UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA METALURGICA Y DE MATERIALES

MANUAL DE OPERACIONES DE CHANCADO Y MOLIENDA, MINA EL SOLDADO

Proyecto de trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos y reglamentos requeridos para obtener el título de Ingeniero Civil Metalúrgico

Profesor Guía: Waldo Valderrama Reyes

Correferente: Francisco Vicuña

JEHISSON PATRICK RAMIREZ AGUILERA

05 de Mayo de 2022

DEDICATORIA

Para Dios y las personas especiales en mi vida que me permitieron tener una muy buena experiencia durante el transcurso de la universidad y así poder convertirme en un profesional.

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión en el término de esta etapa de mi vida. En la que destaco la presencia de mi pareja Elizabeth Jorquera por el amor, sacrificio, esfuerzo y por ser mi fuente de motivación e inspiración. Que me encanta la mujer que es, no cambiaría nada, su esencia, personalidad, complicidad, entre muchas otras cualidades. Te Amo.

También, reconocer a mi madre Mariela Aguilera y hermanos Mariela, David y Eluney por ser mi otra fuente de motivación para poder superarme cada día más y por creer en mis capacidades lo que es un gran complemento para finalizar este ciclo. Quisiera detenerme en mi madre, una mujer ejemplar que jamás compararía, nadie es perfecto en este mundo, pero ella me hizo ver que con sacrificio se sale adelante, gracias por tanto viejita linda, me faltaran días para agradecerte.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi pareja, familia y amigos formados durante el tiempo que estuve en la universidad, a cada persona que aporto un grano en mi formación académica.

Agradecer al Profesor Waldo Valderrama Reyes por su pasión a la metalurgia, la entrega por cada uno de sus estudiantes y su profesionalismo. Gracias por creer y permitirme ser parte de este proyecto.

A la empresa Anglo American operación El Soldado por permitirme ser parte de ustedes y ayudarme en la formación profesional.

Al Departamento de Metalurgia y Materiales de la UTFSM que me entregaron los conocimientos necesarios para ser un profesional con vocación y a cada persona que formo parte del día a día dentro de las instalaciones de la universidad.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera, por haber hecho la estancia en la universidad más agradable.

ANGLO AMERICAN CHILE

“La información que esta Memoria recoge y contiene respecto de las operaciones y actividades de Anglo American Chile Ltda. y/o de cualquiera de las divisiones mineras e industriales operativas, así como la integridad e interpretación de la información, los análisis y conclusiones derivadas de ella, sólo corresponden a su autor y, en consecuencia son de su exclusiva responsabilidad, por lo que no comprometen en forma alguna a Anglo American Chile Limitada, sus divisiones operativas o empresas propietarias, como tampoco a sus ejecutivos, profesionales o técnicos. Anglo American Chile Ltda. únicamente ha colaborado con el autor en facilitarle acceso a sus instalaciones e información para la realización de esta memoria y no tiene opinión ni participación alguna en su contenido.”

RESUMEN

El presente proyecto trata de la confección de un manual de operaciones en el área de chancado y molienda para la empresa Anglo American Sur, operación El Soldado.

Se presentan definiciones de un manual de operaciones en general, y luego la construcción del manual de operaciones del caso en estudio. Se definen el propósito y valor que crea, los temas fundamentales que debe contener, las etapas en su fase de elaboración, la planificación genérica del trabajo de campo, y el alcance del este proyecto particular.

Luego se reporta la recopilación de información realizada desde documentos, complementada con entrevistas de campo a personal de la Planta. La información fue procesada y analizada para ajustarse el formato y estructura de un manual de operaciones. Los borradores de secciones fueron sometidos a validación por parte de personal seleccionado de la planta. El manual elaborado se encuentra como un extracto en el anexo a este trabajo.

ABSTRACT

This project deals with the preparation of an operations manual in the crushing and grinding area for the company Anglo American Sur, El Soldado operation.

Definitions of an operations manual in general are presented, and then the construction of the operations manual of the case under study. The purpose and value that it creates, the fundamental issues that it must contain, the stages in its elaboration phase, the generic planning of the field work, and the scope of this project are defined.

Then the compilation of information made from documents is reported, complemented with field interviews with Plant personnel. The information was processed and analyzed to fit the format and structure of an operations manual. Section drafts were submitted for validation by selected plant personnel. The manual prepared is found as an extract in the annex to this work.

INDICE

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTOS 3

ANGLO AMERICAN CHILE 4

RESUMEN 5

ABSTRACT 6

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL. 10

1.1. Introducción general. 10

1.2. Hipótesis. 11

1.3. Objetivos. 11

1.3.1. Objetivo General. 11

1.3.2. Objetivos Específicos. 11

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES. 13

2.1. Antecedentes históricos. 13

2.2. Antecedentes generales y operaciones en Chile. 14

2.3. Operación en El Soldado. 15

2.3.1. Organigrama operaciones plantas. 16

2.3.2. Geología del yacimiento. 17

2.3.3. Sulfuros de cobre. 17

2.4. Antecedentes de seguridad como principio fundamental. 19

CAPÍTULO 3. CONSTRUCCION DE UN MANUAL DE OPERACIONES. 21

3.1. Naturaleza. 21

3.2. Ventajas. 22

3.3. Definición de términos. 23

3.3.1. Proceso. 23

3.3.2. Procedimiento (descripción de las operaciones). 23

3.3.3. Diagrama de flujos. 24

3.3.4. Políticas. 24

3.4. Contenido especifico de un manual de operaciones de una planta de proceso. 24

3.4.1. Introducción. 24

3.4.2. Políticas de seguridad. 25
3.4.3. Diseño de procesos. 25
3.4.4. Control de procesos. 25
3.4.5. Enclavamientos. 26
3.4.6. Procedimientos de operación. 26
3.4.7. Fallas operacionales. 26
3.5. Fases de elaboración. 27
3.5.1. Estudio preliminar de las operaciones. 27
3.5.2. Especificación del requerimiento del mandante. 27
3.5.3. Planificación del trabajo. 27
3.5.4. Recopilación de la información. 28
3.5.5. Análisis de la información y estructuración del manual ... 28
3.5.6. Recopilación complementaria de información. 28
3.5.7. Elaboración del manual. 28
3.5.8. Validación del manual. 29
3.5.9. Autorización del manual. 29
3.5.10. Difusión y distribución del manual. 29
3.5.11. Revisión y actualización del manual. 29
CAPÍTULO 4. PLANIFICACION DEL TRABAJO. 30
4.1. Plan de trabajo. 30
4.2. Especificación de contenido del manual. 32
4.2.1. Introducción. 33
4.2.2. Seguridad General. 34
4.2.3. Diseño del proceso. 37
4.2.4. Control de procesos. 39
4.2.5. Enclavamientos. 39
4.2.6. Procedimientos de operación. 41
4.2.7. Fallas operacionales. 42
4.2.8. Glosario. 43
4.2.9. Anexos. 43
4.3. Especificación de formato. 44

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DEL MANUAL. 46
5.1. Visión general. 46
5.2. Identificación de fuentes. 48
5.3. Recopilación de información. 49
5.4. Análisis crítico. 50
5.5. Obtención complementaria de información. 52
5.6. Reporte final. 52
CAPÍTULO 6. EVALUACION CRITICA DEL MANUAL DESARROLLADO 58
6.1. Validez de contenido. 58
6.2. Pertinencia. 59
6.3. Claridad de los contenidos 59
6.4. Tamaño de documento. 60
6.5. Temas pendientes para una siguiente edición. 60
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 61
CAPÍTULO 8. REFERENCIAS. 63
CAPÍTULO 9. ANEXO. 65

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

1.1. Introducción general.

La operación El Soldado es un yacimiento de mineral de sulfuros junto a una planta concentradora perteneciente a la compañía de Anglo American, la que se encuentra ubicada en la cordillera de El Melón, comuna de Nogales a 600 m.s.n.m. Produce aproximadamente 54.000 toneladas de cobre fino a través de procesos de minería en rajo abierto y una planta concentradora que contiene los procesos de chancado primario, secundario, terciario, molienda convencional, molienda SAG, flotación, espesado y filtrado, obteniendo un producto de concentrado de cobre que es enviado en su totalidad a la Fundición Chagres.

El problema que presenta la operación El Soldado es que no existe un manual de operaciones para los procesos de chancado y molienda en el que se detalle sistemáticamente las actividades y tareas que conforman estos procesos. Es de gran utilidad que haya un manual de procesos que permita al operador conocer de qué manera influyen las tareas asignadas en el desarrollo de los procesos para lograr los objetivos. Por lo tanto, existe la necesidad por parte de Anglo American de crear un manual en las áreas de chancado y molienda que contenga la descripción detallada de cada actividad junto a conceptos básicos y prácticas seguras. De esta manera, se persigue la mayor eficiencia y eficacia en la ejecución del trabajo, precisar funciones, deslindar responsabilidades, evitar duplicaciones y detectar omisiones.

En este contexto, el documento debe contener elementos tales como seguridad general, diseño de proceso, control de proceso, enclavamientos, procedimientos de operación, fallas operacionales, glosario y otros datos que puedan propiciar el correcto desarrollo de las actividades operacionales.

El manual de operaciones sirve para introducir a cualquier persona interesada en conocer cómo opera la empresa, así como los elementos que la componen (mencionado en el párrafo anterior); ayuda a disminuir las improvisaciones y los errores asociados, facilitando la coordinación de planes y acciones.

Para una persona poco familiarizada con el tema de elaboración de un manual le puede parecer una mera recopilación de documentos que no corresponde a un trabajo profesional, sin embargo, es un problema que representa variados desafíos para un estudiante. En esta memoria se trata de diseñar y desarrollar el proceso de construir un manual de operaciones de tal manera que la información contenida cumpla con los requisitos necesarios (estándares) que permitan realizar sus funciones adecuadamente.

1.2. Hipótesis.

La naturaleza de este trabajo no requiere de una hipótesis pues no se trata de verificar la veracidad de una determinada afirmación, si no de desarrollar y ejecutar un procedimiento para construir un documento que contenga la información más relevante para la coordinación de actividades, capacitación, estandarización, referencia y comunicación.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Elaboración de un manual de operaciones del área de chancado y molienda de Mina El Soldado.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Definir los contenidos específicos del manual de operaciones con el propósito de estandarizar normas de seguridad y procedimientos asociados a los procesos de chancado y molienda.

- Identificar las distintas fuentes de información disponibles relacionada con los procesos de chancado y molienda.

- Discriminar la información disponible según criterios de pertinencia, relevancia y vigencia para los propósitos del manual.

- Identificar y documentar prácticas no-escritas, confirmando su validez por parte de los supervisores del trabajo, para complementar vacíos de información documental.

- Estructurar un documento según consideraciones de estilo, acceso, mantenibilidad y espacio asignado a cada tema, para llegar a un producto de dimensiones manejables.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.

2.1. Antecedentes históricos.

El Soldado inició su explotación por el año 1803. En el año 1889 fue adquirida por la Sociedad Minera Catemu, para luego ser adquirida por la Compañía Francesa Minera du M'Zaita en 1919. En 1952 fue adquirida por la empresa francesa Metalúrgica Peñaroya. En el año 1958 Compañía Minera Disputada de Las Condes S.A se hizo dueña de la propiedad de El Soldado hasta el año 1972 cuando ENAMI adquirió el 86% de la propiedad. Ya en 1970 se incorporaron los primeros equipos mineros de alto tonelaje en lo que era en ese tiempo la minería subterránea de El Soldado. Para el año 1979 se realiza el proyecto conocido como "Descongestión Concentrador" en donde la capacidad de tratamiento diaria aumentó desde 3,3 a 5,5 kt/día. Durante el año 1978 la empresa petrolera Exxon adquirió el 100% de la propiedad minera de El Soldado. Es en este periodo cuando se realiza en el año 1987 la modernización y expansión mina a 11,5 kt/día incorporando un molino SAG al circuito de molienda, el tercero instalado en Chile. El año 1989 comienza la explotación en paralelo de la mina a rajo abierto con un ritmo de 2 kt/día. Luego de esto, el año 1994 se inaugura la Planta de Cátodos con tecnología SX – EW para que en el año 1996 se realice su expansión desde 13,5 a 21,5 kt/día. El año 1998 se realiza la expansión de la planta concentradora a 18 kt/día con la modificación de parte de sus procesos y la incorporación de equipos adicionales. El año 2002, El Soldado se integra a Anglo American plc pasando a ser parte de la cartera minera de esta compañía. Respecto a la mina, el año 2004 se aprueba el proyecto "Rajo Extendido" el cual comienza sus operaciones en el año 2007. El cierre definitivo de la mina subterránea sucede en el año 2010 pasando a depender exclusivamente de las operaciones a rajo abierto. En el año 2011 Mitsubishi adquiere el 25% de la propiedad de Anglo American Sur para luego en el 2012, el joint venture Codelco – Mitsui adquirir un 29,5%. [1]

2.2. Antecedentes generales y operaciones en Chile.

El grupo Anglo American es uno de los líderes mundiales en minería y recursos naturales. En todas y cada una de sus operaciones, la empresa declara buscar compatibilidad entre la rentabilidad de sus accionistas, el bienestar de sus trabajadores, el desarrollo social de las comunidades vecinas y la protección del medio ambiente.

Su casa matriz está ubicada en Londres (Reino Unido) y cuenta con alrededor de 69 mil trabajadores, quienes se desempeñan en las diferentes operaciones que la compañía posee en 15 países alrededor del mundo (56 sitios en total). [2]

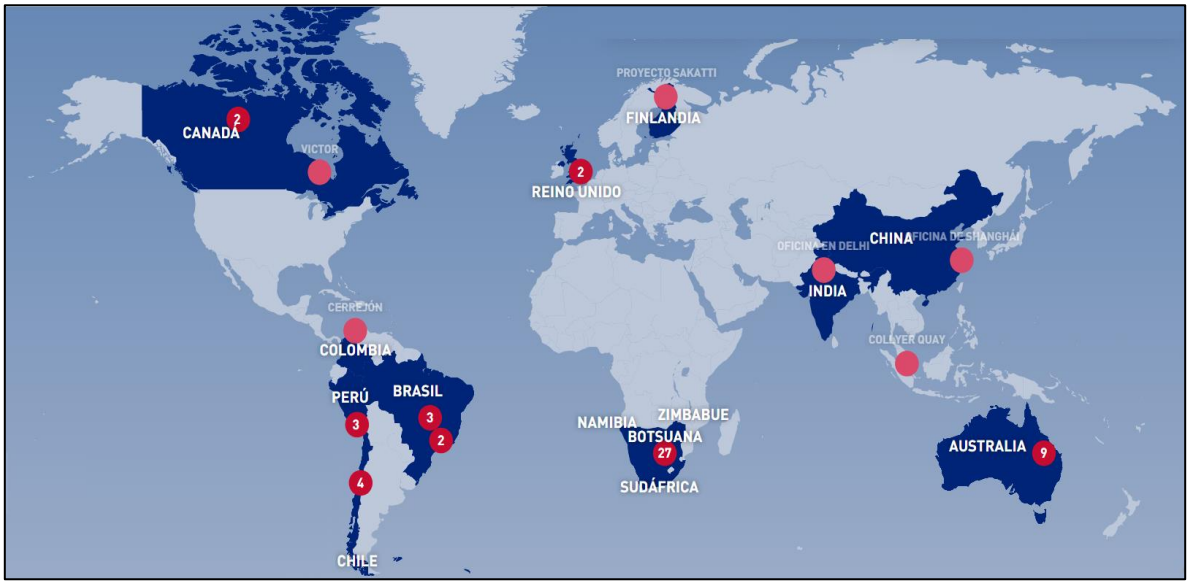


Figura 2.1. Países con operaciones mineras de Anglo American.

En Chile, Anglo American cuenta con cuatro operaciones productivas en tres regiones del país y una oficina central en Santiago. [3]

A continuación, se realiza un breve detalle de las operaciones actuales en el país.

Tabla 2.1. Descripción general de faenas de Anglo American en Chile.

Doña Inés de Collahuasi	Ubicación Método explotación Producción 2020 Propiedad Anglo American	Región de Tarapacá, a 4.400 msnm Rajo abierto 647.400 toneladas de cobre 44%
El Soldado	Ubicación Método explotación Producción 2020 Propiedad Anglo American	Región de Valparaíso, a 600 msnm Rajo abierto 45.800 toneladas de cobre fino 50,1%
Chagres	Ubicación Tipo de operación Producción 2020 Propiedad Anglo American	Región de Valparaíso, a 400 msnm Fundición 108.700 toneladas de ánodos de cobre; y 445.586 toneladas de ácido sulfúrico. 50,1%
Los Bronces	Ubicación Método explotación Producción 2020 Propiedad Anglo American	Región Metrópoli., a 3.500 msnm Rajo abierto 324.700 toneladas de cobre fino y 4.286 toneladas de molibdeno. 50,1%

2.3. Operación en El Soldado.

El Soldado es una operación minera de Anglo American Sur ubicada en la V región de Chile, comuna de Nogales a 132 kilómetros de Santiago y a 600 m.s.n.m. Es una mina explotada a rajo abierto y en el pasado (antes del 2010) como mina subterránea. Hasta el año 2013, El Soldado procesó en forma paralela minerales oxidados y sulfurados provenientes desde la mina. La producción de cobre fino en los últimos años alcanza los 50 kt/año en promedio. El concentrado producido es enviado a Fundición Chagres de Anglo American Sur, donde es procesado en su totalidad. De acuerdo con el plan minero de largo plazo, El Soldado posee reservas de mineral de 128 mt con una ley promedio de 0,92% con un plan de tratamiento más allá del año 2030. Posee una dotación estimada de 1061 trabajadores entre personal propio y contratista hasta enero 2021. [1]

Figura 2.2. Ubicación geográfica de la mina El Soldado.

2.3.1. Organigrama operaciones plantas.

A continuación, se muestra el organigrama correspondiente al año 2021 de la operación planta El Soldado. (LGO: Líder Gestión Operacional).

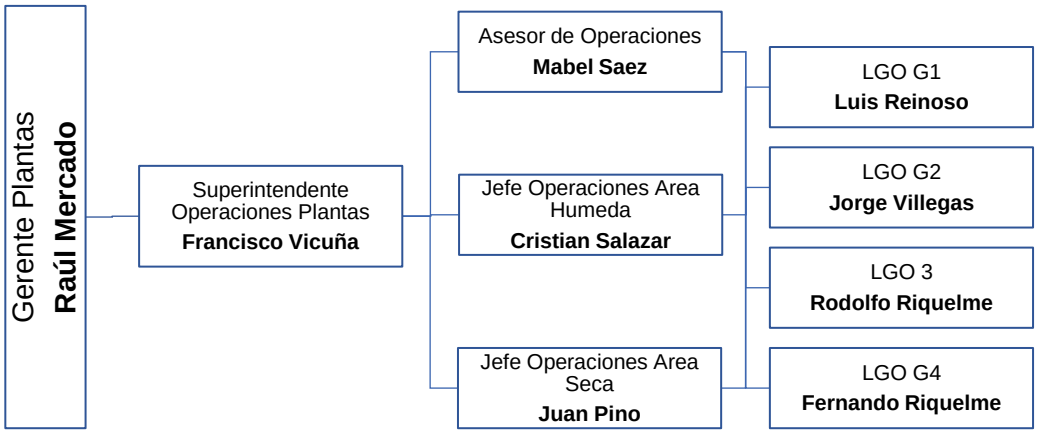


Figura 2.3. Organigrama Operaciones Plantas año 2021.

2.3.2. Geología del yacimiento.

El yacimiento de El Soldado es un depósito estrato - ligado, donde la mineralización es fuertemente controlada por factores estructurales como fallas e intersecciones de ellas, generando zonas favorables para la ocurrencia de mineralización. La mena primaria está compuesta de calcopirita, bornita, calcosina y menores concentraciones de covelina. Se manifiesta en vetillas y diseminada, aunque también se reconoce rellenando porosidades primarias y secundarias de rocas volcánicas. Por otro lado, los minerales de ganga más comunes son pirita, hematita, calcita, clorita, albita, microclina, bitumen, cuarzo, sílice opalina, titanita, rutilo y menores cantidades de magnetita, esfalerita y galena. Existe una tendencia a encontrar mayor cantidad de bornita-calcosina en el sur y más calcopirita en el norte, pero la zonación es muy irregular. [1]

2.3.3. Sulfuros de cobre.

La planta concentradora tiene una capacidad de tratamiento de 8.1 mt por año, entregando un promedio de 52 kt de cobre fino en los últimos años. El procesamiento de sulfuros cuenta con un chancador primario que alimenta dos procesos: molienda SAG y convencional. El mineral molido es enviado a una etapa de flotación rougher para recuperar el máximo de cobre. El concentrado producido en esta etapa es enviado a una etapa de remolienda para producir una nueva liberación de las partículas y luego a una etapa de limpieza para obtener un producto con una ley de concentrado de 28% a 30%. Los relaves producidos en la etapa de limpieza son retratados en un circuito de agotamiento, donde el concentrado es enviado a remolienda para su posterior limpieza. Los relaves rougher y scavenger constituyen el relave de sulfuros de la planta y son impulsados hasta la planta de flotación de arenas para su clasificación. Las lamas se retornan al sistema de transporte de relave y las arenas son reprocesadas en el circuito de flotación de arenas. En esta planta el mineral pasa por etapas de flotación rougher, remolienda y limpieza, en donde el relave de esta etapa se junta con las lamas clasificadas

formando el relave final del proceso, el cual se envía al tranque El Torito para disposición final y recuperación del agua. Los concentrados, tanto de la planta de sulfuros y de arenas se juntan para ser espesados y filtrados, y finalmente son enviados a la Fundición Chagres para la elaboración de ánodos de cobre.

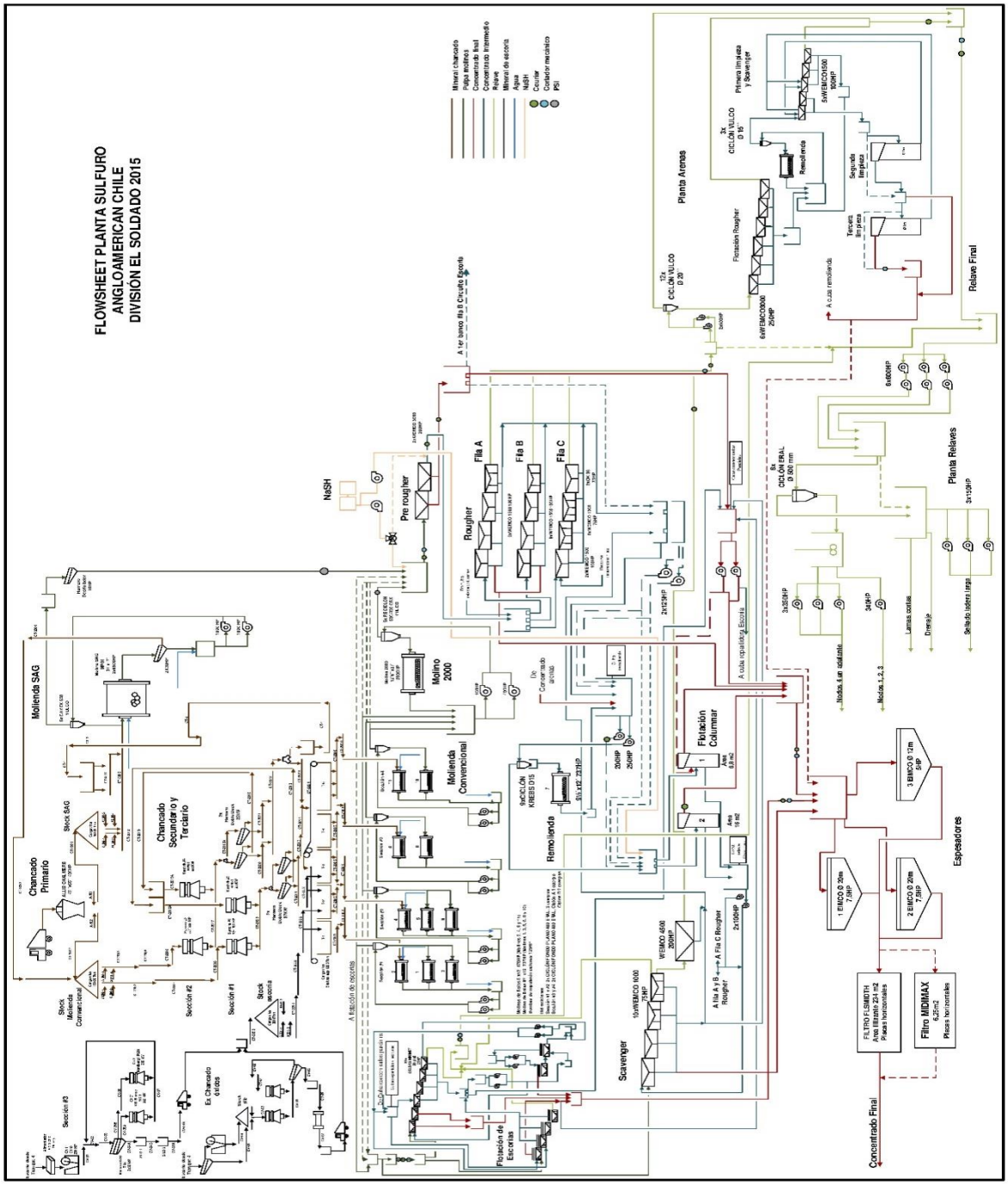


Figura 2.4. Flowsheet planta de sulfuros.

2.4. Antecedentes de seguridad como principio fundamental.

Anglo American y sus operaciones funcionan bajo un solo principio, el que se extiende a todos los ámbitos de las labores realizadas: “Producir con Seguridad”. Para cumplir con este lema existe una serie de normas conocidas como “Las reglas de oro”, las que deben estar arraigadas en cada trabajador de la empresa. Esas reglas se encuentran publicadas en diversos lugares de la Planta.

1. ***Aspectos básicos de seguridad: No realice una tarea a menos que esté entrenado, tenga los recursos y esté autorizado para hacerla.***
2. ***Operación de minas subterráneas y a rajo abierto: No ingrese a áreas restringidas a menos que tenga permiso. No ingrese a zonas no fortificadas. Maneje los explosivos y tronaduras de acuerdo con procedimiento.***
3. ***Equipos móviles y vehículos livianos: Siempre sigue las reglas de tránsito, usa el cinturón de seguridad, respeta los límites de velocidad y no hagas llamadas telefónicas mientras conduces. Los peatones siempre deben mantenerse alejados de los equipos móviles y vehículos***
4. ***Espacios confinados: Nunca ingrese a un espacio confinado sin seguir el procedimiento para espacios confinados de su faena.***
5. ***Trabajo en altura: Siempre use equipo de protección contra caídas al trabajar en altura.***
6. ***Bloqueo de equipos y energía: Asegúrese que todas las fuentes de energía hayan sido aisladas. Bloquee, señalice y pruebe.***
7. ***Levante y manejo de carga: Asegúrese que el equipo de levante es capaz de levantar la carga. Nunca permita que alguien esté bajo la zona de caída.***
8. ***Embalse de agua o líquidos: Siempre utilice chaleco salvavidas y nunca trabaje solo dentro o cerca de un embalse.***
9. ***Productos químicos y sustancias peligrosas: Asegúrese que sabe cómo manejar, almacenar y desechar cualquier producto químico o sustancia peligrosa.***

Figura 2.5. Reglas de Oro, planta de sulfuros.

La visión de la compañía queda plasmada en las siguientes palabras:

“Nuestra visión es lograr el “Cero Daño” mediante una gestión efectiva de la seguridad en todas las operaciones que administramos. Creemos que las personas son nuestro principal activo y no aceptamos que sufran accidentes o lesiones mientras trabajan para nosotros. Todos los trabajadores deben volver a casa sanos y salvos al final de la jornada.” [4]

CAPÍTULO 3. CONSTRUCCION DE UN MANUAL DE OPERACIONES.

En este capítulo revisaremos la naturaleza de un manual de operaciones, los conceptos que concurren en su definición y las etapas en el proceso del desarrollo.

3.1. Naturaleza.

Los manuales de operaciones son instrumentos que apoyan el funcionamiento de una organización y/o empresa, por medio de la descripción, objetivos, políticas, responsabilidades, actividades, operaciones o funciones en general. Constituyen una de las herramientas con que cuentan las organizaciones para facilitar el desarrollo de sus funciones administrativas y operativas.

En el contexto de una planta de proceso, el manual de operaciones es un documento que sirve como guía de referencia, conteniendo la información necesaria sobre el diseño de los procesos, las políticas de seguridad, los procedimientos, controles y manejo de fallas para realizar las actividades de manera eficaz y eficiente.

El manual de operaciones satisface las siguientes necesidades:

1) Entregar información oficial de referencia.
2) Apoyar el entrenamiento del personal.
3) Estandarizar las referencias a los componentes de la Planta en comunicaciones.
4) Mejorar la productividad y eficiencia operacional.
5) Mantener y permear el conocimiento.

Cualquier organización, sea de naturaleza pública o privada, que no cuente con un manual de operaciones, puede ver comprometida la eficiencia del cumplimiento de sus metas. Entre los inconvenientes es posible mencionar:

⇨ Que la forma en la cual se ejecutan las actividades sea producto de la costumbre, la tradición o la ocurrencia, existiendo diversidad de maneras para realizar una misma actividad y obstáculos a la innovación.

⇨ Que no exista un mecanismo para transmitir el conocimiento de un funcionario a otro, que preserve la integridad de los procedimientos, dando paso a una deriva descontrolada.

Es posible solucionar este tipo de problemas mediante la realización de manuales de procedimientos que permitan registrar y transmitir en forma ordenada y sistemática la información de una organización y servir como medio de comunicación y coordinación entre los funcionarios de ésta.

3.2. Ventajas.

Las ventajas de contar con un manual de operaciones se pueden resumir en:

- Disminuir la improvisación y los errores asociados.
- Preservar la integridad del conocimiento del diseño y operación de la planta.
- Recoger las mejoras e innovaciones que se generan en el tiempo, para preservarlas y comunicarlas.
- Facilitar la coordinación de planes y acciones de mejora.
- Proveer una fuente autorizada permanente de información sobre los trabajos a ejecutar.
- Apoyar el cumplimiento de objetivos, políticas, procedimientos, funciones, etc.

De esta manera se minimiza el uso de información obsoleta o la existencia de algún vacío de información que invita a la improvisación, lo que significa problemas operacionales y costos relevantes para la empresa.

3.3. Definición de términos.

3.3.1. Proceso.

Un proceso es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr un resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento diseñados para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema. Un proceso se centra en “QUÉ” cosas se tienen que hacer. [5]

Los procesos son repetitivos y se realizan en forma y secuencia similares mediante actividades interrelacionadas. Para que una actividad pueda definirse como proceso debe cumplir los siguientes requisitos:

⇨ Definibles: Posibilidad de ser documentados. Sus requisitos y mediciones deben estar establecidos.

⇨ Repetibles: Posibilidad de repetirse en los mismos términos y condiciones.

⇨ Predecibles: Posibilidad de alcanzar los resultados esperados cuando el seguimiento consistente de las actividades del proceso asegura su estabilidad.

3.3.2. Procedimiento (descripción de las operaciones).

Un procedimiento es una presentación por escrito, en forma narrativa y secuencial, de cada una de las operaciones que se realizan con un objetivo dado. Detalla y especifica lo que debemos realizar en una actividad o proceso y tiene como propósito fundamental lograr que las operaciones de naturaleza repetitiva se desarrollen siempre en la misma forma (estándar). [6]

3.3.3. Diagrama de flujos.

Es la representación gráfica de hechos, situaciones, movimientos relacionados o fenómenos de diferentes tipos por medio de símbolos que clarifican la interrelación entre diferentes factores y las unidades administrativas, así como la relación causa - efecto que prevalece entre ellos. [7]

3.3.4. Políticas.

Las políticas se derivan de los objetivos generales de la institución y son preceptos que sirven de guía para establecer el curso de las acciones operacionales en la organización y para garantizar que los procesos y procedimientos laborales estén, consecuentemente, alineados con los objetivos de la institución. En otras palabras, son fronteras amplias, inclusivas, elásticas y dinámicas, que se ven reforzadas por las normas reguladoras de acciones y situaciones más específicas. [7]

3.4. Contenido especifico de un manual de operaciones de una planta de proceso.

Lo primero que un manual de operaciones debe contener es una descripción estandarizada, acotada y validada de los elementos tangibles que constituyen el sistema productivo. A ellos se agregan los elementos intangibles como las políticas de seguridad, diseño de procesos, control de procesos, enclavamientos, procedimientos de operación y fallas operacionales.

El propósito de esta sección es analizar cada uno de estos contenidos y la razón de incluirlos dentro del manual.

3.4.1. Introducción.

La introducción describe el propósito, el alcance y el uso del manual. Es la

exposición sobre el documento, su contenido, objetos y la importancia que existe en su revisión y actualización.

3.4.2. Políticas de seguridad.

Se describen las políticas y normas de seguridad definidas por la empresa. En este punto se deben incorporar aquellas políticas y otras consideraciones que implementan el concepto de producción segura o producción con seguridad de manera de preservar la integridad del personal y equipos de operación.

3.4.3. Diseño de procesos.

En este punto se describe de forma narrativa el paso a paso de los procedimientos que contempla cada circuito de operación. Se enuncian los objetivos, se presentan los diagramas de flujos, se entrega información sobre los equipos principales y secundarios, sus características técnicas (especificaciones) y sus interconexiones. Además, se consideran los principios de funcionamiento de los equipos principales, valores de diseño de variables críticas, rangos de tolerancia y encadenamiento causal de síntomas operacionales.

Esta información es necesaria para que cada operador conozca y entienda el funcionamiento de cada circuito, coordinándose con los demás operadores para lograr un óptimo operacional global.

3.4.4. Control de procesos.

Se entrega información de las variables involucradas en el control de cada circuito de proceso, se presentan tablas con los parámetros y/o variables, sus rangos óptimos y unidades de medida. Los parámetros deben referirse a la partida y durante la operación. En consonancia con la sección anterior, aquí es pertinente considerar fundamentos mínimos de la dinámica de circuitos para lograr una

operación estable y los lazos de control definidos en la planta.

3.4.5. Enclavamientos.

Se examinan los enclavamientos de cada proceso involucrado en función de los lazos de control que existen entre los equipos principales y complementarios.

Estos enclavamientos deben ser detallados de forma que se mencionen los rangos inferiores y superiores de las variables que provoquen una detención de algún equipo.

3.4.6. Procedimientos de operación.

En los procedimientos de operación se incluyen los chequeos previos a cada partida de operación, es decir, las inspecciones de los circuitos correspondientes en forma visual antes de la puesta en marcha y luego de una detención total. Se describe cómo realizar los procedimientos para poner en marcha o la detención de un circuito. También, se describen las acciones del operador de cada circuito para asegurar que los equipos alcancen las metas productivas y de eficiencia, con pocas interrupciones durante las operaciones.

3.4.7. Fallas operacionales.

En este punto se describe el manejo de situaciones potencialmente catastróficas, entendiendo por tales desviaciones graves de la normalidad operacional que pueden causar grandes pérdidas y/o interrupciones de la producción. El operador debe ser capaz de detectar y mitigar estas posibles fallas, que pueden ser causadas tanto por errores humanos como por malfuncionamiento de instrumentos o fallas en los equipos.

Por ejemplo, atollos, inchancables, fallas de detectores de metales, cortes de

correas, contaminación de lubricantes, etc.

3.5. Fases de elaboración.

No existe un único modelo establecido para realizar un manual de operaciones. Con independencia del tipo de manual que se pretenda elaborar, existen una serie de fases o etapas comunes que es necesario desarrollar, en mayor o menor medida según sea el caso:

3.5.1. Estudio preliminar de las operaciones.

El estudio preliminar permite conocer en forma global las funciones y actividades que se realizan en el área o áreas donde se va a actuar y sirve de base para definir la estrategia para el levantamiento de información, actividades por realizar, alcance del proyecto y recursos necesarios para efectuar el estudio. [6]

3.5.2. Especificación del requerimiento del mandante.

Una vez realizado el estudio preliminar, conocidos los procesos y viendo otros manuales de operaciones de otras plantas, se define el contenido del manual a elaborar y se hace una primera propuesta al mandante, donde se indica lo que conforma el manual: Introducción, políticas de seguridad, diseño de procesos, control de procesos, enclavamientos, procedimientos de operación y fallas operacionales.

3.5.3. Planificación del trabajo.

Teniendo en cuenta que se estará trabajando como encargado de la elaboración del manual de operaciones, se establecen las herramientas metodológicas que se utilizarán para obtener la información, la definición el tipo de información que se va a requerir y el cronograma de las actividades a desarrollar para la elaboración de

los manuales.

3.5.4. Recopilación de la información.

Comprende la recopilación de documentos provenientes del diseño de la planta o de actualizaciones posteriores, junto al registro de prácticas que en conjunto, proporcionen información específica y verdaderamente útil para el manual. La información debe en general recopilarse con el apoyo del personal de toda la organización. No obstante, la recopilación debe hacerse con el respaldo de las altas autoridades (manuales generales), y de los responsables de los procesos y las funciones objeto de estudio (manuales específicos).

3.5.5. Análisis de la información y estructuración del manual.

Consiste en darle forma a la información recopilada bajo lineamientos técnicos y el criterio del personal encargado de elaborarlos. Interpretar la información significa analizar en todos los datos recopilados, su importancia y aporte al diseño del manual, debido a que es probable que mucha de la información no será necesario incluirla dentro del documento.

3.5.6. Recopilación complementaria de información.

Consiste en la recopilación complementaria que no se obtuvo en una primera búsqueda y que es necesaria para la elaboración final del manual. Esta recopilación complementaria es información que se obtuvo a través de entrevistas y experiencias no documentadas a los distintos profesionales.

3.5.7. Elaboración del manual.

Es la creación del documento bajo lineamientos claros y homogéneos, utilizando un lenguaje sencillo que logre la comprensión y la adecuada aplicación de los usuarios

directos del documento y de todos los niveles jerárquicos de la organización.

3.5.8. Validación del manual.

La validación del manual implica que ha sido presentado a los responsables de cada unidad administrativa a la que corresponda el manual para su revisión, y que éstos reconocen que la información presentada describe correctamente sus responsabilidades, atribuciones, funciones y actividades. [8]

3.5.9. Autorización del manual.

En esta etapa, el órgano encargado de la aprobación de los manuales da su consentimiento para su uso. No importa quién o quiénes lo aprueben lo importante es que se haga por medio de un mecanismo formal, ya que solamente de esa forma los manuales serán consultados y respetados por todos los integrantes de la organización.

3.5.10. Difusión y distribución del manual.

Después de la validación y autorización del manual, es importante que sea distribuido entre las Unidades Administrativas correspondientes, para que los funcionarios lo tengan a su disposición, conozcan el documento, y lo utilicen en la práctica. [8]

3.5.11. Revisión y actualización del manual.

Los manuales son objeto de revisiones periódicas, por lo tanto, deben ser flexibles a los cambios que se produzcan en la Institución, con el fin de que se mantengan actualizados conforme a la realidad institucional. [8]

CAPÍTULO 4. PLANIFICACION DEL TRABAJO.

En este capítulo se presenta la forma en que se planificó el trabajo en la Operación de El Soldado, en términos de etapas, actividades y plazos dando cumplimiento a los tiempos estipulados para la entrega final del documento.

Con la programación de actividades se identifica qué información y cómo se pretende recopilar, permitiendo distribuir el tiempo que se tiene disponible para cumplir con las metas, es decir, el tiempo que se tiene que dedicar a cada fase del proyecto para cumplir con el plazo establecido de ejecución.

Se define la estructura del contenido del manual de operaciones de la planta El Soldado, y se especifica el formato, los datos de identificación, y el medio de comunicación ya sea digital o impreso. Esto implica tomar decisiones de inclusión como de exclusión de contenido del manual, considerando el tiempo asignado y el alcance del trabajo.

4.1. Plan de trabajo.

Para el plan de trabajo se necesita definir el contenido que tiene cada sección justificando su inclusión, de esta manera se consigue una estructura que cumple con las funciones descritas al inicio de este proyecto.

El manual está basado en antecedentes bibliográficos, comparación con otros manuales, y recopilación de datos que se obtuvieron a través de base de datos (PI ProcessBook), entrevistas a profesionales y operarios, revisión de pautas de programación de producción y manuales de los equipos.

Tabla 4.1. Plan de trabajo en semanas.

Semanas 1,2,3,4	Destinado para conocer la planta a nivel global, sus equipos principales y características físicas.
Semanas 3,4,5,6,7	Destinado para la investigación y revisión documental.
Semanas 6,7,8,9,10	Destinado para redactar el documento.
Semanas 10,11,12	Destinado para revisar con fuentes validadas, es decir, profesionales y/o especialistas.
Semanas 12,13	Destinado para subsanar observaciones del documento por parte de profesionales.
Semanas 13,14,15	Destinado para recopilación de datos complementarios que no se obtuvieron en primera instancia.
Semanas 16,17	Destinado para ser validado el documento.

La estructura del manual que se desarrolla tiene incluido, en primer término, los siguientes elementos: datos, secciones y subsecciones. En forma general estos son los puntos que se deben desarrollar considerando las bases de metodología de la investigación en cuanto a formatos y forma de redacción, la cual debe ser en tercera persona.

Debido al alcance y plazo del proyecto, un tema que es pertinente en un manual de operaciones y que no llegó a ser considerado es "lazos de control". Sin embargo, puede ser agregado en futuras revisiones del manual.

4.2. Especificación de contenido del manual.

En esta sección se definen las principales secciones que debe contener el manual [9] [10]. Se realizó la siguiente propuesta general al mandante para iniciar el trabajo, la que fue aceptada:

Secciones:

1) Introducción: En esta sección se buscará incorporar una introducción que permita a cualquier persona entender el cómo funciona el manual, los objetivos y el alcance.

2) Seguridad General: En esta sección se buscará incorporar todo lo relacionado a políticas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (SHE) de la compañía, las herramientas administrativas de seguridad que se utilizan, las reglas fundamentales a seguir y los riesgos asociados a las operaciones.

3) Diseño del proceso: En esta sección se buscará incorporar la descripción en forma narrativa del proceso en los circuitos de chancado y molienda, es decir, desde chancado primario hasta molienda convencional y SAG.

4) Control de procesos: En esta sección se buscará incorporar las variables o parámetros que controlan los procesos de chancado y molienda.

5) Enclavamientos: En esta sección se buscará incorporar los enclavamientos respectivos de los procesos de chancado y molienda.

6) Procedimientos de operación: En esta sección se buscará incorporar los chequeos previos a las partidas, las puestas en marcha de cada circuito y las responsabilidades de cada operador de las distintas unidades de la planta de chancado y molienda.

7) Fallas operacionales: En esta sección se buscará incorporar una descripción de problemas que interrumpen el normal funcionamiento de los circuitos de chancado y molienda y sus consecuencias. No incluye procedimientos de rescate o mitigación, los que están contenidos en otro documento ad hoc.

8) Glosario: En esta sección se buscará incorporar los términos que se utilizan en el manual de operaciones.

9) Anexos: En esta sección se buscará incorporar los equipos complementarios y sus funciones, además, los servicios o sistemas de chancado y molienda.

Lo solicitado por el mandante para la elaboración del manual no considera una sección sobre “Responsables: Área, unidad administrativa o puesto que tiene a su cargo la preparación, aplicación o ambas cosas del procedimiento”. [9]

A continuación, se describe el contenido en cada sección acordado con el mandante.

4.2.1. Introducción.

Presentar la introducción del manual de operaciones que da a conocer el propósito y el alcance para instruir a cualquier persona interesada en conocer información sobre las áreas de chancado y molienda.

4.2.1.1. Propósito.

Presentar el propósito del manual para una entrega correcta de información a los operadores de los circuitos de chancado y molienda. El manual forma parte de los conocimientos mínimos que debe adquirir el operador de cada área.

4.2.1.2. Alcances.

Presentar los límites que abarca el manual de operaciones, es decir, donde comienza y termina el proceso junto a los equipos principales. El manual de operaciones debe abarcar los procesos de; chancado primario, secciones 1 y 2 de chancado secundario y terciario, molienda convencional y molienda SAG.

4.2.1.3. Uso del manual.

Incorporar el uso del manual debido a que permite al lector encontrar fácilmente la información específica y necesaria, también, de manera que las actualizaciones y revisiones pueden ser insertadas y/o modificadas sin interrumpir la organización del resto del manual.

4.2.2. Seguridad General.

Presentar la seguridad general donde se considerarán los reglamentos generales, instrucciones, políticas y/o normas de seguridad, entre otros.

Describir las herramientas y riesgos asociados a los circuitos de chancado y molienda.

4.2.2.1. Políticas de SHE.

Presentar el sistema de gestión de seguridad, salud y medio ambiente. Esta política permite al operador buscar minimizar el impacto en el medio ambiente, diseñando, construyendo, operando y controlando responsablemente para minimizar la polución o prevenir el impacto medioambiental irreversible.

4.2.2.2. Herramientas de seguridad en Anglo American.

Presentar las herramientas de seguridad para el control de riesgos, en ellas se encuentran: los permisos de trabajo seguro (P.T.S.), análisis de seguridad en el trabajo (A.S.T.), Análisis de riesgo del trabajo (A.R.T./D.E.T.) los 5 pasos, reglas de oro, elementos de protección personal (E.P.P.).

- Permiso de trabajo seguro (P.T.S.).

  Incluir el P.T.S. debido a que es la herramienta preventiva que permite identificar los peligros potenciales y evaluar los riesgos en los trabajos **NO RUTINARIOS.** Estos trabajos no rutinarios son diferentes actividades diarias en la cual cambia el entorno, las personas, los equipos y maquinas.

- Análisis de seguridad en el trabajo (A.S.T.).

  Incluir el A.S.T. debido a que es la herramienta que identifica los peligros (energías) a los que están expuestos los operadores en la ejecución de sus tareas rutinarias y permite establecer las medidas de control que se deben implementar en cada uno de los pasos de la actividad.

- Análisis de riesgos del trabajo (A.R.T.).

  Incluir el A.R.T. debido a que permite al operador evaluar los peligros en las tareas y planificar el trabajo antes de emprender una actividad potencialmente peligrosa. Emplea la observación y la experiencia en el trabajo como base para identificar los riesgos y controles que se utilizan en la ejecución de la tarea.

- Documento de ejecución de trabajo (D.E.T.).

  Incluir el D.E.T. como una herramienta que permite al supervisor informar de los peligros del trabajo a realizar a un equipo (operadores).

- 5 pasos en la planificación del trabajo.

  Incluir los 5 pasos debido a que es una herramienta de evaluación de riesgos, que usa el trabajador con el propósito de detenerse, evaluar su entorno, identificar aquello que le puede causar daño y tomar medidas de control para gestionar los riesgos, de modo de asegurarse que podrá ejecutar el trabajo de forma segura.

4.2.2.3. Reglas de oro en seguridad.

Presentar las reglas de oro que tiene Anglo American y que están diseñadas para proteger, no sufrir daños y garantizar que se trabaje de manera segura cuando se realizan algunas actividades.

4.2.2.4. Riesgos asociados a la salud en chancado y molienda.

Presentar los riesgos asociados a la salud para lograr CERO daños, esto permite un equipo de personas saludables y productivas a través de la gestión efectiva de los riesgos de salud ocupacional en las operaciones de El Soldado.

Incorporar los riesgos asociados a la salud en los cuales el trabajador puede estar expuesto junto a los controles y medidas preventivas. Los riesgos asociados a los circuitos de chancado y molienda, es decir, la exposición al polvo (silicosis) y exposición al ruido (hipoacusia).

4.2.3. Diseño del proceso.

Presentar la descripción del proceso y los diagramas de flujo respectivamente de cada circuito, es decir, procesos de chancado (1°,2° y 3°) y moliendas (convencional y SAG) con el fin de explicar de manera gráfica y secuencial cada paso que sigue el proceso de reducción de mineral. La descripción del proceso consigna las operaciones que se realizan, con el propósito de alcanzar los resultados esperados.

Realizar una descripción detallada de la planta de chancado y molienda con el fin de explicar de manera técnica el funcionamiento de los equipos principales, flowsheet, las capacidades, características de productos y control de procesos.

4.2.3.1. Descripción del proceso.

Presentar la descripción del proceso por escrito, en forma narrativa y secuencial, de cada una de las operaciones que se realizan en un procedimiento, explicar en qué consiste, cómo, dónde y con qué se llevan a cabo.

Detallar los circuitos de chancado primario, secundario y terciarios, además de los circuitos de molienda convencional y SAG.

- <u>Circuito chancado primario.</u>

  Explicar en qué consiste el circuito de chancado primario, como está diseñado, los objetivos, granulometría de materia prima (entrada y salida), capacidades, uso y especificaciones del equipo principal (chancador giratorio Allis-Chalmers Faco, modelo Superior Gyratory con un tamaño de 42 por 65 pulgadas), además de los principios de funcionamiento del chancador primario junto a los conocimientos fundamentales para el operador con el fin de entregar entendimiento de las principales variables.

- Circuito chancado secundario y terciario.

  Explicar en qué consiste el circuito de chancado secundario y terciario, como está diseñado, los objetivos, granulometría de materia prima (entrada y salida), capacidades, uso y especificaciones de los equipos principales (chancadores secundarios de las secciones 1 y 2 son chancadores giratorios Symons Cono Standard con un tamaño de 5 ½ pulgadas y los chancadores terciarios de las secciones 1 y 2 son chancadores giratorios hydrocono Sandvik modelo H7800), además de los principios de funcionamiento del chancadores secundarios y terciarios junto a los conocimientos fundamentales para el operador con el fin de entregar entendimiento de las principales variables.

- Circuito molienda convencional.

  El circuito de molienda convención consta de 4 moliendas en total, detallar las 4 moliendas y sus diseñados, indicar las granulometrías de entrada y salida de cada molienda, capacidades, uso y especificaciones de los equipos principales (molino de bolas primario de 8’ x 12’, molinos de bolas secundarios de 9½’ x 12’ e hidrociclones), también existe un punto donde se explica el funcionamiento de la molienda convencional junto a las teorías que están detrás de las variables más importante del circuito, finalizando con los conocimientos fundamentales que debe saber el operador.

- Circuito molienda SAG.

  El circuito de molienda SAG consta de un equipo principal semi-autógeno marca harding (MPSI) y tiene un tamaño de 34 por 17 pies, posee dos motores con potencia de 7.500 HP (5.593 kW) cada uno, detallar el circuito desde la entrada hasta la salida de la materia prima, se indica la granulometría, capacidad, uso y especificaciones de los equipos principales

(molino SAG e hidrociclones), también existe un punto donde se explica el funcionamiento de la molienda SAG junto a las teorías que están detrás de las variables más importante del circuito, finalizando con los conocimientos fundamentales que debe saber el operador.

4.2.4. Control de procesos.

Presentar el control de procesos para que la planta opere de acuerdo con el diseño y que ciertas variables del proceso deben ser controladas cuidadosamente por el operador. Estas variables incluyen parámetros de proceso tales como presión, razón de flujo, niveles y densidad, por nombrar algunos. Donde sea aplicable, esta sección contendrá tabla(s) con los rangos asignados a cada una de las variables del proceso para cada circuito.

4.2.4.1. Variables de procesos.

Presentar las variables a medir y controlar, es decir, saber que variables son las más importantes para poder mantener el control de los equipos principales y complementarios de cada circuito con el propósito de trabajar en los rangos óptimos, estos rangos son controlados cuando los equipos se encuentran en la puesta en marcha y luego operando con normalidad

Realizar tablas para cada circuito donde se menciona las variables a controlar, sus rangos óptimos y unidad de medida.

4.2.5. Enclavamientos.

La sección de enclavamientos permite saber que equipos dependen de otros para su normal funcionamiento, si se desea operar la planta eficazmente y con seguridad, ciertos equipos no pueden ponerse en servicio a menos que otros mecanismos ya estén operando. En igual forma, hay maquinarias que cuando se detienen,

automáticamente dejan fuera de servicio a otro equipo. Cualquier sistema donde el funcionamiento de un equipo o mecanismo provoca o evita el funcionamiento de otro es, generalmente conocido como un enclavamiento. Normalmente se enclavan motores, pero también pueden enclavarse otros equipos.

Describir los enclavamientos más relevantes de cada circuito de chancado y molienda con la finalidad de que el operador sea capaz de detectar anomalías dentro de las operaciones y evitar que ocurran detenciones no programadas que afecten económicamente a la empresa.

- Enclavamiento de chancado primario.

  Detallar los elementos y variables que afectan directamente a los equipos que se encuentran enlazados a través de un sistema de lazo de control, determinando los flujos mínimos o máximos permitidos antes que se detenga algún equipo principal o complementario. Existe mediciones de flujos, señal de setting, niveles de porcentaje, temperaturas, etc.

- Enclavamientos de chancado secundario y terciario.

  Detallar los elementos y variables que afectan directamente a los equipos que se encuentran enlazados a través de un sistema de lazo de control, determinando los flujos mínimos o máximos permitidos antes que se detenga algún equipo principal o complementario. Existe mediciones de flujos, señal de setting, niveles de porcentaje, temperaturas, etc.

- Enclavamientos de molienda convencional.

  Detallar los elementos y variables que afectan directamente a los equipos que se encuentran enlazados a través de un sistema de lazo de control, determinando los flujos mínimos o máximos permitidos antes que se detenga

algún equipo principal o complementario. Existe mediciones de flujos, señal de setting, niveles de porcentaje, temperaturas, etc.

- Enclavamientos de molienda SAG.

  Detallar los elementos y variables que afectan directamente a los equipos que se encuentran enlazados a través de un sistema de lazo de control, determinando los flujos mínimos o máximos permitidos antes que se detenga algún equipo principal o complementario. Existe mediciones de flujos, señal de setting, niveles de porcentaje, temperaturas, etc.

4.2.6. Procedimientos de operación.

Presentar los procedimientos de operación donde los operadores están obligados a cumplir con los estándares y normas de seguridad que necesitan conocer en forma documentada y validada. El operador debe cumplir con los estándares y normas de seguridad, donde se debe reportar condiciones o acciones inseguras, tomando acción para corregir oportunamente e informar estos hechos a la supervisión según procedimientos, con la finalidad de evitar accidentes, que pudieran afectar su integridad o la de sus compañeros de trabajo.

Por otra parte, el operador tendrá actividades rutinarias diarias y semanales que tendrá que cumplir con el propósito de mantener óptima la operación del proceso. El procedimiento de operación incluirá realizar chequeos previos a cada partida de los equipos y posterior servicio. Se describe de forma escrita y ordenada la secuencia de cada una de las actividades que debe realizar el operador de los circuitos de chancado y molienda.

Detallar los chequeos previos, puesta en marcha y actividades rutinarias que deben realizar a los equipos de chancador primario, secundario y terciario, como también, molienda convencional y SAG.

Los procedimientos de operación se pueden clasificar a su vez en chequeos previos, puesta en marcha/detención de los circuitos y responsabilidad del operador.

4.2.6.1. Chequeos previos.

Incluir los chequeos previos para que los operadores comprendan el cómo deben ejecutar el proceso a la hora de partida en relación con los equipos y sus servicios.

4.2.6.2. Puesta en marcha/detención de los circuitos.

Incluir las puestas en marchas/detenciones de los circuitos de chancado y molienda para que el operador pueda realizar los procedimientos operacionales de manera segura y sin cometer errores.

4.2.6.3. Responsabilidad del operador.

Otras responsabilidades del operador son incluir las inspecciones normales de cada área y tareas de monitoreo que deben ser realizadas por el operador diariamente. De esta manera, cuando los operadores realizan inspecciones de rutina, es muy importante que cumplan todos los pasos de inspección detallada y así certifican que todos los problemas observados hayan quedado anotados.

Se realiza un punteo de las tareas periódicas que debe ejecutar el operador en cada circuito (rutinas) y se agrega una tabla de intervalos de inspecciones y mantenimiento con la finalidad de que el operador se encuentre alerta de los cambios o chequeos que se deben efectuar al pasar un periodo determinado.

4.2.7. Fallas operacionales.

En esta sección se presenta las fallas operaciones, cuando existe el riesgo derivado

de la inadecuación o errores en los procesos, del personal, de los sistemas o bien a causa de acontecimientos externos. El operador debería ser capaz de mitigar estas posibles fallas controlando de manera correcta los circuitos de operación.

Describir las posibles fallas operacionales en los circuitos de chancado y molienda con la finalidad de que el operador pueda entender lo que significa la importancia de detener el proceso o algún equipo en función del costo que puede provocar esto. Se mencionan las fallas más relevantes de la operación planta.

Realizar una breve descripción de los atollos generados por mineral fino, el problema de los elementos inchacables, falla de los electroimanes y su consecuencia, falla en los detectores de metales, falla en la partida de los motores en molienda convencional, la filtración de pernos en los molinos convencionales y el paso de bola a los molinos SAG.

4.2.8. Glosario.

Incluir un glosario que permite conocer las palabras claves del manual, es de carácter técnico relacionado con los procesos de chancado y molienda, servirá para el apoyo de consultas y uso. Realizar una tabla donde en una columna se encuentra la palabra y a su costado la definición.

4.2.9. Anexos.

Presentar en esta sección los equipos auxiliares y/o complementarios que contemplan los circuitos de chancado y molienda, se describen sus componentes y la funcionalidad, se pueden encontrar los siguientes equipos: picador de rocas, correas transportadoras, bombas, pesómetro, electroimán y harnero.

También, se encuentra la sección de sistemas y servicios de las áreas de chancado y molienda de mineral, estos servicios y sistemas son los siguientes: sistema de

energía eléctrica de alto voltaje, sistema de suministro y distribución de agua, sistema de aire, sistema de protección de incendios, sistema de circuito de televisión y sistema de monitoreo.

4.3. Especificación de formato.

Es esta sección se presentan las especificaciones de formato con los cuales el manual de operaciones cumple con las mínimas exigencias para su identificación.

No existe un formato preestablecido de cómo realizar el manual de operaciones (letra, tamaño de letra, tamaño de hoja, etc.), por lo tanto, se determina según otros formatos de documentos oficiales de Anglo American.

La empresa Anglo American fue flexible al respecto del formato de elaborado, es decir, se respondió a una especificación en la cual el supervisor estuvo de acuerdo respetando siempre los colores corporativos de la empresa. Por lo tanto, se logró estructurar el formato final del documento con su respectiva numeración de páginas, separación por título, letra Arial 12, interlineado 1,15, sangrías, justificado, tablas y figuras, entre otros. La forma de entrega final del documento es digital, en formato pdf y formato Word para futuras modificaciones.

El acceso al manual lo tiene cualquier personal de la operación planta, dado que es un documento que no contiene información confidencial.

Los primeros datos relevantes del manual de operaciones son los siguientes:

- Logotipo de la empresa. Es una expresión gráfica de la identidad corporativa de una organización compuesta por un símbolo, un emblema y una tipografía específica.
- Nombre de la empresa. Nombre de la organización y del documento.

- Fecha de elaboración. Día, mes y año en que se terminó de elaborar el procedimiento.

- Numeración de páginas. Las páginas serán enumeradas en la parte inferior lado derecho y el numero será progresivo.

- Número de revisión (en su caso). En caso de que el manual requiera modificaciones.

- Sustitución de páginas (actualización de información). Fecha y página que reemplaza la hoja.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DEL MANUAL.

5.1. Visión general.

En este capítulo se presenta la forma en que se desarrolló el manual de operaciones en términos de cómo se realizó y se resolvieron los problemas de gestión.

El primer mes en la operación El Soldado se tomó como adaptación para conocer las instalaciones, los procesos en terreno, identificando los equipos principales y sus características físicas, los productos obtenidos de cada circuito, flujos, conocer a los profesionales y otros datos.

Después de la adaptación del primer mes y con la identificación de cada circuito, se inició una investigación documental preliminar, recopilando manuales de cada equipo, programaciones semanales, presentaciones de capacitación, entre otros antecedentes. La finalidad de la investigación era entender el funcionamiento del sistema en forma global y detallada.

Se recopiló aproximadamente 75 a 80 documentos, de los cuales se descartó un 20% aproximadamente por no presentar información relevante para el manual de operaciones. El tiempo que demoró leer 1.500 páginas aproximadamente es entre 5 a 6 semanas para todos los documentos recopilados.

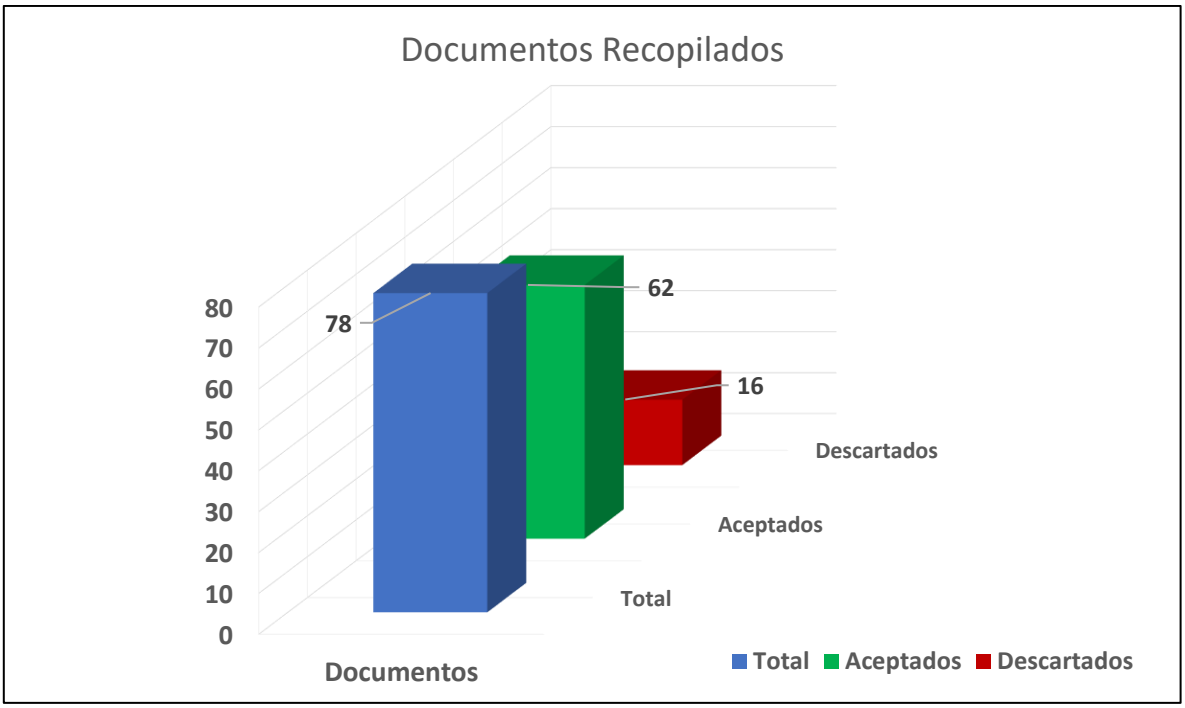


Figura 5.1. Documentos recopilados, aceptados y descartados.

El desarrollo del manual se realizó apoyándose en las fuentes identificadas que contenían los datos útiles. También, se realizó la recopilación de información con distintos especialistas de cada área, los que complementan la información necesaria para satisfacer las necesidades del manual.

Al momento de la recepción de la investigación se revisó, consultó, y entrevistó con interlocutores válidos para cada caso, obteniendo información fiable, relevante, y precisa, entre otras.

Además, en el transcurso de la construcción del manual de operaciones se realizaron variadas entrevistas telemáticas y/o presenciales a profesionales y operadores para la corrección de información, el número de entrevistas realizadas fue 20 aproximadamente.

La información que no se encontraba vigente o documentada por ningún lado, hubo que reconstruirla a base de entrevistas y programaciones semanales. Un ejemplo

de ello son las responsabilidades del operador para estandarizar las actividades de rutina.

Por otra parte, se realiza un análisis crítico con la finalidad de determinar si la información es pertinente y se encuentra vigente para no confundir a los operadores evitando interrupciones en el proceso.

Se presenta la obtención de información complementaria que se necesita para lograr terminar el manual de operaciones.

Por último, el reporte final presenta la forma de algunas redacciones de secciones del manual de operaciones, el indice del trabajo, el número de paginas total como resultado hasta llegar al producto (que es un extracto en el capítulo de anexo).

A continuacion, examinaremos en mayor detalle las etapas reseñadas en esta sección.

5.2. Identificación de fuentes.

En esta sección se presenta la identificación de fuentes, es decir, se identificaron los documentos relacionados a los procesos de la planta, de manera de obtener información vigente y pertinente.

En relación con los documentos, se recurre a las personas especializadas en chancado y molienda para la entrega de manuales de equipos principales y complementarios que permiten conocer los funcionamientos y capacidades.

También, se obtuvo documentos de capacitaciones que los especialistas de cada área realizan para un mayor entendimiento de cada circuito.

Se observó los procesos tal como ocurren en su entorno natural, es decir, la

identificación de fuente en terreno de forma directa entre los operadores y las actividades rutinarias de cada circuito.

Teniendo en cuenta la información buscada, se hizo inicialmente una investigación exploratoria, indagando sobre el problema de no contar con un manual de operaciones.

Una vez identificadas las fuentes de donde se obtendría la información que se requiere, el siguiente paso es la recopilación para el contenido específico del manual.

5.3. Recopilación de información.

La recopilación de información para cada capítulo o sección del manual para el reporte final se detallan a continuación.

Para la información de seguridad general se recurre al asesor de mina que tiene como profesión la de ingeniero en prevención de riesgos. El proporciona los documentos necesarios que están relacionados a una producción segura, es decir, políticas de seguridad, política SHE, herramientas de seguridad, entre otros.

Para el diseño de procesos se recurre a los especialistas de cada área, es decir, profesionales y operadores de los circuitos de chancado y molienda. Se realizan entrevistas de manera virtual y/o en terreno a los profesionales especialistas de las áreas secas y húmedas. También, se recurre a manuales de los equipos principales proveniente de los proveedores, obteniendo las características técnicas de cada equipo.

Para el control de procesos se recurre a las variables de diseño en algunos casos y a documentos relacionados con el diseño de la planta que no se encontraban vigentes, además se conversó con todos los operadores de terreno permitiendo

obtener valores de variables de operación óptimos. Cabe mencionar que los lazos de control no fueron incorporados al manual debido a que estaba culminando el periodo de mi pasantía en la empresa.

Los enclavamientos se identificaron en entrevistas con el jefe de instrumentación de la planta, que permitió obtener los enclaves de los chancadores. Para los enclaves de molienda convencional y SAG, son los operadores quienes entregan el detalle de cada caso.

Para el procedimiento de operación se realizan punteos de las actividades o rutinas que el operador debe realizar en cada turno. Esta información se consigue al momento de entrevistar de forma presencial a los operadores de cada circuito de la Planta o con la observación directa en terreno de cómo se hace el trabajo.

La recopilación de toda la información fue entregada principalmente de forma virtual. También se recibió documentos físicos, y se realizaron entrevistas (en terreno y virtuales).

5.4. Análisis crítico.

Una vez obtenida toda la información para la construcción del manual se realiza el análisis crítico para todas las secciones y se determina tanto la pertinencia de colocar la información como su vigencia.

Ejemplo: Se entrega un documento relacionado al proyecto de expansión para la instalación del molino SAG en 1987. Es un documento que detalla la descripción del molino y especificaciones generales con planos antiguos, se puede decir que es pertinente la información, pero no relevante porque no está actualizado (obsoleto).

El ejemplo anterior muestra una manera de tomar decisiones al momento de definir qué colocar en el documento final. Se debe ser riguroso en no adicionar información

que se encuentre desactualizada, para no confundir a las personas y así evitar que recurran a la improvisación o que se generen interrupciones en los procesos. La mayoría de la información que se obtuvo tiene características de fiable, exacta, relevante, actualizada y consistente. Estas características en la información se validaron a través de los profesionales y operadores que son fuentes autorizadas para declarar el contenido fiable, exacto, relevante, actualizado y consistente. Por otro lado, cuando la información ya no estaba vigente, hubo que recurrir a un proceso de revisión definiendo los contenidos a descartar, recopilando datos actualizados, y realizando nuevos procesos de entrevistas hasta verificar que la información reunida con estas correcciones fuera un reflejo correcto del proceso u operación.

Con la información que se obtuvo, se necesita llegar a un documento que tenga un tamaño adecuado, escrito en tercera persona, los párrafos no más de 20 líneas, con un interlineado adecuado para no extender mucho el documento, entre otros. Así no se genera un documento tan grande que demore al momento de querer visualizarlo en alguna plataforma virtual.

Para el acceso y mantenimiento del documento final los capítulos o secciones se separan para hacer más fácil las modificaciones o actualizaciones posteriores, ya que permite poner o sacar información sin alterar la estructura del manual.

Con el análisis y requerimiento que definió la operación El Soldado para las áreas de chancado y molienda se cumple con lo solicitado, alcanzando todos los indicadores de calidad. Así, el manual agrega valor para la empresa.

Algunos indicadores de metas pueden ser observados o medidos, sirviendo como verificador de logro de objetivos perseguidos en este proyecto. Algunos de ellos son:

- ✓ Se encontró la información necesaria para la elaboración del manual.
- ✓ Se obtuvo un documento manejable (no es un documento muy extenso).

- ✓ Es un documento fácil de mantener para futuras actualizaciones.
- ✓ El acceso al documento es adecuado para todo el personal de la operación.
- ✓ El estilo del documento está dentro de lo que se definió, es decir, tiene tablas, figuras, gráficos, la información se presenta de forma sencilla y concreta.

5.5. Obtención complementaria de información.

En esta sección se puntualiza sobre la información complementaria que se necesita para dar cumplimiento con un correcto manual de operaciones.

Después del análisis crítico de la información se observa la falta de datos o procedimientos relevantes en algunos casos para un óptimo funcionamiento de las operaciones, de esta manera se vuelve a entrevistar a las personas necesarias permitiendo cubrir los vacíos que podrían confundir a los operadores.

Por lo tanto, esta sección muestra la necesidad de salir a buscar nueva información que en el primer borrador del manual faltaba o era escasa.

5.6. Reporte final.

En la sección final de la memoria (anexo) se presenta un extracto del documento que reúne toda la información y los filtros que cumplen con las consideraciones de estilo, acceso, mantenimiento y espacio.

Los diversos capítulos y secciones que contiene el manual de operaciones fueron presentados en primer lugar al supervisor del proyecto y en segundo lugar a referentes secundarios como especialistas para la verificar la calidad del contenido. A continuación, se ilustran algunos ejemplos de redacción de secciones:

<u>Políticas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (SHE).</u>

*"La visión de **Anglo American Chile** es alcanzar el objetivo de Cero Daño en relación con su fuerza laboral, por medio de una efectiva gestión de los riesgos de salud y seguridad ocupacional dentro de las operaciones y en sus inmediaciones. La convicción es que el normal desempeño de labores no debe causar lesiones o enfermedades a las personas que trabajan en la empresa."*

"Anglo American busca minimizar su impacto en el medio ambiente, diseñando, construyendo, operando, rehabilitando y cerrando todas sus operaciones de manera ambientalmente controlada y responsable, para minimizar la polución (cuando sea posible) o prevenir el impacto medioambiental irreversible."

Descripción del proceso (circuito chancado primario).

"El circuito de chancado primario consiste en un chancador, un alimentador de descarga de chancador, un distribuidor tipo pantalón, dos alimentadores (501 y 502) y 2 correas transportadoras (CT-1001 y CT-1002) que permiten mantener los stocks piles."

"El mineral que sale de la mina es transportado al chancador por camiones 830 de capacidad 240 toneladas, que acceden al sector del chancador vía el denominado camino Mina-Planta, este mineral debe tener un tamaño máximo nominal de 1 metro (3,3 pies) de diámetro para que no sea necesario el uso del pica rocas. El chancador primario reduce el mineral entre 4 4/3 - 8 pulgadas como producto. La instalación del chancador primario está diseñada para una capacidad entre 22.000 - 35.000 toneladas por día dependiendo de la disponibilidad y uso del equipo."

Control de procesos (variables de procesos).

"Para que la planta en el área de chancado y molienda opere de acuerdo con el diseño, ciertas variables del proceso deben ser controladas cuidadosamente por el operador. Estas variables incluyen parámetros de proceso tales como presión, razón de flujo, niveles y densidad, por nombrar algunos. Las siguientes secciones contienen las tablas junto a los parámetros y variables importantes asignadas a cada proceso. Los procesos pueden ser controlados de forma manual y/o automáticamente a través del sistema control experto."

Procedimientos de operación (chequeos previos a la partida).

“Los operadores deben ejecutar ciertos chequeos previos a la partida relacionados con los equipos y sus servicios.”

“Es de responsabilidad del operador inspeccionar las áreas correspondientes de chancado y molienda en forma visual antes de la puesta en marcha luego de una detención completa. La inspección determina si los circuitos de chancado y molienda pueden ponerse en marcha y operarse en forma segura, o si algunas actividades (como reparaciones de mantenimiento u otras tareas de operación) deben realizarse antes de la partida. “

Finalmente, el manual de operaciones de chancado y molienda para la operación El Soldado consta de 107 páginas en total y contiene toda esta información:

EL SOLDADO AngloAmerican

MANUAL DE OPERACIONES
CHANCADO Y MOLIENDA

INDICE DE CONTENIDOS

SECCION	PAGINA
1. INTRODUCCIÓN	**7**
1.1. Propósito	7
1.2. Alcances	7
1.3. Uso del Manual	8
2. SEGURIDAD GENERAL	**9**
2.1. Políticas de SHE	9
2.1.1. Políticas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (SHE) 9	
2.2. Herramientas de seguridad en Anglo American	11
2.2.1. Permiso de trabajo seguro (P.T.S.)	11
2.2.2. Análisis de seguridad en el trabajo (A.S.T.)	13
2.2.3. Análisis de riesgos del trabajo (A.R.T.)	14
2.2.4. Documento de ejecución de trabajo (D.E.T.)	15
2.2.5. 5 pasos en la planificación del trabajo	16
2.3. Reglas de Oro en seguridad - Fundamentos básicos	17
2.3.1. Reglas de Oro	17
2.4. Riesgos asociados a la salud en chancado y molienda	20
2.4.1. Exposición a polvo (silicosis)	21
2.4.2. Exposición a ruido (hipoacusia)	21
2.5. Riesgos medio ambientales El Soldado	22
3. DISEÑO DE PROCESO	**23**
3.1. Descripción del proceso	23
3.1.1. Circuito chancado primario	23
3.1.1.1. Chancador primario	26
3.1.1.2. Principios de funcionamiento chancado primario	28
3.1.2. Circuito chancado secundario y terciario	32
3.1.2.1. Chancador secundario y terciario	34
3.1.2.2. Principios de funcionamiento chancado 2°/3°	37
3.1.3. Circuito molienda convencional	40
3.1.3.1. Molinos de bolas e hidrociclón	44
3.1.3.2. Principios de funcionamiento molienda convencional	48

Día Mes Año
Rev. No. 1

Operaciones en Chancado y Molienda

4

Figura 5.2. Índice del manual de operaciones, operación El Soldado.

EL SOLDADO AngloAmerican

3.1.4. Circuito molienda SAG 57
3.1.4.1. Molino SAG e hidrociclón 58
3.1.4.2. Principios de funcionamiento molienda SAG 60
4. CONTROL DE PROCESOS 66
4.1. Variables de procesos 66
4.1.1. Variables del proceso chancado primario 66
4.1.2. Variables del proceso chancado secundario y terciario 67
4.1.3. Variables del proceso molienda convencional 69
4.1.4. Variables del proceso molienda SAG 72
5. ENCLAVAMIENTOS 74
5.1. Enclavamientos de chancado primario 75
5.2. Enclavamientos de chancado secundario y terciario 75
5.2.1. Sección N°1 (chancado 2°/3°) 75
5.2.2. Sección N°2 (chancado 2°/3°) 75
5.3. Enclavamientos de molienda convencional 76
5.3.1. Molinos de bolas primarios y secundarios 76
5.3.2. Molino 2.000 77
5.4. Enclavamientos de molienda SAG 77
6. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN 78
6.1. Chequeos previos a la partida 78
6.2. Puesta en marcha y detención de los circuitos 78
6.3. Responsabilidades del operador 79
6.3.1. Responsabilidades del operador chancado primario 79
6.3.2. Responsabilidades del operador chancado 2°/3° 82
6.3.3. Responsabilidades del operador molienda convencional 85
6.3.4. Responsabilidades del operador molienda SAG 86
7. FALLAS OPERACIONALES 90
7.1. Posibles fallas en chancado 90
7.1.1 Atollo por mineral fino 90
7.1.2 Inchancable 90
7.1.3 Electroimán y detectores de metales 91
7.2. Posibles fallas en molienda 91
7.2.1. Partida de motores en molienda convencional 91
7.2.2. Filtración de perno en los molinos convencionales 92
7.2.3. Paso de bola en los molinos SAG 93
8. GLOSARIO 94
9. ANEXO 97
9.1. Equipos auxiliares y/o complementarios 97

Día Mes Año Operaciones en Chancado y Molienda
Rev. No. 1
5

Figura 5.3. Índice del manual de operaciones, operación El Soldado.

EL SOLDADO AngloAmerican

9.1.1. Picador de rocas 97
9.1.2. Correas transportadoras 98
9.1.3. Bombas 101
9.1.4. Pesómetro 102
9.1.5. Electroimán 103
9.1.6. Harneros 104
9.2. Sistemas o servicios 105
9.2.1. Sistema de energía eléctrica 105
9.2.2. Sistema de aire 106
9.2.3. Sistema de protección contra incendios 106
9.2.4. Sistema de circuito de televisión 106
9.2.5. Sistema de monitoreo 107

Día Mes Año
Rev. No. 1
Operaciones en Chancado y Molienda
6

Figura 5.4. Índice del manual de operaciones, operación El Soldado.

CAPÍTULO 6. EVALUACION CRITICA DEL MANUAL DESARROLLADO

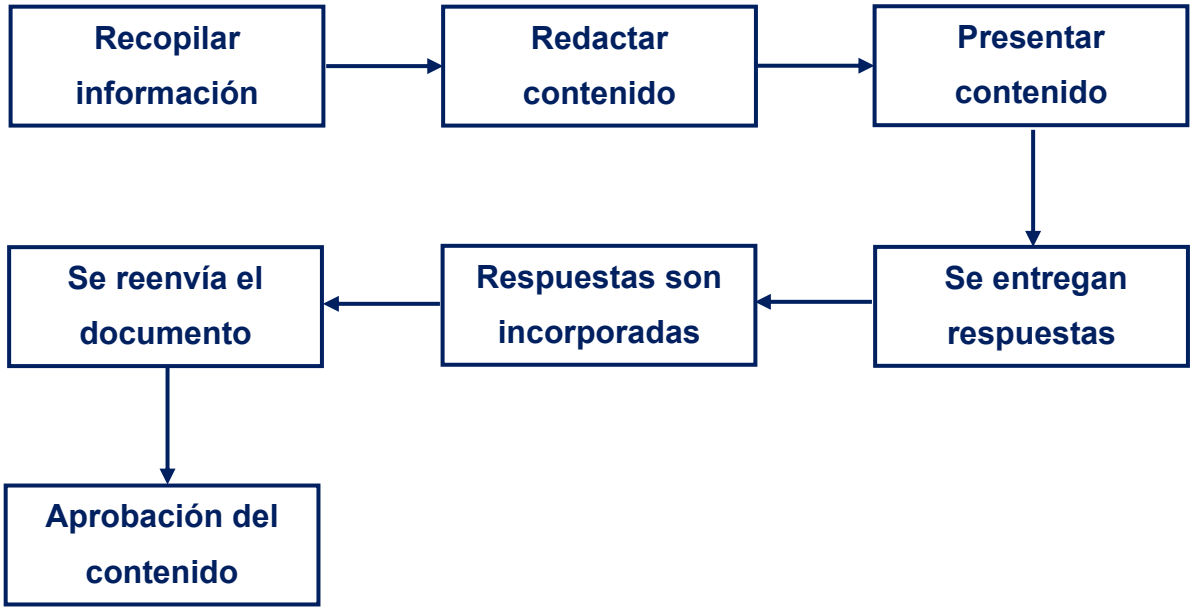
En este capítulo se presenta la forma en que se evalúa de forma crítica el desarrollo y término del manual de operaciones.

Una manera de saber si un manual de operaciones se construyó o elaboró con la correcta información es a través de las evaluaciones, entre las que destacan las siguientes: validez, pertinencia, claridad de contenidos, tamaño de documentos y temas pendientes de edición.

6.1. Validez de contenido.

Distintos especialistas de la operación El Soldado realizan la evaluación de validez del contenido, es decir, los profesionales de cada área dan validez de los datos incorporados en el manual.

La información se validó con el siguiente procedimiento:



En primera instancia se recopila la información a investigar, luego se redacta el contenido que se presenta a los especialistas definido con el supervisor (se entregan capítulos o secciones relacionados a su especialidad), posteriormente los expertos entregan observaciones y/o respuestas las que prontamente son incorporadas al documento (estas pueden ser cambios, agregados o eliminación del contenido), luego el texto se reenvía a los especialistas (se vuelve a presentar el contenido subsanado) y finalmente se itera hasta que haya satisfacción (en medida en que el especialista aprueba el contenido se incorpora al manual).

En algunos casos se realizó exactamente este procedimiento y en otros se presentó el contenido de alguna sección y no existió observaciones, se encontró correcto y por lo tanto no hubo necesidad de iterar, es decir, se realizó un proceso simple.

6.2. Pertinencia.

En la evaluación de pertinencia se destaca la información relevante a la hora de transmitir los conocimientos para la toma de decisiones en la operación y control de los procesos. Si la información no es pertinente y se incluye en el manual de operaciones, tenderá a confundir a los operadores sobre los procedimientos. El manual de operaciones contiene información y datos vigentes, actualizados para el buen rendimiento de la planta.

6.3. Claridad de los contenidos

La claridad de lo que informa el manual de operaciones tiene un tono técnico y de fácil entendimiento para que el operador tenga claridad sobre las decisiones y/o procedimientos a realizar en momentos que se presente un acontecimiento que provoque una inestabilidad a la planta.

También, es fácil de manejar y entender debido a que se puede encontrar de manera rápida el o los procedimientos de operaciones. Es fácil llegar al o los

capítulos en caso de contingencias u otras operaciones. Hubo la preocupación de que el manual sea claro para poder llegar de manera fácil a lo que el operador necesita.

6.4. Tamaño de documento.

El tamaño del manual de operaciones no es muy extenso debido a que contiene lo que en un principio solicitó Anglo American, y es un tamaño adecuado para un documento de esta envergadura. Se puede llevar de manera física a cualquier lugar de la planta, se puede subir y también se puede descargar el documento de manera rápida a través de las plataformas virtuales de la compañía.

Al comparar este documento final con distintos documentos de otras operaciones de plantas concentradoras se puede concluir que se encuentra en márgenes adecuados en términos de páginas (107 páginas). Otros documentos de otras plantas mayores consultados tenían 350 y 560 páginas en total, lo que da un indicio de que nuestro documento no contiene tanta información que abrume o cause desinterés de los operadores al consultarlo.

6.5. Temas pendientes para una siguiente edición.

Los temas pendientes para la siguiente edición son la vigencia y actualización de la información en primera instancia, tener en consideración los lazos de control en cada circuito e incorporar las responsabilidades de cargos ejecutivos.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Durante el periodo de ejecución de este proyecto, se cumplió con cada uno de los objetivos específicos. Fueron recopilados una serie de antecedentes relacionados con el proceso de chancado y molienda; sin embargo, tras un análisis en profundidad de la información y la constante retroalimentación de los profesionales y operarios, se logró elaborar un manual operativo el cual contiene los procesos, subprocesos, políticas de seguridad y documentos de apoyo ilustrados en los diagramas de flujos que evidencia la importancia de los procesos de chancado y molienda como operación prioritaria para la obtención del producto final.

Mediante la implementación de este manual como guía para el desarrollo del proceso de chancado y molienda, se logrará una reducción en costos y tiempo, puesto que este documento proporciona la información necesaria para realizar el trabajo de forma óptima y estandarizada. Cabe señalar que este documento es el primer manual que se elabora para la operatividad del chancado y molienda, por lo tanto, no es taxativo ni excluyente.

De este modo, se recomienda a la empresa Anglo American operación El Soldado utilizar este manual como insumo para las capacitaciones que se deben realizar tanto para las nuevas contrataciones como también para aquellos colaboradores que son parte de la operación.

Dado el constante dinamismo que tiene el rubro de la minería en busca de la mejora continua en sus procesos y políticas internas, es necesario realizar actualizaciones a este manual, velando por la eficiencia y eficacia de la ejecución en los procesos de chancado y molienda.

Se puede decir que la planificación de un manual de operaciones es muy relevante para llevar a cabo el documento final, debido a que permitió saber el tiempo que demoraría en realizar las actividades, este documento final se puede realizar entre

6 a 8 meses.

Sobre las especificaciones del contenido del manual hay que ser riguroso, para tener claro los alcances y límites que se abarcan, además de las fuentes de información y validez temprana de los especialistas para cumplir con los tiempos del proyecto.

Los conocimientos requeridos para la construcción de un manual de operaciones nuevo son los de un ingeniero, dado que se requiere de una visión técnica y especializada en los procesos de chancado y molienda.

Finalmente, como es una actividad que requiere de mucha cooperación entre los especialistas, operadores y personas involucradas con las operaciones de la planta, son las habilidades blandas las que permitieron desarrollar con normalidad el proyecto de memoria, donde se requieren rasgos de gentileza, facilidad de llegada, disposición, entre otros que son cualidades que permiten que la gente coopere.

CAPÍTULO 8. REFERENCIAS.

[1] Informe proyecto Anglo American, (2015) «"Estudio Conceptual Aumento de Capacidad de Procesamiento Planta Concentradora El Cobre, El Soldado Procesos y Metalurgia"».

[2] "Operaciones AngloAmerican Chile, Donde Operamos". [online]. Available: https://chile.angloamerican.com/acerca-de-nosotros/donde-operamos.aspx

[3] "Operaciones en Chile, Consejo Minero". [online]. Available: https://consejominero.cl/quienes-somos/socios/anglo-american/

[4] De Nicola, C. (2015). *«"Dilución Operacional en la Mina El Soldado"».* Universidad de Chile. [online]. Available: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/133527/Dilucion-operacional-en-mina-El-Soldado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[5] "Definición de Proceso". [online]. Available: https://economia.org/proceso.php

[6] "Como hacer un manual de procedimientos paso a paso, estructura y utilidad". [online]. Available: https://www.gestiopolis.com/creacion-de-un-manual-de-procedimientos/

[7] Poder Judicial. (2007). *«"División de reclutamiento y selección de personal, Manual de Políticas, Normas y Procedimientos para el personal administrativo"».* (pp.13-14).

[8] Rodríguez, G. (2013 - 2014). «"Desarrollo del manual de procedimientos para el desarrollo del Máster en Contabilidad y Auditoría de la Universidad de Cantabria"».

[9] Enrique, F. (1998). *Organización de empresas: análisis, diseño y estructura*. México: UNAM, Facultad de contaduría y administración. (pp.253-263).

[10] Minera Escondida Limitada, (2001) «“Proyecto de expansión fase IV, Manual de Operación”».

[11] “Tipos de Chancadores”. [online]. Available: https://www.mogroup.com/es/productos-y-servicios/plantas-y-equipos-de-capital/chancadores/

[12] Sistema ASRi, «“SANDVIK ASRi 2.0.” ».

[13] Manual de Instrucciones, (1982) «Trituradora de Cono Symons».

[14] Manual de Instrucciones, (2012) «SANDVIK H7800».

[15] Villalobos, J. (2011) «”Apuntes sobre conceptos y prácticas operacionales en molienda”».

[16] “Presentación Taller Hidrociclones“.[online]. Available: https://es.scribd.com/document/450484802/242881979-Presentacion-Taller-Hidrociclones-PDF

CAPÍTULO 9. ANEXO.

A continuación, se presenta un extracto del manual elaborado para la superintendencia de sulfuros El Soldado.

OPERACIÓN EL SOLDADO

AngloAmerican

PLANTA SULFUROS

Superintendencia Operaciones Planta

MANUAL DE OPERACIONES CHANCADO Y MOLIENDA

© Este material es de derechos reservados de la Operación El Soldado. No se puede reproducir, distribuir o transmitir ninguna parte de este documento, por ningún medio sin permiso de la Operación El Soldado.

MANUAL DE OPERACIONES
CHANCADO Y MOLIENDA

LISTA DE REVISIÓN

REV.	SECCIÓN	PÁGINA(S)	FECHA	COMENTARIOS

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Propósito

Este es un manual único y necesario para la entrega correcta de información a los operadores de los circuitos de chancado y molienda. Este manual forma parte de los conocimientos mínimos que debe adquirir el operador de cada área.

Los objetivos principales que se pretenden lograr son proporcionar a los supervisores y operadores la información necesaria para:

- Realizar tareas de manera segura.
- Operar las etapas de forma eficaz, siguiendo los procedimientos requeridos.
- Operar las etapas siguiendo las regularizaciones ambientales.
- Entender los principios operativos y los elementos principales de los equipos del proceso chancado y molienda.

1.2. Alcances

El *Manual de operaciones de Chancado y Molienda* abarca los procesos de; chancado primario, secciones 1 y 2 de chancado secundario y terciario, molienda convencional y molienda SAG. El circuito empieza con la entrega del mineral desde la mina al chancador primario y termina con la entrega de la pulpa de mineral hacia los distribuidores de alimentación de flotación primaria de cobre.

Este manual divide las etapas de chancado y molienda de minerales y su equipo principal asociado (Ver Tabla 1.1 y Tabla 1.2).

Tabla 1.1. Sistema y equipos principales de los circuitos de chancado.

Sistema	Equipo Principal
Chancado Primario	Chancador Giratorio Allis-Chalmers Faco 42" x 65"
Chancado Secundario	Chancadores Symons Standard 5 ½'
Chancado Terciario	Chancadores Sandvik H7800/CH870

Tabla 1.2. Sistema y equipos principales de los circuitos de molienda.

Sistema	Equipo Principal
Molienda Convencional	Molinos Allis-Chalmers 8' x 12' (Molienda Primaria) Molinos Allis-Chalmers 9 ½' x 12' (Molienda Secundaria) Molino 2.000 Harding (MPSI) 12'-6" x 27' (Molienda Terciaria)
Molienda SAG	Molino SAG Harding (MPSI) 34' x 17'

1.3. Uso del Manual

Aun cuando existe una cantidad valiosa de información contenida en este manual, ha sido organizada de tal forma que el lector puede fácilmente encontrar la información específica necesaria, de manera que las actualizaciones y revisiones pueden ser insertadas y/o modificadas sin interrumpir la organización del resto del manual.

La fecha de activación del manual se muestra abajo en la primera línea a la izquierda de cada página. Inmediatamente bajo la fecha está el número de revisión.

A través de todo el manual, se usan *advertencias, notas y seguridad* para entregarle información notablemente importante al lector.

En este manual, existe información referente a control de riesgo y protección de seguridad para actividades:

2. SEGURIDAD GENERAL

2.1. Políticas de SHE

2.1.1. Políticas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente (SHE)

La visión de **Anglo American Chile** es alcanzar el objetivo de Cero Daño en relación con su fuerza laboral, por medio de una efectiva gestión de los riesgos de salud y seguridad ocupacional dentro de las operaciones y en sus inmediaciones. La convicción es que el normal desempeño de labores no debe causar lesiones o enfermedades a las personas que trabajan en la empresa.

Anglo American busca minimizar su impacto en el medio ambiente, diseñando, construyendo, operando, rehabilitando y cerrando todas sus operaciones de manera ambientalmente controlada y responsable, para minimizar la polución (cuando sea posible) o prevenir el impacto medioambiental irreversible.

Para lograr este objetivo, Anglo American desarrolla una gestión de mejoramiento continuo, basada en los siguientes compromisos, incentivando que éstos sean adoptados por sus colaboradores:

- Consideramos que nuestros líderes son responsables de la salud y seguridad de nuestro personal, así como también de la protección del medio ambiente. Esperamos que todos nuestros gerentes de línea y supervisores proporcionen un liderazgo de SHE efectivo.

- Reconocemos que tener un comportamiento de SHE positivo y coherente con el objetivo de Cero Daño es responsabilidad de todas las personas que trabajan en la empresa, al igual que mantener un ambiente de trabajo en el que los riesgos se controlan y se monitorean de manera efectiva para asegurar la salud y seguridad del personal, así como la protección del medio ambiente.

- Los gerentes de todas las áreas y operaciones son responsables de la completa implantación de las normas técnicas del grupo y del enfoque de SHE, así como de sus procedimientos, directrices y especificaciones correspondientes. Esto requiere el suministro de recursos, sistemas, capacitación y auditoría para la gestión de SHE, con el fin de proteger, mantener y promover la salud, seguridad y capacidad de nuestra fuerza laboral, así como de garantizar un impacto mínimo sobre el entorno en el que operamos.

- Todas las áreas y operaciones deben asegurarse de determinar y satisfacer las exigencias relativas a sus obligaciones de cumplimiento de SHE, las cuales

incluyen los requisitos legales de SHE aplicables y los demás requisitos de SHE que elijamos o tengamos que cumplir.

- Nos comprometemos con una comunicación abierta con nuestros empleados y con todas las partes interesadas, para promover una cultura que impulse el desempeño de SHE tomando como base una mejora continua.
- Establecemos objetivos adecuados y supervisamos nuestros progresos relativos a la política de SHE, para asegurar una mejora continua y alcanzar nuestra visión de Cero Daño.
- Esperamos que nuestros consultores, agentes, contratistas y proveedores cumplan con nuestras políticas y requisitos con relación a la gestión y las prácticas de SHE.
- Respetamos la cultura y el patrimonio de las personas en nuestro planteamiento de gestión de SHE.

Esta política será comunicada a todos los miembros de la planta para integrarla en sus actividades diarias, estará a disposición de otras partes interesadas y será revisada regularmente.

Los principios de seguridad para alcanzar el objetivo de Cero Daño son:

Mentalidad Cero: Aplicaremos la jerarquía del proceso de eliminar, evitar, minimizar, mitigar, corregir/rehabilitar y compensar el impacto y los riesgos de SHE que resulten de nuestras actividades, productos y servicios en la medida de lo posible.

No repeticiones: Se adoptarán todas las medidas necesarias para aprender de los incidentes de SHE, de las conclusiones de las auditorías y de otros incumplimientos con el fin de evitar que se repitan.

Estándares simples y no negociables: Como mínimo se aplicarán en todo el Grupo los procedimientos y estándares de desempeño comunes e indispensables relativos a la gestión de SHE.

2.2. Herramientas de seguridad en Anglo American

Entre las actividades realizadas para el control de riesgos, encontramos: permiso de trabajo seguro (P.T.S.), análisis de seguridad en el trabajo (A.S.T.), Análisis de riesgo del trabajo (A.R.T./D.E.T.) los 5 pasos, reglas de oro, elementos de protección personal (E.P.P.).

2.2.1. Permiso de trabajo seguro (P.T.S.)

Es una herramienta preventiva que permite identificar los peligros potenciales y evaluar los riesgos en los trabajos **NO RUTINARIOS.** Estos trabajos no rutinarios son diferentes actividades diarias en la cual cambia el entorno, las personas, los equipos y maquinas.

Etapas para la correcta confección del P.T.S.

Conocimiento de las etapas del trabajo → Se requiere un buen conocimiento del trabajo a ejecutar para identificar adecuadamente los peligros presentes.

Establecer las medidas de control → Revisar cuidadosamente las repuestas **SI**, deberá indicar por escrito las MEDIDAS DE CONTROL específicas que se adoptaran frente al peligro identificado, sea CLARO, PRECISOS Y ESPECIFICOS.

En la confección del P.T.S.

El formulario debe ser completado y conocido por todas las personas que ejecutan la tarea.

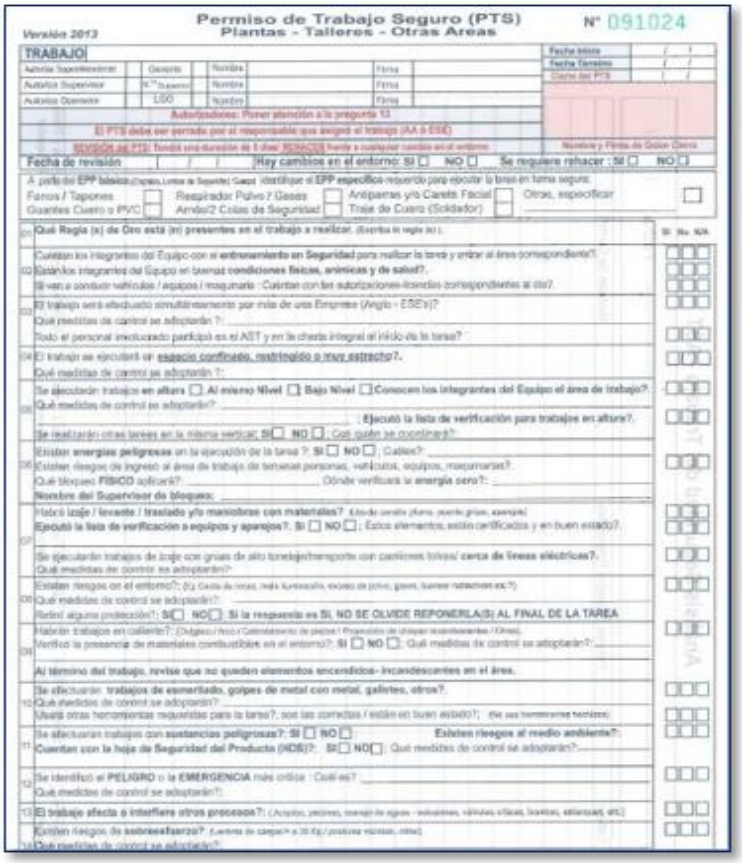
El P.T.S. original debe estar en el punto de trabajo, y una copia debe ser entregada en la sala/cabina de control o supervisor de turno.

Debe responder todas las preguntas del formulario.

De integrarse una persona nueva durante la ejecución de trabajo, este debe leer detalladamente el P.T.S. y firmarlo.

Cierre del P.T.S.

Una vez terminado el trabajo el P.T.S. original y copia deben ser cerrados por el Supervisor responsable de AA. También, se debe ser revisado por todos los integrantes del equipo verificando que se hizo de acuerdo con lo establecido.



Permiso de Trabajo Seguro (PTS)
Plantas - Talleres - Otras Areas

Versión 2012

N° 091024

TRABAJO

Autorizados: Poner atención a la pregunta 13

El PTS debe ser firmado por el responsable que asignó el trabajo (AA ó ESE)

REVISIÓN del PTS: Tendrá una duración de 8 días; BUSCADO frente a cualquier cambio en el entorno

Nombre y Firma de Quien Cierra

Fecha de revisión / / Hay cambios en el entorno: SI ☐ NO ☐ Se requiere rehacer : SI ☐ NO ☐

A partir del EPP básico (Casco, Lentes de Seguridad, Guante) identifique el EPP específico requerido para ejecutar la tarea en forma segura:

Faroos / Tapones ☐ Respirador Polvo / Gases ☐ Antiparras y/o Careta Facial ☐ Otras, especificar ☐
Guantes Cuero o PVC ☐ Arnés/2 Cintas de Seguridad ☐ Traje de Cuero (Soldador) ☐

01 Qué Regla (s) de Oro está (n) presentes en el trabajo a realizar. (Escriba la regla (s).) SI No N/A

02 Cuentan los integrantes del Equipo con el entrenamiento en Seguridad para realizar la tarea y entrar al área correspondiente?
Están los integrantes del Equipo en buenas condiciones físicas, anímicas y de salud?.
Si van a conducir vehículos / equipos / maquinaria : Cuentan con las autorizaciones/licencias correspondientes al día?.

03 El trabajo será efectuado simultáneamente por más de una Empresa (Anglo - ESE's)?
Qué medidas de control se adoptarán ?:
Todo el personal involucrado participó en el AST y en la charla integral al inicio de la tarea?

04 El trabajo se ejecutará en espacio confinado, restringido o muy estrecho?.
Qué medidas de control se adoptarán ?:

05 Se ejecutarán trabajos en altura ☐ Al mismo Nivel ☐ Bajo Nivel ☐ Conocen los integrantes del Equipo el área de trabajo?.
Qué medidas de control se adoptarán?:
; Ejecutó la lista de verificación para trabajos en altura?.
Se realizarán otras tareas en la misma vertical: SI ☐ NO ☐ ; Cuál quién se coordinará?

06 Existen energías peligrosas en la ejecución de la tarea ?: SI ☐ NO ☐ ; Cuáles?
Existen riesgos de ingreso al área de trabajo de terceras personas, vehículos, equipos, maquinarias?.
Qué bloqueo FISICO aplicará?: Dónde verificará la energía cero?:
Nombre del Supervisor de bloqueo:

07 Habrá izaje / levante / traslado y/o maniobras con materiales? (Uso de canastas, plumas, puentes grúas, aparejos)
Ejecutó la lista de verificación a equipos y aparejos?. Si ☐ NO ☐ ; Estos elementos, están certificados y en buen estado?.
Se ejecutarán trabajos de izaje con grúas de alto tonelaje/transporte con camiones tolvas/ cerca de líneas eléctricas?.
Qué medidas de control se adoptarán?:

08 Existen riesgos en el entorno?: (Ej. Caída de rocas, más iluminación, exceso de polvo, gases, barrer rotaciones etc.?)
Qué medidas de control se adoptarán?:
Retiró alguna protección?: SI ☐ NO ☐ Si la respuesta es SI, NO SE OLVIDE REPONERLA(S) AL FINAL DE LA TAREA

09 Habrán trabajos en caliente?: (Soldaje / Corte / Calentamiento de pieza / Proyección de chispas incandescentes / Otras).
Verifico la presencia de materiales combustibles en el entorno?: SI ☐ NO ☐ ; Qué medidas de control se adoptarán?:
Al término del trabajo, revise que no queden elementos encendidos- incandescentes en el área.

10 Se efectuarán trabajos de esmerilado, golpes de metal con metal, galletes, otros?.
Qué medidas de control se adoptarán?:
Usará otras herramientas requeridas para la tarea?; son las correctas / están en buen estado?; (No use herramientas hechizas)

11 Se efectuarán trabajos con sustancias peligrosas?: SI ☐ NO ☐ Existen riesgos al medio ambiente?:
Cuentan con la hoja de Seguridad del Producto (HDS)?: SI ☐ NO ☐ ; Qué medidas de control se adoptarán?:

12 Se identifica el PELIGRO o la EMERGENCIA más crítica : Cuál es?
Qué medidas de control se adoptarán?:

13 El trabajo afecta o interfiere otros procesos?: (Arranques, paradas, manejo de alarmas - advertencias, válvulas críticas, bombas, ventiladores, etc.)

14 Existen riesgos de sobreesfuerzo?: (Levantar o cargar > a 20 Kg / posturas forzosas, otras)
Qué medidas de control se adoptarán?:

Figura 2.1. Formato P.T.S., operación El Soldado.

Las actividades que requieren un P.T.S. son las siguientes:

- Trabajo con retiro de grating, tapa, barandas o protección.
- Trabajos cruzados en que participan simultáneamente más de una empresa.
- Tareas en lugares identificados como espacios confinados.
- Trabajos en altura con uso de andamios/plataformas/equipos de levante.
- Trabajos calientes o con llamas abiertas (presencia de combustible).
- Intervención de válvulas críticas, con sustancias peligrosas.
- Trabajos asociados con fuentes radioactivas.
- Intervención de subestaciones eléctricas, centro de motores.
- Trabajos en áreas remotas o abandonadas sin supervisión directa.
- Tronaduras especiales (otras áreas distintas a la mina).
- Operación de grúas pluma, grúas, puentes grúas (excluye traslado).
- Excavaciones manuales o mecánicas.
- Carga, descarga, transporte con camines cerca de líneas eléctricas.

3. DISEÑO DE PROCESO

3.1. Descripción del proceso

Una vez realizada la etapa de extracción en la mina a rajo abierto, el mineral se envía a la planta de chancado primario el cual se encarga de alimentar a los stocks piles de molienda convencional y SAG. El stock pile de molienda convencional alimenta el circuito de chancado 2°/3°, luego el producto de la etapa de chancado 2°/3° alimenta las moliendas convencionales 1,2,3 y 4 constituida por 11 molinos de bolas. Las moliendas 1 y 2 generan un producto con la granulometría adecuada para alimentar el proceso de flotación primaria, mientras que el producto de las moliendas 3 y 4 se envían al molino 2.000 para reducir el mineral al tamaño requerido para el proceso de flotación.

El circuito de molienda SAG se alimenta por medio de cuatro alimentadores ubicados en el stock pile SAG, y está constituido por un molino de 34 x 17 pies que opera de circuito cerrado generando un producto con la granulometría requerida para el proceso de flotación.

3.1.1. Circuito chancado primario

El circuito de chancado primario consiste en un chancador, un alimentador de descarga de chancador, un distribuidor tipo pantalón, dos alimentadores (501 y 502) y 2 correas transportadoras (CT-1001 y CT-1002) que permiten mantener los stocks piles.

El mineral que sale de la mina es transportado al chancador por camiones 830 de capacidad 240 toneladas, que acceden al sector del chancador vía el denominado camino Mina-Planta, este mineral debe tener un tamaño máximo nominal de 1 metro (3,3 pies) de diámetro para que no sea necesario el uso del pica rocas. El chancador primario reduce el mineral entre 4 4/3 - 8 pulgadas como producto. La instalación del chancador primario está diseñada para una capacidad entre 22.000 - 35.000 toneladas por día dependiendo de la disponibilidad y uso del equipo.

Los objetivos del chancador y del sistema de correas transportadoras son:

1. El mineral proveniente de la mina debe descargarse en el chancador tan rápidamente como esté disponible. Los cuellos de botella en el chancador reducen enormemente la eficiencia de las operaciones y restringen la planificación de equipos y de personal de la planta.

2. El mineral debe entregarse en los stocks piles de Molienda Convencional y Molienda SAG, para que todos los circuitos posteriores tengan mineral disponible cuando lo necesiten.

Los costos de operación generalmente se reducen aumentando al máximo la cantidad de mineral procesado y, por consiguiente, las líneas de molienda tratan todo el mineral posible a lo largo de su actividad operativa. Cuando las operaciones se están ejecutando según la capacidad de diseño, la producción perdida por culpa de falta de carga no puede rehacerse posteriormente.

Tolva de alimentación del chancador

El mineral extraído de la mina se descarga en la tolva de alimentación del chancador primario mediante camiones de volteo. La función de la tolva de alimentación del chancador es de mantener un punto de almacenamiento para el mineral descargado.

El tonelaje de descarga es controlado por el nivel del buzón del chancador primario, y por la capacidad del alimentador de descarga del chancador. Si la capacidad del buzón es suficiente para contener una carga de camión adicional y si la tolva de alimentación también puede soportar un camión más, entonces el operador permite descargar otro camión.

La descarga de mineral es regulada por el operador de chancado, que activa la luz **Verde** para **descargar**, y **Roja** para **No descargar**. Cuando el operador del camión observa la señal **Roja** de **No descargar**, no se permitirá ninguna descarga. La luz **Verde** autoriza descargar. Esto es para controlar el tonelaje de descarga en la boca de alimentación, a la vez que se mantiene el nivel del buzón dentro de un rango aceptable. Es de suma importancia la comunicación radial entre el operador de chancado primario y el operador del camión para realizar la operación de manera segura y eficaz.

A medida que el mineral cae en la tolva de alimentación del chancador genera polvo fino, que debe ser controlado por el operador del chancador activando el sistema supresor de polvo, generando un rocío de agua de alta presión mecánicamente atomizado, en el área de alimentación. El agua atomizada aglomera las partículas del polvo y humedece el mineral. Las gotas de agua y el polvo atrapado caen dentro de la tolva de alimentación. Usando un sistema para detectar el posicionamiento del camión para la descarga, el operador activa el rocío de agua empieza y cubre la tolva de alimentación con una nebulización de partículas de agua.

Es importante destacar que la carga de la mina debe venir con un porcentaje de humedad que permita al sistema de supresión de polvo capturar las partículas remanentes, si la carga viene muy seca no será capaz de contener las partículas de polvo por lo que es fundamental en estos casos solicitar a Jefe de Turno mina la humectación del carguío de mineral o aumentar el tiempo en las duchas de humectación de carga de camiones.

Picador de Rocas

Algunas veces grandes rocas se descargan en la tolva de alimentación que son difíciles o imposibles de manejar para el chancador. Una roca grande puede atravesarse encima de los brazos de la araña y provocar la obstrucción parcial en la alimentación al chancador. Por esta razón, el picador de rocas hidráulico operado se instala en la cima de la tolva de alimentación para romper rocas que son demasiado grandes y ser eficazmente tratadas en el chancador. El picador de rocas a veces se usa para limpiar material acumulado que se atraviesa en el chancador en los costados de la tolva de alimentación.

El diseño del picador de rocas está enfocado para percutar y poder fracturar las rocas de gran tamaño, no obstante, también puede cumplir la función de mover rocas o limpiar la tolva, sin embargo, el operador debe evitar o minimizar el uso del picador de rocas para esa función ya que lo somete a esfuerzos que pueden comprometer la vida útil del equipo.

Correas Transportadoras

El flujo de bajo tamaño del chancador primario se almacena en la cámara de descarga para luego ser llevado a los alimentadores 501 y 502. El alimentador 501 descarga el mineral sobre la correa transportadora CT-1001, esta lleva el mineral al stock pile de molienda convencional junto a la correa transportadora CT-3002 que viene desde el circuito molienda SAG con los Pebbles generados. Por otro lado, el alimentador 502 descarga mineral sobre la correa transportadora CT-1002 donde esta lleva el mineral al stock pile de molienda SAG.

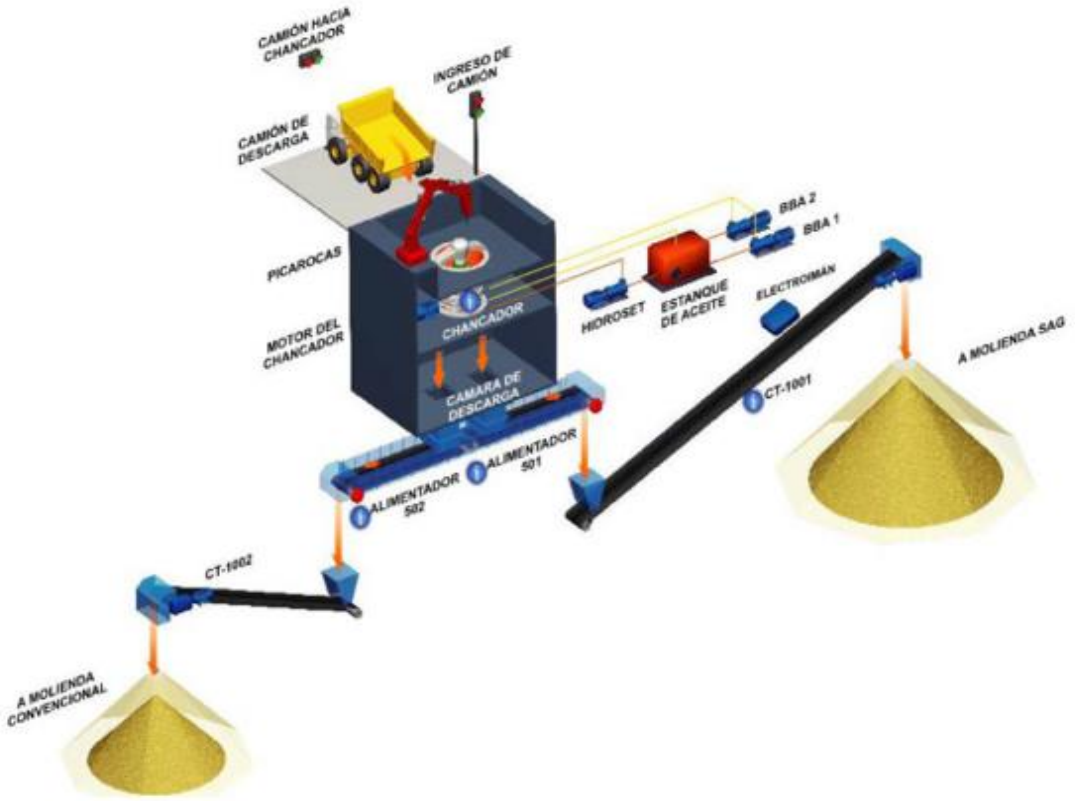


Figura 3.1. Diagrama de flujo chancado primario y correas transportadoras.

3.1.1.1. Chancador primario

El chancador primario es un chancador giratorio Allis-Chalmers Faco, modelo Superior Gyratory con un tamaño de 42 por 65 pulgadas, posee un motor con potencia de 400 HP (300 kW).

La estructura del chancador consiste en un casco superior y un casco inferior. En el interior del chancador se encuentra la cámara de chancado en forma de cono invertido. La parte superior del casco está recubierta con revestimientos cóncavos resistente al desgaste e impacto.

El motor tiene unos descansos con una polea motriz, esta polea motriz a través de transferencia de correas trapezoidales hace girar la polea conducida la que esta acoplada al eje piñón, el que proporciona el movimiento oscilante o giratorio al eje principal y al manto. El eje principal del chancador atraviesa el cuerpo del chancador verticalmente. El manto cubre al eje como una capa y es la superficie chancadora.

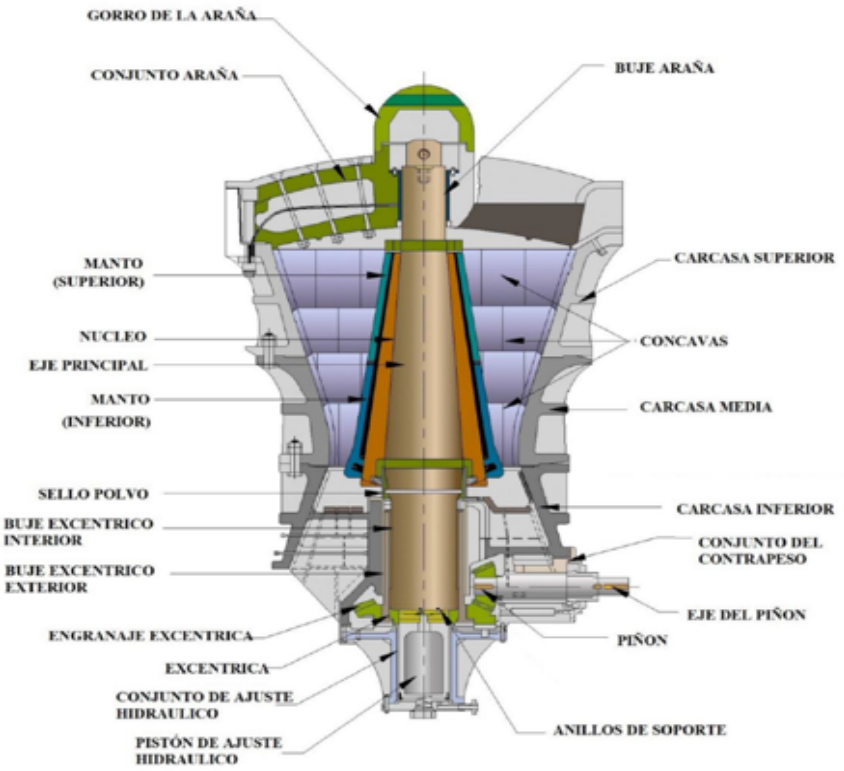


Figura 3.2. Equipo completo con la señalización de sus principales componentes.

En la siguiente Tabla 3.1 se proporcionan características técnicas generales del equipo chancador primario.

Tabla 3.1. Especificaciones del chancador primario giratorio.

Características	Nombre	Allis-Chalmers Faco
	Modelo	Superior Gyratory
	Tamaño	42' x 65'
	Capacidad	1.450 - 1.500 tph
Motor	Potencia	400 HP (300 kW)
Sistema de Lubricación	Estanque lubricación Total	0,9 m^3 (900 lt)
	Calefactor	6 Kw capacidad
	Filtro succión	25 micrón retención
	Filtro aceite	10 micrón retención

	Termómetro contacto	0-100 ºC
	Flujo aceite	100 lt/min (26 GPM)
Sistema MPS (hydroset)	Volumen estanque	0,3 m^3 (300 lt)
	Flujo aceite	6 lt/min
	Válvula alivio	50 bar (725 psi)
	Cilindro compresor	15,7 lt
	Presión cilindro compresor	90 - 120 psi

3.1.1.2. Principios de funcionamiento chancado primario

El chancador está equipado con 2 sistemas de aceite; un sistema para lubricación excéntrica y otro para el MPS (antiguo hydroset).

Sistema de lubricación excéntrica: El aceite que ingresa en el cojinete excéntrico exterior, es trasferido al cubo del fondo del casco. El aceite pasa a través de los puertos maquinados en un canal en el cojinete excéntrico exterior, pasando entre el cojinete y la excéntrica y luego fluyendo hacia arriba a la parte superior de la excéntrica y hacia abajo, al engranaje cónico. Luego de lubricar el engranaje cónico y el piñón, el aceite retorna al estanque de lubricación a través de la línea de retorno del lubricante.

El depósito de aceite está provisto con calentadores termostáticos controlados para mantener el aceite a una temperatura que le permita ser bombeado fácilmente. Igualmente, el sistema de lubricación está provisto con un sistema de enfriamiento de aceite para evitar que el aceite se sobrecaliente.

Sistema hidráulico de ajuste del chancador (MPS): El sistema de ajuste hidráulico posiciona y soporta al conjunto eje principal. El sistema de ajuste hidráulico consiste en un pistón hidráulico dentro de un cilindro (MPS), en la parte inferior del chancador, que levanta y baja el eje principal para cambiar la regulación del chancador a medida que las cóncavas y los mantos sufren desgaste. Cuando el poste se mueve hacia arriba, la distancia entre el manto y las cóncavas del chancador disminuye. Por el contrario, cuando el poste se mueve hacia abajo, la distancia entre el manto y las cóncavas del chancador aumenta.

El sistema de ajuste hidráulico realiza tres funciones importantes:

- Levanta o baja el poste según se necesite para ajustar la regulación del chancador (setting), o para despejar el chancador.
- Absorbe las cargas de choque con el acumulador hidráulico, a medida que la carga de chancado aumenta o disminuye.
- Aumenta el OSS (setting del lado abierto) cuando un objeto duro de chancar pasa a través del chancador.

Eje principal o poste: Este conjunto corresponde a la parte móvil del chancador, acción que ejecuta con el movimiento que le induce la excéntrica. Realiza el chancado de mineral por medio de la presión ejercida entre planchas de revestimiento (cóncavas y manto). El movimiento elíptico del poste/manto genera una distancia entre el manto y las cóncavas. La distancia más corta entre el manto y las cóncavas se denomina ajuste de lado cerrado (**CSS:** Close Side Set, menor granulometría). De manera similar, la mayor distancia entre el manto y las cóncavas se denomina ajuste de lado abierto (**OSS:** Open Side Set, mayor granulometría). El tamaño máximo de un trozo de mineral descargado desde la chancadora es aproximadamente igual al ajuste de lado abierto (OSS).

Cóncavas: Los cóncavos protegen a la chancadora del impacto y sirven de superficie de compresión para la trituración del mineral.

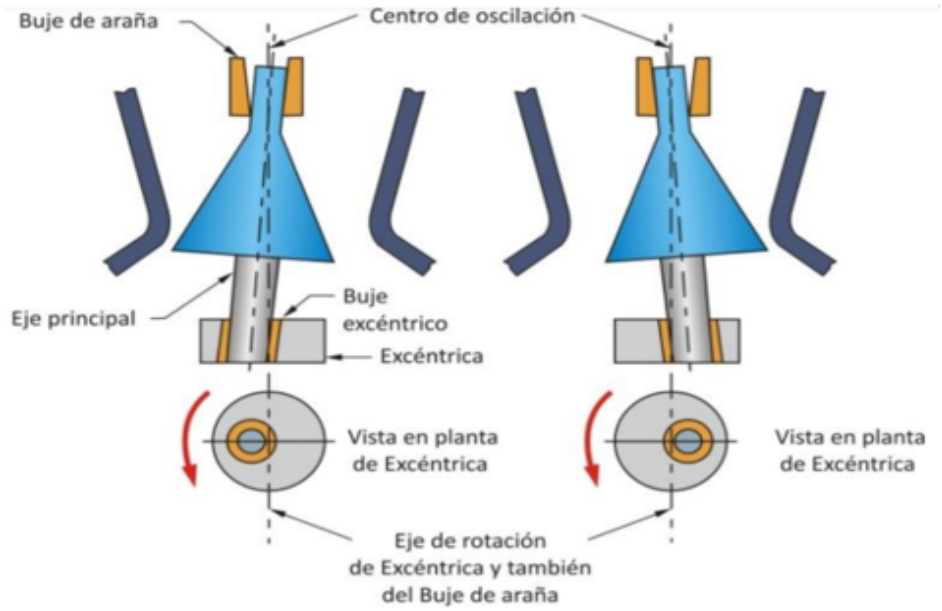


Figura 3.3. Principio de funcionamiento del chancador primario.

Flujo de camiones → Un flujo alto de camiones por turno implica mayor tonelaje a procesar por hora y un flujo bajo de camiones por turno implicara un menor tonelaje por hora a procesar, la consecuencia de un bajo flujo de camiones se refleja en pérdidas significativas de tonelaje a procesar y puede detener el chancador por falta de mineral. El flujo de camiones por turno es variable, debido a que depende de los niveles de stocks piles, disponibilidad de equipos mina, mineral, etc.

3.1.2. Circuito chancado secundario y terciario

El circuito de chancado 2°/3° consiste en 4 chancadores, aproximadamente 27 correas transportadoras entre las secciones #1 y #2, 4 harneros y termina con la recepción del mineral en las tolvas que alimentan a la molienda convencional.

Las secciones 1 y 2 de chancado 2°/3° procesan la totalidad de Pebbles generados por el circuito SAG, lo que representa el 50-60% del tratamiento total, el 40%-50% restante proviene desde el chancado primario. Cada sección de chancado consta de una etapa de chancado secundario operando en circuito abierto compuesto por chancadores de cono Symons estándar de 5 ½ pies con una potencia instalada de 224 kW. La granulometría de alimentación está determinada por las características del material proveniente de la mina, las condiciones operacionales del chancado primario y el tamaño resultado del producto Pebbles obtenido desde el circuito SAG. El setting de descarga de operación de estos equipos está entre 22 mm dependiendo del estado de revestimientos y granulometría de alimentación. El producto obtenido es en torno a 18 mm de P_{80}, alimenta un circuito de chancado terciario compuesto por dos (2) chancadores de cono Sandvik H7800 cabeza corta con una potencia instalada de 500 kW (Sección 1) y 550 kW (Sección 2) operando en circuito inverso cerrado con cuatro harneros de clasificación (4 en total, 2 por cada sección) de 8' x 23' (Sección 1) y de 10' x 20' (Sección 2). Todos los harneros son de doble deck operando con mallas de 25,4 x 12,7 mm (primera deck) y 7 x 7 mm (segundo deck). Los harneros tienen una potencia instalada para la sección 1 de 37 kW y para la sección 2 de 22 kW. El producto obtenido tiene una granulometría entre 4,0 - 4,5 mm de P_{80}, y alimenta a la etapa de molienda primaria.

Correas Transportadoras

En el stockpile de molienda convencional existe el alimentador 1 y 2 (sección 1) que entrega el mineral a la correa transportadora CT-2002, posteriormente el mineral pasa por las correas transportadoras CT-2007 y CT-2008, esta última entrega el mineral al chancador secundario (Symons #1), el flujo de bajo tamaño del chancador secundario es llevado a la correa transportadora CT-2009 donde esta lleva el mineral a un chute distribuidor (100-CH-11) que permite la entrega a los harneros

correspondientes (100-SC-01 y 100-SC-02), el sobre tamaño de los harneros pasa a la correa transportadora CT-2010 y CT-2012 que termina en la tolva de alimentación para el chancador terciario, esta tolva descarga el mineral en la correa CT-2012A que finaliza con la entrega al chancador terciario (Sandvik #2). El bajo tamaño de los harneros pasa por las correas CT-2011, CT-2013, CT-2014 y CT-2024 donde finalmente el mineral es almacenado en tolvas.

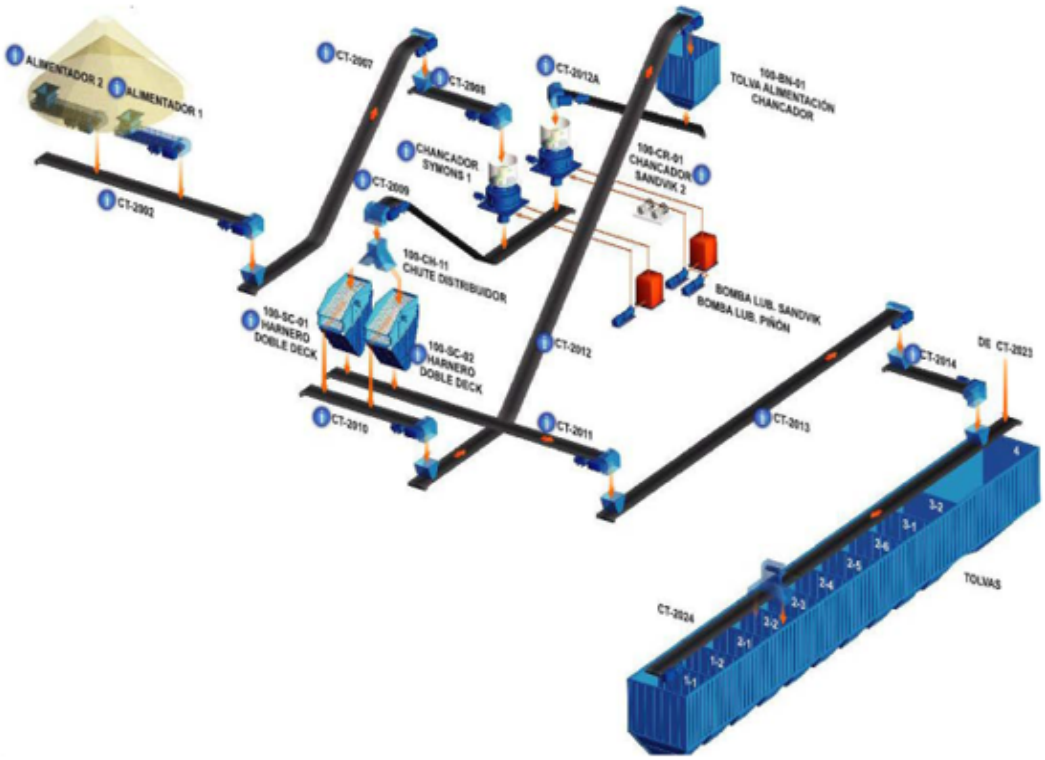


Figura 3.4. Diagrama de flujo chancado 2°/3° y correas transportadoras (Sección 1).

En el stock pile de molienda convencional existe el alimentador 3 y 4 (sección 2) que entrega el mineral a la correa transportadora CT-2003, posteriormente el mineral pasa por las correas transportadoras CT-2005 y CT-2006, esta última entrega el mineral al chancador secundario (Symons #3), el flujo de bajo tamaño del chancador secundario es llevado a la correa transportadora CT-2017 donde esta lleva el mineral a un chute distribuidor (100-CH-12) que permite la entrega a los harneros correspondientes (100-SC-03 y 100-SC-04), el sobre tamaño de los harneros pasa a la correa transportadora CT-2018 y CT-2019 que termina en la tolva de alimentación para el chancador terciario, esta tolva descarga el mineral en la correa CT-2019A que finaliza con la entrega al chancador terciario (Sandvik #4).

Calibración del chancador terciario → La calibración del chancador terciario (Sandvik) tiene gran relevancia para el circuito, una mala calibración del chancador no permitirá trabajar a plena carga y por tanto someterá al chancador a sobrecargas o subutilización permanente obteniendo mala calidad en el producto. Existe otra condición que afecta siempre la operación, es el desgaste de las corazas, lo que significa que la abertura no es constante, es decir, aumenta con el paso del tiempo, esto hace necesario la calibración para la compensación del desgaste, solo de esta manera se podrá operar el chancador a toda capacidad nuevamente.

Hay 2 maneras de calibrar el chancador: metal con metal y con plomo.

La calibración metal con metal es completamente automática. El sistema automático sugiere realizar la calibración con plomo cuando no es posible efectuarlo metal con metal. El operador es llevado a través del proceso completo y es informado acerca de lo que el sistema está realizando. Si es apropiado, advertencias aparecerán en la pantalla.

Para la calibración con plomo se solicita al operador poner fija la posición del eje, otro operador ingresa una probeta de plomo en tres puntos distintos de la coraza, luego se saca el promedio y se ingresa el valor medido en el sistema ASRi para que el equipo modifique el valor real. De esta manera el chancador queda ajustado a la medida de operación deseada.

Sistema supresión de polvo → El operador debe tener siempre operativo el sistema de supresión de polvo para evitar la polución, con el objetivo de humectar el material del proceso e impedir que el polvo liviano se disperse al entorno generando una contaminación durante las etapas de chancado y traspaso, haciendo que éste decante por peso hacia el fondo del sector.

3.1.3. Circuito molienda convencional

El proceso de molienda de mineral está diseñado para reducir el tamaño del mineral chancado en preparación para el proceso de concentración por flotación. El proceso de molienda es el de mayor consumo específico de energía de la planta. Los molinos de bolas constituyen otra etapa, justo después del chancado terciario. El objetivo final del proceso en un molino de bolas es reducir el mineral a un tamaño de 195 µm. Se ha encontrado que este tamaño es el óptimo como alimentación para los procesos de flotación aguas abajo en el proceso.

El molino de bolas está diseñado como un sistema de molienda en circuito cerrado (los ciclones se usan para cerrar el circuito). Esto significa que las partículas de mineral no deben salir de un circuito de molino de bolas hasta que el tamaño de la

partícula sea suficientemente reducido para permitir el reporte por el rebose (overflow) del sistema de clasificación de ciclones. La pulpa del rebose (overflow) finalmente alimentará los procesos de flotación aguas abajo. Las partículas que requieren de mayor molienda se retornan a la alimentación del molino secundario de bolas, vía la corriente de descarga (underflow) del ciclón. El material devuelto a un molino se conoce como la carga circulante.

El circuito de molienda convencional de El Soldado consta de cuatro moliendas (1,2,3 y 4) con un total de once (11) molinos bajo la siguiente configuración:

- **Molienda 1:** 1 molino de bolas primario de 8' x 12' (M2) con una potencia instalada de 350 kW y 2 molinos de bolas (M1 y M3) secundarios de 9½' x 12' con una potencia instalada de 550 kW.

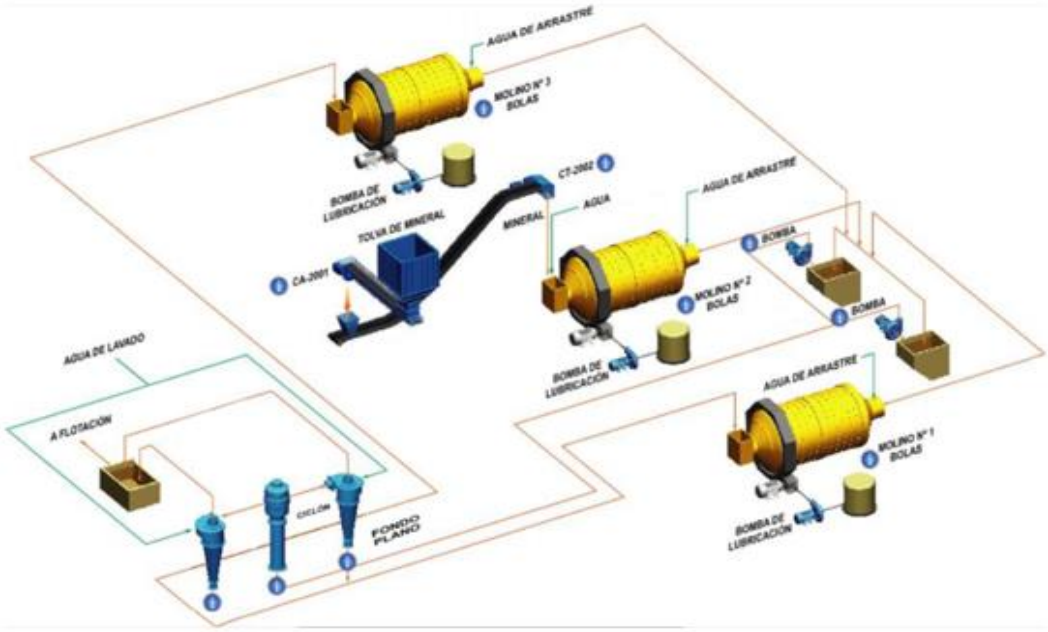


Figura 3.8. Diagrama de flujo molienda convencional (molienda 1).

- **Molienda 2:** 1 molino de bolas primario de 8' x 12' (M4) con una potencia instalada de 350 kW y 2 molinos de bolas secundario de 8' x 12' (M6) y 9½' x 12' (M5) con una potencia instalada de 350 kW y de 550 kW respectivamente.

3.1.4. Circuito molienda SAG

El término SAG es una sigla para molino semiautógeno. El término "molienda autógena" significa que toda la acción de molienda la realiza el mineral dando vueltas sobre sí mismo. La reducción del tamaño es obtenida por la acción de abrasión e impacto del mineral con otras partículas de mineral. En molinos totalmente autógenos, no hay bolas de acero para la molienda. En los molinos semiautógeno, una parte de la molienda es autógena y otra parte es realizada por bolas de molienda; de allí el término semiautógeno.

El mineral, los reactivos, las bolas de molienda y el agua se mezclan, estos actúan en cascada en el molino, y el tamaño de mineral es reducido hasta que fluya a través de las parrillas descarga del molino. El agua de proceso se agrega en el chute de alimentación en proporción al peso de mineral fresco que se alimenta desde el stockpile de molienda SAG.

El circuito de molienda SAG de mineral está diseñado para procesar un promedio de 18.500 toneladas de mineral por día durante 365 días al año, para llegar a 6.750.000 toneladas por año. Los objetivos del sistema de molienda son procesar el máximo de toneladas por hora con la energía disponible, y un consumo mínimo de bolas de acero, y por otra parte obtener una distribución de tamaño de producto 200 sin CPF - 250 con CPF µm como P_{80}.

El circuito de molienda SAG de El Soldado cuenta con un molino de 34 por 17 pies y 2 motores de 7.500 kW cada uno, el que opera en circuito cerrado directo con una batería de hidrociclones de 26" de diámetro. El circuito produce un flujo de Pebbles los cuales son conducidos y procesados en el circuito de chancado 2º/3º descrito anteriormente. Adicionalmente, el circuito cuenta con equipo de clasificación del flujo producto del molino el cual es un harnero de 8´ x 12´ con dos (2) deck de clasificación que utilizan mallas de 1,5" y ½" respectivamente. El bajo tamaño producido alimenta una batería de seis (6) hidrociclones de fondo cónico de 26" de diámetro cuyo flujo overflow representa el producto de este circuito.

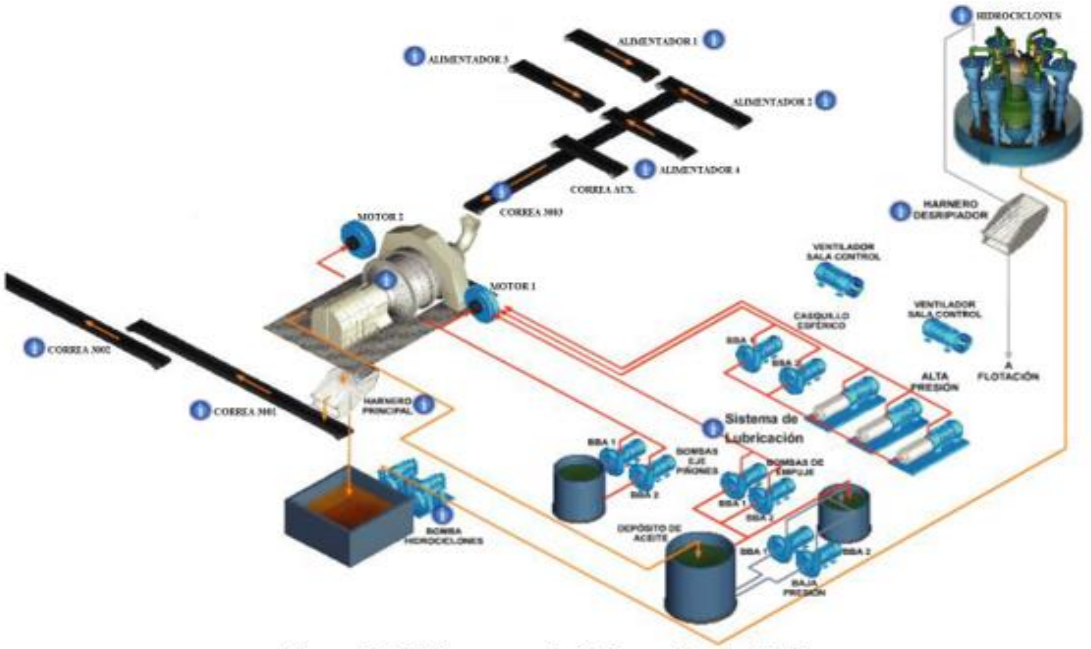


Figura 3.24. Diagrama de flujo molienda SAG.

3.1.4.1. Molino SAG e hidrociclón

El molino SAG de marca harding (MPSI) tiene un tamaño de 34 por 17 pies, posee dos motores con potencia de 7.500 HP (5.593 kW) cada uno.

Estructuralmente los molinos poseen un casco cilíndrico, con revestimientos y una carga de medios de molienda (bolas y rocas). El tambor es aguantado en soportes fijos a las paredes laterales de modo que puede girar en torno a su eje. El diámetro del molino determina la presión que puede ejercer el medio en el mineral.

El molino para desarrollar su giro requiere de dos motores eléctrico para transmitir el torque necesario.

4. CONTROL DE PROCESO

Para que la planta en el área de chancado y molienda opere de acuerdo con el diseño, ciertas variables del proceso deben ser controladas cuidadosamente por el operador. Estas variables incluyen parámetros de proceso tales como presión, razón de flujo, niveles y densidad, por nombrar algunos. Las siguientes secciones contienen las tablas junto a los parámetros y variables importantes asignadas a cada proceso. Los procesos pueden ser controlados de forma manual y/o automáticamente a través del sistema control experto.

4.1. Variables de procesos

4.1.1. Variables del proceso chancado primario

Tabla 4.1. Parámetros y variables operacionales de partida.

PARAMETROS Y VARIABLES DE PARTIDA		
Nivel estanque de aceite	> 30	%
Temperatura estanque de aceite	32	°C
Temperatura de retorno del chancador	< 55	°C
Flujo de aceite lubricación excéntrica	10	gpm
Flujo de aceite lubricación piñón corona	8	gpm
Nivel de tolvas seleccionada Convencional o SAG	< 85	%
Temperatura de contraeje	< 93	°C
Presión de trabajo de la bomba	20 - 70	psi

Tabla 4.2. Parámetros y variables operacionales en operación.

PARAMETROS Y VARIABLES DE OPERACIÓN		
CSS Cono SAG	10	%
CSS Cono convencional	70	%
CSS para ambos conos	70	%
Producto	4 4/3 - 8	pulg.
Potencia	400 (300)	HP (kW)
Temperatura del aceite lubricador	38 - 54	°C
Temperatura del aceite lubricador: T° de alarma 55°C; T° de detención 60°C		

8. GLOSARIO

Abrasión	Un efecto de desgaste, de molienda o de raspado por causa de una fricción.
Aglomerar	Acumular o congregar un cuerpo másico, tal como una partícula de polvo capturada por una gota de agua.
Agua contra Incendios	Agua fresca almacenada en el estanque de agua de incendios, y usada en el sistema de distribución de agua contra incendios.
Apex	Abertura en el fondo de un ciclón a través de la cual se descarga el material grueso. También se conoce con el nombre de "espiche".
ASRI	Sistema de Control Automático para Chancadores Hydroconos.
Boca de vaciado	Es la cavidad o cámara, generalmente hecha de concreto, donde se alimentan las rocas descargadas al chancador mediante flujo gravitacional. La boca también proporciona una capacidad de almacenamiento de corto plazo, al retener la roca hasta que se desplace dentro del chancador.
Cajón de alimentación	Es un cajón de entrada para la distribución de la pulpa en estanques, tolvas, harneros o canaletas.
Centrífuga	Que se mueve o actúa en una dirección que se aleja del centro de rotación.
Chancador	Una maquinaria que reduce el tamaño de un material mediante el uso de fuerza mecánica de compresión.
Ciclón	Un equipo que usa la fuerza centrífuga para clasificar partículas en dos fracciones de tamaño, o para separar partículas desde una corriente líquida o gaseosa.
CSS	Ajuste del lado cerrado (de un chancador). La abertura mínima o separación entre el manto y las superficies cóncavas de un chancador giratorio. Este término es lo contrario a Ajuste del lado abierto, que es la mayor abertura que se genera por el movimiento excéntrico del chancador.
Densidad	El peso de una sustancia por unidad de volumen, normalmente expresada en gramos por litro. La densidad de una pulpa es proporcional al porcentaje de sólidos en la pulpa.

Desconexión (trip)	Es la parada automática de un componente de un equipo, generalmente producida por un enclavamiento o sobrecarga.
Distribuidor	Es un cajón de distribución diseñado para que la corriente de sólidos, de aguas o pulpas se divida en dos o más corrientes.
En línea	(computación) Que está disponible directamente en la computadora. Ejemplo: un archivo de ayuda en una unidad de disco proporciona ayuda en línea.
Filtro de presión	Es un filtro al cual se aplica una presión para incrementar la tasa de remoción de sólidos desde una pulpa. El efluente es normalmente reutilizado en el proceso.
Flotación	Un método de procesamiento de minerales donde el mineral de cobre es separado y acumulado en una espuma. Se usan reactivos especiales para que ciertos minerales floten en la espuma y para que otros permanezcan en suspensión en la pulpa.
Flujo inferior (underflow)	Es el material en sobre tamaño que sale de un clasificador, o la pulpa que sale del espesador y que tiene un contenido de sólido mayor que el de la pulpa alimentada.
Ganga	Material sin ningún valor contenido en un mineral; el estéril descartado de un proceso.
HMI	Pantallas de interfaz operador- equipos (Pantallas de operación para partir y/o detener equipos y control de proceso).
Hydroset	Es la marca de fábrica del conjunto hidráulico de soporte que posiciona y sostiene el eje principal del chancador giratorio.
Malla	Es el tamaño de abertura de malla medida como el número de aberturas por pulgada lineal. Los tamaños de mallas en los harneros estándar también especifican el diámetro de los alambres.
Micron (µm)	Es la milésima parte (1/1000) de un milímetro. Se usa como una alternativa para el tamaño de malla, especialmente en el rango más fino. Ejemplo: la apertura de un harnero Tyler de 150 mallas es de .004 pulgadas o 104 micrones.

Mineral	La materia prima desde la cual un material económicamente valioso puede ser extraído con un beneficio.
Molienda	Es la reducción a partículas muy pequeñas mediante la combinación de impacto y abrasión en un molino.
Molino de Bolas	Un molino rotatorio, cilíndrico que usa bolas de acero para moler mineral grueso (menos de _ pulgada de tamaño mayor) a un tamaño más fino.
Molino SAG	Molienda semi-autógena. Un tipo de molino/chancador que usa mineral grueso y una carga de bolas de acero para moler el grueso en finas partículas. La molienda, si usa solamente mineral con mineral se denomina autógena; la adición de bolas la convierte en semi-autógena.
P_{80}	Es una expresión para la granulometría de un producto, generalmente en micrones, a través del cual el 80 % del material pasará.
pH	Es una escala logarítmica que indica la acidez o alcalinidad de un líquido acuoso o de una pulpa (solución). A 25°C el pH 7 indica neutralidad. Un pH inferior a 7 es ácido, mientras que un pH mayor a 7 es alcalino. La escala de pH varía en un rango de 0 a 14.
Porcentaje de sólidos	Es la proporción de sólidos que contiene una pulpa, expresados como un porcentaje en peso.
Pulpa	Mineral molido mezclado con agua, también llamada suspensión.
Rebalse o flujo superior (overflow)	Es la fracción de un material alimentado (por ej. Una pulpa) que sobrepasa la parte superior de un vertedero, de un borde, de un margen, de una represa o de un tranque.
Sistema Experto	Es un programa computarizado personalizado que contiene los conocimientos de un sistema de proceso y que el computador usa para afinar un proceso; es una forma de inteligencia artificial que imita las conductas de operadores expertos.
TIMS	Sistema de control de los hydroset y lubricación.