molino SAG.

Tabla 25

¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del inching drive en Molino SAG?

Pregunta 02	f_i	hi%
<i>Si</i>	47	100.00
<i>No</i>	0	0.00
Total	47	100.00

Encuesta aplicada a los colaboradores de la empresa Minera Gold Fields S.A. para conocer si ellos saben cómo se realiza la operación de uso del Inching Drive en el molino SAG.

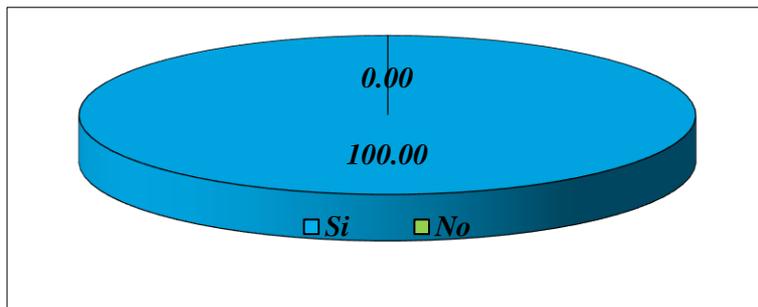


Figura 21. ¿Usted conoce como se realiza la operación de uso del Inching drive en el Molino SAG?:

En la Tabla 25 y Figura 21 se aprecia que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 100% precisa que conocen como se realiza la operación de uso del Inching Drive.

Tabla 26
¿Usted recibe capacitación permanente?

Pregunta 03	fi	hi%
<i>Si</i>	47	100.00
<i>No</i>	0	0.00
Total	47	100.00

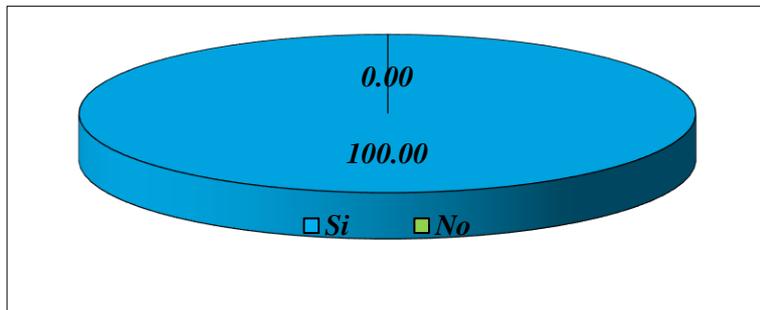


Figura 22. *¿Usted recibe capacitación permanente?*

En la Tabla 26 y Figura 22 se aprecia que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 100 % manifiestan que reciben capacitaciones permanentes.

Tabla 27
¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?

Pregunta 04	fi	hi%
<i>Si</i>	47	100.00
<i>No</i>	0	0.00
Total	47	100.00

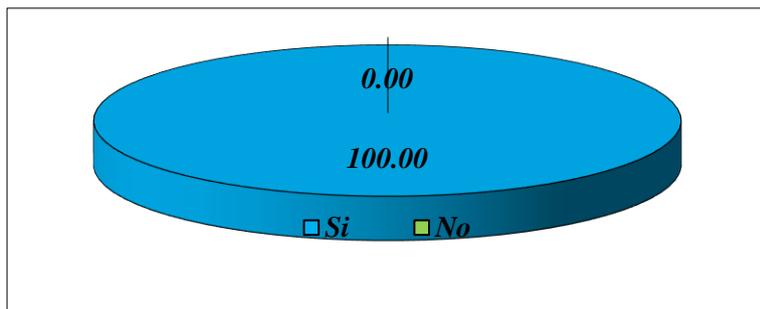


Figura 23. *¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?*

En la Tabla 27 y Figura 23 se aprecia que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 100 % manifiestan que si reciben capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG.

Tabla 28
¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?

Pregunta 05	fi	hi%
<i>Si</i>	47	100.00
<i>No</i>	0	0.00
Total	47	100.00

Encuesta Aplicada a los colaboradores que operan al molino SAG de la empresa Minera Gold Fields S.A.

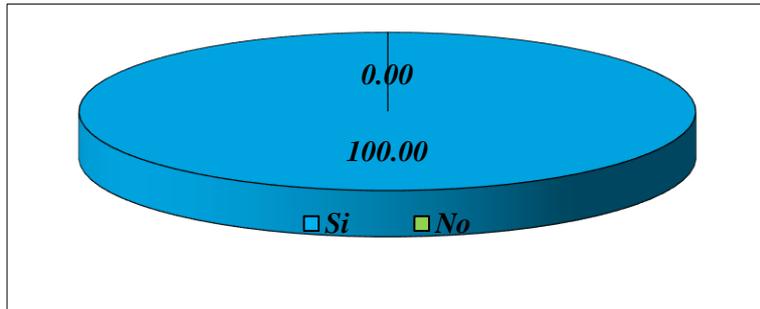


Figura 24. ¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG?

En la Tabla 28 y Figura 24 se puede apreciar que los colaboradores que operan en el área de molienda de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona el 100% manifiesta que si reciben capacitaciones técnicas y profesiones del molino SAG.

3.5.5. Productividad del molino semi autógeno SAG

3.5.5.1. Producción de la maquina

Con la aplicación de la propuesta del Plan de Capacitación de los 47 Operarios y el Plan de Inspección; además, del cambio de liners al tipo Poly Met, las toneladas de Cu producidas después de la capacitación aumentan. Donde se muestra en la tabla siguiente y en el anexo 4.

Tabla 29
Toneladas de Cu por trimestre después de la propuesta

TRIMESTRE	Ton totales trimestrales + ton por horas correctivas
Enero - Marzo	52,744.03
Abril - Junio	51,959.26
Julio - Septiembre	51,838.15
Octubre-Diciembre	52,309.43

Fuente: Elaboración propia

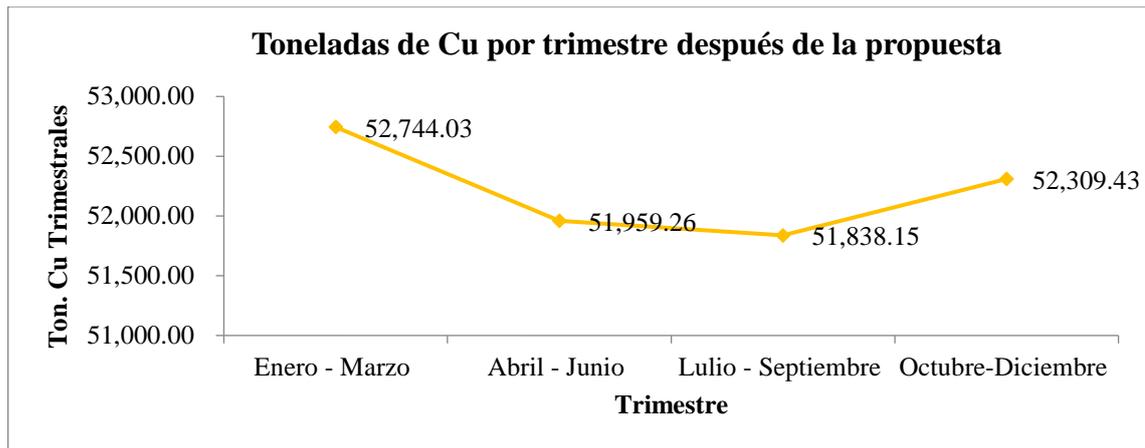


Figura 25. Producción de Cu por el molino SAG – Cerro Corona, después de la propuesta.

3.5.5.2. Eficacia de proceso

Teniendo en cuenta las toneladas de Cu producidas antes de la propuesta y las toneladas de Cu producidas después de la propuesta, la eficacia será un 95.83% como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 30
Eficacia del proceso de molienda

Trimestres	Toneladas de Cu producidas antes de la propuesta	Toneladas de Cu producidas después de la propuesta	Eficacia= toneladas de Cu producidas antes de la propuesta / toneladas de Cu producidas después de la propuesta	Promedio
Enero-Marzo	51,300.00	53,589.00	95.24%	
Abril-Junio	56,993.05	59,842.93	96.36%	
Julio-Setiembre	56,679.76	59,148.94	95.83%	95.83%
Octubre-Diciemnt	57,818.76	60,286.24	95.91%	

Fuente: Elaboración propia.

3.5.5.3. Eficiencia de proceso

Como las horas utilizadas que ha trabajado el molino y horas programadas son iguales obtenemos la eficiencia en el molino, de la empresa Minera Gold Fields Cerro Corona, que es 95.42%.

Tabla 31
Eficiencia del proceso de molienda

MESES	EFICIENCIA				PROMEDIO
	HORAS UTILIZADAS MAQUINA (Molino)	HORAS UTILIADAS CON HORAS CORRECTIVAS MAQUINA (Molino)	EFICIENCIA= HORAS UTILIZADAS MAQUINA/ HORAS UTILIADAS MÁS HORAS CORRECTIVAS MAQUINA	%	
Enero-Marzo	1,977.69	2,073.95	0.953584236	95.36%	
Abril-Junio	2,034.61	2,142.62	0.94959037	94.96%	
Julio-Setiembre	2,064.24	2,158.34	0.956402787	95.64%	95.42%
Octubre-Diciembre	2,058.23	2,150.41	0.957133508	95.71%	

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia del proceso de molienda a través del molino SAG, en función a las horas maquina utilizada sin horas correctivas y con horas correctivas es de 95.42%.

3.5.5.4. Productividad

La productividad será de 91%, debido a que la eficacia y la eficiencia son del 96% y 95.42% respectivamente.

Tabla 32
Productividad del proceso de molienda

PRODUCTIVIDAD			
EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD	%
0.96	0.95	0.91	91%

Fuente: Elaboración propia

La productividad en el molino SAG en el proceso de molienda, en función a la eficiencia y eficacia, siendo el 91% de productividad.

Tabla 33

Matriz de operacionalización de variables antes de la propuesta

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Actuales	Interpretación
Variable Independiente - Proceso de molienda.	Índice de tiempo de paradas	$\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Tiempo de paradas}} \times 100\%$	% de disponibilidad	219.86 horas	El molino SAG tuvo 219.86 horas de parada por horas correctivas al año.
	Tiempo de desgaste de piezas	$\frac{\text{Horas trabajadas puestas}}{\text{Vida útil de piezas}}$	horas	2,274 horas	Se realiza el cambio de piezas (liners) en promedio cada 2,274 horas de vida útil.
	Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda	$\frac{\text{Numero de personas capacitadas}}{\text{Total de personas}}$	Personal capacitado	51.06 %	El nivel de capacitaciones del personal es del 50% en promedio.
Variable Dependiente Productividad	Cantidad de consumo de energía	$\frac{\text{Producción}}{\text{Consumo de energía del molino}}$	Kw-h/t	7,255,580.68 kw	El molino SAG consume un promedio de 7,255,580.68 Kw por trimestre
	Producción de la maquina	$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Ciclo de producción}}$	Cu/Trim.	50,917.50	La producción del molino SAG trimestralmente es de 50,917.50 ton de Cu en promedio.
	Eficacia de proceso	$\frac{\text{Toneladas de Cu producidas antes de la propuesta}}{\text{Toneladas de Cu producidas después de la propuesta}}$	%	91%	La eficacia del proceso es del 91%
	Eficiencia de proceso	$\frac{\text{Horas utilizadas máquina actual}}{\text{Horas utilizadas máquina actual + horas correctivas}}$	%	94%	La eficiencia del proceso es del 94%.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34
Matriz de operacionalización de variables antes y después de la propuesta

Variables	Dimensiones		Indicadores	Unidades	Antes de la propuesta	Interpretación	Después de la propuesta	Interpretación
Variable Independiente Proceso de molienda.	Índice de tiempo paradas	de	$\frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Tiempo de paradas}} \times 100\%$	% de disponibilidad	219.86 horas	El molino SAG tuvo 219.86 horas de parada por horas correctivas al año.	219.86 horas	El molino SAG tuvo 219.86 horas de parada por horas correctivas al año.
	Tiempo de desgaste de piezas	de	$\frac{\text{Horas trabajadas piezas}}{\text{Vida útil de piezas}}$	Horas	2,274 horas	Se realiza el cambio de piezas (liners) en promedio cada 2,274 horas	2,880 horas	Se realiza el cambio de piezas (liners) en promedio cada 2,880 horas, con un incremento de 606 horas.
	Nivel de capacitaciones en método de trabajo de molienda	de	$\frac{\text{Numero de personas capacitadas}}{\text{Total de personas}}$	Personal capacitado	51.06 %	El nivel de capacitaciones del personal es del 50% en promedio.	100 %	El nivel de capacitaciones del personal es del 100% en promedio.
Variable Dependiente	Cantidad de consumo de energía	de	$\frac{\text{Producción}}{\text{Consumo de energía del molino}}$	Kw-h/t	7,255,580.68 kw	El molino SAG consume un promedio de 7,255,580.68 Kw por trimestre	7,583,619.60 kw	El molino SAG consume un promedio de 7,583,619.60 Kw por trimestre
	Producción de la maquina	de	$\frac{\text{Tiempo de producción}}{\text{Ciclo de producción}}$	Cu/Trim.	50,917.50	La producción del molino SAG trimestralmente es de 50,917.50 ton de Cu en promedio.	52,212.72	La producción del molino SAG trimestralmente es de 52,212.72 ton de Cu en promedio.
Variable Productividad	Eficacia de proceso	de	$\frac{\text{Toneladas de Cu producidas antes de la propuesta}}{\text{Toneladas de Cu producidas después de la propuesta}}$	%	91%	La eficacia del proceso es del 91%	95.83%	La eficacia del proceso es de 95.83%
	Eficiencia de proceso	de	$\frac{\text{Horas utilizadas máquina actual}}{\text{Horas utilizadas máquina actual + horas correctivas}}$	%	94%	La eficiencia del proceso es del 94%.	95.42%	La eficiencia del proceso es de 95.42%

Fuente: Elaboración propia

Para mayor información sobre la duración en días del cambio de liners tipo Poly Met, revisar el anexo 11- Especificaciones técnicas de los Liners tipo Poly Met.

3.6. Evaluación económica de la propuesta de mejora en el proceso de molienda (molino SAG).

Es importante en todo proyecto saber la evaluación económica después de aplicar la propuesta, para ver si es viable o no. Estos resultados se muestran a continuación en la Tabla 36, 37, 38 y 39 con información de Toneladas Métricas (TM) de mineral producido y los recursos usados para la producción.

Tabla 35

Mineral bruto

TRIMESTRE	TM/TRIMESTRE	TM/DIA	TM/H
Enero - Marzo	1,685,349.87	18,726.11	780.25
Abril - Junio	1,872,382.72	20,804.25	866.84
Julio - Septiembre	1,862,090.24	20,689.89	862.08
Octubre-Diciembre	1,899,509.50	21,105.66	879.40

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos muestra las toneladas métricas del proceso de mineral bruto.

Tabla 36

Toneladas y Kg de Cu por horas correctivas

Ton. Cu/día promedio	Ton Cu/hora promedio	Horas correctivas	Ton Cu/Trim/Horas correctivas	Ton totales trimestrales + ton por horas correctivas	Kg/Trim/Horas correctivas
570	23.75	60.80138889	1,444.03	52,744.03	1,444,032.99
560	23.33	66.82527778	1,559.26	51,959.26	1,559,256.48
565	23.54	41.97472222	988.15	51,838.15	988,154.92
568	23.67	50.2575	1,189.43	52,309.43	1,189,427.50
			5,180.87	208,850.87	5,180,871.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Costo promedio ponderado de capital

D	Deuda	\$ 4,541,048.0
C	Capital	\$ 22,493,619.0
KD	Costo de la deuda	18.0%
t	Impuesto a la renta	30%
CPPC	Costo promedio ponderado de capital	86.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Rentabilidad financiera

	Utilidad neta	\$ 22,451,294.8	
Roe = Ke =	Total de patrimonio	\$ 22,493,618.8	99.81%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Inversión parcial y total por capacitación de operarios

Ítem	Medida	Cantidad De Operarios	Precio Unitario	Primera Capacitación Personal	Segunda Capacitación Personal	Inversión Total Por Capacitaciones
TEMAS DE CAPACITACIÓN						
Reconocer procesos y operaciones en la planta concentradora.	Unidad	20	200	4000	-	4000
Parámetros y variables molino SAG.	Unidad	20	200	4000	4000	8000
Reconocer los principales equipos y su importancia	Unidad	20	200	4000	-	4000
secuencia correcta de arranque y detención del molino SAG.	Unidad	20	200	4000	-	4000
Conocer las principales tareas de operación en el área de molienda	Unidad	20	200	4000	-	4000
Principios básicos de la Pirometalurgia y su aplicación	Unidad	20	350	7000	-	7000
Tipos de muestreo	Unidad	20	200	4000	-	4000
Conocimiento de base de datos para calcular la producción y operación molino SAG.	Unidad	20	250	5000	-	5000
Análisis granulométrico	Unidad	20	200	4000	4000	8000
Lectura e interpretación de diagramas P&ID	Unidad	20	200	4000	4000	8000
Lubricación	Unidad	20	250	5000	5000	10000
Interpretar la automatización y control	Unidad	20	300	6000	6000	12000
Uso de instrumentos de medición de precisión	Unidad	20	200	4000	4000	8000
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	Unidad	20	250	5000	5000	10000
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	Unidad	20	250	5000	5000	10000
Balance de planta (molino SAG)	Unidad	20	250	5000	5000	10000
Fundamentos teóricos de automatización y control del proceso	Unidad	7	400	2800	-	2800
Lectura e interpretación de diagramas P&ID	Unidad	7	200	1400	-	1400
Dispositivos de automatización y control.	Unidad	7	250	1750	1750	3500
Interpretar la automatización y control	Unidad	7	300	2100	2100	4200
Uso de instrumentos de medición de precisión	Unidad	13	200	2600	2600	5200

Medición, montajes y desmontaje	Unidad	13	200	2600	-	2600	
Mantenimiento de equipos industriales (molienda)	Unidad	13	200	2600	-	2600	
Soldadura para el mantenimiento	Unidad	13	200	2600	-	2600	
Lubricación	Unidad	13	250	3250	3250	6500	
Electrohidráulicos	Unidad	13	250	3250	-	3250	
Mantenimiento de sistemas hidráulicos	Unidad	13	250	3250	3250	6500	
Mantenimiento de bombas hidráulicas	Unidad	13	250	3250	3250	6500	
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	Unidad	13	250	3250	3250	6500	
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	Unidad	13	250	3250	3250	6500	
Utilizar instrumentos para la medición de parámetros eléctricos en circuito de corriente continua y alterna (molienda)	Unidad	7	180	1260	-	1260	
Calcular y verificar el consumo de energía de equipos e instalaciones eléctricas (molienda)	Unidad	7	200	1400	-	1400	
Detectar fallas en circuitos eléctricos de corriente continua y alterna	Unidad	7	200	1400	1400	2800	
Medición de tensión, corriente y resistencia	Unidad	7	200	1400	1400	2800	
Potencia eléctrica	Unidad	7	180	1260	1260	2520	
Motor trifásico del tipo jaula de ardilla y rotor bobinado.	Unidad	7	180	1260	1260	2520	
Seguridad Eléctrica y puesta a tierra	Unidad	7	180	1260	1260	2520	
				Total de Inversión (US\$)	\$121,190.00	\$71,280.00	\$192,470.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos muestra la inversión total de US\$ 192,470.00 en la capacitación de los 47 operarios del área de molienda

Tabla 40

Gastos en la compra de Liners tipo Poly Met

Ítem	Medida	Cantidad	Precio Unitario	Inversión Por Semestre	Inversión Total (US\$)
Liners tipo Poly Met	unidad/cuatrimestral	80	\$5,300.00	\$424,000.00	\$1,272,000.00

Fuente: Elaboración propia

La tabla nos muestra la inversión total de US\$ 1,272,000.00 en compra de liners tipo Poly Met

Tabla 41

Gastos en la compra de medios molidores y cerámicos

Ítem	Medida	Cantidad	Horas Correctivas Anuales	Toneladas Por Horas Correctivas	Precio Por Tonelada	Gasto por las horas correctivas (US\$)
Compra de bolas de acero 5.5"	Ton/hora	0.25	219.8588889	54.96472222	\$1,208.00	\$66,397.38
Compra de bolas de acero 2.5"-3"	Ton/hora	0.5	219.8588889	109.9294444	\$1,063.00	\$116,855.00
Compra de bolas de acero 1"	Ton/hora	0.0125	219.8588889	2.748236111	\$1,300.00	\$3,572.71
Cerámicos	Ton/hora	0.8	219.8588889	175.8871111	\$4,310.00	\$758,073.45
GASTO TOTAL (US\$)						\$944,898.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Gastos en la compra de lubricación

Ítem	Medida	Cantidad	Precio Por Cilindro	Gasto Total (US\$)
Lubricación	Cilindros	22	\$1,570.00	\$34,540.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43
Gastos en reactivos

Ítem	Medida	Toneladas Por Horas Correctivas	Precio Por Tonelada	Gasto por horas correctivas
H-2255	Ton/hora	15	\$2,910.00	\$43,650.00
PAX (Z-6)	Ton/hora	30	\$2,590.00	\$77,700.00
SIPX (Z-11)	Ton/hora	30	\$2,110.00	\$63,300.00
CAL	Ton/hora	1600	\$90.00	\$144,000.00
MAGNAFLOC E10	Ton/hora	35	\$4,970.00	\$173,950.00
IXOFLOC 1024	Ton/hora	34	\$3,760.00	\$127,840.00
IXOFLOC 8030	Ton/hora	34	\$3,890.00	\$132,260.00
COLECTOR A3926	Ton/hora	34	\$5,550.00	\$188,700.00
COLECTOR D-771	Ton/hora	34	\$3,600.00	\$122,400.00
GASTO TOTAL (US\$)				\$1,073,800.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44
Gastos en energía eléctrica

Ítem	Trimestres				Gasto total (US\$)
	I	II	III	IV	
Consumo de energía por horas correctivas					
Toneladas de mineral por trimestre	47,440.56	57,927.08	36,185.52	44,196.57	185,749.73
Ratio de consumo de energía, kWh/t	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49
Costo de energía, US\$/kWh	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Costo de energía anual, US\$	\$12,417.57	\$15,162.41	\$9,471.56	\$11,568.45	\$48,619.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Gastos en energía eléctrica, sala 23

Ítem	Trimestres				Gasto total (US\$)
	I	II	III	IV	
Consumo de energía por horas correctivas sala eléctrica 623					
Consumo de energía, kWh	34995965.02	37869373.19	37220980.73	38387431	148473749.9
Costo de energía, US\$/kWh	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Costo de energía anual, US\$	\$2,624,697.38	\$2,840,202.99	\$2,791,573.55	\$2,879,057.33	\$11,135,531.25
Costo de energía por horas correctivas	\$73,882.06	\$87,869.15	\$54,247.93	\$66,988.07	\$282,987.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Gastos en voladura

Ítem	Medida	Cantidad	Precio por ton.	Gasto total (US\$)
Voladura	Ton	185,749.73	\$0.064	\$11,887.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

Gastos en carguío, acarreo y acumulación de material

Ítem	Medida	Cantidad	Precio por ton.	Gasto total (US\$)
Cargadores (carguío)	Ton	185,749.73	\$1.00	\$185,749.73
Volquetes (acarreo)	Ton	185,749.73	\$0.66	\$122,594.83
Abastecimiento a planta	Ton	185,749.73	\$1.00	\$185,749.73
Acumulamiento de material	Ton	185,749.73	\$1.00	\$185,749.73
				\$679,844.03

Fuente: Elaboración propia

La totalidad de gastos generados en el área de molienda es de US\$ 4,355,298.01 al año con la propuesta planteada en la tesis.

Tabla 48
Costos proyectados - Flujo de inversión

Descripción	TRIMESTRE 0	TRIMESTRE I	TRIMESTRE II	TRIMESTRE III	TRIMESTRE IV
Conocer las principales tareas de operación en el área de molienda	4,000.0	-	-	-	-
Reconocer procesos y operaciones en la planta concentradora.	4,000.0	-	-	-	-
Parámetros y variables molino SAG.	8,000.0	-	-	-	-
Reconocer los principales equipos y su importancia	4,000.0	-	-	-	-
secuencia correcta de arranque y detención del molino SAG.	4,000.0	-	-	-	-
Principios básicos de la Pirometalurgia y su aplicación	7,000.0	-	-	-	-
Tipos de muestreo	4,000.0	-	-	-	-
Conocimiento de base de datos para calcular la producción y operación molino SAG.	5,000.0	-	-	-	-
Análisis granulométrico	8,000.0	-	-	-	-
Lectura e interpretación de diagramas P&ID	8,000.0	-	-	-	-
Lubricación	10,000.0	-	-	-	-
Interpretar la automatización y control	12,000.0	-	-	-	-
Uso de instrumentos de medición de precisión	8,000.0	-	-	-	-
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	10,000.0	-	-	-	-
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	10,000.0	-	-	-	-
Balance de planta (molino SAG)	10,000.0	-	-	-	-
Fundamentos teóricos de automatización y control del proceso	2,800.0	-	-	-	-
Lectura e interpretación de diagramas P&ID	1,400.0	-	-	-	-
Dispositivos de automatización y control.	3,500.0	-	-	-	-
Interpretar la automatización y control	4,200.0	-	-	-	-
Uso de instrumentos de medición de precisión	5,200.0	-	-	-	-
Medición, montajes y desmontaje	2,600.0	-	-	-	-
Mantenimiento de equipos industriales (molienda)	2,600.0	-	-	-	-
Soldadura para el mantenimiento	2,600.0	-	-	-	-
Lubricación	6,500.0	-	-	-	-

Electrohidráulicos	3,250.0	-	-	-	-
Mantenimiento de sistemas hidráulicos	6,500.0	-	-	-	-
Mantenimiento de bombas hidráulicas	6,500.0	-	-	-	-
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	6,500.0	-	-	-	-
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	6,500.0	-	-	-	-
Utilizar instrumentos para la medición de parámetros eléctricos en circuito de corriente continua y alterna (molienda)	1,260.0	-	-	-	-
Calcular y verificar el consumo de energía de equipos e instalaciones eléctricas (molienda)	1,400.0	-	-	-	-
Detectar fallas en circuitos eléctricos de corriente continua y alterna	2,800.0	-	-	-	-
Medición de tensión, corriente y resistencia	2,800.0	-	-	-	-
Potencia eléctrica	2,520.0	-	-	-	-
Motor trifásico del tipo jaula de ardilla y rotor bobinado.	2,520.0	-	-	-	-
Seguridad Eléctrica y puesta a tierra	2,520.0	-	-	-	-
Liners tipo Poly Met	1,272,000.0	-	-	-	-
Bolas de acero + cerámicos	944,898.5				
Voladura		2,972.0	2,972.0	2,972.0	2,972.0
Carguío, acarreo, acumulamiento de material y abastecimiento a planta		169,961.0	169,961.0	169,961.0	169,961.0
Lubricación		8,635.0	8,635.0	8,635.0	8,635.0
Reactivos		268,450.0	268,450.0	268,450.0	268,450.0
Consumo de energía eléctrica		82,901.8	82,901.8	82,901.8	82,901.8
COSTO TOTAL (US\$)	2,409,368.5	532,919.8	532,919.8	532,919.8	532,919.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49
Indicadores de ahorro (US\$)

Indicadores	Trimestre 0	Trimestre I	Trimestre II	Trimestre III	Trimestre IV
Ganancia de producción de Cu	-	\$ 7,523,411.9	\$ 8,123,726.3	\$ 5,148,287.1	\$ 6,196,917.3
Total indicadores de ahorro	-	\$ 7,523,411.9	\$ 8,123,726.7	\$ 5,148,287.1	\$ 6,196,917.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50
Flujo de caja neto del proyecto

TRIMESTRE 0	TRIMESTRE I	TRIMESTRE II	TRIMESTRE III	TRIMESTRE IV
-\$2,409,368.5	\$ 6,990,492.1	\$ 7,590,806.5	\$ 4,615,367.3	\$ 5,663,997.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51
Cálculo del VAN y el TIR

COK = CPPC = WACC =	85.16%	
VA	\$ 24,860,663.3	
VAN	\$ 22,451,294.8	VAN > 0
TIR	288.1%	TIR > COK
IR	10.32	IR > 1

Fuente: Elaboración propia

El COK es de un alto porcentaje, pero, al compararlas con las acciones de Milpo, planteado por Summa (2017) que se emplearon un modelo COK de 68% ajustado por volatilidades de los mercados es un valor no muy lejano del encontrado en la presente tesis. Además, que por ser una empresa minera el Costo de Oportunidad de Capital (COK) es alto por la alta inversión que se realiza y las ganancias que se obtendrá por encima de la rentabilidad exigida.

Tabla 52
Interpretación de datos

Valor Actual Neto (VAN) > 0	La inversión que es de US\$ 22,493,619, producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida, la ganancia será de US\$ 22,451,294.8.
Tasa Interna de Retorno (TIR) > Cok	La TIR es de 288.1% y es mayor que el COK que es de 85.16%. El proyecto analizado devuelve el capital invertido más una ganancia adicional, por lo tanto, el proyecto es rentable.
Índice de Rentabilidad (IR)	Por cada dólar que invierte la empresa, ésta recupera 10.32 dólares extras.
Decisión	La propuesta planteada en la tesis es aceptable

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Con el objetivo de determinar como la mejora del proceso de molienda aumenta la productividad del molino SAG en Minera Gold Fields - Cerro Corona, los resultados obtenidos reflejaron una mejora en la productividad al 91%. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene el Ministerio de Energía y Minas (2019), Ponte (2016) y Aguilar (2017); quienes mencionan que las mejoras en el proceso en el área de molienda de minerales, permite incrementar la productividad de plantas concentradoras.

En cuanto a la exigencia de elevar los indicadores de productividad, la jefatura del proceso de molienda está orientadas a cubrir las deficiencias existentes haciendo cumplir con las propuestas detalladas en la tesis y lograr con la producción del tonelaje óptimo. Esto se respalda con lo que sostiene Zavaleta (2018), que las empresas de sector son muy competitivas con unos elevados estándares de trabajo, así como también exigentes en la productividad de todas las áreas involucradas, por lo que nace una preocupación en las jefaturas de cada proceso, el de elevar los indicadores de productividad.

En cuanto a las paradas por horas correctivas anuales (219.8588889 horas) y su disminución al 0%, esto como resultado a la capacitación de los 47 operadores que laboran en el área de producción, enfocado en la dotación de cursos de entrenamiento especializado técnico y profesional orientados a la reducción de brechas identificadas en el diagnóstico actual de la empresa y mantener una gestión de mantenimiento del molino SAG para mejorar la productividad. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Collantes (2017), quien menciona que, en la actualidad, la mayoría de las empresas mineras en Perú innovan cada vez más, que permite alcanzar un grado de confiabilidad en los equipos y máquinas, conformado por acciones correctivas para mantener los estándares de la producción en los niveles deseados.

En cuanto a la productividad de Cu aumentó en 5,180.87 toneladas de concentrado de Cu al año que es equivalente al 5.66%, dando como resultado una ganancia de

US\$ 22,451,294.8 sobre lo que se gana sin la propuesta de mejora del proceso de molienda, en comparación a los resultados publicados por ESTAMIN (2019), quien sostiene que, la producción nacional de cobre, plomo, hierro, estaño y molibdeno reportaron un aumento de 4.1%, 7.6%, 3.6%, 7.0% y 5.5%, respectivamente, en relación con el similar periodo del año anterior. Al mismo tiempo en comparación con los resultados del análisis de los casos de estudio publicado por Morote, Vega y Pareja (2017) se puede obtener incrementos de tonelaje de hasta el 15% y ahorros de energía hasta de 18% en promedio y en el análisis económico se analizaron los costos y beneficios de dos casos de estudio, Cerro Corona y Candelaria, obteniéndose ganancias de entre 56 y 8 MUS\$ al año respectivamente.

Analizando estos resultados podemos ver que la propuesta de mejora del proceso de molienda aumenta la productividad del molino SAG en Minera Gold Fields Cerro Corona, lo que nos indica que la propuesta de plan de capacitación, plan de inspección y cambio de liners denotan un nivel de efectividad en la producción de mineral. Y para las futuras investigaciones les será como guía para realizar un estudio del trabajo, asimismo brindará aportes en la toma de decisiones de la empresa respecto a la implementación de nuevas propuestas para la mejora de los procesos, con la finalidad de incrementar la productividad en la empresa.

4.2 Conclusiones

- Se concluye que el diagnóstico de la situación actual permitió observar el proceso de molienda, la cual es afectada a causa de paradas por diferentes fallas correctivas, por falta de capacitación al personal y liners muy pesados, afectando de forma directa a la Productividad del Molino SAG en la empresa Gold Fields - Cerro Corona.
- Se elaboró una propuesta de mejora para aumentar la productividad en el Molino SAG de la Empresa Gold Fields - Cerro Corona.
- Se evaluó el Proceso de Molienda y la Productividad de la empresa Gold Fields - Cerro Corona. Después de la propuesta planteada se obtuvo un aumento en la productividad de 1,295.22 Toneladas de Cu por trimestre en promedio, esto por la propuesta planteada como es el Plan de capacitación, Plan de inspección y cambio de liners, (Poly-Met)
- La evaluación económica después de la propuesta de mejora en el proceso de molienda (molino SAG) dio valores de un TIR de 288.1%, utilizando todos los recursos en el proceso, siendo mayor al COK y VAN de 22,451,294.8, lo cual permite manifestar que la propuesta planteada en la tesis fue viable y aceptable.

REFERENCIAS

- Aguilar (2017). *Optimización de molinos Semi-Autogenos*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Albornoz, C. (2018). *Gestión de repuestos para el molino SAG en planta concentradora Codelco División Andina*. Chile : Universidad Técnica Federico Santa María .
- Aquima Ccorri, E. P. (2017). *Dimensionamiento de tanques con agitación mecánica y neumática, tomando como factor determinante, la Evaluación Mineralúrgica de los Procesos de Conminución y Concentración de Minerales refracterios de Oro* . Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín .
- Collantes. (2017). *Propuesta de implementación del mantenimiento preventivo en las celdas de flotación KYF-300 para mejorar la productividad en planta de cobre Chinalco*. Trujillo.
- Gonzales, C. (2019). *Evaluación de la Cinética de Molienda de clinkler considerando factor de llenado y la distribución de tamaño de elementos moledores*. Ecuador - Cuenca: Universidad del Azuay .
- Haidi Annys. (21 de Septiembre de 2017). Diseño Pre Experimental 1 [video]. You Tube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=HCwSGdpq0SY>
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Equipamiento Minero* . Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: https://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=581
- Nuñez. (2019). *Propuesta de mejora para el proceso de cambio de revestimiento para el molino de bolas en el área de concentradora en una empresa minera*. Arequipa.

Panzarelli R, M. (19 de Febrero de 2018). *Terminología Básica del proceso de Investigación* .

Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/PaNzArOdRi2/glosario-de-terminos-maria-panzarelli-proyecto-i>

Sánchez, J. (16 de abril de 2017). *Capacitación y Compensaciones NUTRISA*. Obtenido de

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20870/Capitulo3.pdf>

Tejada. (2017). *Mejora de procesos para aumentar la productividad en el área de ensamble*

en Industrias Metalco SRL. Santa Anita 2017. Lima: Universidad Cesar Vallejos.

Torres V, E., Guanipa G, A., & Mijares M, J. (2017). Mejoras en el Proceso de Molienda de

Minerales no Metálicos. *Semilleros* , 43.

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes febrero

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Feb-19
(1) Cuentas variables en 601 días como estándar

Planta Operando	02/02/2019-02/28/2019	Plant Time	28 Feb 2019 07:00:00
Planta Operando en (1) 02/02/2019-02/28/2019			
Planta Operando en (2) 02/02/2019-02/28/2019			
Inicio Time	28 Feb 2019 07:00:00	Fin Time	00:00:00

Detalle de Periodo										
Inicio de periodo de parada	Fin de periodo de parada	Estado	Inicio de arranque	Fin de arranque	Horario	Responsable de Periodo	Diagnostico	Equipo	Descripción del Evento	Causa
27 Feb 2019 05:45:42	27 Feb 2019 09:04:19	Funcionando			02:17:37	Mantenimiento Correctivo	Medicina	ML001	PRO2 / PRO3 Fuga de carga por sellado escape de tubería de descarga de Bombas de Cilindros	Falla en sello de goma de Atervius
30 Feb 2019 08:57:14	31 Feb 2019 03:45:42	Funcionando			23:48:28	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Inst.	ML001 ML002	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	CV003 Reparación de Faja CH008 Cambio de liner canem ML001 Medición de liner TL002 Reparación de fuga
23 Feb 2019 08:36:24	23 Feb 2019 14:39:33	Funcionando			04:41:09	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Inst.	ML001 ML002	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	CV003 Reparación de empalmes y fajas CH008 Cambio de liner canem ML001 Medición de liner

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes marzo

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Mar-19
(1) Cuentas variables en 601 días como estándar

Planta Operando	03/03/2019-03/31/2019	Plant Time	31 Mar 2019 07:00:00
Planta Operando en (1) 03/03/2019-03/31/2019			
Planta Operando en (2) 03/03/2019-03/31/2019			
Inicio Time	31 Mar 2019 07:00:00	Fin Time	00:00:00

Detalle de Periodo										
Inicio de periodo de parada	Fin de periodo de parada	Estado	Inicio de arranque	Fin de arranque	Horario	Responsable de Periodo	Diagnostico	Equipo	Descripción del Evento	Causa
31 Mar 2019 08:52:41	02 Mar 2019 04:30:28	Funcionando			25:37:47	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Inst.	ML001	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	MUE1 MEDICION DE LINER MUE1 CAMBIO DE CONTRA LUIS CV003 REPARACION DE FAJA TL001 CAMBIO DE MALLAS 3 PRIMERAS FILAS
08 Mar 2019 20:10:00	08 Mar 2019 20:38:45	Funcionando			00:27:45	Operativo	Operación	ML001 CV003	PARADA DE PLANTA POR CONDICIONES CLIMATICAS	SE DETIENE LA ALIMENTACION EN COM PAD DERIBO A DEMIA NERLINA
08 Mar 2019 14:34:08	08 Mar 2019 18:13:03	Funcionando			01:38:55	Mantenimiento Correctivo	Medicina	ML001 CV003	DETENSION DE FAJA CV003 POR ACTIVACION DE SENSOR DE FAJA ROTA	CV003 DESALINEAMIENTO EN FAJA POR ROTURA DE POLIN SUJA DE CONTRAPISO Y ACUMULACION DE CARGA ACTIVAN SENSOR DE FAJA ROTA Y DETIENE FAJA, SE REALIZA CAMBIO DE POLIN Y LIMPIEZA DE CARGA
18 Mar 2019 12:58:30	18 Mar 2019 17:02:45	Funcionando			04:04:15	Mantenimiento Correctivo	Medicina	ML001 CV003	PARADA DE PLANTA SUMINA FUGA DE CARGA EN CHUTE ALIMENTACION CH008	CAMBIO DE CHUTE MÓVIL DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO SAG (CH008) CAMBIO DE 80 GRAPAS EN MAL ESTADO DE LA REPARACIÓN DE LA FAJA CV003. HISTORICO DE PERDIDA DE TAPA DE DESCARGA DE ML 001 CAMBIO DE FILTROS DE SAJA Y RELLENADO DE ACEITE LUBR. MEDICIÓN DE LINERS DE MOLINO SAG (ML 001)
18 Mar 2019 22:01:11	18 Mar 2019 22:33:28	Funcionando			00:32:17	Operativo	Operación	ML001 CV003	PARADA DE PLANTA POR PATINAJE DE FAJA CV003	POUSA DE CARGA DE CV003 SE LLENA DE CARGA OCACIONANDO PATINAJE DE FAJA
23 Mar 2019 05:57:48	23 Mar 2019 07:00:00	Funcionando			01:02:12	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Inst.	ML001 ML002	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	PARADA DE PLANTA DEL 23 AL 25 MARZO CV003 CAMBIO DE FAJA TRANSPORTADORA MUE1 CAMBIO DE LINER MUE1 CAMBIO DE REDUCTOR

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes abril

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Apr-19

Consolidated with all SAG Mills operating

Program used	17/04/2019 07:00:00	Plant Type	36-Min SAG Mill
Plant operated as: CONCENTRATOR (Circuit)			
Plant operated as: CONCENTRATOR (Circuit)			
Shift Type	24-Min SAG Mill	36-Min SAG Mill	

Hora de inicio de parada	Estado	Hora de arranque	Funcionando	Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Detalle de Parada	
									Causa	Causa
23-Mar-2019 07:00:00	Detenido	26-Mar-2019 18:00:47	Funcionando	00 : 55 : 47	Mantenimiento Preventivo	Man. Elec. & Inv.	M501 M502	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	PARADA DE PLANTA DEL 23 AL 26 MARZO CIVIS CAMBIO DE PAJA TRANSPORTADORA MUEST CAMBIO DE LINEAS MUEST CAMBIO DE REDUCTOR	
26-Mar-2019 21:02:32	Detenido	26-Mar-2019 00:00:08	Funcionando	02 : 57 : 37	Mantenimiento Correctivo	Mechanica	M501	DETENCION DE MOLINO SAG POR ALTA TEMPERATURA EN ACOPLE DE RICHING DRIVE	Se Investigara	
01-Abr-2019 21:21:26	Detenido	02-Abr-2019 01:02:30	Funcionando	04 : 11 : 01	Parada	Suministro Energia	M501 M502	DETENCION DE MOLINO SAG Y BOLAS POR OSCILACION DE RED 220 KV	DETENCION DE MOLINO SAG Y BOLAS POR OSCILACION DE RED 220 KV, SALIDA DE SERVICIO DE SE KAPILI EN SELVA NORTE	
02-Abr-2019 07:07:13	Detenido	02-Abr-2019 17:27:33	Funcionando	10 : 20 : 20	Mantenimiento Correctivo	Mechanica	M501	DETENCION DE MOLINO SAG POR ALTA TEMPERATURA EN ACOPLE DE RICHING DRIVE	DETENCION DE MOLINO SAG POR ALTA TEMPERATURA EN ACOPLE DE RICHING DRIVE, SE REALIZA EL CORRECTO MONTAJE DE ACOPLE Y ALINEAMIENTO REDUCTOR - RICHING DRIVE	

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes mayo

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ May-19

Consolidated with all SAG Mills operating

Program used	17/05/2019 07:00:00	Plant Type	36-Min SAG Mill
Plant operated as: CONCENTRATOR (Circuit)			
Plant operated as: CONCENTRATOR (Circuit)			
Shift Type	36-Min SAG Mill	36-Min SAG Mill	

Hora de inicio de parada	Estado	Hora de arranque	Funcionando	Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Detalle de Parada	
									Causa	Causa
24-Abr-2019 07:08:26	Detenido	24-Abr-2019 10:52:47	Funcionando	03 : 27 : 18	Mantenimiento Preventivo	Man. Elec. & Inv.	M501 M502	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	PARADA DE PLANTA CHEO INSTALACION DE BARRA DE DESGASTE DE COMPUTA CHEO CAMBIO DE LINEA CENTRAL DE IMPACTO MUEST MEDICION DE DESGASTE DE LINEA MUEST CAMBIO DE MALLAS EN PLATA DE TROMEL MUEST CAMBIO DE PERFOR DE TAPA DE DESCARGA Y CLUNDO MUEST MUEST MEDICION DE CARBONES DE MOTORES ELCTRICOS MUEST INSPECCION DE MALLAS Y CAJON DE AGUA	
26-Abr-2019 16:19:03	Detenido	27-Abr-2019 08:11:54	Funcionando	39 : 52 : 21	Mantenimiento Correctivo	Mechanica	M501 CIVIS	NOTA DE SE DE POLV DE CARBON DE LA CIVIS / DAÑO EN ESTRUCTURA DE SOPORTE	NOTURA DE SE DE POLV DE CARBON	
27-Abr-2019 16:30:41	Detenido	27-Abr-2019 21:00:48	Funcionando	04 : 30 : 08	Mantenimiento Correctivo	Mechanica	M501 M502	PROB DE ALTA TEMPERATURA EN UNIDAD HIDRAULICA LUBR	DESTRUCCION EN VALVULA TERMOSTATICA OCASION PROB DE ALTA TEMPERATURA FONETO DE BOLAS EN MOLINO MUEST AL MOMENTO DE RICHING INCREMENTA TIEMPO DE PARADA	
28-Abr-2019 04:47:06	Detenido	28-Abr-2019 12:40:34	Funcionando	02 : 52 : 28	Mantenimiento Correctivo	Mechanica	M501 M502	PROB DE ALTA TEMPERATURA EN UNIDAD HIDRAULICA LUBR	DESTRUCCION EN VALVULA TERMOSTATICA OCASION PROB DE ALTA TEMPERATURA	
16-May-2019 04:58:37	Detenido	16-May-2019 21:03:06	Funcionando	16 : 04 : 29	Mantenimiento Preventivo	Man. Elec. & Inv.	M501 M502	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	REVISION DE ALINEAMIENTO DE MOTOR REDUCTOR POLV DE CARBON DE PAJAS INSPECCION DE LINEAS DE MOLINO SAG Y BOLAS REVISION DE REDUCTOR PRINCIPAL DE MOLINO SAG INSPECCION (ANALISIS NO DESTRUCTIVO) DE LOS DIAMETROS DE LA CATALINA DEL MOLINO DE BOLAS CALIBRACION DE VALVULO CINGO DE LA INGENIA DE LA PAJA 3	
26-May-2019 10:44:40	Detenido	26-May-2019 11:24:27	Funcionando	00 : 27 : 47	Mantenimiento Correctivo	Mechanica	M501 CIVIS	ATROSO DE CHUTE CIVIS	DESTRUCCION DE PERILAS TAMO A LA ALIMENTACION DE CIVIS COMO A CHUTE BYPASS CIVIS POR ACUMULAMIENTO DE PERILAS	

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes junio

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Jun-19
(1) Incluye eventos en SAG que están marcados.

Plazo de ejecución	31/05/2019 07:00:00	Fin del mes	30/06/2019 07:00:00
Para reportar los fallos de funcionamiento (no incluir los fallos de funcionamiento)			
Total Time: 30/06/2019 07:00:00 50 min 1 sec			

Detalle de Parada									
Hora de inicio de parada		Hora de arranque		Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Causa
28-May-2019 16:45:03	Detenido	28-May-2019 17:41:08	Parado	00:56:15	Mantenimiento Correctivo	Mecánica	MU01 CVD03	ATASCÓ UNA PIEDRA EN LA FRESDA DE LA FAJA CVD03	ATASCÓ UNA PIEDRA EN LA FALDRIA DE LA FAJA CVD03
02-Jun-2019 17:48:24	Detenido	02-Jun-2019 18:32:04	Parado	01:43:00	Operativo	Operaciones	MU01	ATORO DE CHUTE DE ALIMENTACIÓN AL MOLINO SAG	EL ATORO SE PROVOCADO POR UN ARCOA QUE QUEDA CRUZADA EN LA DEBARRA DEL CHUTE.
07-Jun-2019 07:38:20	Detenido	07-Jun-2019 07:40:04	Parado	00:24:30	Operativo	Operaciones	MU02	FALLA EN DEBAR SPRAY	SE PRESENTA ALARMA Y NO ATINDE EN MÁS DE 20 SEGUNTOS, LO QUE OCASIONA LA DETENCIÓN DEL MOLINO.
12-Jun-2019 07:58:30	Detenido	12-Jun-2019 12:24:30	Parado	04:27:04	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Inv.	MU01 MU02	FINACA DE PLANTA PROGRAMADA	REVISIÓN DE MOTORREDUCTORPOLSA DE CARGA DE FAJA DE INSPECCIÓN Y MEDICIÓN DE LINER DE MOLINO SAG. INSPECCIÓN Y CAMBIO DE PANELES MALLAS DEL TRONEL DEL MOLINO SAG. INSPECCIÓN DE POLSA CONTRAPISO DE FAJA CVD03
13-Jun-2019 16:54:50	Detenido	13-Jun-2019 20:36:34	Parado	04:41:30	Mantenimiento Correctivo	Mecánica	MU01 CVD03	CORTE DE FAJA CVD03	CORTE DE FAJA EN 18 METROS POR LINER DE LOCKTRACK INCORPORADO EN FAJA

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes julio

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Jul-19
(1) Incluye eventos en SAG que están marcados.

Plazo de ejecución	31/06/2019 07:00:00	Fin del mes	31/07/2019 07:00:00
Para reportar los fallos de funcionamiento (no incluir los fallos de funcionamiento)			
Total Time: 31/07/2019 07:00:00 50 min 1 sec			

Detalle de Parada									
Hora de inicio de parada		Hora de arranque		Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Causa
07-Jul-2019 04:38:00	Detenido	08-Jul-2019 12:43:30	Parado	08:45:30	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Inv.	MU01 MU02	FINACA DE PLANTA PROGRAMADA	CVD03 INURTO Y REPARACION DE FAJA MU01 CAMBIO DE LINER, INEL, DL, DL, PH, PHO MU02 CAMBIO DE LIFTER
11-Jul-2019 14:38:40	Detenido	11-Jul-2019 15:07:44	Parado	00:29:04	Operativo	Operaciones	MU01 CVD03	ATORO DE ROCA EN CHUTE TRANSFERENCIA DE CVD03 A CVD03	ATORO DE ROCA EN CHUTE CVD03 DE TRANSFERENCIA DE FAJA CVD01 A FAJA CVD03
11-Jul-2019 16:42:12	Detenido	11-Jul-2019 16:48:34	Parado	01:07:22	Faltas	Asistencia Energía	MU01 MU02	PERDIDA DE FASE EN INTERRUPTOR BEO MNA	MOLINO SAG DETENIDO. PERDIDA DE FASE EN INTERRUPTOR BEO EN MNA, SE IDENTIFICA PUNTE FUNDIDO EN CABLES DE 13.8 KV DEL CIRCUITO DE MNA.
15-Jul-2019 14:00:08	Detenido	15-Jul-2019 15:00:08	Parado	01:00:00	Operativo	Operaciones	MU01 CVD03	ATORO DE ROCA EN CHUTE TRANSFERENCIA DE CVD03 A CVD03	PARADA BECA CON ATORO DE ROCA EN CHUTE CHETO DE TRANSFERENCIA DE FAJA CVD02 A FAJA CVD03
15-Jul-2019 15:00:08	Detenido	15-Jul-2019 16:10:28	Parado	01:10:18	Mantenimiento Correctivo	Mecánica	MU01 MU01	MU01 RETORQUEO DE PERNOS	MU01, SE REALIZA RETORQUEO DE PERNOS EN MOLINO SAG

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes agosto

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORTTM Aug-19

72 HOURS OPERATING REPORT FOR GOLD FIELDS

Plant Name		Shift		Date Range		Run Time		Downtime	
GOLD FIELDS		NIGHT		08/19/2019		08/19/2019		08/19/2019	
Filter operation via process control system Filter operation via manual intervention									
Run Time		Downtime		Total		Run Time		Downtime	
08:00:00		00:00:00		08:00:00		08:00:00		00:00:00	
Start of Shift	End of Shift	Start of Stoppage	End of Stoppage	Time	Responsible de Parada	Detalle	Equip	Descripción del Evento	Causa
26 Jul 2019 17:31:18	Detenido	26 Jul 2019 10:19:08	Finalizado	00:47:47	Mantenimiento Correctivo	Molinos	MUDI CHGG	PASADA DE PLANTA PARA REPONER DRAPAS	DESPRENDIMIENTO DE BNPALME CON DRAPAS MECANICAS EN CHGG, SE REALIZA REPOSICION DE BNPALME CON DRAPAS
31 Jul 2019 06:19:26	Detenido	01 Ago 2019 06:16:53	Finalizado	21:03:08	Mantenimiento Correctivo	Molinos	MUDI CHGG	PASADA DE PLANTA BOTUSA DE FUA EN ZONA DE DRAPAS	FAJA CHGG, SE CORTA CAIENDO AL SUELO, SE REALIZA LA HABILITACION DE FAJA Y COLOCACION DE DRAPAS
02 Ago 2019 08:30:20	Detenido	02 Ago 2019 12:42:08	Finalizado	04:21:48	Mantenimiento Correctivo	Molinos	MUDI CHGG	PASADA DE PLANTA BOTUSA DE FUA EN ZONA DE DRAPAS	DESPRENDIMIENTO DE BNPALME CON DRAPAS MECANICAS EN CHGG, SE REALIZA REPOSICION DE BNPALME CON DRAPAS
04 Ago 2019 08:36:50	Detenido	04 Ago 2019 10:14:58	Finalizado	00:27:28	Mantenimiento Correctivo	Molinos	MUDI CHGG	PASADA DE PLANTA BOTUSA DE FUA EN ZONA DE DRAPAS	DESPRENDIMIENTO DE BNPALME CON DRAPAS MECANICAS EN CHGG, SE REALIZA REPOSICION DE BNPALME CON DRAPAS
04 Ago 2019 10:16:57	Detenido	04 Ago 2019 10:34:52	Finalizado	00:19:20	Mantenimiento Correctivo	Molinos	MUDI CHGG	PASADA DE PLANTA BOTUSA DE FUA EN ZONA DE DRAPAS	DESPRENDIMIENTO DE BNPALME CON DRAPAS MECANICAS EN CHGG, SE REALIZA REPOSICION DE BNPALME CON DRAPAS
07 Ago 2019 07:01:27	Detenido	08 Ago 2019 00:36:16	Finalizado	17:36:48	Mantenimiento Preventivo	Med. Elct. & Aut.	MUDI CHGG	PASADA DE PLANTA PARA REVISION DE FAJAS CHGG POR INSITO	CHGG, REPARACION DE FAJA CON FUERTO CON VULCANIZADO EN CALIENTE EN LAS 2 PUNTA
18 Ago 2019 16:46:24	Detenido	18 Ago 2019 16:30:16	Finalizado	00:24:52	Mantenimiento Correctivo	Instrumentacion	MUDI PUCDET	PASADA DE PLANTA POR FALLA ALIMENTACION PUCDET	FALLA EN LA ALIMENTACION DE PUCDET

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes septiembre

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Sep-19

(1) Includes normal events and non-normal events

Operación	OPERACIONAL	Non-Oper	OPERACIONAL
<small>Fill expression of production information</small>			
<small>Operación</small>			
<small>Non-Oper</small>			

				Detalle de Parada				
Inicio de inicio de parada		Inicio de arranque	Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Causa
26 Ago 2019 18:08:00	Detenido	26 Ago 2019 17:36:40	00 : 00 : 20	Mantenimiento Correctivo	Mantenim	M301 (L300)	FALLA EN LUBR. CAUSA: BUBIDA DE FLECCO	SE EFECTUA PULLOMETRO MARCA CADA BUEDA DE FLECCO (1.000 LBS) SE REALIZA REVISIÓN DE BOMBAS, SE REALIZA CAMBIO DE BOMBA Y FLECCO LLEGA A 1.000 LBS ESTABILIZADO EN 500 M3H
27 Ago 2019 04:00:00	Detenido	27 Ago 2019 03:07:00	18 : 53 : 00	Mantenimiento Preventivo	Mes. Plan. & Ins	M301 (C300)	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	SE HACE REPARACION DE PAJA, SE HACE CALIBRACION DE PAJA, SE HACE UN CAMBIO DE POLVA DEFLECTORA, SE HACE MEDICION DE LINEA, SE HACE CAMBIO DE LIPERS Y PLATES, SE HACE INSPECCION DE MALLAS DE TRONQUEL.
28 Ago 2019 04:01:10	Detenido	28 Ago 2019 03:42:00	00 : 00 : 00	Mantenimiento Correctivo	Inspeccionam	M301 (L300)	FALLA EN LUBR	LUBR(M301) DAÑO EN CONTROLADOR REBIT FORZADO, SE REALIZA REBITE Y SQUEE CUERDA OPERATIVO.
03 Sep 2019 00:16:17	Detenido	03 Sep 2019 11:28:00	00 : 00 : 00	Mantenimiento Correctivo	Mantenim	M301 (C300)	FUGA DE CARGA POR PARTE SUPERIOR DE DESCARGA DE CHUTE, SE RETIRA CHUTE DE POSICION DE TRABAJO Y SE REALIZA REPARACION PARA RESEGUR FUGA.	

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes octubre

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Oct-19

(1) Includes normal events and non-normal events

Operación	OPERACIONAL	Non-Oper	OPERACIONAL
<small>Fill expression of production information</small>			
<small>Operación</small>			
<small>Non-Oper</small>			

				Detalle de Parada				
Inicio de inicio de parada		Inicio de arranque	Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Causa
21 Oct 2019 10:47:30	Detenido	21 Oct 2019 10:41:11	04 : 03 : 49	Mantenimiento Preventivo	Mes. Plan. & Ins	M301 (C300)	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	SE HACE REPARACION DE CHUTE, SE HACE MEDICION DE LINEA, SE HACE INSPECCION DE PAJA POR CORTE LONGITUDINAL.
21 Oct 2019 16:30:27	Detenido	21 Oct 2019 17:02:40	00 : 34 : 23	Mantenimiento Correctivo	Electricid	M301	FALLA EN CONTACTOR DE CONTROL KI SER DAIVE	SE ARRANCA EN MODO LRS Y AL MOMENTO DE PASAR A MODO SERVIDOR SE DETIENE SINCRONIA, SE DETIENE EL MOLINO PARA CAMBIO DE CONTACTOR KI QUE PREVIENE SOBRECARGA.
16 Oct 2019 08:55:30	Detenido	20 Oct 2019 08:55:01	00 : 10 : 41	Mantenimiento Preventivo	Mes. Plan. & Ins	M301 (M30)	PARADA DE PLANTA PROGRAMADA	SE HACE CAMBIO DE POLVA CUBETA, CONTRAPESO, SE HACE CAMBIO DE LINEA.

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes noviembre

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Nov-19
(1) Créditos recibidos en SMI este mes debido:

Planta Operando (M3)	21364,00146711 DEC9	Final Time	21 Nov 2019 07:00:00
Filtros expresados en (10364,00146711 DEC9) + (21364,00146711 DEC9) + (Plantas en Mantenimiento)			
Total Time	24 Oct 2019 07:00:00		55 : 00 : 00

Detalle de Parada									
Hora de Inicio de parada		Hora de arranque		Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Causa
24-Oct-2019 08:05:54	Detenido	24-Oct-2019 14:37:57	Funcionando	05 : 32 : 03	Mantenimiento Correctivo	Mecánica	ML001 CV003	CV003, Cambio de reductor PARAMAX	Daño en piñón-dos del reductor, se realiza el cambio de reductor, se continúa con la investigación para encontrar la causa del daño de piñón

Reporte del funcionamiento del molino SAG-Mes diciembre

SAG MILL DOWNTIME OPERATING REPORT⁽¹⁾ Dec-19
(1) Créditos recibidos en SMI este mes debido:

Planta Operando (M3)	21364,00146711 DEC9	Final Time	21 Dic 2019 07:00:00
Filtros expresados en (10364,00146711 DEC9) + (21364,00146711 DEC9) + (Plantas en Mantenimiento)			
Total Time	23 Nov 2019 07:00:00		55 : 00 : 00

Detalle de Parada									
Hora de Inicio de parada		Hora de arranque		Tiempo	Responsable de Parada	Disciplina	Equipo	Descripción del Evento	Causa
28-Nov-2019 08:36:01	Detenido	28-Nov-2019 08:34:00	Funcionando	00 : 02 : 59	Operativo	Operaciones	ML001 CH010	CH010 Atoro de chute	Chute CH010 de alimentación a faja CV003 de línea 2 de chancado sufre atoro por carga
28-Nov-2019 08:34:00	Detenido	28-Nov-2019 08:53:02	Funcionando	00 : 19 : 02	Mantenimiento Correctivo	Mecánica	ML001 ML001	ML001 Se encuentran 2 pernos rotos de mismo liner de steel	ML001 se encuentran 2 pernos rotos de mismo liner en steel, se realiza el cambio de pernos
04-Dic-2019 07:31:23	Detenido	05-Dic-2019 00:20:57	Funcionando	16 : 49 : 34	Mantenimiento Preventivo	Mec. Elct. & Int.	ML001 ML002	Mantenimiento Preventivo	CV003 Reparación de faja ML001 Medición de liner ML002 Cambio de liner

Anexo 2. Número de piezas desgastadas durante el año 2019

Trimestres	Número de piezas desgastadas
Enero - Marzo	135
Abril - Junio	155
Julio - Setiembre	152
Octubre-Diciembre	161
Total	603

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos y base de datos

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS.

ENCUESTA PARA LOS COLABORADORES DE LA EMPRESA MINERA GOLD FIELDS – CERRO CORONA

El objetivo es recolectar información para la investigación: Mejora del proceso de molienda para aumentar la productividad del molino Semi-Autógeno (SAG) en minera Gold Field-Cerro Corona.

INSTRUCCIONES: En el siguiente cuestionario tenemos dos alternativas de respuesta que debe calificar, marcando una (x) a la alternativa elegida.

1. ¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?

Si

No

2. ¿Usted conoce cada cuánto tiempo se realiza la operación de uso del Inching Drive en molino SAG?

Si

No

3. ¿Usted recibe capacitación permanente?

Si

No

4. ¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?

Si

No

5. Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG.

Si

No

Base de datos

Nº	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Total
1	1	1	1	1	0	4
2	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	1	5
5	0	0	1	0	0	1
6	1	1	1	1	1	5
7	1	0	0	1	0	3
8	1	1	0	0	0	2
9	0	0	1	1	1	3
10	0	0	1	0	0	1
11	0	1	0	1	1	3
12	1	1	1	0	1	4

13	0	0	1	0	0	1
14	1	1	0	1	1	4
15	1	0	1	1	0	4
16	0	0	0	0	1	1
17	1	0	1	1	1	5
18	0	0	1	0	0	1
19	1	1	1	0	1	4
20	1	0	0	1	1	4
21	0	0	1	0	0	1
22	1	1	1	0	1	4
23	1	1	0	1	0	3
24	0	0	0	1	0	1
25	1	1	0	1	1	4
26	1	0	1	0	0	3
27	1	0	1	0	1	3
28	1	1	0	1	1	4
29	1	0	1	1	0	4
30	0	1	1	0	1	3
31	1	0	0	1	1	3
32	1	0	0	0	0	1
33	0	0	0	1	1	2
34	1	1	0	0	0	2
35	1	0	1	0	1	3
36	1	0	0	1	0	3
37	0	1	0	0	0	1
38	0	0	1	1	1	3
39	0	1	1	0	1	3
40	1	0	0	0	0	1
41	0	1	0	0	0	1
42	0	1	0	1	1	3
43	1	0	0	0	1	2
44	1	0	1	1	1	5
45	0	0	0	0	1	2
46	0	0	1	1	0	3
47	1	0	1	0	1	4
Total (SI)	28	16	24	22	25	
Total (NO)	19	31	23	25	22	

Anexo 4. Validación del instrumento de recolección de datos

Diseñado por José Luis Ventura-León

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir el Nivel de Capacitaciones en Método de Trabajo de Molienda En ese sentido, solicito pueda evaluar los 5 ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido:	Katherine del Pilar Arana Arana		
Grado académico:	Bachiller	Magister	Doctor
Área de Formación académica	SSO, Proyectos		
Áreas de experiencia profesional	SIG, Telecomunicaciones, proyectos		
Tiempo de experiencia profesional en el área	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Criterios de Calificación

a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

Diseñado por José Luis Ventura-León

ITEMS		Relevancia			Coherente			Claridad			Sugerencias		
NIVEL DE CAPACITACIONES													
Nº	Ítems												
1	¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?			✓			✓			✓			✓
2	¿Usted conoce cada cuánto tiempo se realiza la operación de uso del Inching Drive en molino SAG?			✓			✓			✓			✓
3	¿Usted recibe capacitación permanente?			✓			✓			✓			✓
4	¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?			✓			✓			✓			✓
5	Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG.			✓			✓			✓			✓

Las alternativas de respuesta van de 0 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

0 1 2 3
Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy de acuerdo



Firma y Sello

Diseñado por José Luis Ventura-León

FORMATO DE VALIDEZ BASADA EN EL CONTENIDO: ENCUESTA

Estimado(a) experto(a):

Reciba mis más cordiales saludos, el motivo de este documento es informarle que estoy realizando la validez basada en el contenido de un instrumento destinado a medir el Nivel de Capacitaciones en Método de Trabajo de Molienda En ese sentido, solicito pueda evaluar los 5 ítems en dos criterios: Coherencia y claridad. Su sinceridad y participación voluntaria me permitirá identificar posibles fallas en la escala.

Antes es necesario completar algunos datos generales:

I. Datos Generales

Nombre y Apellido:	Ricardo Fernando Ortega Mesa		
Grado académico:	Bachiller	Magister	Doctor
Área de Formación académica	Ing. Industria		
Áreas de experiencia profesional	Gerencia / Invest / M. de Operac. / Simulacros		
Tiempo de experiencia profesional en el área	2 a 4 años	5 a 10 años	10 años a mas

II. Criterios de Calificación

a. Coherencia

El grado en que el ítem guarda relación con la dimensión que está midiendo. Su calificación varía de 0 a 3: El ítem "No es coherente para evaluar" (puntaje 0), "poco coherente para evaluar" (puntaje 1), "coherente para evaluar" (puntaje 2) y es "totalmente coherente para evaluar" (puntaje 3).

<i>Nada coherente</i>	<i>Poco coherente</i>	<i>Coherente</i>	<i>Totalmente coherente</i>
0	1	2	3

b. Claridad

El grado en que el ítem es entendible, claro y comprensible en una escala que varía de "Nada Claro" (0 punto), "medianamente claro" (puntaje 1), "claro" (puntaje 2), "totalmente claro" (puntaje 3)

<i>Nada claro</i>	<i>Poco claro</i>	<i>Claro</i>	<i>Totalmente claro</i>
0	1	2	3

señado por José Luis Ventura-León

ITEMS		Relevancia			Coherente			Claridad			Sugerencias		
NIVEL DE CAPACITACIONES													
Nº	Ítems												
1	¿Usted conoce el procedimiento de arranque y detenida del molino SAG?												
2	¿Usted conoce cada cuánto tiempo se realiza la operación de uso del Inching Drive en molino SAG?												
3	¿Usted recibe capacitación permanente?												
4	¿Recibe capacitaciones sobre los parámetros y variables operacionales del molino SAG?												
5	¿Usted recibe capacitación técnica y profesional del molino SAG.												

Las alternativas de respuesta van de 0 al 3 y tienen las siguientes expresiones:

0 1 2 3
Muy en desacuerdo Desacuerdo De acuerdo Muy de acuerdo



Dr. Fernando Ortega M.

Firma y Sello

Anexo 5. Consumo de energía anual y trimestral y consumo de energía por horas correctivas del año 2019

Consumo de energía anual y trimestral 2019

Mes	Consumo de energía (KW-hr)
Enero	11871784.56
Febrero	11562090.23
Marzo	11562090.23
Abril	11989245.26
Mayo	13019617.92
Junio	12860510
Julio	11812399.23
Agosto	12647728.29
Setiembre	12760853.21
Octubre	12159051
Noviembre	13181091.99
Diciembre	13047288.01

Trimestre	Consumo trimestral de energía (KW-hr)
Enero - Marzo	34995965
Abril - Junio	37869373
Julio - Setiembre	37220981
Octubre - Diciembre	38387431

Consumo de energía por horas correctivas del año 2019

Meses	Potencia (kW- mes)
Enero	2597218.07
Febrero	2473193.032
Marzo	2199712.215
Abril	2420583.464
Mayo	2478918.022
Junio	2288220.273
Julio	2468211.248
Agosto	2245262.84
Septiembre	2292188.494
Octubre	2590201.167
Noviembre	2534035.836
Diciembre	2434579.998

Trimestre	Potencia eléctrica
Enero - marzo	7270123.3
Abril - Junio	7187721.8
Junio -setiembre	7005662.6
Octubre-Diciembre	7558817.0

Anexo 6. Producción de mineral bruto y Cu del molino SAG (toneladas) - 2019

MESES	TONELADAS MES
Enero	589,570.10
Febrero	599,305.84
Marzo	575,090.89
Abril	567,194.93
Mayo	657,350.60
Junio	634,070.36
Julio	569,033.58
Agosto	623,785.09
Septiembre	655,573.58
Octubre	617,039.25
Noviembre	632,577.48
Diciembre	641,140.07
TM TRIMESTRE	TM MINERAL BRUTO
Enero - Marzo	1,763,966.83
Abril - Junio	1,858,615.89
Julio - Septiembre	1,848,392.25
Octubre-Diciembre	1,890,756.80
TM TRIMESTRE	Cu
Enero - Marzo	51,300.00
Abril - Junio	50,400.00
Julio - Septiembre	50,850.00
Octubre-Diciembre	51,120.00

Anexo 7. Registro del Plan anual de Capacitación

Temas de Capacitación	Frecuencia	Personal	Respons.	Costo	Cant.	Presupuesto													Durac. (horas)	Observación
							Unit.	Pers.	(\$.)	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.		
Reconocer procesos y operaciones en la planta concentradora.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Parámetros y variables molino SAG.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Reconocer los principales equipos y su importancia	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
secuencia correcta de arranque y detención del molino SAG.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Conocer las principales tareas de operación en el área de molienda	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión
Principios básicos de la Pirometalurgia y su aplicación	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	350.00	20	7000.00													20	10 oper. por sesión
Tipos de muestreo	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00													14	10 oper. por sesión

Conocimiento de base de datos para calcular la producción y operación molino SAG.	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00												16	10 oper. por sesión
Análisis granulométrico	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00												16	10 oper. por sesión
Lectura e interpretación de diagramas P&ID	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00												14	10 oper. por sesión
Lubricación	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00												16	10 oper. por sesión
Interpretar la automatización y control	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	300.00	20	6000.00												18	10 oper. por sesión
Uso de instrumentos de medición de precisión	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	200.00	20	4000.00												14	10 oper. por sesión
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00												16	10 oper. por sesión
Diagnóstico y corrección en equipos industriales	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00												16	10 oper. por sesión
Balance de planta (molino SAG)	Semestral	Operadores planta concentradora	Instituto TECSUP	250.00	20	5000.00												16	10 oper. por sesión
Fundamentos teóricos de automatización y control del proceso	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	400.00	7	2800.00												12	4 y 3 inst. por sesión

Instrumentación digital y redes industriales	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00													10	4 y 3 inst. por sesión
Dispositivos de automatización y control.	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	250.00	7	1750.00													12	4 y 3 inst. por sesión
Interpretar la automatización y control	Semestral	Instrumentistas	Instituto TECSUP	300.00	7	2100.00													12	4 y 3 inst. por sesión
Uso de instrumentos de medición de precisión	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00													13	6 y 7 mec. por sesión
Medición, montajes y desmontaje	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00													13	6 y 7 mec. por sesión
Mantenimiento de equipos industriales (molienda)	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00													13	6 y 7 mec. por sesión
Soldadura para el mantenimiento	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	200.00	13	2600.00													13	6 y 7 mec. por sesión
Lubricación	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00													15	6 y 7 mec. por sesión
Electrohidráulicos	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00													15	6 y 7 mec. por sesión
Mantenimiento de sistemas hidráulicos	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00													15	6 y 7 mec. por sesión
Mantenimiento de bombas hidráulicas	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00													15	6 y 7 mec. por sesión
Análisis de fallas de componentes hidráulicos	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00													15	6 y 7 mec. por sesión
Diagnóstico y corrección en	Semestral	Mecánicos	Instituto TECSUP	250.00	13	3250.00													15	6 y 7 mec. por sesión

equipos industriales																			
Utilizar instrumentos para la medición de parámetros eléctricos en circuito de corriente continua y alterna (molienda)	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00												8	4 y 3 elect. por sesión
Calcular y verificar el consumo de energía de equipos e instalaciones eléctricas (molienda)	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00												10	4 y 3 elect. por sesión
Detectar fallas en circuitos eléctricos de corriente continua y alterna	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00												10	4 y 3 elect. por sesión
Diseño de subestaciones eléctrica con distribución	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	200.00	7	1400.00												10	4 y 3 elect. por sesión
Potencia eléctrica	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00												8	4 y 3 elect. por sesión
Motor trifásico del tipo jaula de ardilla y rotor bobinado.	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00												8	4 y 3 elect. por sesión
Seguridad Eléctrica y puesta a tierra	Semestral	Electricistas	Instituto TECSUP	180.00	7	1260.00												8	4 y 3 elect. por sesión

Costo primera capacitación						121,190.00													
Costo segunda capacitación						71,280.00													
Total						192,470.00													

Leyenda:		Personal capacitado en la primera sesión
		Personal capacitado en la segunda sesión

Anexo 8. Programa de inspecciones Plan Anual de Inspección

N°	Inspecciones requeridas	Periodicidad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1.	Desajustes de pernos de la carcasa y tapas de alimentación y descarga del molino SAG	Diario	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2.	Alarmas bajo caudal de lubricación, nivel bajo de lubricación	Diario	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
3.	Cambios de válvula de lubricación para que trabaje las líneas de bypass	Semanal	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4.	Presiones bajas y altas de aceite de lubricación, aire	Cada diez días	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5.	Filtros de aceite sucios en los diferentes puntos y líneas de lubricación	Quincenal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6.	Fugas excesivas de aceite de lubricación	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7.	Verificación de aceite de lubricación	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8.	Calibración de válvula de aceite de lubricación	Mensual	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9.	Desprendimiento de liners, forros del molino	Bimestral	2			2			2			2		
Total			16	14	14	16	14	14	16	14	14	16	14	14

Anexo 9. Chek List

**CHECK LIST PRE-OPERACIONAL
DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA MOLIENDA (SAG)**

Guaras protectoras del área de molienda

- Insp. Estado de guardas, por deterioro de componentes
- Insp. Componentes de sujeción por soltura o ausencia de los mismos
- Insp. Correcta colocación y fijación sobre las estructuras y equipos a proteger
- Insp. Existe orden y limpieza en las estructuras y equipos sobre las que están colocadas

Molino SAG área 310

- Insp. Molino, cuerpo, tapas, pernos flojos
- Insp. Existe orden y limpieza en el molino y en la zona de trabaja de esta
- Insp. Limpieza en chute de alimentación

Reductores y motores del molino sag

- Insp. Reductores, por ruido, vibración, solturas, fugas de aceite verificar el nivel de aceite
- Insp. Existe orden y limpio en molino y en la zona de trabajo de esta

LU005	LU006	INCHING

Unidades hidráulicas. Motores reductores. Piñón corona

- Verificar nivel de lubricante en cilindro
- Verificar temperatura de lubricante, debe mantenerse caliente
- Insp. Intercambiador de calor, por fugas de aceite y agua

G SPRAY	LU001	LU004	LU002

Unidades hidráulicas. Lubricación de los cojinetes Molino SAG

- Verificar temperatura de lubricante
- Verificar presión de la bomba de alta
- Insp. Filtros, presión diferencial o indicador de filtro sucio
- Insp. Intercambiador de calor por fugas de aceite y agua

Faja transportadora 310

- Insp. Faja transportadora presenta cortes o desgaste anormal
- Insp. Sistema de contrapeso la estructura de montaje, por pernos flojos o faltantes (220- cv -003)
- Insp. Estadero de alimentadores de bolas, chute de descarga y alimentación de bolas.

CV008	CV004

Bomba de hidrociclones

- Insp. Presión de agua de prensaestopas

--

Insp. Lubric. De prensaestopas mediante filtraciones mínimas y
continuas de agua

Insp. La bomba, por ruidos, vibrac. Anormales. / filtrac.
Por testigos./ caudal y presión normal



Anexo 10. Especificaciones técnicas de los liners acero original

Liners acero original	Duración (Meses)	Duración (días)	Peso (kg)por liners
Liners lado alimentación			
Exterior	6	160 - 180	310
Interior	3	90 - 100	310
Intermedio	3	90- 100	310
Liners Cilindró			
Lifter	3	90 - 100	895
Plate	3	90 - 100	895
Liner lado descarga			
Exterior	6	160 - 180	310
Intermedio	6	160 - 180	310
Interior	3	90 - 110	310

Anexo 11. Especificaciones técnicas de los liners Poly-Met

Liners Poly-Met	Duración (Meses) mineral duro	Duración (días) mineral duro	Duración (Meses) mineral suave	Duración (días) mineral suave	Peso (kg)por liner
Liners lado descarga	7	210	8	240	130
Liners cilindro (lifter)	4	120	6	180	460
Liners cilindro (plate)	4	120	6	180	460
Liner lado alimentación					
Exterior	7	210	8	240	180
Interior	7	210	8	240	180
Intermedio	5	150	6	180	180
Dureza		600		Brinell	

Anexo 12. Solicitud para el acceso a información para ejecución de tesis

SOLICITO INFORMACIÓN PARA MI TESIS



dilmer rodriguez

Lun 28/01/2019 05:30

Para: Nieves.Ayvar@goldfields.com ✉



INGENIERA:
NIEVES AYVAR

Me es grato saludarle, en esta oportunidad me dirijo a usted para solicitarle un gran servicio, mi persona culmino de estudiar la carrera de ingeniería industrial, es por ello me veo en la necesidad de realizar mi tesis, por el cual acudo a su despacho, para que me faciliten la información necesaria para que esta se haga realidad.

Como tema elegido (PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOLINO SAG). Es por ello que pido a usted que me apoyen con la información referente a estos temas.

Como información indispensable:

- Data del tonelaje histórico.
- Información histórico de cambio de liners.
- Dimensiones y características del molino sag.
- Dimensiones y características de los revestimientos.
- Ratio de concentración.
- El split online de la faja 3.
- Sensor de humedad del mineral de la faja 3
- Caudal de agua adición al molino sag.
- Potencia del molino.
- Presión de los descansos del molino sag.
- Velocidad del molino sag.
- Nivel de llenado de medios de molienda en el molino sag.
- Información de muestreos realizados al molino sag.
- Información histórica de la dureza del mineral.

Me despido de usted sin antes agradecer las muestras de su gentil amabilidad y esperando que me pueda apoyar en este valioso proceso de mi carrera.
Muchas gracias.

Saludos
DILMER RODRIGUEZ MEDINA

Anexo 13. Liners acero puro con fecha de instalación y de retiro del molino SAG minera Gold Fields

FECHA INSTALACION	FECHA RETIRO	Días	TMS	CANT/SET	CANT/ INGRESO	CAMBIOS	TIPO MTTO	LINNER
17-ene-19	25-may-19	128	2,348,277	11	11	11	PREVENTIVO	LINER FEED HEAD OUTER, SAG MILL
17-ene-19	25-may-19	128	2,348,277	22	20	22	PREVENTIVO	DE GRATE 30 MM SLOTS, SAG MILL
17-ene-19	22-may-19	125	2,314,019	22	2	2	CORRECTIVO	DE GRATE 30 MM SLOTS, SAG MILL
17-ene-19	05-abr-19	78	1,429,431	22	4	4	CORRECTIVO	DE GRATE 30 MM SLOTS, SAG MILL
17-ene-19	21-jul-19	185	3,382,476	11	11	11	PREVENTIVO	DE INNER LINER, SAG MILL
18-mar-19	21-jul-19	125	2,276,419	20	20	20	PREVENTIVO	FEED SHELL LIFTER
18-mar-19	21-jul-19	125	2,276,419	20	20	20	PREVENTIVO	FEED SHELL PLATE
18-mar-19	21-jul-19	125	2,276,419	20	20	20	PREVENTIVO	DISCHARGE SHELL LIFTER
18-mar-19	21-jul-19	125	2,276,419	20	20	20	PREVENTIVO	DISCHARGE SHELL PLATE
18-mar-19	21-jul-19	125	2,276,419	11	11	20	CORRECTIVO	LINER FEED HEAD INNER, SAG MILL
25-may-19	26-sep-19	124	2,296,060	22	20(2)	22	PREVENTIVO	DE GRATE 30 MM SLOTS, SAG MILL
25-may-19	26-sep-19	124	2,296,060	11	11	11	PREVENTIVO	LINER FEED HEAD OUTER, SAG MILL
21-jul-19	04-ene-19	-198	3,046,586	11	11	11	PREVENTIVO	DE INNER LINER, SAG MILL
21-jul-19	29-nov-19	131	2,390,375	20	20	20	PREVENTIVO	FEED SHELL LIFTER
21-jul-19	29/11/209	###	2,390,375	20	20	20	PREVENTIVO	FEED SHELL PLATE
21-jul-19	29-nov-19	131	2,390,375	20	20	20	PREVENTIVO	DISCHARGE SHELL LIFTER
21-jul-19	29-nov-19	131	2,390,375	20	20	20	PREVENTIVO	DISCHARGE SHELL PLATE
21-jul-19	29-nov-19	131	2,390,375	11	11	20	PREVENTIVO	LINER FEED HEAD INNER, SAG MILL
21-jul-19				40	40	INSTALADO	CORRECTIVO	FE & DE FILLER RING F/SAG MILL
26-sep-19	04-ene-20	###	1,784,726	22	22	22	PREVENTIVO	DE GRATE 30 MM SLOTS, SAG MILL
26-sep-19	04-ene-20	###	1,784,726	11	11	11	PREVENTIVO	LINER FEED HEAD OUTER, SAG MILL
29-nov-19				20	20	INSTALADO	PREVENTIVO	FEED SHELL LIFTER
29-nov-19				20	20	INSTALADO	PREVENTIVO	FEED SHELL PLATE
29-nov-19				20	20	INSTALADO	CORRECTIVO	DISCHARGE SHELL LIFTER
29-nov-19				20	20	INSTALADO	PREVENTIVO	DISCHARGE SHELL PLATE
29-nov-19				11	11	INSTALADO	CORRECTIVO	LINER FEED HEAD INNER, SAG MILL
04-ene-20				22	22	INSTALADO	PREVENTIVO	OUTER PULP LIFTER, SAG MILL
04-ene-20				11	11	INSTALADO	PREVENTIVO	MIDDLE PULP LIFTER, SAG MILL
04-ene-20				11	11	INSTALADO	PREVENTIVO	INNER PULP LIFTER, SAG MILL
04-ene-20				11	11	INSTALADO	PREVENTIVO	DE INNER LINER, SAG MILL
04-ene-20				22	11	INSTALADO	PREVENTIVO	DE GRATE 30 MM SLOTS, SAG MILL
04-ene-20				11	11	INSTALADO	PREVENTIVO	LINER FEED HEAD OUTER, SAG MILL

Anexo 14 especificaciones técnicas del molino (manual)

MOLINO SAG	
Identificación (TAG)	310-ML-001
Fabricante	FLEE MINERALS
Capacidad	780 a 900 TM/H
Potencia	3730 KW (5000 H)
Tipo de Transmisión	GEARLESS (sin engranajes)
Carga de medios moledores	12 a 18 %
Volumen de carga	22 a 28 %
Velocidad critica	68 a 78 %
Velocidad de giro	9.6 a 12.5 (RPM)
Medidas del molino	24 X 14.5 pies

Anexo 15 Relación de TM brutas producidas, con toneladas producidas de concentrado de cobre

Periodo	Tonelada métricas brutas producidas trimestrales molino (SAG)	Tonelada producidas de concentrado de cobre trimestrales
Enero - marzo	1,679,256.58	51,300.00
abril - junio	1,825,707.52	56,993.05
julio- setiembre	1,828,405.76	56,679.76
octubre- diciembre	1,786,411.27	57,818.76