

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**MEJORAMIENTO AL SISTEMA DE GESTIÓN DE REPUESTOS PARA EL
MOLINO SAG EN LA PLANTA CONCENTRADORA - CODELCO DIVISIÓN
ANDINA**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
MECÁNICA DE PROCESOS Y
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Camilo Ignacio Albornoz Gajardo

Profesor Guía:

Ing. Félix Pizarro Martínez

2018

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a toda mi familia y amigos, que han contribuido de una forma u otra en lograr este objetivo y a los cuales les estaré agradecido eternamente.

Es imposible dejar de nombrar a mi amada Mamita Fernanda, una mujer maravillosa, con el corazón más noble que he conocido, un ejemplo a seguir. Dio por mí más que por ella misma, además de un apoyo y amor incondicional.

A mi Mamá Paola Gajardo, una mujer luchadora que jamás se rinde, la cual me dio la vida y lucho por mí desde el primer día sin importar nada. Mi pilar fundamental, sin ella no hubiese logrado nada.

A los regalos más lindos que me ha dado la vida, mi nueva familia, mi Joselyn, Fernanda y Maximiliano, los que me entregan un amor único y verdadero, y me brindan las fuerzas para luchar el día a día.

RESUMEN EJECUTIVO

Keywords: Sistema de gestión de repuestos para el Molino SAG.

Este trabajo de título busca presentar una propuesta de mejoramiento al sistema de gestión de repuestos para el Molino SAG.

En el primer capítulo se entregan los antecedentes de la empresa, la composición de la empresa y sus divisiones, tomando en cuenta la producción de cada una de estas. Luego se define la División andina, considerando las jefaturas y el sistema de producción, la Gerencia de plantas y sus jefaturas, las cuales administran la Planta Molienda SAG. La Planta Molienda SAG, donde se realizará el trabajo de título se indicando los equipos que la componen, entregando información sobre la capacidad de procesamiento y describiendo la línea de producción.

El segundo capítulo se enfoca en describir las metodologías que se utilizarán en busca de lograr el objetivo general, las cuales son; la metodología Optimización Costo/Riesgo, la Metodología Análisis ABC de inventarios y la Metodología Análisis de Pareto, entregando información de estas como; modo de utilización, descripción de sus objetivos y diagramas de ejemplificación.

El Tercer capítulo define el equipo Molino SAG, describiendo el tipo de procesamiento que utiliza, entregando una pequeña descripción de su funcionamiento, las características técnicas y todos los repuestos asociados a este equipo anclados a sus componentes y la cantidad utilizada de cada material, con el fin de entregar la información necesaria para desarrollar este trabajo de título.

El cuarto capítulo se enfoca en el desarrollo de las metodologías, primero realizando la Metodología Análisis ABC de inventarios, enfocado en los costos de los materiales y luego en los requerimientos de los mismos, organizándolos en tres grandes grupos, siendo el Grupo A el de mayor importancia y el Grupo C de menor importancia. Luego se realizan los Diagramas de Pareto para demostrar que el primer grupo abarca más del 80% del inventario y enfocando el trabajo de título en dichos repuestos. La Optimización Costo/Riesgo es la última metodología utilizada, donde en base a los repuestos del Grupo A ya mencionado se hace un cruce con los tiempos de reposición para definir los repuestos críticos del Molino SAG, y trabajar con estos los Costos de Inventarios y los Riesgos de Disponibilidad, buscando encontrar un punto donde sea mínima la diferencia entre el costo y el riesgo.

INDICE

DEDICATORIA	
RESUMEN EJECUTIVO	
INDICE	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE DIAGRAMAS	
INICIO DE TABLAS	
SIGLAS Y SIMBOLOGIA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPITULO 1: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.	3
1-1. ANTECEDENTES GENERALES	5
1-2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	6
1-2-1. Distribución de las Divisiones a lo lardo del País:	6
1-3. DIVISIÓN ANDINA	8
1-3-1. Ubicación de La División Andina	9
1-3-2. Sistema de Producción en la División	10
1-3-3. Producto Final	12
1-4. GERENCIA DE PLANTAS	13
1-4-1. Organigrama Gerencia de Plantas	13
1-5. Planta Molienda SAG	14
1-5-1. Diagrama de flujo de producción planta molienda SAG	16
CAPITULO 2: DESCRIBIR EL PROBLEMA Y DEFINIR METODOLOGIAS A UTILIZAR.	17
2-1. Descripción del problema	19
2-2. Metodologías propuestas.	20
2-2-1. Modo Optimización Costo-Riesgo (OCR)	20
2-2-1-1. Costos del Inventario y Curva de Riesgo de Disponibilidad.	23
2-2-2. Planeación de Inventario ABC	25
2-2-3. Análisis de Pareto	29
CAPITULO 3: descripción del equipo.	33
3-1. Molienda semiautogena	35
3-2. Molino sag	36

3-2-1. Características Técnicas	37
3-2-2. Repuestos del Molino Clasificados por Componentes	38
CAPITULO 4: APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS.	45
4-1. Aplicación de la Metodología, Análisis ABC.	47
4-1-1. Clasificación ABC en base a los Costos de los Materiales.	47
4-1-2. Clasificación ABC en base a los requerimientos de materiales.	51
4-2. aplicación de la metodología, Análisis de Pareto.	54
4-3. Aplicación de la metodología optimización costo-riesgo.	55
4-3-1. Costos de Inventario.	57
4-3-2. Riesgos de Disponibilidad.	58
4-3-3. Optimización Costo/Riesgo.	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	67
ANEXO 1. Variables a Considerar en el proceso de molienda del Molino SAG.	68
ANEXO 2. Tabla de Lead Time.	69
Anexo 3. Pauta de Inspección Molino SAG.	72
Anexo 4. Software SAP	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Imagen Corporativa de CODELCO.	6
Figura 1-2. Ubicación de cada división a lo largo del País.	8
Figura 1-3. Fotografía de División Andina desde la superficie.	9
Figura 1-4. Indicaciones de cómo llegar a la compañía.	11
Figura 1-5. Vista satelital de Codelco División Andina.	11
Figura 1-6. Esquema de la Línea de Producción de Andina	12
Figura 1-7. Puestos de trabajo, Gerencia de Plantas.	15
Figura 1-8. Diagrama de flujo de producción Planta Molienda SAG.	17
Figura 2-1. Modelo de Optimización Costo - Riesgo de Inventarios.	23
Figura 2-2. Modelo de Optimización Costo - Riesgo de Inventarios.	24
Figura 2-3. Estimación del Número Óptimo de Repuesto.	26
Figura 2-4. Uso anual de un inventario clasificado por valor.	27

Figura 2-5. Agrupamiento ABC de piezas en inventario.	28
Figura 2-6. Clasificación de Inventario ABC.	30
Figura 3-1. Molino SAG Codelco División Andina.	36

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1. Producción año 2016 por cada División de Codelco.	9
Diagrama 2-1. Ejemplo de Diagrama de Pareto.	31
Diagrama 4-1. Análisis ABC para los costos de materiales.	50
Diagrama 4-2. Análisis ABC para los requerimientos de materiales.	54
Diagrama 4-3. Análisis de Pareto para los costos de materiales.	55
Diagrama 4-4. Análisis de Pareto para los requerimientos de materiales.	55
Diagrama 4-5. Costos de Inventarios de Repuestos Críticos.	58
Diagrama 4-6. Riesgo de indisponibilidad de Repuestos Críticos.	60
Diagrama 4-7. Optimización Costo/Riesgo.	60
Diagrama 4-8. Optimización de costos de inventario.	61

INICIO DE TABLAS

Tabla 1-1. Producción Chilena de Cobre Codelco Chile año 2016.	8
Tabla 3-1. Características técnicas del MSAG	37
Tabla 3-2. Características técnicas de las bombas del MSAG	37
Tabla 3-3. Acoplamientos MSAG	38
Tabla 3-4. Pernos Estructurales MSAG	39
Tabla 3-5. Repuestos Tapa de Alimentación.	39
Tabla 3-6. Repuestos Cajón Centralizado.	40
Tabla 3-7. Repuestos Cilindro MSAG.	40
Tabla 3-8. Repuestos Tapa de Descarga.	41
Tabla 3-9. Repuestos Descarga de Pulpa.	41
Tabla 3-10. Repuestos Sistema de Frenos.	42
Tabla 3-11. Repuestos de los Ajustes de Zapatas.	42
Tabla 3-12. Repuestos Zapatas Axiales.	43

Tabla 3-13. Repuestos del Sistema de Alta Presión.	43
Tabla 3-14. Repuestos Sistema de Baja Presión.	44
Tabla 3-15. Repuestos del Sistema de Lubricación de los Descansos del MSAG.	44
Tabla 4-1. Clasificación de Materiales según su costo en US\$.	47
Tabla 4-2. Tabla resumen del análisis ABC de costos de materiales.	50
Tabla 4-3. Clasificación de materiales según sus requerimientos.	51
Tabla 4-4. Tabla resumen del análisis ABC de costos de materiales.	54

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

MSAG: Molino SAG

OCR: Optimización Costo/Riesgo

MTTR: Tiempo medio para reparar

MTBF: Tiempo medio entre falla

LEAD TIME: Tiempo de demora de adquisición

PL: Planificada

NP: No Planificada

HP: Horse Power

RPM: Revoluciones por minuto

GPM: Galones por minuto

PSI: Libra fuerza por pulgadas cuadradas

INTRODUCCIÓN

La calidad y gestión de un trabajo, se basa en grupos de procesos dependientes e interrelacionados existentes en una organización u empresa; por ejemplo, la realización de un trabajo de mantenimiento se basa en la buena planificación, programación y ejecución de la mantención, la cual depende tener el stock disponibles en el tiempo que se desean, lo que a su vez depende del proceso de logística asociado a los materiales.

Por lo tanto, para una empresa tan grande productora de Concentrado de Cobre y Molibdeno como Codelco-Chile, División Andina, es importante contar con un óptimo sistema de gestión de repuestos.

La implementación que se desea efectuar basado en metodologías para identificar los repuestos críticos del Molino SAG.

Un mal manejo de estos repuestos críticos y altos costos de almacenamiento sin movimientos de estos, nos llevan a aumentar principalmente los costos anuales de la División. Es por ello que es de real importancia trabajar en ellos para minimizar estos costos.

La función de tener un sistema de gestión de repuestos es garantizar un nivel acorde a los requerimientos de la planta, ya sea por trabajos planificados (PL), como no planificados (NP). Y mantener la disponibilidad y confiabilidad de los equipos para alcanzar las metas propuestas por la División.

Un correcto sistema de gestión de repuestos, se basa en modelos y técnicas asociadas a la representación del detalle de los repuestos necesarios para dar lugar a una ventaja en la gestión de repuestos para el Molino SAG.

OBJETIVO GENERAL

- Proponer una mejora al sistema de gestión de repuestos del Molino SAG(MSAG), mediante metodologías basadas en gestión de repuestos, para lograr una correcta clasificación y un mayor control de los repuestos asociados a las mantenciones del Molino SAG(MSAG) de la planta Concentradora de Codelco División Andina.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entregar antecedentes de la empresa, recopilando información relacionada a esta misma, para dar a conocer la empresa donde se llevará a cabo el proyecto, como también, la importancia que tiene el MSAG en la línea de producción de la División Andina.

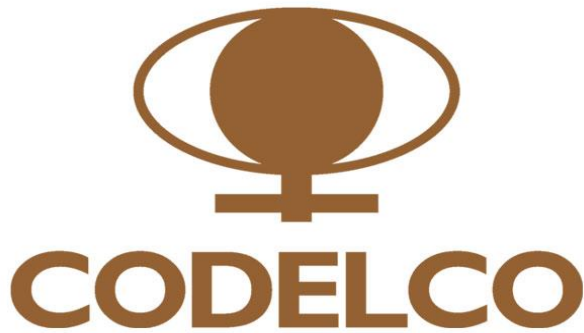
- Describir la problemática del proyecto, con antecedentes recopilados desde cruce entre el departamento de abastecimiento con el departamento de planificación, para lograr, en base a metodologías, encontrar un equilibrio entre los costos de inventario y los riesgos de indisponibilidad.

- Analizar el equipo, describiendo información de sus características técnicas y sus repuestos organizados por componentes, para lograr clasificar los repuestos por parámetros de criticidad, en una base de datos.

- Desarrollar las metodologías, Optimización Costo Riesgo (OCR), Análisis ABC y Análisis de Pareto, aplicadas en base a los repuestos del MSAG, para equilibrar los costos de inventario con los riesgos de indisponibilidad.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.

1-1. ANTECEDENTES GENERALES



Fuente: www.google.cl

Figura 1-1. Imagen Corporativa de CODELCO.

Razón Social: Corporación Nacional del Cobre de Chile. Ver Figura 1-1.

Rut: 61704000-K.

Visión:

Codelco ha establecido como propósito los siguientes puntos:

“Record de cinco años sin fatalidades, con una tasa de frecuencia menor al 1 y procesos peligrosos automatizados”.

“Entre los 5 mejores de la industria de metales base, sin víctimas fatales”.

“Erradicar la silicosis”.

Misión:

Nuestra misión es desplegar en forma responsable y con excelencia, toda la capacidad de negocios mineros y relacionados, en Chile y en el extranjero, con el propósito de maximizar en el largo plazo su valor económico y su aporte al estado.

Codelco llevará a cabo su misión, enfatizando una organización de alto desempeño, la participación, la innovación creativa y el conocimiento de las personas en permanente desarrollo.

1-2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

CODELCO es una empresa minera del Estado chileno, considerada el primer productor de cobre y molibdeno del mundo, que se dedica a la exploración, procesamiento y venta de cobre y molibdeno. Fundada en 1976, la empresa opera a través de numerosas divisiones mineras a lo largo del país las cuales son: Chuquicamata, Radomiro Tomic, Gabriela Mistral, Ministro Hales, Salvador, Ventanas, Andina, Casa Matriz, El Teniente y VP. Siendo todas con administración independiente, una medida implementada para formar parte de un plan de reestructuración lanzado con el fin de mejorar la eficiencia, la productividad y el control de los costos.

Codelco también cuenta con las reservas de cobre más grandes del mundo, cifra suficiente para mantener la empresa en los actuales niveles de producción durante aproximadamente 70 años.

Durante 2015 la producción de cobre llegó a 1 millón 891 mil toneladas métricas de cobre fino, correspondientes a los yacimientos operados por Codelco más las proporciones de su participación en Minera El Abra (49% de propiedad) y en Anglo American Sur S.A (20% de propiedad). Junto con esto, es el segundo productor de molibdeno de mina del mundo, con una producción total de 27.683 toneladas métricas finas en 2015. Codelco participa, además, en diversas sociedades orientadas a la exploración y el desarrollo tecnológico, tanto en Chile como en el extranjero.

Las filiales y empresas de riesgo compartido operan en las siguientes áreas: minería, comercialización de metales, generación y distribución de energía, investigación y desarrollo minero, inversión, operaciones portuarias, salud y administración de fondos de pensión. Siendo su estrategia corporativa coordinada y encabezada por un directorio conformado por nueve integrantes y el presidente ejecutivo, todo esto desde la Casa Matriz, ubicada en Santiago de Chile.

1-2-1. Distribución de las Divisiones a lo largo del País:

Anteriormente se dijo que Codelco está constituido de diez divisiones, Chuquicamata, Radomiro Tomic, Gabriela Mistral, Ministro Hales, Salvador, Ventanas, Andina, Casa Matriz, El Teniente y VP de las cuales solo VP no cuenta con una ubicación geográfica, todas las demás divisiones cuentan con ubicaciones geográficas distribuidas a lo largo del país.

A continuación se presenta un esquema de la ubicación de cada división (excepto Codelco VP) a lo largo del territorio nacional. Ver Figura 1-2.



Fuente: www.servicios.codelco.cl, red interna de la corporación.

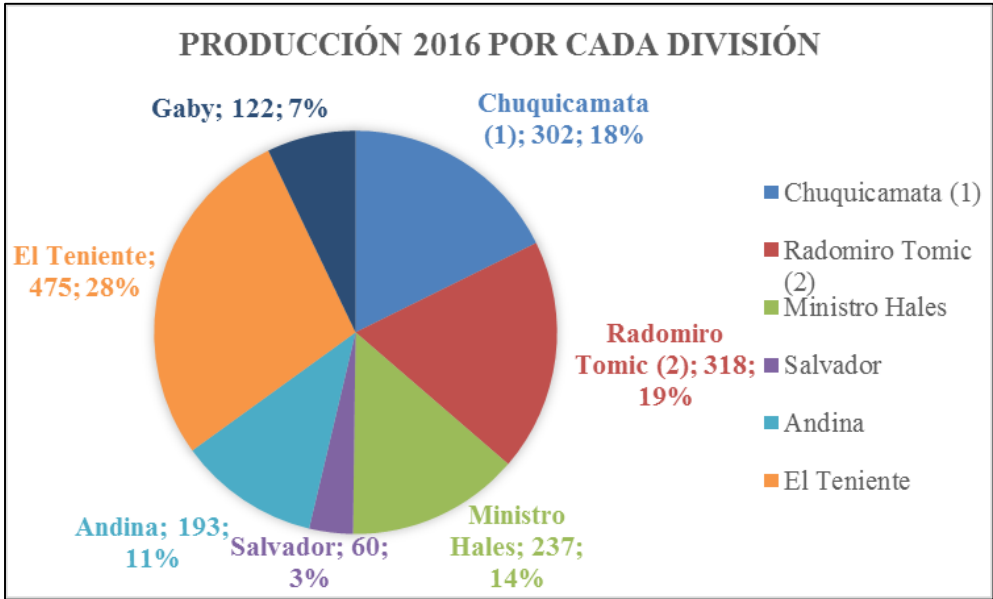
Figura 1-2. Ubicación de cada división a lo largo del País.

Cada división aporta de distinta forma a la producción anual de cobre de Codelco. Ver Tabla 1-1. y Figura 1-3.

Tabla 1-1. Producción Chilena de Cobre Codelco Chile año 2016.

Producción Chilena de Cobre de Mina/ Chilean Copper Mine Production	Unidad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	% Producción 2016
Chuquicamata (1)	Miles TM	528	443	356	339	340	309	302	18%
Radomiro Tomic (2)	Miles TM	375	470	428	380	327	316	318	19%
Ministro Hales	Miles TM	0	0	0	34	141	238	237	14%
Salvador	Miles TM	76	69	63	54	54	49	60	4%
Andina	Miles TM	189	234	250	237	232	224	193	11%
El Teniente	Miles TM	404	400	417	450	456	471	475	28%
Gaby	Miles TM	117	118	133	128	121	125	122	7%
Total Codelco	Miles TM	1.689	1.735	1.647	1.622	1.672	1.732	1.708	100%

Fuente: Producción de cobre por empresa anual, Codelco 2017.



Fuente: Elaboración propia en base a la Producción de cobre por empresa anual, Codelco 2017.

Diagrama 1-1. Producción año 2016 por cada División de Codelco.

1-3. DIVISIÓN ANDINA



Fuente: www.google.cl

Figura 1-3. Fotografía de División Andina desde la superficie.

División Andina se ubica a más de 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, en la ciudad de Los Andes, Región de Valparaíso. Las operaciones de extracción de material se combinan en mina rajo abierto y mina subterránea. En la actualidad esta división realiza la explotación de minerales en la mina subterránea de Río Blanco y en la mina a rajo abierto Sur Sur, donde se obtiene como producto final concentrado de cobre y molibdeno.

División Andina opera el yacimiento de cobre ubicado en Río Blanco, cuya riqueza es conocida desde 1920. Los intentos por iniciar su explotación no se concretaron hasta medio siglo después, en 1970, con la creación de la Compañía Minera Andina.

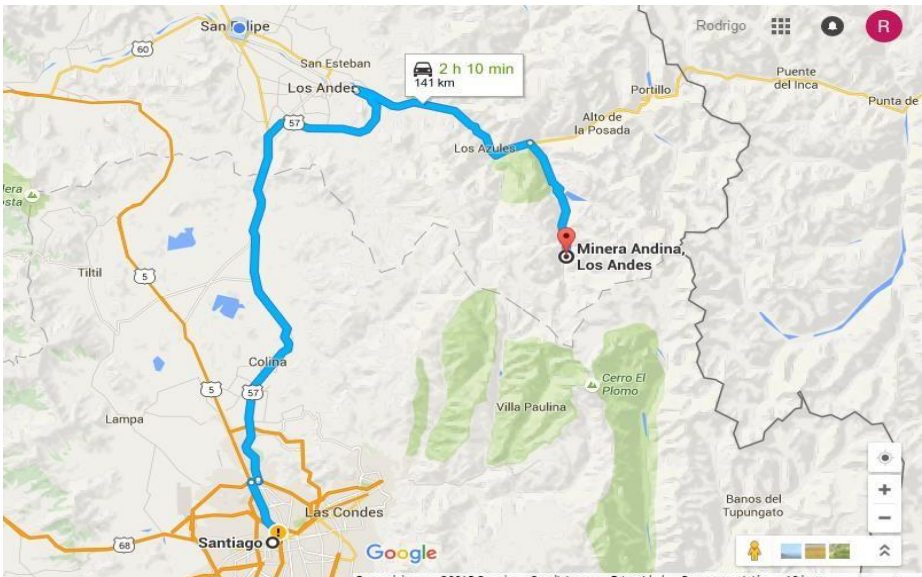
Ubicada a ochenta kilómetros al noreste de Santiago, en la ciudad de Los Andes, entre los 3.700 y 4.200 metros sobre el nivel de mar, la división tiene un método de explotación mixto (subterráneo y a rajo abierto) y cuenta con las reservas minerales más importantes de Codelco.

La División Andina produce alrededor de 220 mil toneladas anuales de concentrado de cobre fino y 5.000 toneladas anuales de molibdeno.

Cuenta con una dotación propia de 1.680 personas (medida en diciembre del 2015) y 2.808 pertenecientes a empresas colaboradoras de apoyo a la operación.

1-3-1. Ubicación de La División Andina

Esta imagen nos muestra cómo llegar a la compañía minera desde el centro de Santiago. Ver Figuras 1-4. Y Figura 1-5.



Fuente: Maps de Google

Figura 1-4. Indicaciones de cómo llegar a la compañía.

La producción de la división está dividida en dos líneas productivas, la Línea SAG que entrega un 60% de la producción y la Línea Convencional que aporta el otro 40% en la producción total de Andina.

Por un lado la Línea SAG parte desde la extracción del mineral desde la mina Sur Sur con yacimientos a cielo abierto o rajo abierto donde se extraen aproximadamente 90.000 toneladas diarias, de las cuales 22.500 corresponden a mineral y 67.500 a estéril. Luego pasa al proceso de Chancado Primario en la planta denominada Planta Don Luis donde se tritura el material de mayor tamaño para luego ser enviado mediante correas transportadoras a dos plantas de chancado fino que trabajan en paralelo estas son la Planta de Prechancado y la Planta Secundaria y Terciaria donde termina el proceso de chancado, para dar paso al sistema de molienda. La Planta de Prechancado se encarga de alimentar la Molienda SAG, por su parte la Planta Secundaria y Terciaria alimenta a la Planta de Molienda Unitaria Fase I, donde finaliza el proceso de molienda de la Línea SAG y donde se une lo producido en la Línea SAG con la Línea Convencional para dar paso al sistema de flotación que es donde se separan las partículas de concentrado de cobre de las partículas de molibdeno y de otras impurezas.

Por otro lado la Línea Convencional, la cual está compuesta por más plantas y más equipos, pero por ser más antiguos generan una producción menor. La Línea Convencional es alimentada por el yacimiento de la mina subterránea desde el III Panel donde se extraen aproximadamente 44.000 toneladas diarias. Luego pasar al chancado primario realizado por tres plantas productivas, la Planta Norte, Planta Sur y Planta Oeste, de las cuales siempre hay una en modo Stan By, siendo la Planta Norte la más común, pues es la más antigua. Luego comienza el proceso de chancado fino, realizado por la Planta Terciaria y Cuaternaria donde se logra la granulometría deseada para el proceso de molienda. El proceso de molienda es realizado en dos plantas, la Planta Molienda Convencional y la Planta Molienda Unitaria I, terminando el proceso de molienda el material se une con lo producido en la Línea SAG, para dar paso al proceso de flotación.

La flotación es un proceso que se divide en dos sub-procesos, la flotación colectiva y la flotación selectiva. En la flotación colectiva, una vez unido lo producido por ambas líneas de producción se procede a generar la separación de las partículas sulfuradas de cobre y molibdeno desde la roca estéril, proceso por el cual se obtiene un concentrado colectivo de cobre y molibdeno cuyas leyes alcanzan al 30% y 0,39% por ciento, respectivamente.

Este concentrado colectivo se conduce por cañerías hasta una planta en superficie (en Saladillo, 30 kilómetros al oeste de la mina subterránea) donde se realiza la flotación selectiva, donde se separa el cobre del molibdeno- y de filtrado.

Luego de esto el concentrado de cobre se somete a un proceso de secado que disminuye la humedad del producto hasta un 9% o menos, y finalmente es transportado por ferrocarril hacia el Puerto de Ventanas, desde donde se despacha a diversas fundiciones de Chile y el extranjero.

El concentrado de molibdeno se seca hasta que su humedad sea inferior al 8%. Luego de una etapa de descubrización (proceso LR), se obtiene un concentrado de Bajo Cobre hasta con un 0,4% de este metal, y una pequeña cantidad de concentrado con 48% de molibdeno y 4,3% de cobre.

Por otra parte, los relaves del proceso en el Concentrador se envían a dos espesadores, en donde se recupera hasta el 60% del agua contenida y se reenvía hacia la molienda y flotación. El resto del material se transporta, a través de una canaleta de 80 kilómetros de longitud, hacia el nuevo embalse de relaves Ovejería, ubicado en Huechún, Región Metropolitana, para su deposición segura y permanente. Ver Figura 1-6.

1-3-3. Producto Final

El principal producto de División Andina, el concentrado de cobre, es una mezcla de sulfuros compuesta principalmente por calcopirita [CuFeS₂] (80% en peso) y, en menor proporción, por calcosina [Cu₂S], bornita [Cu₅FeS₄], covelina [CuS] y otros.

Su ley media es de 29.73% de cobre y su humedad media es de 8,8%. Posee, además, unos 70 gramos de plata aproximadamente y 0,5 gramos de oro por tonelada en el concentrado. Su contenido de arsénico en el largo plazo oscila en torno al 0,2%.

Este concentrado de Andina posee contenidos de sílice, alúmina, óxidos de calcio, magnesio y cromo que, en conjunto, son menores al 6%; también, contenidos de fierro en torno al 28% y de azufre en un 34%.

Todo ello, unido a la mineralogía y la alta homogeneidad de su producción, se traduce en un concentrado de alta fusibilidad, con una fusión homogénea y estable.

Es particularmente destacable la extraordinaria estabilidad de la mineralogía de los concentrados de Andina en el tiempo, lo que asegura sus buenas características para los procesos pirometalúrgicos posteriores.

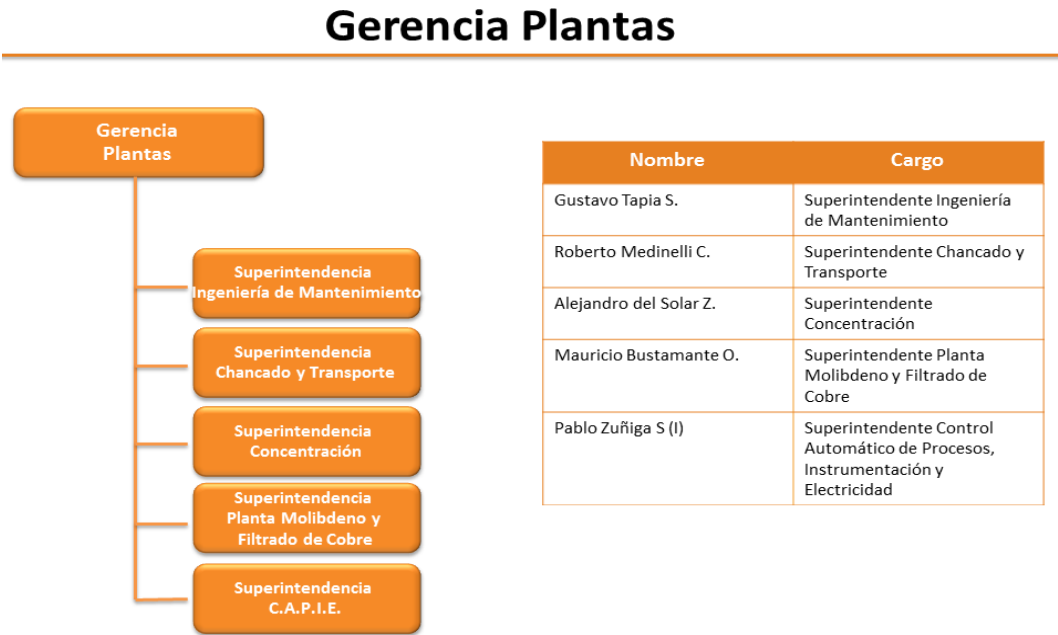
1-4. GERENCIA DE PLANTAS

La Gerencia de Plantas está a cargo de la Planta Concentradora, la cual se compone de diferentes plantas las cuales cumplen cada una función característica para lograr el objetivo principal, producir concentrado de cobre y molibdeno desde la mena extraída en la mina rajo abierto y en la mina subterránea.

La Planta Concentradora es donde se efectúan los trabajos de chancado, molienda, concentración y finalizando en la etapa de flotación colectiva, descritos anteriormente.

La Gerencia de planta es liderada por un grupo gerencial descrito en la siguiente figura. Ver Figura 1-7.

1-4-1. Organigrama Gerencia de Plantas



Fuente: www.servicios.codelco.cl, red interna de la corporación.

Figura 1-7. Puestos de trabajo, Gerencia de Plantas.

1-5. PLANTA MOLIENDA SAG

La molienda SAG se diseña con pocos equipos, pero de gran capacidad de procesamiento, estos reemplazan a equipos tradicionales de chancado secundario/ terciario, cuaternario, molino de barras y bolas. Su funcionamiento continuo y estable es un requisito indispensable para asegurar la rentabilidad de las operaciones de procesamiento de minerales, esto pone en primer plano la disponibilidad de los equipos de planta.

El mineral alimentado al molino SAG proviene de una etapa previa de chancado primario (Chancado Don Luis), luego pasa por un chancado secundario de la planta de Prechancado, luego el material es recepcionado en una tolva de capacidad de 32.000 t y una granulometría promedio de 38 mm. Luego el material es alimentado a cuatro correas intermedias, correa A8-1/2/3/4, con una capacidad de 923 t c/u y de las cuales solo 2 se encuentran en funcionamiento, finalmente estas descargan su material sobre la correa A9, que es la correa que descarga el material dentro del molino SAG.

La correa A9 posee una capacidad total de 2.317 t, pero por tratamiento está entregando alrededor de 1550 t/h.

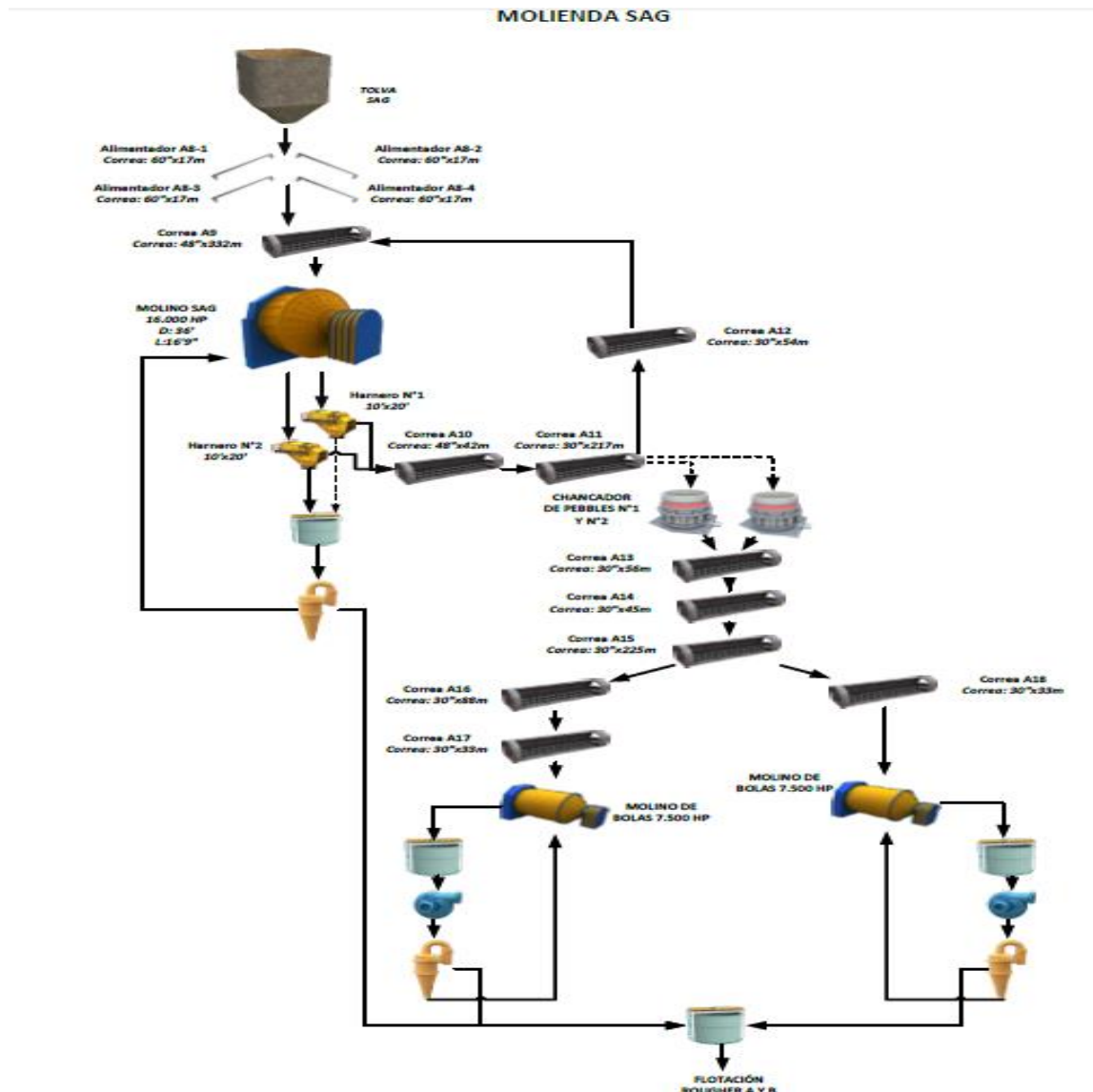
El molino SAG, de dimensiones 36x16 pies (11 x 4,87 m), consume una potencia total de 16.000 HP, acepta un tamaño máximo de alimentación de 12 pulg (304,8 mm), el volumen de llenado del molino bordea el 27 a 28 %. La velocidad operacional del molino se mueve entre un rango óptimo de 7,71 a 11,57 rpm y su velocidad crítica es de 12,76 rpm. Con respecto al volumen de llenado de bolas es de un 14% y de un tamaño de 5 pulg (127 mm). El mineral descargado del molino cae a un harnero de 10 x 20 pulg (3,05 x 6,10 m) con dos parrillas una superior y una inferior con una inclinación horizontal con abertura de 38 mm y 19 mm respectivamente.

El material bajo los 19 mm pasa hacia la cuba denominada contenedor Rougher, con una capacidad de 270 m³, es impulsado por un sistema de bombas que se encuentran en paralelo y en donde solo funciona una mientras la otra se mantiene stand-by. Luego de ser bombeada la pulpa llega a un cajón distribuidor de capacidad de 16,5 m³ para ser bombeado a dos molinos de bolas. El material que no fue capaz de pasar por el harnero se considera como pebbles que mediante transporte a través de la correa A10 y A11 llega a un by-pass en donde el material es alimentado a dos Chancadores de Pebbles, cabe decir que el mineral retornado no puede superar las 380 t/h. El mineral ya chancado queda reducido a un tamaño aproximado de 10 mm y es transportado a través de la correa A13 donde llega un nuevo by-pass donde puede ser transportado, pasando por las correas A14/A15/A16 en donde esta última mediante un nuevo by-pass el material es dividido a

razón aproximada de 50/50% y entrega a los chutes de alimentación de cada molino de bolas. El pebbles que no pasa por chancado de pebbles es retornado hacia la alimentación del molino SAG a través de la correa A12 mientras parte del material producido por los chancadores puede ser también retornado como fino al molino SAG, todo esto con el fin de mantener la estabilidad del molino. Los molinos de bolas que se encuentran a continuación del Molino SAG corresponden a la molienda secundaria, de dimensiones de 20 x 30 pies (6,1 x 9,1 m), cada uno forma un circuito cerrado, en donde cada uno consume una potencia nominal de 7.500 HP, un volumen de llenado completo de 27%, la velocidad crítica de cada molino es de 12,9 rpm y una velocidad media de giro del 74%. Cada molino posee dos bombas en paralelo, de modo que una siempre se encontrara stand-by en caso de no disponer de una, las cuales alimentan a su propia batería de ciclones, entregando un producto final de 210 μ m aproximadamente.

Una vez terminado se junta todo el material procesado en el contenedor Rougher, para dar paso al proceso de flotación colectiva. Ver Figura 1-8.

1-5-1. Diagrama de flujo de producción planta molienda SAG



Fuente: Elaboración propia, en base al diagrama de flujo de la división.

Figura 1-8. Diagrama de flujo de producción Planta Molienda SAG.

**CAPITULO 2: DESCRIBIR EL PROBLEMA Y DEFINIR METODOLOGIAS A
UTILIZAR.**

2-1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las metas de producción anual son vitales dentro de la empresa y estas se imparten en todas las divisiones a lo largo del país y el no cumplimiento de estas metas puede significar incluso el cierre completo de alguna división. Es por eso que es fundamental cumplir con las metas de producción y una de las tareas a cumplir para esto es que los activos se mantengan operativos la mayor parte del tiempo. Pero esto no se cumple a cabalidad, pues los equipos al verse cada vez más automatizados, tienden a aumentar la cantidad de activos que mantener, como también la complejidad del mantenimiento y por ende las posibilidades de que los equipos presenten alguna falla también aumenta, aun cuando los equipos cuenten con inspecciones y mantenciones planificadas.

Estas fallas se denominan “fallas no planificadas” y afectan directamente a la producción de la empresa, como también a la seguridad del personal y al impacto con el medio ambiente. Las fallas no planificadas se presentan regularmente por un factor externo que afecta al equipo, como por ejemplo, el daño que producen los materiales inchancables. Cuando se producen estas fallas, muchas veces no se cuenta con los repuestos necesarios para resolverlas, lo que conlleva a un aumento en las horas detenidas del equipo, que se traducen en pérdidas directas en la producción de la empresa. Haciendo que sea crítico contar con almacenes y/o bodegas que contengan repuestos para dar soporte a las tareas de mantenimiento tanto planificadas como no planificadas.

Las fallas no planificadas están dentro de un rango de probables, pues hasta el día de hoy es imposible eliminarlas, es por esa causa que se hace primordial contar con un sistema de gestión de repuestos actualizada y que contenga un stock de seguridad que contemple de manera correcta los repuestos críticos, para así minimizar los tiempos medios para reparar (MTTR).

El riesgo de esto es que si el estudio no se realiza de manera correcta, implicará en un aumento en los costos de inventario y de un uso erróneo del presupuesto anual para la compra de repuestos. Por este motivo se busca mejorar lo ya mencionado por medio de métodos de mantenimiento enfocados en estudios de criticidad de repuestos que aseguren una buena elaboración y enfoque en el sistema de gestión de repuestos, que es donde se busca llevar a cabo la mejora con respecto a los repuestos críticos y a los costos de inventario, reduciendo el exceso de algunos materiales y mejorando la falta de otros materiales, logrando una reducción en los tiempos donde el equipo se encuentra detenido por fallas no planificadas, lo que se traduce en un aumento en la producción de la empresa

y una ayuda en el cumplimiento de las metas de producción de la División propuestas para el año.

2-2. METODOLOGÍAS PROPUESTAS.

2-2-1. Modo Optimización Costo-Riesgo (OCR)

El mantenimiento industrial desde los años 80 ha jugado un papel preponderante dentro de las actividades de un sistema productivo, tomando en cuenta que la administración óptima del mantenimiento incide directamente en las horas productivas de los activos y como consecuencia se traduce en una mayor producción para la empresa. Uno de los pilares fundamentales para la excelente gestión del mantenimiento está representado por un sistema de gestión de repuestos adecuado, con la finalidad de cubrir la demanda requerida para los mantenimientos planificados y los mantenimientos no planificados que ocurren en el sistema productivo. Uno de los problemas principales que se presentan en el sistema de gestión de repuestos es que en muchas ocasiones una gran parte del presupuesto es desperdiciado en exceso de inventario.

Una mejora en el sistema de gestión de repuestos surge como una necesidad para lograr un balance económico en el número de partes o repuestos que se deben tener en el almacén, para solventar las fallas y cubrir la demanda de los mantenimientos, tanto planificados, como no planificados, logrando disminuir las horas del equipo detenido que producen grandes pérdidas monetarias; por lo que constituye un punto de gran relevancia en la producción de Andina.

Uno de los principales problemas que enfrentan las organizaciones en relación al sistema de gestión de repuestos, es el manejo de los repuestos que son de muy baja rotación, generalmente conocidos como “inventarios estratégicos”. Con base a lo anterior se puede deducir que estos repuestos generalmente tienen muy altos costos de adquisición y de almacenamiento, para mantener el repuesto en condiciones óptimas al momento al momento de ser requerido; por lo que estos repuestos ocupan gran parte del presupuesto destinado al inventario del equipo.

De esta manera, y con la finalidad de obtener la mejor cantidad de repuestos de baja rotación, se busca el balance más preciso entre los costos de adquisición y los costos de almacenamiento, ya que al momento de ocurrir una falla y no contar con el repuesto en los almacenes, se produce un aumento en las horas detenidas del equipo, lo que se traduce en grandes pérdidas en la producción de la empresa.

Por lo ya mencionado se busca reducir las pérdidas e impacto total con un mejoramiento en la combinación entre los costos por adquisición, los costos de almacenamiento y los costos por riesgo de falta de inventario. Cuando esta combinación está en un mínimo, la mejora en la tenencia del número de repuestos se ha identificado.

La metodología Optimización Costo Riesgo aplicada a niveles de inventario consiste en encontrar el número óptimo de inventario, minimizando el impacto total entre el riesgo por la falta del repuesto en el momento que se requiera y el costo de tenencia del repuesto en almacén o bodega, por otro lado, la cantidad óptima de repuestos con bajo índice de rotación cuyas consecuencias por ausencia de estos repuestos son operacionales y deben ser almacenados en inventario local (repuestos críticos). Con esto se logra contar, con los repuestos necesarios para el mantenimiento y las operaciones de forma óptima y con el mínimo riesgo; apuntando al incremento de la disponibilidad y confiabilidad operacional del equipo y optimizar los costos de mantenimiento.

El riesgo o costo por indisponibilidad es aquel que se deja de percibir cuando al momento de cubrir las fallas o mantenimientos programados se encuentran con la falta de repuestos en bodegas. Este riesgo generalmente produce grandes espacios de tiempo donde el equipo se encuentra detenido y por ende produce pérdidas que afectan de gran manera a la producción de la división, para evitar o reducir este riesgo es necesario realizar un aumento de inventario en bodegas, el cual también tiene un costo asociado, el cual abarca todos los costos derivados de la adquisición y almacenamiento del repuesto en bodega, este costo es denominado como costo de inventario.

Pero este se puede minimizar mediante un sistema de gestión de repuestos, el cual se encargará de encontrar un punto óptimo entre costos de inventario y riesgo de indisponibilidad.

El riesgo se reduce por el aumento de inventario como se puede observar en la siguiente figura. Ver Figura 2-1.

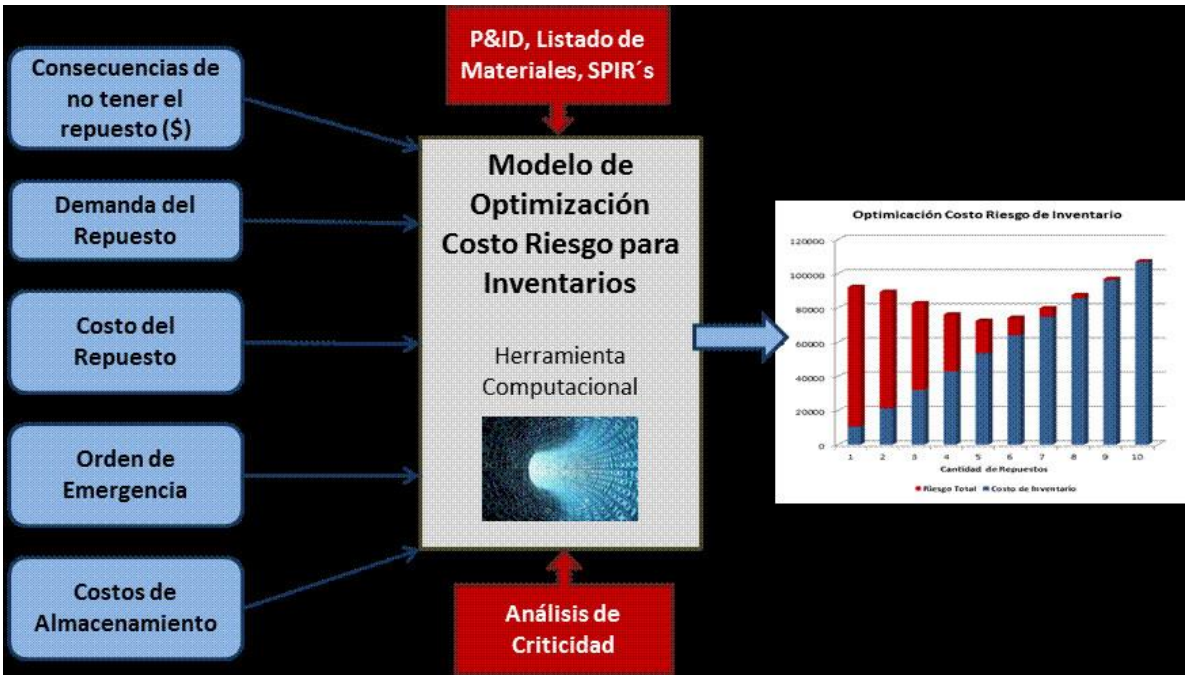


Fuente: www.predictiva21.com

Figura 2-1. Modelo de Optimización Costo - Riesgo de Inventarios.

Los costos de inventario, al contrario de los riesgos de indisponibilidad, aumentan con la cantidad de repuestos, es por eso que, es fundamental encontrar un equilibrio entre los costos de inventario y el riesgo de indisponibilidad. Esto se logra a través de un sistema de gestión de repuestos, el cual se encargará de encontrar un punto óptimo entre costos de inventario y riesgo de indisponibilidad.

En la Figura 2-2. se muestra un esquema/mapa que describe en términos generales el modelo de optimización OCR.



Fuente: www.predictiva21.com

Figura 2-2. Modelo de Optimización Costo - Riesgo de Inventarios.

2-2-1-1. Costos del Inventario y Curva de Riesgo de Indisponibilidad.

Para el modelaje de la curva costos de inventario se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$CI=N*CR*CMA$$

Donde:

CI: Costo del Inventario.

N: Número de Repuestos.

CR: Costo del Repuesto.

CMA: Costos de Mantenimiento y Almacenamiento del Repuesto.

Los costos de inventario están relacionados a los costos de poner la orden de compra y el costo del repuesto. En relación a los costos de mantenimiento y almacenamiento se deben incluir todos aquellos que se consideren pertinentes: costos de almacén, depreciación, obsolescencia, mantenimiento en almacén, etc.

Por otro lado, el riesgo de indisponibilidad expresado matemáticamente es la relación entre la probabilidad que un evento no deseado ocurra y las consecuencias

económicas de dicho evento, en este caso el evento será la indisponibilidad del repuesto cuando este es requerido.

Al momento de estimar los impactos se debe considerar los factores operacionales del equipo y cualquier flexibilidad operacional asociada a este que permita eliminar o minimizar el impacto de su indisponibilidad.

De esta manera, el Riesgo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = PD > I * (IP + IS + IA + IR)$$

Donde:

R: Riesgo de indisponibilidad (no contar con el repuesto cuando es requerido).

PD>I: Probabilidad de que la demanda del repuesto supere el inventario en almacén.

IP: Impacto Económico en la producción (pérdidas de producción por la indisponibilidad del repuesto).

IS: Impacto Económico en Seguridad por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

IA: Impacto Económico Ambiental por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

IR: Impacto Económico de la Reparación por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

Una vez obtenida la curva de Costos del Inventario y la Curva de Riesgo de Indisponibilidad se suman punto a punto ambas curvas para obtener la Curva de Impacto Total, cuyo punto de inflexión indicará el número óptimo de repuestos.

De modo que, la metodología determina que repuestos se deben mantener en inventario y en qué cantidad, para cada nivel de exposición al riesgo; encontrando la combinación optima o adecuada de costos de propiedad y riesgo asumido, siendo este el punto en donde se genere el mínimo “Impacto Total del Negocio” a través del método “que pasa si” permitiendo evaluar distintas opciones tales como:

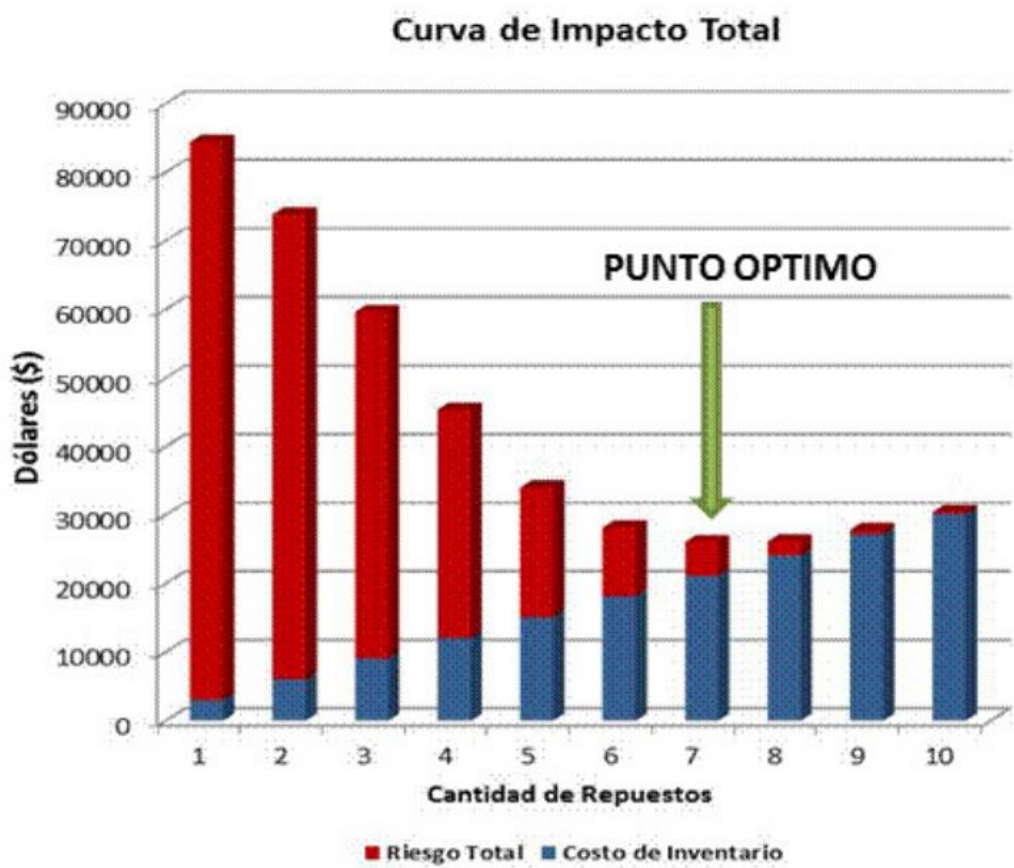
- Posibilidad de reducir inventario, o en el caso en que el nivel de riesgo asumido (penalidad por indisponibilidad del repuesto) sea inaceptable, que cantidad de repuestos adicionales se deben mantener.

- El impacto de sub o sobre carga de repuestos en inventario.

- La sensibilidad de la data y los resultados con relación a la data.

- Opciones para un “pool” de repuestos (intercambiabilidad).

En la siguiente figura se muestra la Curva de Impacto Total como resultado de la suma de las curvas de Costo de Inventario y Riesgo de Indisponibilidad. También se muestra el perfil estocástico del Impacto Total, lo que permite conocer las pérdidas económicas asumidas para cada número de repuestos que se decida tener en inventario en almacén, siendo el más óptimo el punto de inflexión de dicha curva. Ver Figura 2-3.



Fuente: www.predictiva21.com

Figura 2-3. Estimación del Número Óptimo de Repuesto.

2-2-2. Planeación de Inventario ABC

Mantener el inventario mediante el conteo, la elaboración de pedidos, la recepción de existencias, etc., requiere de tiempo del personal y cuesta dinero. Cuando existen límites para estos recursos, el movimiento lógico consiste en tratar de utilizar los

recursos disponibles para controlar el inventario de la mejor manera. En otras palabras, enfocarse en las piezas más importantes en el inventario.

En el siglo xix, Vilfredo Pareto, en un estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán, descubrió que 20% de las personas controlaban 80% de la riqueza. Esta lógica de la minoría con la mayor importancia y la mayoría con la menor importancia se amplió para incluir muchas situaciones y se conoce como el principio de Pareto. Esto sucede en la vida diaria (la mayor parte de las decisiones de las personas son relativamente sin importancia, pero unas cuantas dan forma a su futuro) y desde luego se aplica en los sistemas de inventario (donde unas pocas piezas representan la mayor parte de la inversión).

Cualquier sistema de inventario debe especificar el momento de pedir una pieza y cuántas unidades ordenar. Casi todas las situaciones de control de inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar un tratamiento uniforme a cada una. Para evitar este problema, el esquema de clasificación ABC divide las piezas de un inventario en tres grupos: volumen de alta importancia (A), volumen de mediana importancia (B) y volumen de baja importancia (C). El volumen en dinero es una medida para clasificar la importancia, aunque, una pieza de bajo costo pero de alto volumen puede ser más importante que una pieza de alto costo pero de bajo volumen.

Clasificación ABC Si el uso anual de las piezas de un inventario se presenta según el volumen de dinero, por lo regular, la lista muestra que un número reducido de piezas representa un volumen de alto costo y que muchas piezas conforman un volumen de bajo costo. Ver Figura 2-4.

NUMERO PIEZA	USO ANUAL EN DOLARES	PORCENTAJE VALOR TOTAL
22	95.000	40,69
68	75.000	32,13
27	25.000	10,71
03	15.000	6,43
82	13.000	5,57
54	7.500	3,21
36	1.500	0,64
19	800	0,34
23	425	0,18
41	225	0,1
TOTAL	233.450	100

Fuente: Administración de Operaciones.

Figura 2-4. Uso anual de un inventario clasificado por valor.

La estrategia ABC divide esta lista en tres grupos según el valor: las piezas A constituyen casi 20% más alto de las piezas, las piezas B 30% siguiente y las piezas C el último 50%. Esto se puede observar en la figura 2-2-4. donde se agrupan de la forma ABC, A incluyendo 20% (2 de 10), B incluyendo 30% y C incluyendo 50%. Estos puntos muestran límites muy claros entre las secciones.

El resultado de esta segmentación se muestra como ejemplo en la Figura 2-5.

CLASIFICACIÓN	NUMERO PIEZA	USO ANUAL EN DOLARES	PORCENTAJE VALOR TOTAL
A	22;68	170.000	72,9
B	27;03;82	53.000	22,7
C	54;36;19;23;41	10.450	4,4
	TOTAL	233.450	100

Fuente: Administración de Operaciones.

Figura 2-5. Agrupamiento ABC de piezas en inventario.

Es probable que la segmentación no siempre ocurra con tanta claridad. Sin embargo, el objetivo es tratar de separar lo importante de lo que no lo es. El punto en el que las líneas se dividen realmente depende del inventario en cuestión y en la cantidad de tiempo del personal disponible (con más tiempo, una empresa podría definir categorías A y B más extensas).

El propósito de clasificar las piezas en grupos es establecer el grado de control apropiado sobre cada uno. En forma periódica, por ejemplo, las piezas de la clase A quizás estén más controladas con pedidos semanales, las piezas B se podrían pedir cada dos semanas y las piezas C cada uno o dos meses. Observe que el costo unitario de las piezas no tiene ninguna relación con su clasificación. Una pieza A puede tener un volumen de dinero alto mediante una combinación de, bajo costo y alto uso o de costo alto y uso bajo.

De manera similar, las piezas C pueden tener un volumen de dinero bajo porque tienen una demanda o un costo bajos. En una estación de servicio para automóviles, la gasolina sería una pieza A con resurtido diario o semanal; las llantas, las baterías, el aceite y el líquido de la transmisión podrían ser piezas B y pedirse cada dos a cuatro semanas; y las piezas C consistirían en válvulas, limpiaparabrisas, tapones de radiador, mangueras, bandas de ventilador, aceite y aditivos para gasolina, cera automotriz, etc.

Estas piezas se podrían pedir cada dos o tres meses e incluso permitir que se agotaran antes de volver a pedirlos porque el castigo por las existencias agotadas no es muy serio.

En ocasiones, una pieza puede ser crítica para un sistema si su ausencia provoca una pérdida significativa. En este caso, sin importar la clasificación de la pieza, es posible mantener existencias suficientemente altas para evitar que se agote. Una forma de asegurar un control más estrecho es asignar a esta pieza una A o una B, clasificándola en una categoría aun cuando su volumen de dinero no garantice su inclusión.

2-2-2-1. Zonas o rangos en la clasificación ABC

El Análisis ABC se enfoca en clasificar los repuestos en tres grandes rangos, que se utilizan para clasificar los repuestos según su importancia, estos tres rangos de clasificación son:

Zona A:

Los más importantes. Están ahí por su costo elevado, nivel de utilización o gran aporte a las utilidades, en otras palabras son las unidades de mayor valor. Suele representar el 15% de todas las unidades, aunque su valor generalmente oscila entre el 70 y 80% del valor total del inventario. Reciben mayor atención que los inventarios físicos de otras zonas, como negociaciones para tener suministro constante, pronósticos de demanda más exactos, revisiones frecuentes, ubicaciones cercanas, mejores condiciones de almacenamiento, etc.

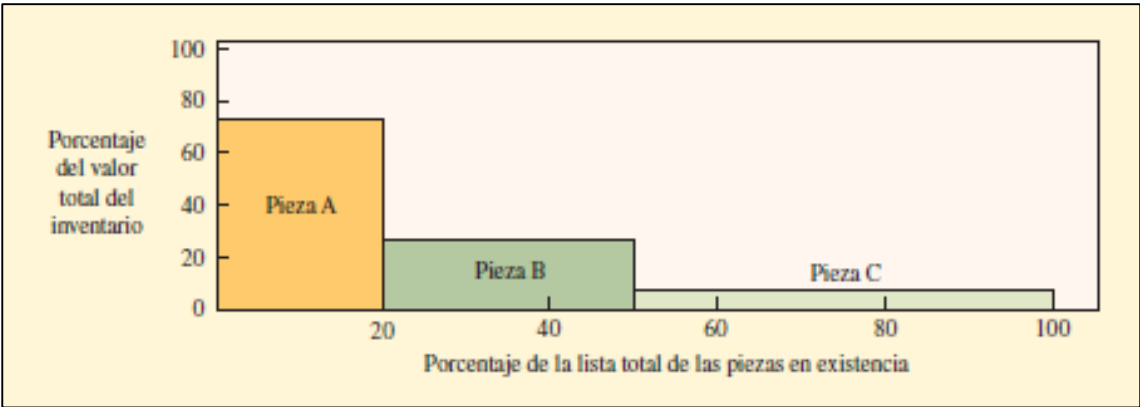
Zona B:

Con importancia secundaria. Son unidades de valor intermedio. Suelen ser entre el 20 y 30% de las unidades totales y su valor se ubica entre 15 y 25% del valor total. No tienen las mismas condiciones que el inventario de Zona A, sin embargo se controlan sus existencias y los costos en sus faltantes. Son objeto de revisión para decidir si ascienden a la zona A o descienden a la C.

Zona C:

Poco importantes. Representan la mayoría de volumen de inventario pero son las unidades de menor valor. Requieren de poca supervisión.

Ver ejemplo en la Figura 2-6.



Fuente: Administración de Operaciones.

Figura 2-6. Clasificación de Inventario ABC.

2-2-2-2. Criterios de clasificación ABC

La clasificación de los repuestos se realiza a partir de ciertos criterios, siendo más general los siguientes criterios:

- Clasificación por precio unitario.
- Clasificación por valor total.
- Clasificación por utilización y valor.
- Clasificación por aporte a utilidades.

En este caso el criterio a aplicar será el de clasificación por utilización y valor.

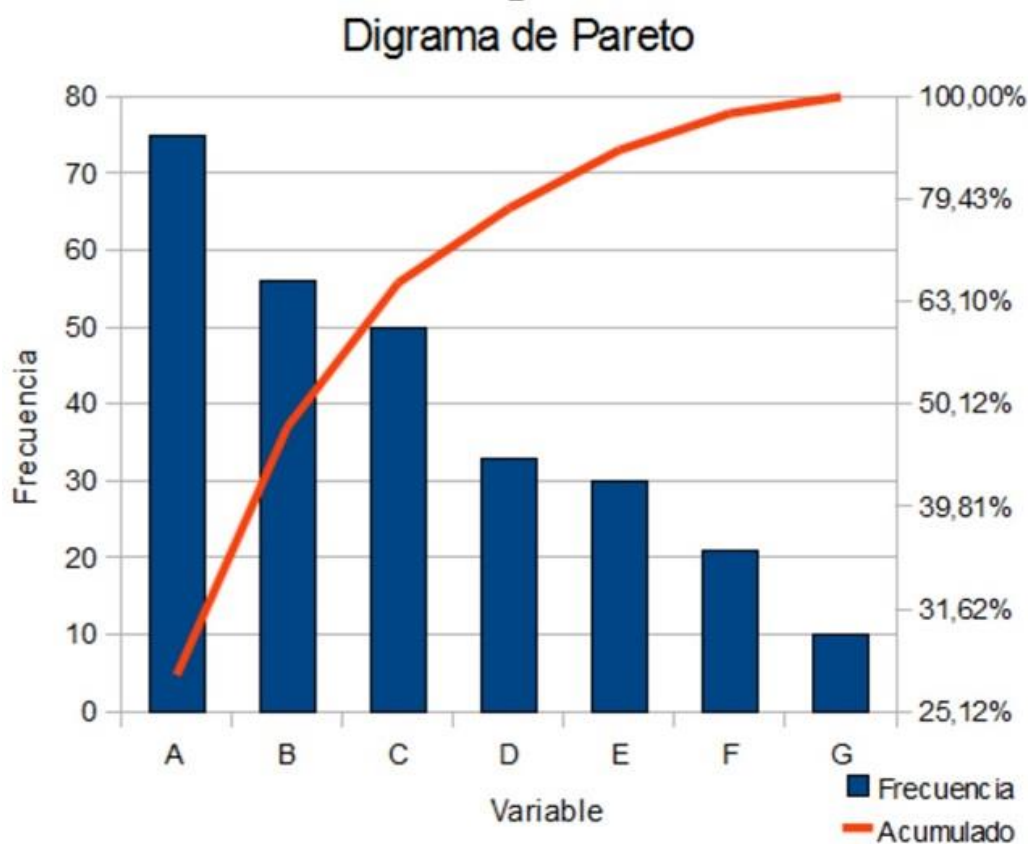
2-2-3. Análisis de Pareto

Un diagrama de Pareto es un tipo especial de gráfica de barras donde los valores graficados están organizados de mayor a menor. Utilice un diagrama de Pareto para identificar los defectos que se producen con mayor frecuencia, las causas más comunes de los defectos o las causas más frecuentes de quejas de los clientes.

El diagrama de Pareto debe su nombre a Vilfredo Pareto y su principio de la "regla 80/20". Es decir, el 20% de las personas controlan el 80% de la riqueza; o el 20% de la línea de producto puede generar el 80% de los desechos; o el 20% de los clientes puede generar el 80% de las quejas, etc. Ver diagrama 2-1

2-2-3-1. Pasos básicos para la confección de un Diagrama de Pareto desde un punto de vista sistemática, lógica y secuencial:

1. Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado.
2. Reunir datos.
3. Ordenar los datos por categoría en orden descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser colocada al final independiente de su valor.
4. Totalizar los datos de las categorías.
5. Calcular el porcentaje que cada categoría representa respecto del total.
6. Trazar los ejes horizontal y vertical. En la escala del eje vertical izquierdo considerar frecuencia.
7. De izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden descendente.
8. En el eje vertical derecho considerar el porcentaje acumulativo.
9. Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado (curva de Lorentz).
10. Analizar la gráfica para determinar los “pocos vitales”. Ahora analizaremos el problema desde el punto de vista de sus consecuencias operacionales y no operacionales.



Fuente: <http://www.ceolevel.com/tag/calidad>.

Diagrama 2-1. Ejemplo de Diagrama de Pareto.

2-2-3-2. Elementos que hay que considerar cuando se utiliza un diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es fácil de entender y utilizar; sin embargo, es importante tener en cuenta lo siguiente:

1. Datos recolectados durante un corto período de tiempo, especialmente de procesos inestables, pueden llevar a conclusiones incorrectas. Debido a que los datos podrían no ser confiables, usted podría obtener una idea incorrecta de la distribución de defectos y causas. Cuando el proceso no está en control, las causas pueden ser inestables y los pocos problemas vitales pueden cambiar de una semana a la siguiente. Los períodos de tiempo cortos podrían no ser representativos de la totalidad de su proceso.
2. Los datos recopilados durante largos períodos de tiempo pueden incluir cambios. Busque en los datos estratificación o cambios en la distribución del problema en el tiempo.
3. Elija categorías cuidadosamente. Si su análisis de Pareto inicial no produce resultados útiles, es recomendable que se asegure de que sus categorías sean significativas y de que su categoría "otro" no sea demasiado grande.
4. Elija criterios de ponderación cuidadosamente. Por ejemplo, el costo podría ser una medida más útil para asignar prioridades en comparación con el número de ocurrencias, especialmente cuando difieren los costos de varios defectos.
5. Concentrarse en los problemas con la mayor frecuencia debería reducir el número total de elementos que necesitan reparación. Concentrarse en los problemas con el mayor costo debería aumentar los beneficios financieros de la mejora.
6. La meta de un análisis de Pareto es obtener la máxima recompensa de los esfuerzos de calidad, pero eso no quiere decir que los problemas pequeños y fáciles de resolver deban ignorarse hasta que se hayan resuelto los problemas más grandes.

CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

3-1. MOLIENDA SEMIAUTOGENA

La molienda semiautógena surge como una variante de la molienda autógena para aumentar la productividad de los molinos y disminuir la inestabilidad causada por las variaciones en la cantidad y propiedades de los medios de molienda.

La molienda autógena se define como la acción de una material moliéndose así mismo, es decir materiales definámoslos como colpas o pebbles (mineral de tamaño superior a 4 pulg (10,16 cm)) golpea dentro del molino a material de menor tamaño. Los pebbles de mayor tamaño deben ser de un tamaño suficiente y encontrarse en un porcentaje suficiente de sobre tamaños para poder disminuir el mineral de menor tamaño tan rápido como se disminuyen ellas mismas en el molino. Es por ende que el mayor desgaste de metal en los molinos de este tipo corresponde al desgaste de revestimientos a diferencia de los molinos unitarios en donde a sus vez el desgaste se produce en los medios de molienda.

Una de las principales ventajas de la molienda SAG es que la etapa de chancado queda reducida a una sola etapa primaria. Los molinos de tipo SAG, utilizan una combinación de mineral en conjunto a una cantidad reducida de bolas en comparación a los molinos de tipo unitario, los cuales bordean un valor que va desde un 4 a un 16% del volumen del molino, en donde los mejores rendimientos se hallan para una variación del volumen de llenado de bolas entre un 6 a 10 %, pero principalmente estos valores se verán modificados de acuerdo al grado de dureza y calidad del material alimentado al molino, en donde se puede observar la mayor sensibilidad del molino con respecto a su capacidad de tratamiento.

Los mecanismos de reducción de mineral se producen por fenómenos de abrasión e impacto.

Cabe mencionar que los molinos de tipo SAG no son buenos para la reducción de tamaños de fino y ultrafinos.

Por otro lado existe una producción de fracción crítica de pebbles que debe ser triturada, ya que el molino no tiene la capacidad de molerla, de esta manera se evita la sobrecarga del molino y la pérdida en la capacidad de tratamiento del molino que generaría la recirculación de esta fracción crítica.

3-2. MOLINO SAG



Fuente: <http://www.revistaei.cl/>

Figura 3-1. Molino SAG Codelco División Andina.

Equipo de gran potencia y volumen, utilizado para moler rocas de mineral y reducir su tamaño. Se denomina semiautógeno porque para la molienda del mineral emplean además del mismo mineral, bolas de acero, las cuales al girar el contenido en el molino, las rocas y bolas caen y se golpean para ayudar a moler el mismo mineral.

El Molino SAG (MSAG) aporta una producción equivalente a la División de 30.830 t/d y un tratamiento efectivo por hora de 1.520 t/h.

3-2-1. Características Técnicas

Tabla 3-1. Características técnicas del MSAG

Molino SAG	
Marca	Svedala
Tipo	Semi-Autogeno
Tamaño (interior)	dia 36' x 16,75' largo
Diámetro Interior	15'
Cantidad de motores	1
Cantidad de molinos	1
Potencia de motor	16000 [HP]
Velocidad del motor del molino	Variable
Marca motor	Siemens
Tipo de motor	Anillo
torque de motor	Variable
Velocidad del molino	7,71 a 11,57 [RPM]
Velocidad Crítica	12,76 [RPM]
Volumen de trabajo del molino	18,247 [pies cubicos]
Volumen de bolas del mollino	9,289 [pies cubicos]
Reserva de aceite	1,500 [Galones]

Fuente: Elaboración propia, en base al manual del MSAG.

Tabla 3-2. Características técnicas de las bombas del MSAG

Bombas SAG	
Sistema de alta presión	
HP Pump	
Cantidad	3
Tipo	Screw
Capacidad	54 [GPM]
Presión	2500[psi]
Potencia motor	100 [HP]
RPM máxima potencia motor	1450 [RPM]

Thrust Pump (Bomba de Empuje)	
Cantidad	2
Tipo	Screw
Capacidad	18 [GPM]
Potencia motor	20 [HP]
RPM máxima potencia motor	1450 [RPM]
Pad piston pump (Bomba de Pistón)	
Cantidad	2
Tipo	Radial
Capacidad	4 puestos a 0,4 [GPM / cada uno]
Presión	10,000 [psi]
Potencia	5 [HP]
RPM máxima potencia motor	1450 [RPM]
Sistema de baja presión	
LP Pump	
Cantidad	2
Tipo	Screw
Potencia	165 [GPM]
Enfriamiento	200[psi]
Necesidad de agua	200 [GPM]

Fuente: Elaboración Propia, en base al manual del MSAG.

3-2-2. Repuestos del Molino Clasificados por Componentes

Tabla 3-3. Acoplamientos MSAG

Acoplamiento SAG		
Equipo	Nº SAP	Cantidad
Acoplamiento Flex Kopflex	1168338	1
Acoplamiento Flex Kopflex	1168494	1

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM.

Tabla 3-4. Pernos Estructurales MSAG

Pernos Estructurales		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Tornillo AC2-1/4x14" HEX	1021180	4
Tornillo AC 12-PT 2x11"	1021190	3
Perno Esparrago AC2x14"	1021191	1
Perno Esparrago AC2x14"	1021192	1
Tuerca AC 2-1/4" DIA	1021194	4
Golilla AC 2-1/4" DIA	1021196	8
Golilla AC 2" DIA	1021198	3
Washer 2"	1021293	6
Screw 2" x11-1/2"	1021287	1
Screw 2" x11-1/2"	1021290	2

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-5. Repuestos Tapa de Alimentación.

Tapa de Alimentación		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Coraza Deflect Cono Alim.	1021110	18
Perno CAB Oval 2"x21" SAG	1021155	36
Perno CAB Oval 2"x19.44" SAG	1021156	36
Perno CAB Oval 2x1" SAG	1021157	180
Golilla sello 2" DIA SAG	1021165	252
Golilla Copa 2" DIA SAG	1021164	252
Tuerca AC 2" -4.5UNC-HEX SAG	1021166	252
TEX Plug Svedala	1166514	100
Coraza intermedia	1198966	18
Coraza exterior tapa alimentación	1198967	36
Coraza interior cono alimentación	1198969	18

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-6. Repuestos Cajón Centralizado.

Cajón Centralizado		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Cono cajón centralizado	1288848	1
Modulo engomado cajon distribuidor	1284932	40

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-7. Repuestos Cilindro MSAG.

Cilindro SAG		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Lifter Cilíndro de Alimentación Bajo	1021118	36
Lifter Cilíndro de Descarga Bajo	1021120	72
Perno CAB Oval 2"x23" SAG	1021159	36
Perno CAB Oval 2"x19.44" SAG	1021156	180
Perno CAB Oval 2"x18.42" SAG	1021161	504
Perno CAB OV/PLA 2"x11" SAG	1021160	144
Golillas Sello 2" DIA SAG	1021165	920
Golilla COPA 2" DIA SAG	1021164	920
Tuerca AC 2" - 4.5UNC-HEX SAG	1021166	920
Golilla gorra teléfono 2"	1021153	144
Tex Plug Svelada	1166514	216
Coraza Cilíndro Placa única	1199100	72
Lifter Cilíndro de alimentación Alto	1199101	36
Lifter Cilíndro de Descarga Alto	1199102	36
Coraza Periferica Cilíndro SAG	1199109	72
Lifter de Alimentación Bajo	1150138	36
lifter descarga bajo	1150141	36

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-8. Repuestos Tapa de Descarga.

Tapa de Descarga		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Soporte perno corza Cil SAG	1021154	72
Golilla sello 2" Diam SAG	1021165	144
Liner Backing, Rubber SAG	1168141	1
Relleno de Goma Cilindro SAG	1021167	200
TEX Plug Svedala	1166514	72
Perno CAB Oval 2x34.44" SAG	1021162	180
Perno CAB Oval 2x35.43" SAG	1021163	36
Golilla Sello 2" DIA SAG	1021165	216
Golilla Copa 2" DIA SAG	1021164	216
Tuerca AC 2"- 4.5UNC-HEX SAG	1021166	216
Coraza Intermedia	1198966	18
Parrilla de Descarga SAG	1198968	36
Coraza interior Cono de descarga	1198969	18

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-9. Repuestos Descarga de Pulpa.

Descarga de Pulpa		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Conjunto de Descarga SAG	1021152	12
Levantador de Pulpa interior SAG	1021151	18
Levantador de Pulpa exterior SAG	1021150	18
Anillo Periférico SAG	1021142	18
Camara Descarga Pulpa SAG	1021141	18
Sección Cónica SAG	1021140	1
Trunnion Lining Assy SAG	1168142	1
Perno Esparr. 1.1/4x10"-7 UNC SAG	1021170	144
Perno AC 1-1/4"x33"-7UNC SAG	1021171	36
Tornillo AC 3/4x3"-7UNC HEX SAG	1021172	24
Perno J AC 3/4"x10UNCx8"x10"	1021173	12

Tuerca AC 1.25" HEX 7UNC N/P	1021176	180
Golilla Sello 1-1/4" SAG	1021177	180
Golilla Copa AC 1/4" SAG	1021178	180
Sello Goma 1.1/4"x2.1/4"x7"	1021179	36
Golilla AC Plana Ancha 3/4" ANSI	4001144	12
tuerca AC HEX 3/42x10UNC	4000717	12

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-10. Repuestos Sistema de Frenos.

Sistema de Frenos		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Aceite 209 L Shell	4002429	265L
Unidad Hidráulica Johnson	1168846	1
Bomba Hidráulica SAG	1168847	1
Adaptador Motor-Bomba SAG	1168848	1
Acoplamiento Magnaloy 400	1168860	1
balatas Johnson SAG	1168862	12
Actuador Freno BAAL25 SAG	1168864	6
Acumulador SAG	1168866	2
Filtro de Aceite	1168868	1
Filtro Donaldson	1168869	1

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-11. Repuestos de los Ajustes de Zapatas.

Ajuste de Zapatas		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba Radial Rexroth SAG	1168810	2
Acoplamiento Magnaloy 200	1168811	2
Valvula Hycon SAG	1168813	8

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-12. Repuestos Zapatas Axiales.

Zapatas Axiales		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba IMO SAG	1120310	2
Acoplamiento Flex. Kopflex	1168338	2
Valvula Parker SAG	1168495	2
Divisor de flujo axial	1168497	1
Divisor Flujo Comercial SAG	1168840	1
Valvula Parker SAG	1168498	2
Valvula Protección Marsh SAG	1168843	5
Detector de Temp.	1168845	8

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-13. Repuestos del Sistema de Alta Presión.

Sistema de Alta Presión		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Valvula Parker SAG	1168495	3
Divisor Flujo ROT. Commer SAG	1168497	2
Valvula Parker SAG	1168498	8
Valvula Vickers SAG	1168499	5
Valvula Bola 2" Jamesbury SAG	1168500	12
Valvula Parker SAG	1168708	2
Valvula Parker SAG	1168709	32
Valvula Solenoide 1,5" Worcester	1143981	2
Valvula de Alivio Danfoss SAG	1168496	1
Aceite 209 L Shell	4002467	5.800L
Acumulador de Presión Seg.Greer	1168801	8

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-14. Repuestos Sistema de Baja Presión.

Sistema de baja presión		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Filtro de aceite de alimentación	1168490	6
Elemento Filtro Marticorena	1150234	6
Enfriador Young SAG	1168491	2
Elemento filtro 20 Micr SAG	1149274	6
Valvula Fulflo SAG AAD09R	1168339	2

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

Tabla 3-15. Repuestos del Sistema de Lubricación de los Descansos del MSAG.

Sistema de Lubricación Descansos MSAG		
Bomba hidráulica de alta Presión N°1		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba de alta presión IMO SAG	1168492	1
Acoplamiento Flex. Kopflex	1168493	1
Bomba hidráulica de alta presión N°2		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba de alta presión IMO SAG	1168492	1
Acoplamiento Flex. Kopflex	1168493	1
Bomba hidráulica de alta Presión N°3		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba de alta presión IMO SAG	1168492	1
Acoplamiento Flex. Kopflex	1168493	1
Bomba hidráulica de baja Presión N°1		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba IMO SAG	1168336	2
Bomba IMO SAG	1150215	2
Acoplamiento Flex. Kopflex	1168337	2
Bomba hidráulica de baja Presión N°2		
Equipo	N° SAP	Cantidad
Bomba IMO SAG	1168336	2
Bomba IMO SAG	1150215	2
Acoplamiento Flex. Kopflex	1168337	2

Fuente: Elaboración propia, en base a la plataforma SAP PM

CAPITULO 4: APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS.

4-1. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA, ANÁLISIS ABC.

Como ya se mencionó con anterioridad esta metodología clasifica los materiales en tres grandes grupos, Grupo A, Grupo B y Grupo C, siendo el Grupo A la más relevante y el Grupo C el de menor relevancia.

Para realizar la aplicación se debe elegir los parámetros, con los cuales se realizará la clasificación. De los cuales primero se escogió el costo del material y segundo la cantidad de requerimientos de materiales.

4-1-1. Clasificación ABC en base a los Costos de los Materiales.

Se clasificaron los datos por su costo siendo los de mayor costo materiales críticos pues el 20% del total contempla el 87% del presupuesto previsto para el MSAG. Ver Tabla 4-1, Tabla 4-2 y Diagrama 4-1.

Tabla 4-1. Clasificación de Materiales según su costo en US\$.

Descripción del Material	Precio del Material	Grupos
BOMBA ALTA PRES.IMO 12D218	31.987,45 US\$	Grupo A
ACTUADOR FRENO BAAL25	28.695,31 US\$	Grupo A
CONJUNTO REVESTIMIENTO MUÑON	18.724,09 US\$	Grupo A
BOMBA IMO C6DB156 SAG 04-071372	12.245,31 US\$	Grupo A
BOMBA IMO A3DB350 SAG 04-098427	11.377,50 US\$	Grupo A
BOMBA IMO AG3DB312 SAG 04-091421	11.024,75 US\$	Grupo A
CONJUNTO DESCARGA SAG D05801499	9.624,30 US\$	Grupo A
ENFRIADOR YOUNG HF809AR4PCN	8.325,07 US\$	Grupo A
LEVANTADOR PULPA INTERIOR	5.671,46 US\$	Grupo A
LEVANTADOR PULPA EXTERIOR	5.411,97 US\$	Grupo A
CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	4.089,41 US\$	Grupo A
CONO CAJON PLNSE28220060	4.003,50 US\$	Grupo A
ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	3.823,51 US\$	Grupo A
ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	3.811,20 US\$	Grupo A
SECCION CONICA SAG C05801503	3.787,67 US\$	Grupo A
CORAZA DEFLECTORA D03421200 PLNTR05915	3.439,70 US\$	Grupo A
DIVISOR FLUJO ROT. COMMER SAG 04-087977	3.198,35 US\$	Grupo A

CORAZA CIL.PLACA UNICA CO245253R3	2.911,45 US\$	Grupo A
ACUMULADOR PRESION SEG.GREER 04-099021	2.763,87 US\$	Grupo A
DIVISOR FLUJO COMMERCIAL SAG 04-087976	2.662,51 US\$	Grupo B
CORAZA EXTERIOR TAPA ALIM. D03421500	1.695,25 US\$	Grupo B
PARRILLA DESCARGA SAG TR-05-919 REV12	1.572,70 US\$	Grupo B
CORAZA TAPA ALIM D03421300 PLNTR805916	1.528,99 US\$	Grupo B
BOMBA HIDRAULICA HPG3584Z SAG	1.472,97 US\$	Grupo B
BALATAS JOHNSON BFGL255 SAG	1.291,53 US\$	Grupo B
VALVULA FULFLO AAD09R SAG 04-071366	1.113,65 US\$	Grupo B
ANILLO PERIFERICO SAG D05801502	956,14 US\$	Grupo B
FILTRO ACEITE,PRES.HFP3584Z SAG04-120499	948,25 US\$	Grupo B
LINER BACKING, RUBBER SAG A04-024827	900,00 US\$	Grupo B
VALVULA VICKERS DF10P116520 SAG04-088196	878,29 US\$	Grupo B
ACOPLAMIENTO FLEX. KOPFLEX 04-070751	861,36 US\$	Grupo B
ACOPLAMIENTO FLEXIBLE KOPFLEX SERIE H	830,28 US\$	Grupo B
VALVULA PARKER R6P5YFHV SAG 04-100795	785,89 US\$	Grupo B
LIFTER ALIMENTACION BAJO CO-24-5254-REV3	637,27 US\$	Grupo B
LIFTER CIL.DESCARGA BAJO SAG CO245255R3	602,55 US\$	Grupo B
LIFTER CIL.ALIMENT.BAJO SAG CO245254R2	582,88 US\$	Grupo B
LIFTER DESCARGA BAJO	573,34 US\$	Grupo B
REVESTIMIENTO PLNTR805920	553,85 US\$	Grupo B
VALVULA CONTROL FLUJO PARKER PCM1600S	497,37 US\$	Grupo B
VALVULA ALIVIO DANFOSS FLUID	473,00 US\$	Grupo B
ADAPTER MOTOR/PUMP SAG HPA3584Z	465,07 US\$	Grupo B
ACOPLAMIENTO FLEX. KOPFLEX 04-091650	432,16 US\$	Grupo B
VALVULA SOLENOIDE 1,5" WORCESTER H446	393,24 US\$	Grupo B
ACOPLAMIENTO FLEXIBLE KOP-FLEX 04088179	382,22 US\$	Grupo B
ELEMENTO FILTRO SVEDALA 4120498	295,37 US\$	Grupo B
VALVULA BOLA 2" JAMESBURY SAG 04-088131	294,15 US\$	Grupo B
CAMARA DESCARGA PULPA SAG C02806911	240,16 US\$	Grupo B
BOMBA RADIAL REXROTH PF1R4XX	200,00 US\$	Grupo B
UNIDAD HIDRAULICA JOHNSON HU320SR	200,00 US\$	Grupo B
ACUMULADOR HAC3584Z	200,00 US\$	Grupo C
DETECTOR TEMPERATURA	189,11 US\$	Grupo C
PERNO ESPARRAGO AC2x15-8UN	187,02 US\$	Grupo C
PERNO ESPARRAGO AC2x14-8UN	176,17 US\$	Grupo C

VALVULA PARKER VCL20P5	173,52 US\$	Grupo C
VALVULA PARKER PCM600S SAG 04-091505	168,54 US\$	Grupo C
TORNILLO AC2-1/4x14"-8UN HEX SAG04099914	137,42 US\$	Grupo C
TORNILLO AC 12-PT 2x11-8UN SAG 04098094	136,87 US\$	Grupo C
MODULO ENGOMADO PLNCRM839-CRM812	130,42 US\$	Grupo C
PERNO HEX 2" X11.1/2" MOBOSAG 04098647	112,42 US\$	Grupo C
PERNO HEX 2" X12.1/2" MOBOSAG 04098647	106,72 US\$	Grupo C
VALVULA HYCON KHB3K SAG 04-088109	91,89 US\$	Grupo C
SOPORTE PERNO CORAZA CIL SAG B05025075	91,30 US\$	Grupo C
ACOPLAMIENTO MAGNALOY 400	89,03 US\$	Grupo C
VALVULA PROTECCION MARSH	80,14 US\$	Grupo C
PERNO CAB.OVAL.2"x35.43" SAG MARCA AA	64,16 US\$	Grupo C
FILTRO ACEITE ALIMENTACION P/N 04-112143	60,00 US\$	Grupo C
ACOPLAMIENTO FLEXIBLE SVEDALA 4100922	57,28 US\$	Grupo C
PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	50,92 US\$	Grupo C
ELEMENTO FILTRO MARTICORENA	47,38 US\$	Grupo C
PERNO CAB OVAL 2" x 23" SAG MARCA H	34,74 US\$	Grupo C
PERNO OVALADA 2"X1842" ACERO SAE 4340	34,28 US\$	Grupo C
TUERCA AC 2-1/4"-8UN HEX SAG A04091636	28,78 US\$	Grupo C
PERNO CAB OVAL 2"X 19.44" SAG MARCA B	25,50 US\$	Grupo C
PERNO CAB OVAL2x18" SAG MARCA C;D;E;F;G	23,80 US\$	Grupo C
PERNO PLN D-05-801498	23,37 US\$	Grupo C
PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	18,73 US\$	Grupo C
TAPON SVEDALA 5801345	17,70 US\$	Grupo C
"GOLILLA COPA AC 1/4"" SAG 040759	15,22 US\$	Grupo C
PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	13,80 US\$	Grupo C
RELLENO DE GOMA CILINDRO SAG A04113523	11,12 US\$	Grupo C
SELLO GOMA SVEDALA 2806082	10,59 US\$	Grupo C
GOLILLA AC 2-1/4" DIA. SAG 04088062	8,28 US\$	Grupo C
PERNO ESPARR.1.1/4x10""-7UNC SAG 021120	7,17 US\$	Grupo C
GOLILLA AC 2" DIAMETRO SAG 04112127	5,66 US\$	Grupo C
TUERCA AC 2"-4.5UNC-HEX SAG 04086452	5,47 US\$	Grupo C
PERNO J 3/4" X8" SVEDALA A04088589	5,43 US\$	Grupo C
WASHER 2" SAG 04-091286	4,37 US\$	Grupo C
GOLILLA COPA 2" DIAM SAG 040759	4,08 US\$	Grupo C
ACEITE TELLUS S2 MX 32 208,1L	1,46 US\$	Grupo C

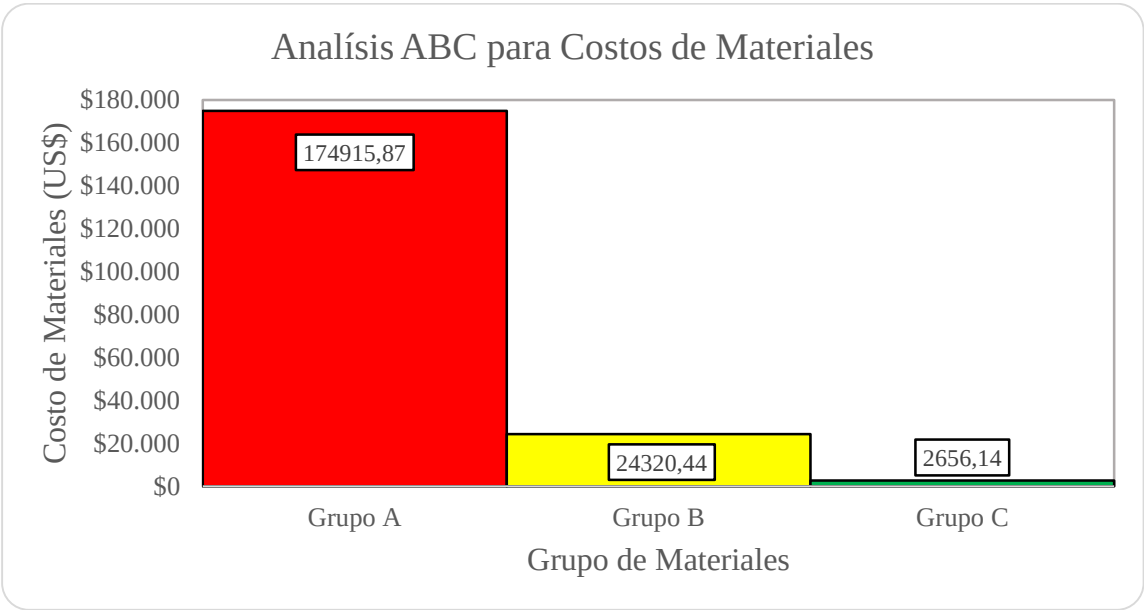
"GOLILLA SELLO 2"" DIAM SAG 04-0759	1,45 US\$	Grupo C
ACEITE OMALA S2 G 220 208,1L	1,36 US\$	Grupo C
GOLILLA SELLO 1-1/4 SAG 04075965	1,26 US\$	Grupo C
GOLILLA GORRA TELEFONO 2"	1,17 US\$	Grupo C
TORNILLO AC 3/4x3"-7UNC HEX SAG 04001064	0,48 US\$	Grupo C
TUERCA HEX 1.25" MOLINO SAG 36'X16'-9"	0,43 US\$	Grupo C
TUERCA AC HEX 3/4"X10UNC GR2	0,08 US\$	Grupo C
GOLILLA AC PLANA ANCHA 3/4" ANSI B27.2	0,04 US\$	Grupo C
ELEMENTO FILTRO 20 MICR. SAG 04-091430	0,01 US\$	Grupo C

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla de materiales por componentes del MSAG.

Tabla 4-2. Tabla resumen del análisis ABC de costos de materiales.

Grupos de materiales	% de cada grupo	Costos total de cada grupo de materiales (US\$)
Grupo A	20%	174.915,87
Grupo B	30%	24.320,44
Grupo C	50%	2.656,14

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-1. Análisis ABC para los costos de materiales.

4-1-2. Clasificación ABC en base a los requerimientos de materiales.

Se clasificaron los datos por sus requerimientos siendo críticos los de mayor consumo, pues el 20% del total contempla el 86% de la cantidad de inventario previsto para el MSAG. Ver Tabla 4-3, Tabla 4-4 y Diagrama 4-2.

Tabla 4-3. Clasificación de materiales según sus requerimientos.

Descripción del Material	Requerimiento	Grupos
ACEITE OMALA S2 G 220 208,1L	5.800 L	Grupo A
GOLILLA COPA 2" DIAM SAG 040759	1.388 UN	Grupo A
TUERCA AC 2"-4.5UNC-HEX SAG 04086452	1.388 UN	Grupo A
"GOLILLA SELLO 2"" DIAM SAG 04-0759	1.316 UN	Grupo A
PERNO OVALADA 2"X1842" ACERO SAE 4340	504 UN	Grupo A
TAPON SVEDALA 5801345	388 UN	Grupo A
ACEITE TELLUS S2 MX 32 208,1L	265 L	Grupo A
PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	216 UN	Grupo A
RELLENO DE GOMA CILINDRO SAG A04113523	200 UN	Grupo A
PERNO CAB OVAL2x18" SAG MARCA C;D;E;F;G	180 UN	Grupo A
PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	180 UN	Grupo A
TUERCA HEX 1.25" MOLINO SAG 36'X16'-9"	180 UN	Grupo A
GOLILLA SELLO 1-1/4 SAG 04075965	180 UN	Grupo A
"GOLILLA COPA AC 1'4"" SAG 040759	180 UN	Grupo A
GOLILLA GORRA TELEFONO 2"	144 UN	Grupo A
PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	144 UN	Grupo A
PERNO ESPARR.1.1/4x10""-7UNC SAG 021120	144 UN	Grupo A
LIFTER CIL.DESCARGA BAJO SAG CO245255R3	72 UN	Grupo A
SOPORTE PERNO CORAZA CIL SAG B05025075	72 UN	Grupo A
CORAZA CIL.PLACA UNICA CO245253R3	72 UN	Grupo B
REVESTIMIENTO PLNTR805920	72 UN	Grupo B
MODULO ENGOMADO PLNCRM839-CRM812	40 UN	Grupo B
LIFTER CIL.ALIMENT.BAJO SAG CO245254R2	36 UN	Grupo B
PERNO CAB OVAL 2"X 19.44" SAG MARCA B	36 UN	Grupo B
PERNO CAB OVAL 2" x 23" SAG MARCA H	36 UN	Grupo B
PERNO CAB.OVAL.2"x35.43" SAG MARCA AA	36 UN	Grupo B

PERNO PLN D-05-801498	36 UN	Grupo B
SELLO GOMA SVEDALA 2806082	36 UN	Grupo B
LIFTER ALIMENTACION BAJO CO-24-5254-REV3	36 UN	Grupo B
LIFTER DESCARGA BAJO	36 UN	Grupo B
CORAZA EXTERIOR TAPA ALIM. D03421500	36 UN	Grupo B
PARRILLA DESCARGA SAG TR-05-919 REV12	36 UN	Grupo B
ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	36 UN	Grupo B
ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	36 UN	Grupo B
VALVULA PARKER PCM600S SAG 04-091505	32 UN	Grupo B
TORNILLO AC 3/4x3"-7UNC HEX SAG 04001064	24 UN	Grupo B
CORAZA DEFLECTORA D03421200 PLNTR05915	18 UN	Grupo B
CAMARA DESCARGA PULPA SAG C02806911	18 UN	Grupo B
ANILLO PERIFERICO SAG D05801502	18 UN	Grupo B
LEVANTADOR PULPA EXTERIOR SAG D05801501	18 UN	Grupo B
LEVANTADOR PULPA INTERIOR SAG D05801500	18 UN	Grupo B
CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	18 UN	Grupo B
CORAZA TAPA ALIM D03421300 PLNTR805916	18 UN	Grupo B
CONJUNTO DESCARGA SAG D05801499	12 UN	Grupo B
PERNO J 3/4" X8" SVEDALA A04088589	12 UN	Grupo B
VALVULA BOLA 2" JAMESBURY SAG 04-088131	12 UN	Grupo B
BALATAS JOHNSON BFGL255 SAG	12 UN	Grupo B
TUERCA AC HEX 3/4"X10UNC GR2	12 UN	Grupo B
GOLILLA AC PLANA ANCHA 3/4" ANSI B27.2	12 UN	Grupo B
VALVULA PARKER VCL20P5 SAG 04-073243	10 UN	Grupo C
GOLILLA AC 2-1/4" DIA. SAG 04088062	8 UN	Grupo C
ACUMULADOR PRESION SEG.GREER 04-099021	8 UN	Grupo C
VALVULA HYCON KHB3K SAG 04-088109	8 UN	Grupo C
DETECTOR TEMPERATURA S886PE135Z6FG1101CH	8 UN	Grupo C
WASHER 2" SAG 04-091286	6 UN	Grupo C
ELEMENTO FILTRO 20 MICR. SAG 04-091430	6 UN	Grupo C
ELEMENTO FILTRO MARTICORENA	6 UN	Grupo C
FILTRO ACEITE ALIMENTACION P/N 04-112143	6 UN	Grupo C
ACTUADOR FRENO BAAL25 SAG 04-119148	6 UN	Grupo C
VALVULA PARKER R6P5YFHV SAG 04-100795	5 UN	Grupo C
VALVULA VICKERS DF10P116520 SAG04-088196	5 UN	Grupo C

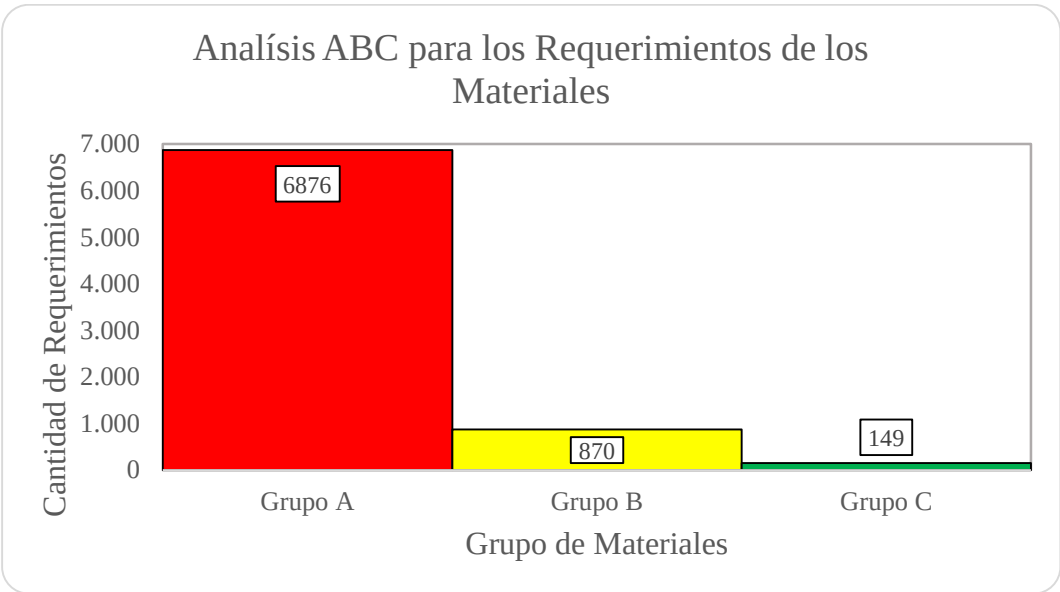
VALVULA PROTECCION MARSH SAG 04-087971	5 UN	Grupo C
TORNILLO AC2-1/4x14"-8UN HEX SAG04099914	4 UN	Grupo C
TUERCA AC 2-1/4"-8UN HEX SAG A04091636	4 UN	Grupo C
TORNILLO AC 12-PT 2x11-8UN SAG 04098094	3 UN	Grupo C
GOLILLA AC 2" DIAMETRO SAG 04112127	3 UN	Grupo C
ACOPLAMIENTO FLEXIBLE KOP-FLEX 04088179	3 UN	Grupo C
DIVISOR FLUJO ROT. COMMER SAG 04-087977	3 UN	Grupo C
PERNO HEX 2" X11.1/2" MOBOSAG 04098647	2 UN	Grupo C
BOMBA IMO C6DB156 SAG 04-071372	2 UN	Grupo C
VALVULA SOLENOIDE 1,5" WORCESTER H446	2 UN	Grupo C
BOMBA IMO AG3DB312 SAG 04-091421	2 UN	Grupo C
BOMBA IMO A3DB350 SAG 04-098427	2 UN	Grupo C
ACOPLAMIENTO FLEX. KOPFLEX 04-091650	2 UN	Grupo C
VALVULA FULFLO AAD09R SAG 04-071366	2 UN	Grupo C
ENFRIADOR YOUNG HF809AR4PCN SAG04-085730	2 UN	Grupo C
VALVULA CONTROL FLUJO PARKER PCM1600S	2 UN	Grupo C
BOMBA RADIAL REXROTH PF1R4XX SAG04088194	2 UN	Grupo C
ACOPLAMIENTO FLEXIBLE SVEDALA 4100922	2 UN	Grupo C
ACUMULADOR HAC3584Z SAG	2 UN	Grupo C
SECCION CONICA SAG C05801503	1 UN	Grupo C
PERNO ESPARRAGO AC2x14-8UN SAG A02049181	1 UN	Grupo C
PERNO ESPARRAGO AC2x15-8UN SAG A02029654	1 UN	Grupo C
PERNO HEX 2" X12.1/2" MOBOSAG 04098647	1 UN	Grupo C
LINER BACKING, RUBBER SAG A04-024827	1 UN	Grupo C
CONJUNTO REVESTIMIENTO MUÑON PLNCO245200	1 UN	Grupo C
BOMBA ALTA PRES.IMO 12D218 SAG 04-091422	1 UN	Grupo C
ACOPLAMIENTO FLEX. KOPFLEX 04-070751	1 UN	Grupo C
ACOPLAMIENTO FLEXIBLE KOPFLEX SERIE H	1 UN	Grupo C
VALVULA ALIVIO DANFOSS FLUID 1AR41P1030S	1 UN	Grupo C
DIVISOR FLUJO COMMERCIAL SAG 04-087976	1 UN	Grupo C
UNIDAD HIDRAULICA JOHNSON HU320SR	1 UN	Grupo C
BOMBA HIDRAULICA HPG3584Z SAG	1 UN	Grupo C
ADAPTER MOTOR/PUMP SAG HPA3584Z	1 UN	Grupo C
ACOPLAMIENTO MAGNALOY 400 SAG HCP3584Z	1 UN	Grupo C
FILTRO ACEITE,PRES.HFP3584Z SAG04-120499	1 UN	Grupo C
ELEMENTO FILTRO SVEDALA 4120498	1 UN	Grupo C
CONO CAJON PLNSE28220060	1 UN	Grupo C

Fuente: Elaboración propia en base a la tabla de materiales por componentes del MSAG.

Tabla 4-4. Tabla resumen del análisis ABC de costos de materiales.

Grupos	% de cada grupo	Cantidad de materiales
Grupo A	20%	6876
Grupo B	30%	870
Grupo C	50%	149

Fuente: Elaboración propia.

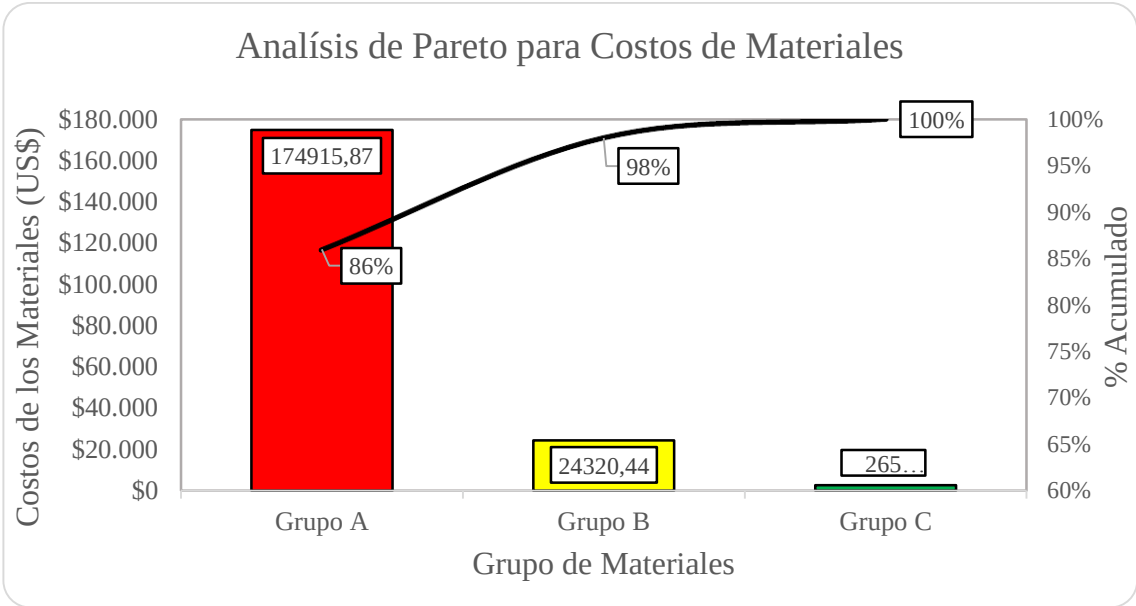


Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-2. Análisis ABC para los requerimientos de materiales.

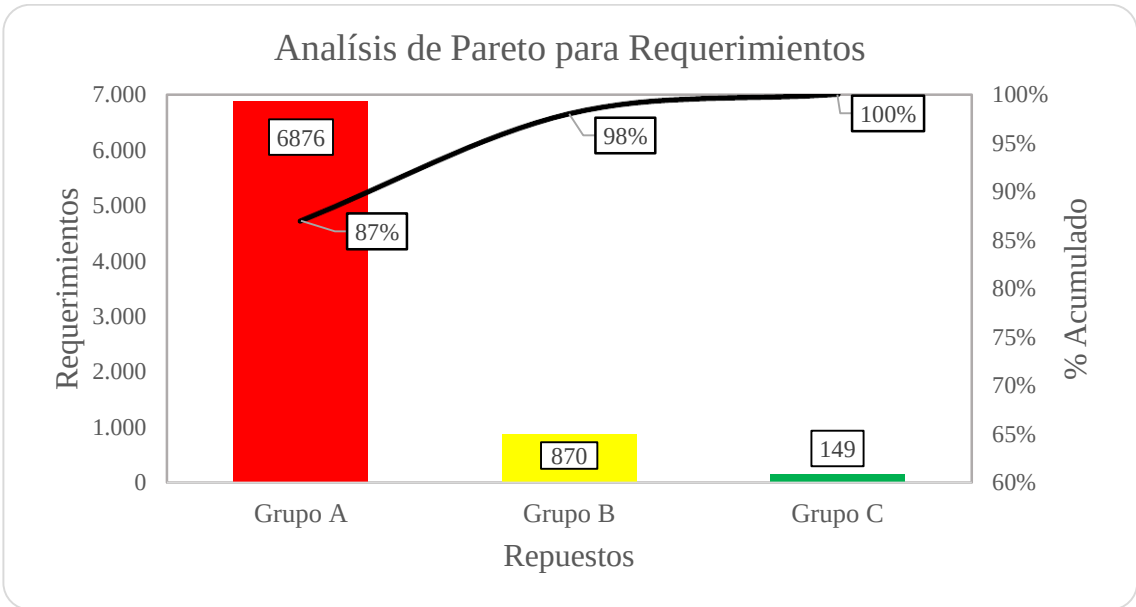
4-2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA, ANÁLISIS DE PARETO.

Desarrollando el análisis de Pareto con respecto a la análisis ABC concuerda que el Grupo A es el más relevante pues abarca el 86% del presupuesto anual y el 87% de la cantidad de materiales para el MSAG. Ver Diagramas 4-3 y 4-4.



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-3. Análisis de Pareto para los costos de materiales.



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-4. Análisis de Pareto para los requerimientos de materiales.

4-3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA OPTIMIZACIÓN COSTO-RIESGO.

De los análisis anteriores se pueden deducir los materiales críticos, los cuales serán utilizados en la Optimización Costo-Riesgo (OCR), destacando que también se tomara en cuenta el plazo de entrega de cada material, agregando los materiales que no se

consideran en los grupos de gran relevancia pero se consideran como materiales críticos por su elevado tiempo de reposición.

Por lo tanto, los repuestos a analizar se ven en la tabla 4-5.

Para ver la tabla de repuestos completa con plazos de entrega ver ANEXO 3.

Tabla 4-5. Listado de repuestos críticos.

Descripción del Material	Plazo entrega (Días)	Precio material (US\$)	Requerimiento	Valor del stock (US\$)
CORAZA DEFLECTORA	150	3.439,70	18 UN	61.914,60
LIFTER CIL. ALIMENT. BAJO	60	582,88	36 UN	20.983,68
LIFTER CIL.DESCARGA BAJO	60	602,55	72 UN	43.383,60
SECCION CONICA	112	3.787,67	1 UN	3.787,67
CAMARA DESCARGA PULPA	20	240,16	18 UN	4.322,88
ANILLO PERIFERICO	56	956,14	18 UN	17.210,52
LEVANTADOR PULPA EXTERIOR	112	5.411,97	18 UN	97.415,46
LEVANTADOR PULPA INTERIOR	75	5.671,46	18 UN	102.086,28
CONJUNTO DESCARGA	112	9.624,30	12 UN	115.491,60
BOMBA IMO C6DB156	120	12.245,31	2 UN	24.490,62
LIFTER ALIMENTACION BAJO	45	637,27	36 UN	22.941,72
LIFTER DESCARGA BAJO	50	573,34	36 UN	20.640,24
BOMBA IMO AG3DB312	77	11.024,75	2 UN	22.049,50
TAPON SVEDALA	85	17,70	388 UN	6.867,60
CONJUNTO REVESTIMIENTO MUÑON	65	18.724,09	1 UN	18.724,09
BOMBA IMO A3DB350	135	11.377,50	2 UN	22.755,00
BOMBA ALTA PRES. IMO 12D218	120	31.987,45	1 UN	31.987,45
VALVULA BOLA 2" JAMESBURY	20	294,15	12 UN	3.529,80
BALATAS JOHNSON BFGL255	20	1.291,53	12 UN	15.498,36
CORAZA INTERMEDIA	90	4.089,41	18 UN	73.609,38
CORAZA EXTERIOR TAPA ALIM.	65	1.695,25	36 UN	61.029,00
PARRILLA DESCARGA	65	1.572,70	36 UN	56.617,20
CORAZA TAPA ALIM	90	1.528,99	18 UN	27.521,82
CORAZA CIL.PLACA UNICA	60	2.911,45	72 UN	209.624,40
ALZADOR ALIMENTACION	90	3.811,20	36 UN	137.203,20
ALZADOR DESCARGA	90	3.823,51	36 UN	137.646,36
REVESTIMIENTO CILINDRO	50	553,85	72 UN	39.877,20

Fuente: Elaboración propia.

4-3-1. Costos de Inventario.

Los costos de inventarios son los costos asociados al repuesto con respecto a la cantidad requerida de repuestos, el costo del repuesto y el costo del mantenimiento evaluado en el costo de depreciación anual el cual es el 10% del valor del repuesto.

CI=N*CR*CMA

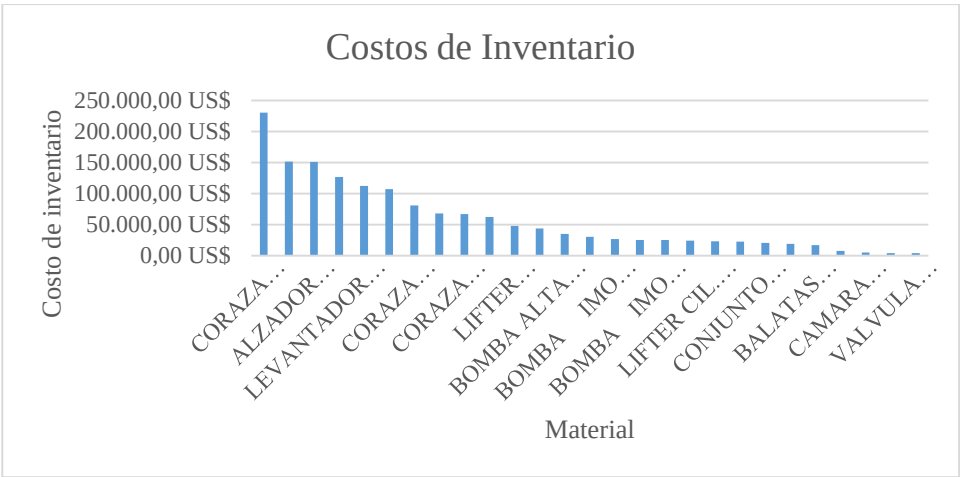
- Donde:
- CI:** Costo del Inventario.
 - N:** Número de Repuestos.
 - CR:** Costo del Repuesto.
 - CMA:** Costos de Mantenimiento y Almacenamiento del Repuesto.

Por lo tanto, se aplicará a la Coraza cilindro placa única, a modo de ejemplo:

Descripción del Material	Valor material	Requerimiento	Depreciación Anual
CORAZA CIL.PLACA UNICA	2.911,45 US\$	72 UN	10%

CI= 72 * 2.911,45 * 20.962,44 * 1,1 (110%)
CI= 230.586,84 US\$

Aplicando esto a todos los repuestos críticos, entrega el siguiente diagrama de Costos de Inventario. Ver Diagrama 4-5.



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-5. Costos de Inventarios de Repuestos Críticos.

4-3-2. Riesgos de Indisponibilidad.

El riesgo de indisponibilidad es la relación entre la probabilidad de que se manifieste una falla en el equipo y las consecuencias económicas al no contar con el repuesto en dicho evento.

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$R = PD > I * (IP + IS + IA + IR)$$

Donde:

R: Riesgo de indisponibilidad (no contar con el repuesto cuando es requerido).

PD>I: Probabilidad de que la demanda del repuesto supere el inventario en almacén.

IP: Impacto Económico en la producción (pérdidas de producción por la indisponibilidad del repuesto).

IS: Impacto Económico en Seguridad por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

IA: Impacto Económico Ambiental por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

IR: Impacto Económico de la Reparación por la falla del o de los equipos por la indisponibilidad del repuesto.

PD>I: En este caso será de un 60% pues produce grandes pérdidas económicas, pero no produce daños ambientales ni daños de seguridad al momento de presentarse una falla.

IP: El impacto económico de la producción del molino es de aproximadamente \$US 80.000 por hora.

IS: N/A, porque al detenerse el equipo por alguna falla no produce peligros por los seguros que tiene este mismo, por ejemplo corte eléctrico.

IA: N/A, porque al detenerse el equipo no produce daños ambientales.

IR: El impacto económico por la reparación del equipo se considera una cuadrilla de cuatro mantenedores. Esto produce un costo aproximado de \$US 21 la hora.

Por lo tanto el Riesgo de indisponibilidad como ejemplo para un material es:

Descripción del material	Probabilidad $0 \leq X \leq 1$	Impacto económico de la producción	Impacto económico por reparación	Tiempo de mantención
CORAZA CIL.PLACA UNICA	0,6	US\$ 2880000	US\$ 756	36 horas

$$R = 0,6 \cdot (2880000 + 756)$$
$$R = \text{US\$ } 1.728.453$$

Aplicando esto a todos los repuestos críticos, entrega el siguiente diagrama de Riesgo de indisponibilidad. Ver Diagrama 4-2.

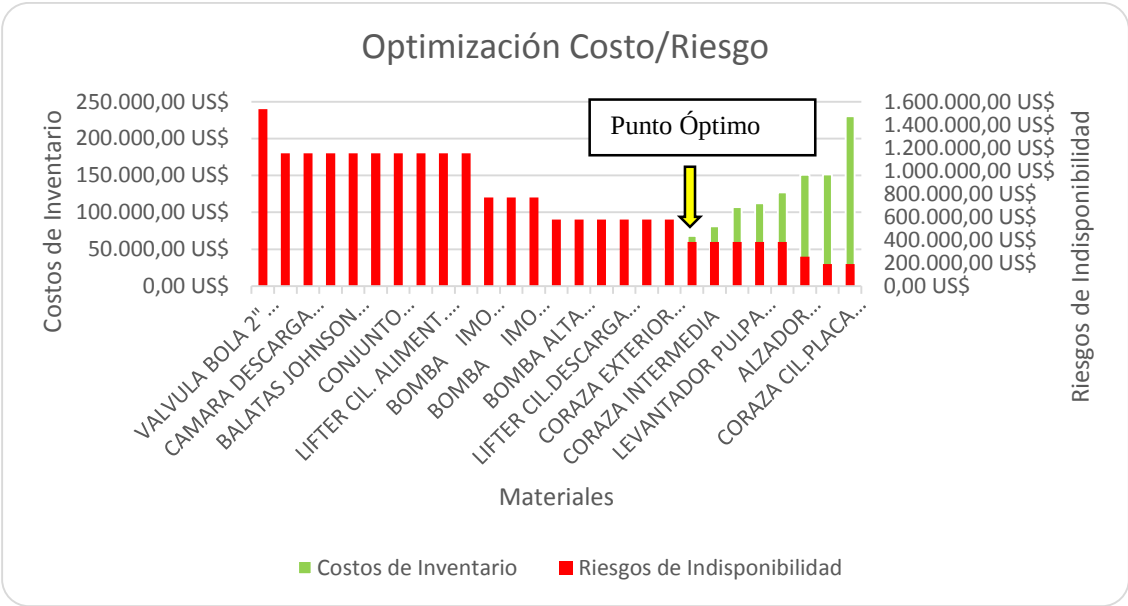


Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-6. Riesgo de indisponibilidad de Repuestos Críticos.

4-3-3. Optimización Costo/Riesgo.

Recopilando los datos de Costos de inventario y los riesgos de calidad y realizando el cruce de ambos, entrega el punto óptimo entre los Costos de inventarios y los Riesgos de indisponibilidad. Ver Diagrama 4-7.



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama 4-7. Optimización Costo/Riesgo.

Una vez obtenido el diagrama de Costos de inventarios y el diagrama de Riesgos de indisponibilidad, se suman punto a punto ambos diagramas para obtener la cueva de impacto total, que entrega el punto óptimo, dicho punto indicará la donde se genera el mínimo impacto total de inversión.

Teniendo en cuenta que los costos de inventario de los últimos 12 meses, obtenido desde la base de datos de abastecimiento entrega un valor de US\$ 632.288.-

Y aplicando la metodología se tendrán en cuenta solo los repuestos considerados críticos por su costo, consumo y tiempo de reposición (lead time). Esto brindara un valor de US\$ 470.000.-

Por lo tanto, se reducirá a un 75% respecto a su valor total. Obteniendo una reducción de un 25% del antiguo valor total.



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 4-8. Optimización de costos de inventario

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la descripción de los antecedentes de la empresa se da a conocer la historia, línea de mando, material obtenido y línea de producción de la División Andina. Se logra entender la importancia de la corporación para el país, se define el material obtenido siendo este el concentrado de cobre, se entrega información sobre el equipo a analizar en este proyecto, se determina la importancia que tiene el MSAG en la división, pues su línea de producción otorga un 60 % de la producción total.

Con la descripción de la problemática del proyecto se logra visualizar una oportunidad de mejora en el sistema de gestión de repuestos del MSAG, ya que, actualmente no está definida de buena forma, esto se traduce en problemas en la planificación de las mantenciones al equipo, por lo tanto, pérdidas de producción por paradas planificadas con falta de repuesto o paradas no planificadas por fallas del equipo debido a la mala ejecución de las mantenciones planificadas.

En relación a la oportunidad de mejora descrita recientemente, se busca desarrollar esta mejora en base a metodologías que aporten herramientas para abarcar de la mejor manera la situación ya descrita, en busca de un mejoramiento en el sistema de gestión de repuestos para el Molino SAG. Siendo estas la Metodología ABC para lograr una correcta clasificación de los repuestos del equipo en base a su costo unitario, requerimientos del equipo y tiempo de reposición (lead time).

Al definir el equipo se entiende la importancia de la molienda semi-autogena para mejorar el proceso de producción, pues esta logra reducir la granulometría del material de una mejor manera que los molinos de bolas convencionales.

También se da a conocer los repuestos y sus cantidades organizados por subsistemas, esto facilita su identificación y organiza de mejor manera el listado de repuestos del Molino SAG.

Aplicando las metodologías a la base de datos de los repuestos, se puede definir que es totalmente factible pronosticar y mantener una cantidad adecuada de repuestos, reduciendo el riesgo de indisponibilidad, para dar una correcta relación entre disponibilidad y costos de inventario considerando que estos estén acordes a los planes de mantenimiento.

Concluyente a la metodología aplicada a los repuestos, se define claramente los repuestos críticos, en base los siguientes criterios: costo, requerimiento y tiempo de reposición (lead time).

Con esta propuesta mejorará el sistema de gestión de repuesto para el molino SAG, ya que se contará con una correcta base de datos para los repuestos, que esta se encuentre actualizada y brindar un mayor control de los repuestos del equipo en busca de cumplir de la mejor manera la planificación de las mantenciones, lograr un cumplimiento en los tiempos de cada mantención, por ende, optimizar el MTBF y el MTTR.

BIBLIOGRAFÍA

CODELCO, Corporación. Mapa Divisional [en línea] <https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/artic/20151216/imag/foto_0000000220151216191610.jpg> [consulta: 18 de mayo de 2018]

CODELCO, Corporación. Historia de la Empresa [en línea] <https://www.codelco.com/la_corporacion/historia.asp> [consulta: 12 de abril de 2018]

CODELCO, Corporación Base de datos de abastecimiento [Tabla Excel] <Codelco División Andina> [Consulta: 10 de abril 2018 al 12 de julio 2018]

Elementos básicos de un Diagrama de Pareto. [En línea] <<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>> [consulta: 02 de junio 2018]

Optimización de Inventarios de Partes y Repuestos para el Mantenimiento. Custodio José de Piño Brito. Revista Digital Predictiva 21 Año 1, N° 1, Diciembre 2013. [En línea] <<http://predictiva21.com/editions/e1/index.html#p=6>> [consulta: 13 de junio de 2018]

Optimización Costo - Riesgo de Partes y Repuestos de Inventario. Yoleida Chacón/Any Balza. R2M S.A. [Documento PDF] <Reliability and Risk Management. 2012.> [consulta: 13 de junio de 2018]

ANEXOS

ANEXO 1. Variables a Considerar en el proceso de molienda del Molino SAG.

Las variables a considerar de relevancia para el proceso, son agrupadas de la siguiente manera:

- a) Variables Manipuladas.
 - Tonelaje de alimentación (t/h).
 - Velocidad crítica (rpm).
 - Porcentaje de Sólidos (%).
- b) Variables de Control.
 - Presión de Descansos (psi)
 - Pebbles Generados (t/h)
 - Ruido.
- c) Variables de Perturbación.
 - Porcentaje de Finos, -1 pulg (%) 20
 - Porcentaje de Gruesos, +4 pulg. (%)
 - Pebbles Retornados (t/h).

Los valores para los rangos operacionales de cada variable son especificados en la siguiente tabla:

Tabla de Rango operacional de variables de control MSAG.

Rango Operacional			
	Unidades	Mínimo	Máximo
Variables Manipuladas			
Tonelaje alimentado	t/h	900	1.810
Porcentaje de sólidos	%	68	72
Velocidad critica	rpm	5	10
Variables Controladas			
Presión descansos	t/h	1.180	1.200
Pebbles generados	psi	-	380
Ruido	%	-	30
Variables Controladas			
Granulometría -1 pulg.	%	-	-
Granulometría +4 pulg.	%	-	-
Pebbles generados	t/h	-	-

Fuente: Mantenedores Planta Molienda SAG

ANEXO 2. Tabla de Lead Time.

Codigo SAP	Descripción del Material	LEAD TIME
1021110	CORAZA DEFLECTORA D03421200 PLNTR05915	150
1168336	BOMBA IMO A3DB350 SAG 04-098427	135
1120310	BOMBA IMO C6DB156 SAG 04-071372	120
1168492	BOMBA ALTA PRES.IMO 12D218 SAG 04-091422	120
1021140	SECCION CONICA SAG C05801503	112
1021150	LEVANTADOR PULPA EXTERIOR SAG D05801501	112
1021152	CONJUNTO DESCARGA SAG D05801499	112
1198966	CORAZA INTERMEDIA PLNPC053461	90
1198969	CORAZA TAPA ALIM D03421300 PLNTR805916	90
1199101	ALZADOR ALIMENTACION PLNCO245254R2	90
1199102	ALZADOR DESCARGA PLNCO245255R3	90
1166514	TAPON SVEDALA 5801345	85
1150215	BOMBA IMO AG3DB312 SAG 04-091421	77
1021151	LEVANTADOR PULPA INTERIOR SAG D05801500	75
1168142	CONJUNTO REVESTIMIENTO MUÑON PLNCO245200	65
1198967	CORAZA EXTERIOR TAPA ALIM. D03421500	65
1198968	PARRILLA DESCARGA SAG TR-05-919 REV12	65
1021118	LIFTER CIL.ALIMENT.BAJO SAG CO245254R2	60
1021120	LIFTER CIL.DESCARGA BAJO SAG CO245255R3	60
1199100	CORAZA CIL.PLACA UNICA CO245253R3	60
1021142	ANILLO PERIFERICO SAG D05801502	56
1150141	LIFTER DESCARGA BAJO	50
1199109	REVESTIMIENTO PLNTR805920	50
1021154	SOPORTE PERNO CORAZA CIL SAG B05025075	45
1021167	RELLENO DE GOMA CILINDRO SAG A04113523	45
1021170	PERNO ESPARR.1.1/4x10""-7UNC SAG 021120	45
1021179	SELLO GOMA SVEDALA 2806082	45
1021180	TORNILLO AC2-1/4x14"-8UN HEX SAG04099914	45
1021190	TORNILLO AC 12-PT 2x11-8UN SAG 04098094	45
1021194	TUERCA AC 2-1/4"-8UN HEX SAG A04091636	45
1021196	GOLILLA AC 2-1/4" DIA. SAG 04088062	45
1021198	GOLILLA AC 2" DIAMETRO SAG 04112127	45
1150138	LIFTER ALIMENTACION BAJO CO-24-5254-REV3	45
1168141	LINER BACKING, RUBBER SAG A04-024827	45
1168810	BOMBA RADIAL REXROTH PF1R4XX SAG04088194	45

1021287	PERNO HEX 2" X12.1/2" MOBOSAG 04098647	40
1021290	PERNO HEX 2" X11.1/2" MOBOSAG 04098647	40
1021293	WASHER 2" SAG 04-091286	40
1150234	ELEMENTO FILTRO MARTICORENA FM452152711R	40
1168708	VALVULA CONTROL FLUJO PARKER PCM1600S	35
1021153	GOLILLA GORRA TELEFONO 2"	30
1021155	PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	30
1021156	PERNO CAB OVAL 2"X 19.44" SAG MARCA B	30
1021157	PERNO CAB OVAL2x18" SAG MARCA C;D;E;F;G	30
1021159	PERNO CAB OVAL 2" x 23" SAG MARCA H	30
1021160	PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	30
1021161	PERNO OVALADA 2"X1842" ACERO SAE 4340	30
1021162	PERNO PLN ANDINA CO-24-5233	30
1021163	PERNO CAB.OVAL.2"x35.43" SAG MARCA AA	30
1021164	GOLILLA COPA 2" DIAM SAG 040759	30
1021165	"GOLILLA SELLO 2"" DIAM SAG 04-0759	30
1021166	TUERCA AC 2"-4.5UNC-HEX SAG 04086452	30
1021171	PERNO PLN D-05-801498	30
1021177	GOLILLA SELLO 1-1/4 SAG 04075965	30
1021178	"GOLILLA COPA AC 1/4"" SAG 040759	30
1168497	DIVISOR FLUJO ROT. COMMER SAG 04-087977	30
1168840	DIVISOR FLUJO COMMERCIAL SAG 04-087976	30
1168869	ELEMENTO FILTRO SVEDALA 4120498	30
1284932	MODULO ENGOMADO PLNCRM839-CRM812	30
1021173	PERNO J 3/4" X8" SVEDALA A04088589	22
1021141	CAMARA DESCARGA PULPA SAG C02806911	20
1143981	VALVULA SOLENOIDE 1,5" WORCESTER H446	20
1149274	ELEMENTO FILTRO 20 MICR. SAG 04-091430	20
1168337	ACOPLAMIENTO FLEX. KOPFLEX 04-091650	20
1168338	ACOPLAMIENTO FLEXIBLE KOP-FLEX 04088179	20
1168339	VALVULA FULFLO AAD09R SAG 04-071366	20
1168490	FILTRO ACEITE ALIMENTACION P/N 04-112143	20
1168491	ENFRIADOR YOUNG HF809AR4PCN SAG04-085730	20
1168493	ACOPLAMIENTO FLEX. KOPFLEX 04-070751	20
1168494	ACOPLAMIENTO FLEXIBLE KOPFLEX SERIE H	20
1168495	VALVULA PARKER R6P5YFHV SAG 04-100795	20

1168496	VALVULA ALIVIO DANFOSS FLUID 1AR41P1030S	20
1168498	VALVULA PARKER VCL20P5 SAG 04-073243	20
1168499	VALVULA VICKERS DF10P116520 SAG04-088196	20
1168500	VALVULA BOLA 2" JAMESBURY SAG 04-088131	20
1168709	VALVULA PARKER PCM600S SAG 04-091505	20
1168801	ACUMULADOR PRESION SEG.GREER 04-099021	20
1168811	ACOPLAMIENTO FLEXIBLE SVEDALA 4100922	20
1168813	VALVULA HYCON KHB3K SAG 04-088109	20
1168843	VALVULA PROTECCION MARSH SAG 04-087971	20
1168845	DETECTOR TEMPERATURA S886PE135Z6FG1101CH	20
1168846	UNIDAD HIDRAULICA JOHNSON HU320SR	20
1168847	BOMBA HIDRAULICA HPG3584Z SAG	20
1168848	ADAPTER MOTOR/PUMP SAG HPA3584Z	20
1168860	ACOPLAMIENTO MAGNALOY 400 SAG HCP3584Z	20
1168862	BALATAS JOHNSON BFGL255 SAG	20
1168864	ACTUADOR FRENO BAAL25 SAG 04-119148	20
1168866	ACUMULADOR HAC3584Z SAG	20
1168868	FILTRO ACEITE,PRES.HFP3584Z SAG04-120499	20
1288848	CONO CAJON PLNSE28220060	20
1021172	TORNILLO AC 3/4x3"-7UNC HEX SAG 04001064	15
1021191	PERNO ESPARRAGO AC2x14-8UN SAG A02049181	15
1021192	PERNO ESPARRAGO AC2x15-8UN SAG A02029654	15
4000717	TUERCA AC HEX 3/4"X10UNC GR2	15
4001144	GOLILLA AC PLANA ANCHA 3/4" ANSI B27.2	15
4002467	ACEITE OMALA S2 G 220 208,1L	9
4002429	ACEITE TELLUS S2 MX 32 208,1L	7
1021176	TUERCA HEX 1.25" MOLINO SAG 36'X16'-9"	2

Anexo 3. Pauta de Inspección Molino SAG.

MOLINO SAG

Chute de Alimentación	Estado:		
Chute de Descarga	Estado:		
SITEMA DE LUBRICACION			
Equipo Molino Sag	Temp	Presión	Observaciones
Sist. De Baja Presión			
Bomba N°	°C	Psi	
Motor	°C		
Filtros	°C	Psi	
Sistema De Alta Presión			
Bomba N°	°C	Psi	
Motor	°C		
Filtros	°C	Psi	
Bomba N°	°C	Psi	
Motor	°C		
Filtros	°C	Psi	
Bomba de Piñon N°			
Bomba N°	°C	Psi	
Motor	°C		
Filtros	°C	Psi	
Bomba Axial N°			
Bomba N°	°C	Psi	
Motor	°C		
Filtros	°C	Psi	
Linea De Emergencia	Estado:		
Divisores	Estado:		
Valvulas	Estado:		
Enfriadores	Estado:		
Nivel de Aceite	Estado:		
Estanque	Estado:		
Cañerias	Estado:		

Material Tratar Pasar a 1 Pasar a 2 Detalles Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1240387 (Contabilidad, M-Repuestos)

Textos breves Unidades de medida Niveles organización

Material 1240387 ILINDRO METSO 1093070045

Centro AN01 Andina

Datos generales

Unidad medida base UN Unidades Tipo de valoración

Moneda USD Período actual 03 2017

Sector 01 Determ.precio LM act.

Valoración actual

Categoría valoración 0314

CatValStkPedCliente CatValStockPProyecto

Control de precios V Cantidad base 1

Precio variable 5.817,61 Precio estándar 0,00

Stock total 4 Valor total 23.270,42

UM valorada

Precio futuro 0,00 Válido de

Precio anterior 6.011,25 Últ.modif.precio 25.11.2015

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

Determinación valor mín.

Precio fiscal 1 0,00 Precio contable 0,00

Precio fiscal 2 0,00 Precio contable 2 0,00

Precio val.fiscal 3 0,00 Precio contable 3 0,00

Ind.de devaluación 0 Cantidad base 0

Lista Tratar Pasar a Opciones Sistema Ayuda

Lista de reservas gestión de stocks

Reserva Posición Tomar

NO reserva	Ce.co...	Orden	Nombre usuario	Solicitante	Fecha nec.	Material	Texto breve de material	I	Ctd.nec.	I	Ctd.reducidas	I	Ctd.dif.	Borrado	SaFn.	Mc
108808395		101144732	EFERN005	E.FERNANDEZ	16.03.2017	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
108535546		100973956	FLOPED13	F. Lopez	27.12.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
108284630		100806006	LUICONT	lus contreras	18.10.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	1	0	1						
107987903		100619312	EFERN005	E.FERNANDEZ	11.08.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
107948400		100588257	EFERN005	E.FERNANDEZ	28.07.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
107966902		100603528	SINOSTRO	S. INOSTROZA		24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
107848785		100515717	EFERN005	P.OHACANA	22.06.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
107702718		100422393	DPARE002	EDUARDO AVALOS	13.05.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
107584134		100335451	EFERN005	E.FERNANDEZ	13.04.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
107372713		100217309	EFERN005	E.FERNANDEZ	04.04.2016	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
107142144		100041846	INFUENTES	SEBASTIAN SANCHEZ	16.12.2015	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
107026712		99963873	INFUENTES	SEBASTIAN SANCHEZ	18.11.2015	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
106615140		99732902	EFERN005	E.FERNANDEZ	01.10.2015	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
105606505		99286176	MSILV010	mario siva	07.07.2015	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
106385916		99622108	JULCRUZ	n fuentes		24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
105738107		99320938	MMENA001	Manuel Mena	05.02.2015	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
104276803		98706670	MTRON015	Ivan Muñoz M	31.07.2014	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
103170133		98265510	MMART012	IM A-2 323526	12.07.2014	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
103312260		98337919	MTRON015	mario siva	22.05.2014	24620	PUMP METSO N02150054.	1	1	0	X	X	X			
102718095		98042961	MSILV010	mario siva	01.08.2013	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
101035432		97370465	IMUNO002	IVAN MUÑOZ	12.06.2013	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
102117567		97843888	IMUNO002	Ivan Muñoz M		24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
101811962		97711479	IMUNO002	Ivan Muñoz M	01.04.2013	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
101515320		97591735	MMART012		20.01.2013	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
100389882		97072418	IMUNO002	IVAN MUÑOZ	02.09.2012	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			
100623490		97370465	IMUNO002	IVAN MUÑOZ	31.07.2012	24620	PUMP METSO N02150054.	2	2	0	X	X	X			