

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

**ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN PLANTA CONCENTRADORA PARA LA
GESTIÓN DE REPUESTOS CRÍTICOS**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumnos:

Sr. Javier Andrés Calderón López

Profesor Guía:

Mg. Ing. Félix Pizarro Martínez



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN PLANTA CONCENTRADORA PARA LA GESTIÓN DE REPUESTOS CRÍTICOS

Nombre del candidato(a): JAVIER ANDRÉS CALDERÓN LÓPEZ

Carrera / Grado: INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Campus: USM SEDE JOSE MIGUEL CARRERA Departamento: DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Félix Pizarro Martínez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a)

del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

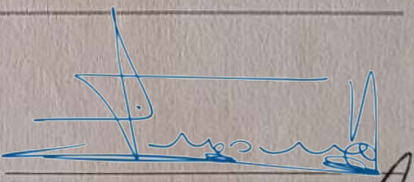
☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

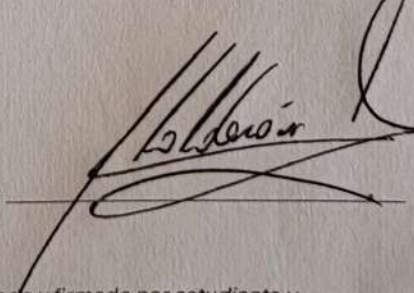
Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 06-07-2026

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 03-07-2026

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi esposa, por todo el apoyo que me brindo en todo el proceso, a pesar de gastar una gran parte del tiempo libre en los estudios durante estos años, dejando de lado muchas cosas por seguir creciendo, siempre se mantuvo a mi lado.

Dedico este trabajo a mis padres y hermana porque siempre creyeron en mí y me motivaron a seguir creciendo.

RESUMEN

Keywords: MATRIZ DE CRITICIDAD – PLANTA CONCENTRADORA – MANTENIMIENTO BASADO EN CRITICIDAD.

Este trabajo de título aborda el desarrollo e implementación de una matriz de criticidad orientada a optimizar la gestión de activos en una planta concentradora de cobre. Su objetivo principal es identificar y priorizar aquellos equipos cuya falla podría generar impactos significativos en la continuidad operacional, la seguridad, el medio ambiente y los costos asociados.

En el primer capítulo se revisan los antecedentes y el contexto operacional de la empresa donde se ejecuta el estudio. Además, se analiza el proceso productivo junto con la cadena de suministros y la gestión de repuestos críticos.

El segundo capítulo define la metodología estructurada, basada en el procedimiento interno de la compañía. Esta incluye la recopilación de datos operacionales, la realización de mesas de trabajo con expertos multidisciplinarios y la evaluación de consecuencias tanto económicas como no económicas. A partir de este análisis se construye una matriz que clasifica los activos según su nivel de criticidad, facilitando la toma de decisiones en mantenimiento, gestión de repuestos, inversiones y gestión del riesgo.

Finalmente, con los resultados obtenidos de la matriz de criticidad, se revisan los planes de acción futuros, orientados a mejorar la focalización de recursos, aumentar la eficiencia en la planificación del mantenimiento y reducir las pérdidas por fallas inesperadas. Asimismo, se cuantifican los beneficios económicos derivados de la aplicación de esta herramienta, demostrando su valor estratégico para la operación minera.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN 1

 OBJETIVO GENERAL 2

 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.....3

1. ANTECEDENTES GENERALES 4

 1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....4

 1.1.1. Operaciones de Angloamerican.....4

 1.1.2. Innovación y sostenibilidad.....7

 1.1.3. Operación el soldado, quinta región. 8

 1.2. PROCESO DE OPERACIÓN PLANTA CONCENTRADORA 9

 1.2.1. Proceso de chancado 10

 1.2.2. Proceso de molienda 10

 1.2.3. Proceso de flotación de partícula gruesa (CPF) 10

 1.2.4. Proceso de flotación tradicional 11

 1.2.5. Proceso de espesamiento 11

 1.2.6. Proceso de filtrado..... 11

 1.2.7. Proceso de relaves de aguas 12

 1.2.8. Planta de arenas..... 12

 1.3. CADENA DE SUMINISTROS 12

 1.3.1. Estándares de abastecimiento..... 12

 1.3.2. Solicitud de parámetros de repuestos 13

 1.3.3. Gestión de repuestos críticos..... 15

CAPÍTULO 2: DEFINICIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD 17

2. PROCESO DE JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS..... 18

 2.1. PROCEDIMIENTO EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE ACTIVOS..... 19

 2.2. MATRIZ DE CRITICIDAD 20

2.3.	TABLA DE CONSECUENCIA.....	21
2.3.1.	Consecuencias económicas: Gastos de capital (Capex).....	21
2.3.2.	Consecuencias económicas: Calendario de proyecto.....	22
2.3.3.	Consecuencias económicas: Costos operativos (Opex)	22
2.3.4.	Consecuencias económicas: Volúmenes de producción.....	23
2.3.5.	Consecuencias económicas: Ingresos	23
2.3.6.	Consecuencias no económicas: Seguridad.....	24
2.3.7.	Consecuencias no económicas: Salud.....	25
2.3.8.	Consecuencias no económicas: Medio ambiente [En el sitio]	26
2.3.9.	Consecuencias no económicas: Medio ambiente [Fuera del sitio]	27
2.3.10.	Consecuencias no económicas: Comunidad (Medio o percibido)	28
2.3.11.	Consecuencias no económicas: Comunidad (Confianza y soporte)	29
2.3.12.	Consecuencias no económicas: Reputación de cumplimiento.....	30
2.3.13.	Consecuencias no económicas: Reputación.....	31
2.3.14.	Probabilidad	32
2.4.	UBICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS	33
CAPÍTULO 3: PLAN DE TRABAJO DE CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN MATRIZ DE CRITICIDAD		34
3.	PLAN DE TRABAJO DE CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN MATRIZ DE CRITICIDAD.....	35
3.1.	MESAS DE TRABAJO MATRIZ DE CRITICIDAD.....	35
3.1.1.	Planificación del trabajo y ejecución del trabajo	36
3.2.	EVALUACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS.....	37
3.3.	EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE IMPACTO OPERACIONAL	38
3.3.1.	Evaluación de criterios de mantenimiento chancado y molienda	40
3.3.2.	Evaluación de criterios de mantenimiento flotación	43
3.3.3.	Costos de mantenimiento y producción	45
3.4.	RESULTADOS FINALES DE MATRIZ DE CRITICIDAD	47
3.5.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS EN GASTOS DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN.....	47

3.6. EVALUACIÓN DE SALUD, SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE Y REPUTACIÓN DE CUMPLIMIENTO	49
3.7. PROPUESTAS DE MEJORA.....	52
3.7.1. Revisión y recalibración de matriz de criticidad.....	52
3.7.2. Mejoras en tácticas de mantenimiento	52
3.7.3. Optimización de repuestos y logística	53
3.7.4. Mejoras en indicadores de mantenimiento.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN	58
ANEXOS	59
ANEXOS A: MATRIZ DE CRITICIDAD N°1 – N°20	60
ANEXO B: MATRIZ DE CRITICIDAD N°21 – N°40.....	61
ANEXO C: MATRIZ DE CRITICIDAD N°41 – N°60.....	62
ANEXOS D: MATRIZ DE CRITICIDAD N°61 – N°80	63
ANEXO E: MATRIZ DE CRITICIDAD N°81 – N°100	64
ANEXO F: MATRIZ DE CRITICIDAD N°101 – N°120	65
ANEXO G: TABLA DE CONSECUENCIAS MATRIZ ANGLOAMERICAN.....	66
ANEXO H: PROCEDIMIENTO ASSET CRITICALITY ASSESSMENT	67

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 3-1 Resumen de proceso de operación planta. 39

Diagrama 3-2 Resumen de proceso de chancado y molienda.....40

Diagrama 3-3 Resumen de proceso de flotación, espesadores y filtrado.....43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Operaciones mundiales Angloamerican 7

Figura 1-2 Mapa ubicación, mina el soldado 8

Figura 1-3 Compromiso del desarrollo sostenible de la compañía. 9

Figura 1-4 Pilares de abastecimiento 13

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Clasificación real de repuestos críticos planta.....16

Gráfico 3-1 Clasificación de equipos.....38

Gráfico 3-2 Clasificación por banda de criticidad 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Resumen de roles por departamento 13

Tabla 1-2 Clasificación de repuestos SAP por criticidad.....14

Tabla 1-3 Clasificación de repuestos SAP por parámetros de reposición.....14

Tabla 2-1 Matriz de criticidad Angloamerican.....20

Tabla 2-2 Tabla de criticidad Angloamerican 21

Tabla 2-3 Tabla de consecuencias económicas: Gastos de capital CAPEX.....21

Tabla 2-4 Consecuencias económicas: Calendario de proyecto 22

Tabla 2-5 Consecuencias económicas: Costos operativos OPEX.....22

Tabla 2-6 Consecuencias económicas: Volúmenes de producción 23

Tabla 2-7 Consecuencias económicas: Ingresos 23

Tabla 2-8 Consecuencias no económicas: Seguridad.....	24
Tabla 2-9 Consecuencias no económicas: Salud.....	25
Tabla 2-10 consecuencias no económicas: Medio ambiente en el sitio	26
Tabla 2-11 Consecuencias no económicas medio ambiente, fuera del sitio	27
Tabla 2-12 consecuencias no económicas: Comunidad, medio o percibido	28
Tabla 2-13 Consecuencias no económicas: Comunidad confianza y soporte	29
Tabla 2-14 Consecuencias no económicas: Reputación de cumplimiento.....	30
Tabla 2-15 Consecuencias no económicas: Reputación.....	31
Tabla 2-16 Probabilidad	32
Tabla 2-17 Criticidad Angloamerican.	33
Tabla 3-1 Planificación de reuniones	36
Tabla 3-2 Análisis operacional chancado.....	41
Tabla 3-3 Análisis operacional molienda	42
Tabla 3-4 Análisis operacional flotación, espesadores y filtrado	44
Tabla 3-5 Presupuesto de mantención planta 2025	45
Tabla 3-6 Datos operacionales	46
Tabla 3-7 Consecuencias económicas: volúmenes de producción con valores reales	46
Tabla 3-8 Resultados de clasificación consecuencias de seguridad.....	50
Tabla 3-9 Resultados de clasificación consecuencias de salud	51
Tabla 3-10 Resultados de clasificación consecuencias de medioambiente.....	51
Tabla 3-11 Resultados de clasificación consecuencias de cumplimiento y conformidad	51

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

C1	:	Costo directo de producción.
CAPEX	:	Capital Expenditures o Gastos de capital
CPF	:	Coarse Particles Flotation o Flotación de partículas gruesas.
CU	:	Cobre fino.
IMG	:	Índice de mantenibilidad general.
IMN	:	Índice de mantenibilidad por nivel de mantención.
KPI	:	Key Performance Indicator o Indicadores claves de desempeño.
LCCA	:	Life Cycle Cost Analysis o Análisis de costos ciclo de vida.
MTBF	:	Mean time between fails o tiempo medio de falla.
MTTR	:	Mean time to repair o tiempo medio de reparación.
OEL	:	Occupational Exposure Limit o Limite de exposición ocupacional
OPEX	:	Operational Expenditure o Gastos de operación
SAG	:	Semi Autogenous Grinding o molienda Semi Autógena.
SHE	:	Salud, seguridad y medioambiente.
TON	:	Toneladas.
TPD	:	Toneladas procesadas por día.
TPH	:	Toneladas procesadas por hora.
SOLPED	:	Solicitud de pedido.
ERP SAP	:	Programa de planificación y gestión de recursos.
MPS	:	Mantle Positioning System o Sistema de ajuste del poste.

SIMBOLOGÍAS

USD	:	Dólar estadounidense.
-----	---	-----------------------

INTRODUCCIÓN

El trabajo de título se realizará en Angloamerican El Soldado, la cual, es una operación de mediana minería ubicada en la región de Valparaíso, que produce aproximadamente 40.000 Toneladas de cobre al año.

Una de las problemáticas en la gestión del mantenimiento es la poca y nula relación entre el departamento de mantenimiento y el departamento de suministros, lo que conlleva a un mal control de los repuestos críticos que puedan generar una detención de la operación al ocurrir alguna falla y no disponer de ellos, esto se ve reflejado en los indicadores de alto costo en repuestos sin movimientos alojados en la bodega central de la compañía que no son utilizados.

Para abordar este problema es de vital importancia realizar un análisis de criticidad a todos los equipos de la planta, para priorizar qué equipos necesitan mayor atención para asegurar la correcta selección de repuestos que necesitamos tener en stock disponible, de esta forma podemos asegurar la continuidad operativa y la seguridad de las operaciones.

La gestión de repuestos críticos en la minería es un aspecto fundamental para garantizar la continuidad operativa y la eficiencia en las operaciones mineras. En un sector donde el tiempo de inactividad puede traducirse en pérdidas económicas significativas, la correcta administración de estos insumos se convierte en un imperativo estratégico. Esta gestión implica no solo la identificación y clasificación de los repuestos esenciales, sino también el desarrollo de estrategias efectivas para su adquisición, almacenamiento y distribución. A través de la implementación de tecnologías avanzadas y prácticas de mantenimiento proactivas, las empresas mineras pueden minimizar riesgos y optimizar sus procesos productivos.

La metodología propuesta para resolver esta problemática consiste en implementar una matriz de criticidad definida por la compañía, orientada a mejorar la gestión de los equipos críticos. Esta herramienta permitirá tomar decisiones más acertadas frente a fallas inesperadas en los equipos que realmente impactan la operación. Además, contribuirá directamente a mejorar la seguridad laboral y a reducir el impacto ambiental, en línea con las crecientes exigencias de sostenibilidad en la industria. En este contexto, la gestión de repuestos críticos se presenta como un pilar esencial para el éxito y la resiliencia de las operaciones mineras.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una matriz de criticidad para los equipos de la planta concentradora de la operación El Soldado, analizando los equipos desde el chancado, molienda, flotación y proceso de filtrado con la finalidad de optimizar la gestión y control de los repuestos críticos necesarios ante fallas inesperadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de información de todos los equipos de la planta concentradora, obteniendo los datos directamente desde el software ERP y otras fuentes relevantes, para conformar una base de datos completa de los equipos.
- Clasificar los equipos de la planta, estableciendo mesas de trabajos y reuniones con los responsables de las distintas áreas de trabajo para evaluar los equipos en la línea crítica de la operación.
- Analizar los equipos clasificados como críticos para determinar su impacto en el negocio en caso de inoperatividad, empleando una metodología adecuada para la evaluación de riesgos y establecer propuestas de mejora con los resultados.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

En este capítulo se dará describirá la empresa donde será realizado este trabajo, mencionando sus distintas operaciones en otros países y en Chile, además, se describirá en rasgos generales el proceso de una planta minera, desde que el material llega al chancador hasta que se vuelve cobre fino en el Filtro, finalmente se explicará a grandes rasgos el proceso de ingeniería de materiales y catalogación de repuestos en la operación.

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Anglo American es una de las principales empresas mineras a nivel mundial, con sede en Londres, Reino Unido. Fundada en 1917 en Sudáfrica, la compañía tiene más de un siglo de experiencia en la extracción y producción de una variedad de minerales y metales. Opera en varios continentes, con una fuerte presencia en África, América del Sur, Australia y América del Norte. Anglo American se especializa en la minería de una amplia gama de recursos, incluyendo diamantes, cobre, platino, carbón, níquel, mineral de hierro, y productos de acero.

1.1.1. Operaciones de Angloamerican

Anglo American tiene operaciones mineras en diversos continentes y es un jugador clave en la extracción de varios minerales y metales.

1.1.1.1. América del Sur

Anglo American tiene una fuerte presencia en Chile, uno de los principales productores de cobre del mundo. Sus principales operaciones en el país incluyen:

- Los Bronces, Chile: Los Bronces es una mina de cobre y molibdeno que se explota a rajo abierto. El mineral que se extrae es molido y transportado por un mineroducto de 56 kilómetros a la planta de flotación Las Tórtolas, en la que se produce cobre y molibdeno contenido en concentrados. Además, en la mina se produce cobre en cátodos.
- Collahuasi, Chile: Collahuasi cuenta con tres yacimientos de cobre y molibdeno que se explotan a rajo abierto, instalaciones para la producción de

cobre en concentrados, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno, y un terminal marítimo desde donde se exportan los productos a los diferentes mercados internacionales. En 2021 produjo 277.200 toneladas de cobre fino, entre cátodos y cobre contenido en concentrado.

- El Soldado, Chile: Comprende una mina a rajo abierto, plantas de chancado e instalaciones para el tratamiento de minerales oxidados y sulfurados. En 2021 produjo 42.300 toneladas de cobre fino en forma de concentrado.
- Chagres, Chile: Es una fundición de cobre, su proceso productivo (fusión de concentrados de cobre) se realiza mediante el moderno horno flash, una tecnología que destaca por sus bajas emisiones y que hace de esta fundición la líder en materia medio ambiental en Chile.
- Quellaveco, Perú Un proyecto importante de extracción de cobre, uno de los más grandes del mundo. Se espera que tenga una vida útil de varias décadas, contribuyendo de manera significativa al suministro de cobre global.

1.1.1.2. Sudáfrica

Anglo American tiene una larga historia en Sudáfrica, donde se fundó la compañía. Las operaciones incluyen minería de platino, diamantes, mineral de hierro y carbón.

- Amplats (Anglo American Platinum): Es el mayor productor de platino a nivel mundial, con varias minas en Sudáfrica.
- Kumba Iron Ore: Es uno de los principales productores de mineral de hierro en el país, con operaciones en Sishen y Kolomela.
- De Beers: Anglo American posee una participación mayoritaria en De Beers, líder mundial en la producción de diamantes.
- Debswana (en Botsuana): Es una empresa conjunta entre De Beers y el gobierno de Botsuana, que produce una significativa proporción de los diamantes del mundo.
- Namdeb (en Namibia): Una empresa conjunta entre De Beers y el gobierno de Namibia, también dedicada a la producción de diamantes.

1.1.1.3. Australia

Anglo American ha tenido una presencia significativa en Australia, especialmente en el sector del carbón metalúrgico, pero actualmente está en un proceso de desinversión estratégica en esa región.

Carbón metalúrgico: En Australia, Anglo American tiene importantes operaciones en la extracción de carbón metalúrgico, usado principalmente en la fabricación de acero. Las minas están ubicadas en la región de Queensland, e incluyen operaciones como Moranbah North, Grosvenor y Capcoal.

1.1.1.4. América del Norte

Operaciones en América del norte

- Chidliak, Canadá (en Nunavut): Un proyecto de diamantes. Aunque se trata de una operación en fase temprana, tiene el potencial de ser un activo valioso en el futuro.
- Pebble Project, Estados Unidos (Alaska): Un controvertido proyecto de cobre y oro que ha enfrentado problemas regulatorios y ambientales. A pesar de los desafíos, sigue siendo una posible fuente de expansión en los próximos años.

1.1.1.5. Europa

Operaciones en Europa

- Reino Unido: Aunque su sede está en Londres, las operaciones mineras directas de Anglo American en el Reino Unido son limitadas. Sin embargo, la empresa tiene presencia significativa a través de su sede corporativa y proyectos de investigación e innovación tecnológica.

1.1.1.6. Asia

Operaciones en Asia

- Anglo American tiene una menor presencia operativa directa en Asia, pero vende una parte significativa de su producción de mineral de hierro, carbón y otros minerales a mercados clave como China, Japón y Corea del Sur, donde la demanda industrial y de infraestructura sigue siendo alta.

1.1.1.7. Brasil

Operaciones en Brasil

- Minas-Rio: Es uno de los principales proyectos de mineral de hierro de Anglo American. La operación incluye una mina de mineral de hierro en el estado de

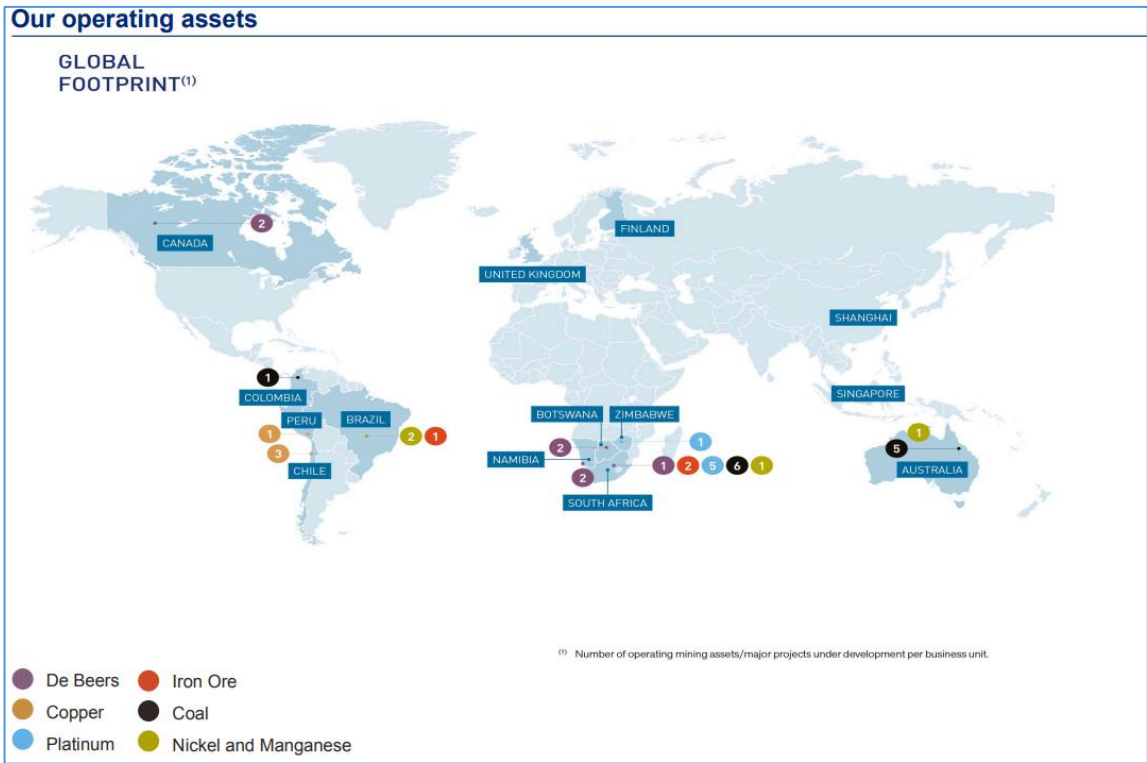
Minas Gerais y un extenso sistema de transporte para enviar el mineral al puerto de Açú.

De Beers (Diamantes): Además de sus operaciones en África (Sudáfrica, Botsuana y Namibia), De Beers también tiene operaciones de diamantes en Canadá. Estas minas son parte importante del suministro mundial de diamantes y están operadas bajo los más altos estándares ambientales y de sostenibilidad.

1.1.2. Innovación y sostenibilidad

En cada una de estas regiones, Anglo American está impulsando la innovación tecnológica a través de su programa FutureSmart Mining, que busca mejorar la eficiencia operativa y minimizar el impacto ambiental de sus actividades. Asimismo, está comprometida con la reducción de su huella de carbono y la preservación de los recursos hídricos.

En resumen, Anglo American tiene un portafolio global diverso, con operaciones clave en África, América del Sur, Australia y Norteamérica, cubriendo una variedad de metales y minerales esenciales para la economía mundial.



Fuente: <https://chile.angloamerican.com/innovacion>

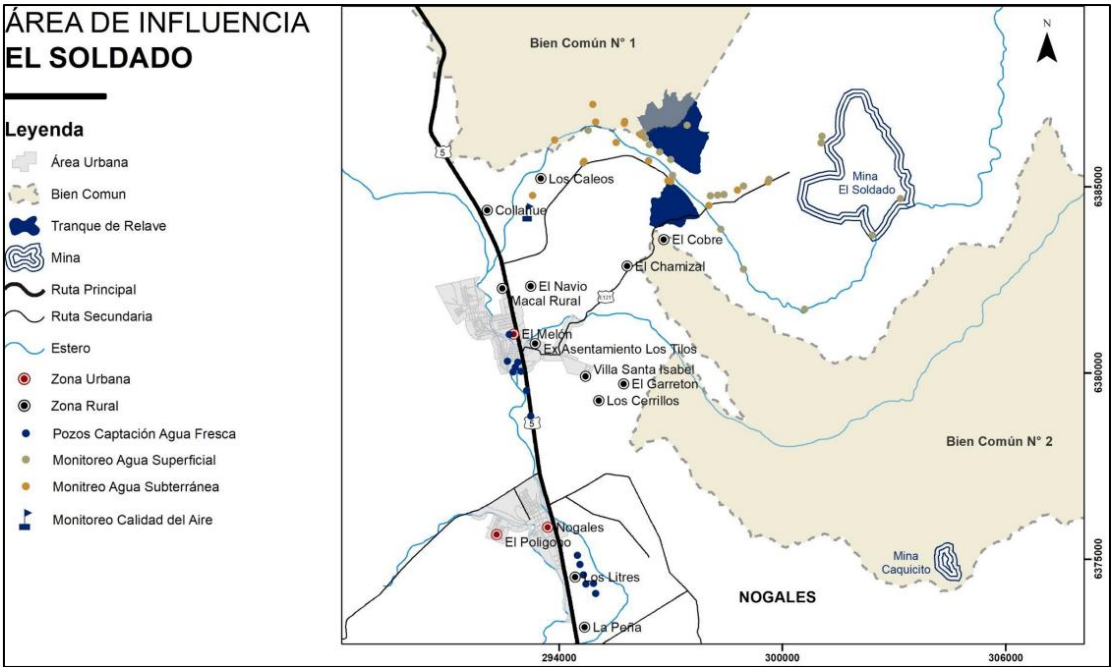
Figura 1-1 Operaciones mundiales Angloamerican

1.1.3. Operación el soldado, quinta región.

El Soldado es una mina de cobre ubicada en la Cordillera de El Melón, comuna de Nogales, Región de Valparaíso, a 125 kilómetros al norte de Santiago; en un área donde coexisten actividades productivas como la minería, la agroindustria, la pequeña agricultura familiar campesina y el turismo.

Desde 2002, El Soldado comenzó a ser operado por Anglo American. Actualmente, el yacimiento es explotado a rajo abierto, a una altura promedio de 1.000 metros sobre el nivel del mar. El rajo de El Soldado es de tipo ladera, muy diferente a los que comúnmente conocemos con forma de anfiteatro.

En 2021, El Soldado produjo 42.300 toneladas de cobre fino en forma de concentrado; con una dotación aproximada de 1.080 personas, entre trabajadores y colaboradores.



Fuente: <https://chile.angloamerican.com/innovacion>

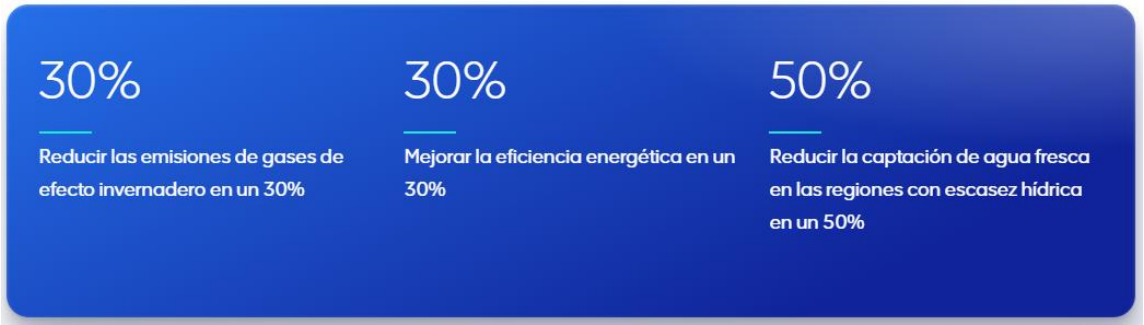
Figura 1-2 Mapa ubicación, mina el soldado

Anglo American se ha propuesto re - imaginar la minería para mejorar la vida de las personas. Para ello, debe abordar exitosamente los desafíos en materia de seguridad, productividad y contribución al desarrollo de las comunidades vecinas, junto con reducir la huella ambiental que la sociedad actual exige a la industria minera, incluyendo un uso óptimo del agua y la energía.

El enfoque FutureSmart Mining se hace cargo de estos desafíos a través de la innovación, conjugando la tecnología y digitalización con el desarrollo sostenible, para avanzar hacia una industria más segura, eficiente, sostenible y en armonía con las necesidades de las comunidades.

El plan minero sustentable, lanzado en 2018 a partir de FutureSmart Mining, es la orientación que guía las decisiones de la compañía en el día a día y se basa en el desarrollo de tres pilares: confianza como líder corporativo, construir comunidades prósperas y aportar a un medio ambiente saludable.

Cada uno de estos tres pilares globales sostenible cuenta con objetivos estratégicos específicos para cada operación a cumplir a 2030. Los componentes de la estrategia se refuerzan entre sí para transformar la gestión y percepción de forma positiva sobre la base de los ámbitos críticos de la industria y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.



Fuente: <https://chile.angloamerican.com>

Figura 1-3 Compromiso del desarrollo sostenible de la compañía.

1.2. PROCESO DE OPERACIÓN PLANTA CONCENTRADORA

Para obtener el producto final, una planta concentradora pasa por una serie de procesos estos son: conminución, flotación, espesamiento y filtrado. Y en cada uno se usan una serie de máquinas distintas.

- Chancado – Permite la reducción del tamaño del material obtenido en la mina. En este proceso se usan máquinas como chancadoras, fajas, tolvas y zarandas.
- Molienda – Como su nombre indica, en este proceso se hacen uso de molinos de bola, hidrociclones y bombas, donde lo obtenido en el proceso de chancado es molido hasta obtener partículas del tamaño de micrones.

- Flotación – Aquí es enviado el material de molienda y a aquel se le agregan reactivos que permitan la separación de los minerales.
- Filtrado – Como la pulpa obtenida en el proceso anterior aún tiene agua, esta debe pasar por un proceso de filtrado para retirar el excedente líquido.
- Espesamiento y relaves.

1.2.1. Proceso de chancado

El proceso de chancado es una etapa inicial en el procesamiento de minerales, cuyo objetivo es reducir el tamaño de las rocas o del mineral extraído de la mina para hacer que el material sea manejable y adecuado para las etapas posteriores del proceso metalúrgico, como la molienda y la flotación.

- Chancador primario, recibe la carga directamente de los camiones de la mina, alimentando las líneas principales, el Stock pile de Molienda SAG y Molienda convencional.
- Chancado secundario, se subdivide en dos procesos que cuentan con alimentadores, correas transportadoras, harneros vibratorios de clasificación, chancadores secundarios y chancadores terciarios, para la reducción del material y traspaso a la molienda convencional.

1.2.2. Proceso de molienda

La molienda es un proceso mecánico que consiste en la reducción de tamaño de partículas más pequeñas a través del uso de equipos específicos, como molinos de bolas, molinos de barras o molinos autógenos. Este proceso se lleva a cabo mediante la aplicación de fuerza de impacto, abrasión y compresión sobre el mineral, lo que permite liberar los minerales valiosos de la matriz rocosa que los rodea.

La planta cuenta con un Molino SAG y un sistema de correas transportadoras y harneros de clasificación para moler el material.

Molienda convencional, se subdivide en cuatro procesos de molienda que trabajan en paralelo y cuentan cada uno con molinos primarios, secundarios y correas transportadoras.

1.2.3. Proceso de flotación de partícula gruesa (CPF)

La planta CPF (Coarse Particle Flotation) o planta de flotación de partículas gruesas es una nueva tecnología que se ha implementado AngloAmerican junto con la empresa de proyectos Eriez en el proceso de extracción de Sulfuros de cobre de la mina

El Soldado. Este proyecto tiene como fin el aumento en la granulometría admisible de la molienda con 3 principales beneficios como el ahorro de más de un 30% en el consumo de agua en contraste de una celda de flotación convencional, un ahorro energético en proceso de trituración de la molienda y mantiene el porcentaje de recuperación.

1.2.4. Proceso de flotación tradicional

En la flotación, las partículas minerales se introducen en una mezcla de agua, reactivos químicos y aire en una celda de flotación. Los reactivos modifican la superficie de las partículas para que algunas se vuelvan hidrofóbicas (repelen el agua) y otras hidrofílicas (atraen el agua). Las burbujas de aire, generadas por la agitación de la mezcla o inyectadas, se adhieren selectivamente a las partículas hidrofóbicas y las llevan a la superficie del agua, formando una espuma. Esta espuma rica en minerales valiosos se recoge, mientras que las partículas que no se adhieren a las burbujas se hunden y se eliminan como residuo (relave).

Este proceso consta de un circuito de recirculación de pulpa, iniciando en la flotación pre-rougher Celdas W3000, posteriormente entrando al proceso de flotación Rougher, Celdas W1500 y finalizando en las celdas columnares.

1.2.5. Proceso de espesamiento

La separación se realiza por efecto gravitacional, aprovechando las diferencias en densidad entre las partículas sólidas y el líquido. Los sólidos sedimentan y se retiran por el "underflow", mientras que el líquido sobrepasa por el "overflow".

Esta operación es crucial para recuperar agua y concentrar los sedimentos, lo que ayuda a reducir el volumen de relaves y mejorar la eficiencia del proceso.

1.2.6. Proceso de filtrado

Es el proceso donde se le extrae entre un 90% a 95% de agua mediante un sistema de filtrado por compresión entre placas.

El material es bombeado hasta los compartimientos que se forman entre las placas para luego ser prensado con cilindros hidráulicos, eliminando de esta forma gran parte del agua que se encuentra en el concentrado de cobre. Luego de ser secado con aire a presión es depositado en correas de transporte para ser almacenado en los stockpile a la espera de ser enviado a la fundición mediante caminos de transporte.

1.2.7. Proceso de relaves de aguas

Este proceso considera todos los flujos de los que se ha extraído el cobre y los recircula a la planta, con el objetivo de recuperar cierta cantidad de agua del proceso para conservar recursos y minimizar el impacto al medio ambiente.

Finalmente, el agua procesada se bombea de nuevo a las etapas iniciales del proceso de concentración, como la molienda y la flotación, reduciendo la necesidad de agua fresca.

1.2.8. Planta de arenas

Proceso que recibe todo el relave generado por la flotación de partículas, con la finalidad de extraer el último porcentaje de cobre en las arenas. Este proceso cuenta con un molino, celdas de flotación y una batería de hidrociclones primaria y secundaria.

1.3. CADENA DE SUMINISTROS

La cadena de suministros es el conjunto de procesos, actividades y organizaciones necesarias para llevar un producto o servicio desde su estado inicial, hasta el consumidor final. Implica la planificación, ejecución y control de todas las etapas involucradas.

1.3.1. Estándares de abastecimiento

El abastecimiento responsable es un componente clave para cumplir con el compromiso de Anglo American con la sustentabilidad. Este enfoque prioriza la toma de decisiones éticas al comprar bienes y servicios. Anglo American y sus proveedores tienen la obligación, frente a una amplia variedad de partes interesadas, incluidos los empleados, las comunidades, los clientes, socios comerciales y accionistas, de garantizar prácticas comerciales justas y transparentes. En un mundo interdependiente, es necesario considerar el alcance de las decisiones diarias, especialmente cuando pueden mitigar el riesgo de daño a las personas, la sociedad y el medio ambiente. Este estándar de Abastecimiento Responsable para proveedores ('Estándar') detalla las expectativas y brinda orientación a los proveedores actuales y futuros. Consiste en '5 pilares':"

PROTEGER LA SEGURIDAD Y LA SALUD	01
PROTEGER NUESTRO MEDIO AMBIENTE	02
RESPECTO LABORAL Y DERECHOS HUMANOS	03
AUMENTAR LA RESPONSABILIDAD SOCIAL	04
REALIZAR NEGOCIOS DE MANERA JUSTA Y CON INTEGRIDAD	05

Fuente: <https://chile.angloamerican.com>

Figura 1-4 Pilares de abastecimiento

1.3.2. Solicitud de parámetros de repuestos

La comunicación entre el departamento de mantenimiento y el departamento de abastecimiento es sumamente importante a la hora de solicitar repuestos.

El diagrama de entrega de repuestos se explica de la siguiente manera:

Tabla 1-1 Resumen de roles por departamento

Departamento de Mantención	Departamento de Abastecimiento	Departamento de Bodega /Almacenaje
• Solicitud de repuestos mediante Ordenes de trabajo • Solicitudes con plazos de fecha requerida.	• Compra de repuestos directos • Compras de repuestos codificados. • Clasificación de repuestos.	• Recepción de repuestos comprados. • Almacenaje segun norma. • Entrega de repuestos segun solicitud.

Fuente: <https://chile.angloamerican.com>

Según el modelo de operación Angloamerican, el en el área de mantenimiento el planificador tiene la función de planificar la orden de trabajo asignando recursos, después el gestor de recursos tiene que revisar, solicitar y validar que los repuestos asignados a la orden de trabajo lleguen antes de la fecha requerida de la orden, y si cumple con estos requisitos puede liberar la orden para que entre en la programación.

La bodega central, tiene el objetivo de recibir, almacenar y entregar todos los repuestos solicitados mediante las ordenes de trabajo según el programa de mantención.

El departamento de abastecimiento tiene la función de gestionar todas las compras asociadas a las solicitudes aprobadas por SAP y transformarlas a órdenes de compra.

Todos los repuestos catalogados en SAP tienen la siguiente clasificación:

Tabla 1-2 Clasificación de repuestos SAP por criticidad

Clasificación	Descripción	Responsable
C1	Alto grado de criticidad, con parámetros de reposición, de no estar el repuesto puede generar un alto impacto a la operación o seguridad.	Ingeniero de Confiabilidad
C2	Medio grado de criticidad, con parámetros de reposición, de no estar el repuesto puede generar un medio impacto a la operación o seguridad.	Ingeniero de materiales
C3	Bajo grado de criticidad, con parámetros de reposición de no estar el repuesto puede generar un bajo impacto a la operación o seguridad.	Ingeniero de materiales
ND	Materiales que no impactan a la operación o seguridad.	Ingeniero de materiales

Fuente: Elaboración propia en base a parámetros de reposición de repuestos

Tabla 1-3 Clasificación de repuestos SAP por parámetros de reposición

Clasificación	Descripción
PD	Material sin parámetros de reposición, se generan solicitudes de compra solo si existen demanda.
ND	Material sin parámetros de reposición, sin demanda por un plazo de 24 meses, es considerado material obsoleto.
V1-V2	Material con parámetros de reposición, de acuerdo con los tiempos de entrega por sistema, indicados por proveedores en compras anteriores.
ZB	Material con parámetros de reposición, se establece un stock máximo y un stock de reposición, al bajar el stock mínimo se genera la compra.

Fuente: Elaboración propia en base a parámetros de reposición de repuestos

Según las tablas anteriores, los repuestos con clasificación PD, deben ser solicitados con tiempo de anticipación para entrar en el proceso de planificación y programación del trabajo.

Los repuestos ZB se clasifican con un grado de criticidad C1, donde entran los repuestos que generan un alto impacto en la planta al no estar disponibles para atender

urgencias, estos deben ser solicitados directamente por el departamento de confiabilidad según una matriz de criticidad, estableciendo parámetros de reposición mínimos y máximos, por ejemplo: revestimientos, impulsores de bombas, bujes, piñones, coronas para chancadores o molinos.

Por otro lado, los repuestos V1 con grado de criticidad C3, tienen baja criticidad y la reposición de los parámetros puede esperar por lo menos unos 30 días, si estos componentes no tienen solicitudes durante 24 meses, baja su clasificación a ND, por ejemplo, pernos genéricos, sellos, válvulas

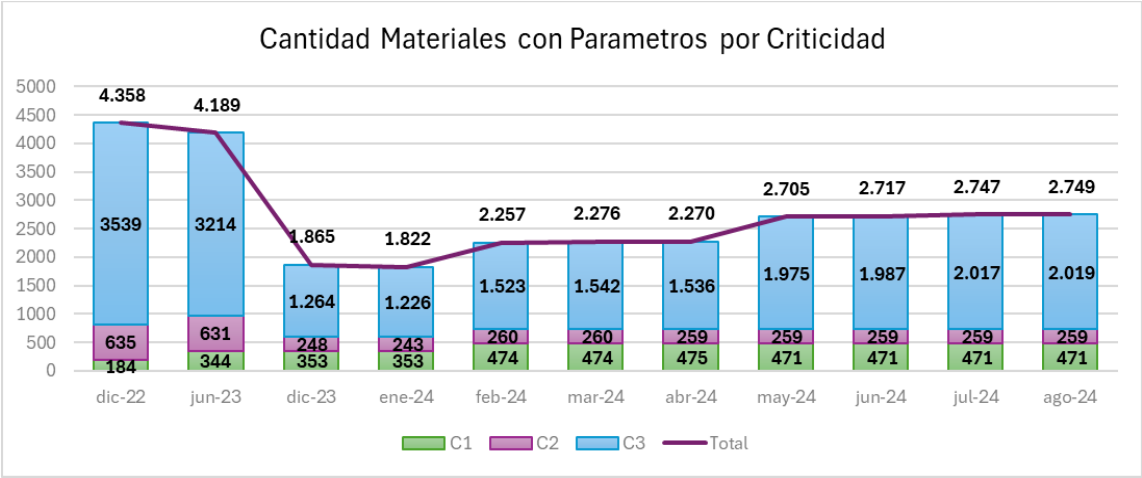
Los repuestos ZB se clasifican con un grado de criticidad intermedio C2, estos repuestos son indispensables para el funcionamiento de la planta, pero no tienen un alto costo y se genera la solped de manera automática al bajar el stock mínimo de reposición, por ejemplo, pernos, sellos, válvulas y otros componentes de alto uso. Si estos repuestos no tienen uso durante 24 meses, baja su clasificación a ND, por ejemplo, pernos específicos del proveedor, sellos, lubricantes, kit de mantenciones.

1.3.3. Gestión de repuestos críticos

Uno de los mayores inconvenientes en la planta concentradora, es que no existe una matriz de criticidad validada por la supervisión, relacionada a todos los equipos de la planta, si existe la noción de que equipos son realmente importantes y generarían un daño al negocio al estar indisponibles, pero ese conocimiento se basa solo en la experiencia de los trabajadores y supervisores del área.

Por estrategia de la compañía, existe una fuerte reducción de costos en inventarios, como consecuencia de lo antes mencionado, el departamento de mantención no tiene control directo de la cantidad de inventario que necesitamos, considerando la gran cantidad de repuestos que existen en las distintas bodegas del soldado, por lo cual, es sumamente importante saber que repuestos críticos tener disponibles de forma inmediata en planta y que repuestos pueden esperar, para conseguir esto tenemos que solicitar al departamento de suministros el inventario que necesitamos, pero no existe el fundamento técnico para generar una solicitud formal al área de suministros sobre que repuestos necesita el área de mantención.

En el siguiente gráfico entregado por el área de abastecimiento se puede observar la relación que existe de repuestos según su clasificación de criticidad, donde observamos que desde diciembre del año 2022 se ha disminuido de forma eficiente la cantidad de repuestos con parámetros hasta la fecha de agosto 2024. Desde el punto de vista del área de abastecimiento, se puede ver una reducción de costos de inventario al reducir los materiales en bodega, pero desde el punto de vista de la operación planta, no tenemos un control de que repuestos se mantienen como críticos de alto impacto.



Fuente: Elaboración propia en base a Parámetros de reposición de repuestos

Gráfico 1-1 Clasificación real de repuestos críticos planta.

CAPÍTULO 2: DEFINICIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD

2. **PROCESO DE JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS**

Las técnicas de análisis de criticidad son herramientas que permiten identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan.

El término “crítico” y la propia definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones dependiendo del objetivo que se está tratando de jerarquizar. El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de un proceso de producción complejo, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. Desde esta óptica existe una gran diversidad de posibles criterios que permiten evaluar la criticidad de un activo de producción. Los motivos de priorización pueden variar según las oportunidades y las necesidades de la organización. A continuación, se presentan algunos criterios comunes a utilizar dentro de los procesos de jerarquización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad, ambiente e higiene
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento
- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

2.1. **PROCEDIMIENTO EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE ACTIVOS**

Para realizar este análisis se utilizará el procedimiento actual de “Evaluación de la criticidad de los activos, el cual considera la siguiente metodología de trabajo:

- Compilar la información del activo: Recopilar datos sobre el uso del equipo, niveles de rendimiento requeridos y consideraciones relevantes. Esta información ayudará a comprender el impacto de fallas en el negocio.
- Identificar sistemas adyacentes: Ubicar los sistemas cercanos al nuevo activo (por ejemplo, plantas de trituración, cribado o flotación) y garantizar que todos los participantes comprendan los riesgos existentes/potenciales asociados con dichos sistemas, así como su evaluación de riesgo inherente y análisis de criticidad. Si el proyecto implica la instalación de un sistema completamente nuevo, se debe agregar a la tabla con su respectiva evaluación de riesgos y análisis de criticidad.
- Desglosar el sistema en componentes y subcomponentes: Navegar hasta la pestaña Asset Criticality Schedule en el archivo de excel y completar la hoja de cálculo con cada uno de los subcomponentes identificados.
- La puntuación de criticidad se determina en función de la probabilidad de ocurrencia del evento y la categoría de consecuencia más alta seleccionada, siguiendo el proceso AOM. También se genera una puntuación en percentiles para proporcionar una mayor granularidad en los resultados, lo que facilita la toma de decisiones en la gestión de activos.
- Elementos financieros: Los valores deben calcularse según los porcentajes indicados para reflejar las condiciones específicas del sitio. Solo se deben puntuar las categorías de consecuencia aplicables, dejando las demás en blanco.
- Durante el taller, se debe presentar un resumen del propósito y los objetivos de la revisión de criticidad, incluyendo el contexto operativo del área a evaluar y los parámetros de criticidad.
- Es fundamental dedicar tiempo suficiente a examinar los objetivos y el proceso del taller, especialmente el sistema de clasificación de consecuencias. Se recomienda solicitar comentarios de los participantes para garantizar que la clasificación sea adecuada.
- La probabilidad y consecuencias de un riesgo deben evaluarse bajo condiciones actuales no mitigadas (riesgo inherente), sin considerar medidas de control, tareas programadas ni repuestos. Esto asegura que la

actividad establezca un punto de referencia para la definición de tácticas de activos.

- Los resultados del análisis deben ser compartidos con los equipos y aprobados por los gerentes. Una vez aprobados, se registran para cada elemento mantenible identificado y se utilizan como un indicador clave de priorización en el proceso de gestión de activos.

2.2. MATRIZ DE CRITICIDAD

Este trabajo será realizado dentro de la compañía Angloamerican Sur, y por dirección del área de Asset Manangment se tiene que utilizar la matriz de criticidad establecida por la compañía. La cual se definirá de la siguiente forma:

Tabla 2-1 Matriz de criticidad Angloamerican

Risk Determination Matrix						
Combine each consequence ranking with a likelihood ranking		Consequence Impact				
		1 - Minor	2 - Medium	3 - Serious	4 - Major	5 - Catastrophic
Likelihood	A - Almost certain	Moderate	High	Critical	Critical	Critical
	B - Likely	Moderate	Moderate	High	Critical	Critical
	C - Possible	Low	Moderate	High	High	Critical
	D - Unlikely	Low	Low	Moderate	High	High
	E - Rare	Low	Low	Moderate	High	High

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

Tabla 2-2 Tabla de criticidad Angloamerican

Criticidad	Umbral de aceptación de riesgo
Crítico	Riesgos críticos que superan significativamente el umbral de aceptación del riesgo y necesitan atención urgente e inmediata.
Alto	Riesgos elevados que superan el umbral de aceptación de riesgos y requieren una gestión proactiva.
Moderado	Riesgos moderados que se encuentran en el umbral de aceptación del riesgo y requieren un seguimiento activo.
Bajo	Riesgos bajos que están por debajo del umbral de aceptación del riesgo y no requieren una gestión activa.

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3. TABLA DE CONSECUENCIA

La tabla de consecuencia se utiliza para clasificar el impacto o las consecuencias de una falla o evento sobre un sistema, operación o entorno. Esta tabla suele dividir las consecuencias en diferentes categorías y niveles de severidad. Según la matriz establecida por la compañía se subdivide en las siguientes consecuencias.

2.3.1. Consecuencias económicas: Gastos de capital (Capex)

Son inversiones realizadas por una empresa para adquirir, mejorar o mantener activos físicos a largo plazo. Estos activos pueden incluir bienes inmuebles, equipos, maquinaria y tecnología. Los gastos de capital suelen tener el propósito de mejorar la capacidad operativa de la empresa o aumentar su eficiencia. Esta clasificación se utilizará para definir el impacto de acuerdo con los costos de mantención para una falla catastrófica de acuerdo con el presupuesto de mantención anual para el año 2024. Explicado en la siguiente tabla:

Tabla 2-3 Tabla de consecuencias económicas: Gastos de capital CAPEX

Nº	Ranking	Gastos de Capital
1	Menor	Impacto a la producción menor al 1,6% al año
2	Medio	Impacto a la producción entre 1,6% a 5% al año
3	Serio	Impacto a la producción entre 5% a 10% al año
4	Mayor	Impacto a la producción entre 10% a 30% al año
5	Catastrófico	Impacto a la producción superior al 30% al año

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.2. Consecuencias económicas: Calendario de proyecto

Son inversiones realizadas por parte de implementación de proyectos nuevos a la operación, considera el tiempo de demora en la entrega final, de acuerdo con el cronograma.

Tabla 2-4 Consecuencias económicas: Calendario de proyecto

N°	Ranking	Calendario de Proyecto
1	Menor	Impacto al cronograma inferior a 2.5%
2	Medio	Impacto al cronograma entre 2.5% a 7,5%
3	Serio	Impacto al cronograma entre 2.5% a 7,5%
4	Mayor	Impacto al cronograma entre 15% a 45%
5	Catastrófico	Impacto al cronograma superior a 45%

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.3. Consecuencias económicas: Costos operativos (Opex)

Los gastos operativos corresponden a los costos cotidianos de mantener el negocio en funcionamiento, como sueldos, servicios públicos y suministros. Los gastos de capital tienen un impacto a largo plazo, mientras que los operativos se reflejan en el corto plazo. Esta clasificación no se utilizará para la clasificación de operación planta por motivo de que no existe un control de gastos de uso de operación, en cambio se lleva un control de los costos operativos. Explicado en la siguiente tabla:

Tabla 2-5 Consecuencias económicas: Costos operativos OPEX

N°	Ranking	Costos operacionales
1	Menor	Impacto a la producción menor al 0,6% al año
2	Medio	Impacto a la producción entre 0,6% a 2,5% al año
3	Serio	Impacto a la producción entre 2,5% a 7,5% al año
4	Mayor	Impacto a la producción entre 07,5% a 15% al año
5	Catastrófico	Impacto a la producción superior al 15% al año

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.4. Consecuencias económicas: Volúmenes de producción

Volúmenes se refieren a la cantidad total de bienes, productos o servicios que una empresa puede producir durante un período específico de tiempo. Este concepto se utiliza para medir la capacidad operativa de una organización y es esencial para evaluar la eficiencia y rentabilidad de sus procesos productivos. Esta clasificación es clave para el análisis de criticidad planta, ya que analiza directamente el costo de no producción en la planta y al mismo tiempo el costo de la producción restringida de la operación, reduciendo el tonelaje, Ley de cobre fino y la recuperación. Explicado en la siguiente tabla:

Tabla 2-6 Consecuencias económicas: Volúmenes de producción

Nº	Ranking	Volúmenes de producción
1	Menor	Impacto a la producción menor al 0,6% al año
2	Medio	Impacto a la producción entre 0,6% a 2,5% al año
3	Serio	Impacto a la producción entre 2,5% a 7,5% al año
4	Mayor	Impacto a la producción entre 7,5% a 15% al año
5	Catastrófico	Impacto a la producción superior al 15% al año

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.5. Consecuencias económicas: Ingresos

Impacto directo en los ingresos de la compañía como venta del producto final.

Tabla 2-7 Consecuencias económicas: Ingresos

Nº	Ranking	Volúmenes de producción
1	Menor	Impacto en los ingresos inferior a 0.25%
2	Medio	Impacto en los ingresos entre 0.25% - 1%
3	Serio	Impacto en los ingresos entre 1% - 3.5%
4	Mayor	Impacto a los ingresos entre 3.5% - 7%
5	Catastrófico	Impacto a los ingresos superior 7%

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.6. Consecuencias no económicas: Seguridad

La consecuencia de seguridad se refiere al impacto potencial que tendría un evento no deseado en la seguridad de las personas. Este concepto evalúa el nivel de daño físico o riesgo al que podrían estar expuestos los trabajadores, el público o cualquier persona asociada con el sistema o proceso evaluado. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-8 Consecuencias no económicas: Seguridad

Nº	Ranking	Seguridad
1	Menor	Bajo nivel de molestias subjetivas a corto plazo o síntomas. Típicamente primeros auxilios y sin tratamiento médico.
2	Medio	Lesiones reversibles que requieren tratamiento, pero no conducen a tareas restringidas. Típicamente un tratamiento médico.
3	Serio	Lesión reversible o daño o deterioro irreversible moderado a una o más personas. Típicamente una lesión de tiempo perdido.
4	Mayor	Mortalidad individual y / o daño irreversible severo o impedimento severo a una o más personas.
5	Catastrófico	Múltiples muertes o daños permanentes a múltiples personas.

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.7. Consecuencias no económicas: Salud

La consecuencia de salud se refiere al impacto potencial que un evento no deseado podría tener en el bienestar físico o mental de las personas expuestas. Este concepto evalúa el nivel de daño o afectación a la salud que puede resultar de la exposición a riesgos en el ambiente de trabajo o durante operaciones específicas. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-9 Consecuencias no económicas: Salud

N°	Ranking	Salud
1	Menor	Efectos reversibles sobre la salud de poca preocupación, que requieren tratamiento de primeros auxilios como máximo. Puede incluir irritaciones menores de ojos, garganta, nariz y / o piel, o molestias musculares menores no acostumbradas
2	Medio	Efectos reversibles de preocupación sobre la salud que típicamente resultarían en tratamiento médico. Puede incluir efectos de temperatura; efectos de viaje; estrés y quemaduras solares
3	Serio	Efectos reversibles severos de preocupación que típicamente resultarían en una enfermedad con tiempo perdido. Puede incluir efectos agudos / a corto plazo asociados con efectos de temperatura extrema; o efectos musculoesqueléticos; efectos de vibración; efectos del sistema nervioso; algunas enfermedades infecciosas; y malaria no falciparum
4	Mayor	Mortalidad única o efectos irreversibles para la salud o enfermedad incapacitante. Puede incluir efectos de posibles carcinógenos, mutágenos, teratógenos y tóxicos para la reproducción, afecciones crónicas progresivas y / o efectos agudos / a corto plazo de alto riesgo.
5	Catastrófico	Múltiples fatalidades o enfermedades incapacitantes serias para múltiples personas. Puede incluir los efectos de carcinógenos humanos conocidos, mutágenos, teratógenos, tóxicos para la reproducción y sensibilización respiratoria potencialmente mortal y malaria falciparum.

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.8. Consecuencias no económicas: Medio ambiente [En el sitio]

La consecuencia de medioambiente evalúa el impacto potencial de un evento no deseado en el entorno natural, considerando factores como contaminación, daño a ecosistemas, consumo de recursos y cumplimiento de normativas ambientales. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-10 consecuencias no económicas: Medio ambiente en el sitio

Nº	Ranking	Medio ambiente (En el Sitio)
1	Menor	Impacto confinado cercano a la fuente y prontamente reversible (típicamente un cambio) p. Ej. Rueda loca ruidosa que se identifica y cambia en un turno o un pequeño derrame de hidrocarburos en el área del soporte rígido.
2	Medio	Impacto reversible confinado cercano a la fuente y a corto plazo (generalmente una semana) p. Ej. evento de polvo donde se observa polvo visible desde el sitio o un problema recurrente
3	Serio	Impacto de recuperación a mediano plazo y confinado cerca de la fuente (generalmente un mes) p. derrame grande o contaminación en el sistema de gestión de agua PWCS que requiere limpieza o falla del equipo que resulta en una pérdida de aspersiones de jardín.
4	Mayor	Impacto que no está confinado y que requiere una recuperación a largo plazo, dejando daños residuales (generalmente años), p. gran derrame de petróleo en el puerto.
5	Catastrófico	Impacto generalizado: no confinado y que requiere una recuperación a largo plazo, dejando un daño residual importante (generalmente años), p. derrame en el puerto que es continuo y no se puede controlar.

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.9. Consecuencias no económicas: Medio ambiente [Fuera del sitio]

La consecuencia de medioambiente evalúa el impacto potencial de un evento no deseado en el entorno natural, considerando factores como contaminación, daño a ecosistemas, consumo de recursos y cumplimiento de normativas ambientales. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-11 Consecuencias no económicas medio ambiente, fuera del sitio

Nº	Ranking	Reputación de cumplimiento
1	Menor	No aplica
2	Medio	Impacto confinado cercano a la fuente y prontamente reversible (típicamente un cambio)
3	Serio	Impacto reversible confinado cercano a la fuente y reversible a corto plazo (generalmente una semana).
4	Mayor	Impacto de recuperación limitada a mediano plazo y de fuente cercana (generalmente un mes).
5	Catastrófico	Impacto que no está confinado y que requiere una recuperación a largo plazo, dejando daños residuales (generalmente años).

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.10. Consecuencias no económicas: Comunidad (Medio o percibido)

La consecuencia no económica asociada a la percepción de las comunidades en base a los impactos que genere la operación. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-12 consecuencias no económicas: Comunidad, medio o percibido

Nº	Ranking	Reputación de cumplimiento
1	Menor	Impacto social temporal e insignificante en una comunidad local
2	Medio	Impacto social temporal y significativo en una comunidad local o Impacto social temporal e insignificante en una comunidad regional
3	Serio	Impacto reversible confinado cercano a la fuente y reversible a corto plazo (generalmente una semana).
4	Mayor	Impacto social permanente y significativo en una comunidad local o Impacto social permanente e insignificante en una comunidad regional
5	Catastrófico	Cómo se pronuncia Impacto social permanente y significativo en una comunidad regional

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.11. Consecuencias no económicas: Comunidad (Confianza y soporte)

La consecuencia no económica asociada a la confianza y soporte de las comunidades, caso similar al anterior, pero considera las negociaciones que realiza la compañía con las comunidades, para este ejercicio no será considerado. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-13 Consecuencias no económicas: Comunidad confianza y soporte

Nº	Ranking	Reputación de cumplimiento
1	Menor	Expresiones tangibles de confianza / desconfianza entre un puñado de miembros de la comunidad. y / o las partes interesadas civiles / políticas clave expresan su apoyo / insatisfacción de manera informal.
2	Medio	Expresiones tangibles de confianza / desconfianza entre algunos miembros de la comunidad. y / o las partes interesadas civiles / políticas clave expresan su apoyo / insatisfacción formalmente.
3	Serio	Expresiones tangibles de confianza / desconfianza entre algunos miembros de la comunidad. y / o las partes interesadas civiles / políticas clave amenazan con oponerse o desconectarse / fortalecer las ofertas para apoyar o involucrar
4	Mayor	Expresiones tangibles de confianza / desconfianza entre la mayoría de los miembros de la comunidad. y / o las partes interesadas civiles / políticas clave se oponen activamente o se niegan activamente a participar / apoyar activamente y participar.
5	Catastrófico	Pérdida generalizada / ganancia de confianza en toda la comunidad y / o las partes interesadas clave civiles / políticas se oponen activamente y hacen que otros se opongan / se comprometan activamente y hacen que otros apoyen activamente

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.12. Consecuencias no económicas: Reputación de cumplimiento.

La consecuencia en reputación de cumplimientos evalúa el impacto potencial de un evento en la percepción pública de una organización y en las comunidades relacionadas. Este tipo de consecuencia tiene un enfoque social, ético y comunicativo, considerando factores como la confianza, la relación con grupos de interés, y la aceptación social del entorno. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-14 Consecuencias no económicas: Reputación de cumplimiento

Nº	Ranking	Reputación de cumplimiento
1	Menor	Incumplimiento de los requisitos internos con muy bajo potencial de impacto. El incumplimiento del compromiso externo / comunitario pasa desapercibido para las partes externas, lo que requiere un esfuerzo mínimo para corregirlo.
2	Medio	Incumplimiento externo o incumplimiento de requisitos internos con bajo potencial de impacto. Incumplimiento del compromiso de la comunidad, que requiere un esfuerzo limitado para corregir.
3	Serio	Incumplimiento externo o incumplimiento de los requisitos internos con un potencial moderado de impacto. Sanciones moderadas por incumplimiento de la legislación, contrato, permiso o licencia. El incumplimiento del compromiso de la comunidad se informó formalmente, lo que requiere un esfuerzo significativo para corregirlo.
4	Mayor	Incumplimiento de licencias, legislación, regulación o incumplimiento reiterado con alto potencial de enjuiciamiento. Incumplimiento de contrato con cláusulas de sanción significativas impuestas. Incumplimiento sistémico con los ciclos de trabajo o estándares de Anglo American con alto potencial de impacto. El incumplimiento del compromiso de la comunidad con un alto potencial para causar la interrupción del negocio, lo que requiere un esfuerzo significativo para corregirlo.
5	Catastrófico	Operaciones suspendidas o severamente reducidas impuestas por los reguladores. El incumplimiento del compromiso de la comunidad da como resultado la pérdida directa de los consentimientos establecidos con efectos secundarios generalizados.

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.13. Consecuencias no económicas: Reputación.

La consecuencia en reputación evalúa el impacto potencial de un evento en la percepción pública de las comunidades y comunicado directamente a la ONG, no aplica para este estudio. Explicados en la siguiente tabla:

Tabla 2-15 Consecuencias no económicas: Reputación

Nº	Ranking	Reputación de cumplimiento
1	Menor	Queja de la comunidad resuelta mediante los procedimientos existentes del sitio. Impacto en la reputación de varias áreas de trabajo dentro de la operación. Una exposición pública en los medios locales, el boca a boca o las mitologías locales.
2	Medio	Impacto en la reputación de la Unidad de Negocio. Exposición pública significativa en los medios locales.
3	Serio	Impacto en la reputación del grupo de productos. Comentario de una ONG nacional que impacta la credibilidad con los vecinos / gobierno regional. Exposición pública en medios nacionales.
4	Mayor	Impacto en la reputación de Anglo American. Comentario de una ONG internacional. Exposición pública en medios internacionales.
5	Catastrófico	Impacto severo en la reputación de Anglo American. Comentario severo y prolongado de una ONG internacional. Exposición pública de más de tres años en medios internacionales.

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.3.14. Probabilidad

La probabilidad se refiere a la frecuencia con la que es probable que ocurra un evento no deseado. Evalúa la posibilidad de que un riesgo identificado se materialice, lo cual es fundamental para priorizar acciones preventivas y de mitigación. Se define en la siguiente tabla:

Tabla 2-16 Probabilidad

Probabilidad	Descripción de probabilidad	Frecuencia	Exposición a sustancias
A: CASI SEGURO	Evento recurrente durante la vida útil de una operación o proyecto	Ocorre más de dos veces al año	Exposición frecuente (diaria) a> 10 x OEL
B: PROBABLE	Evento que puede ocurrir frecuentemente durante la vida útil de una operación o proyecto.	Suele ocurrir una o dos veces al año	Exposición frecuente (diaria) a> OEL
C: POSIBLE	Evento que puede ocurrir durante la vida útil de una operación o proyecto.	Suele ocurrir en 1 a 10 años.	Exposición frecuente (diaria) a> 50% del OEL Exposición poco frecuente en> OEL
D: IMPROBABLE	Evento que es poco probable que ocurra durante la vida útil de una operación o proyecto.	Suele ocurrir en 10 a 100 años.	Exposición frecuente (diaria) a> 10% de OEL Exposición poco frecuente a> 50% del OEL
E: RARO	Evento que es muy poco probable que ocurra durante la vida útil de una operación o proyecto.	Evento superior a 100 años	Exposición frecuente (diaria) a <10% del OEL Exposición poco frecuente a> 10% del OEL

Fuente: Procedimiento Angloamerican “Asset criticality assessment”

2.4. UBICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS

Actualmente la compañía utiliza el ERP SAP para la administración de todos los datos asociados a la minera. Para este ejercicio se ingresa a la transacción para descargar todas las ubicaciones técnicas asociadas a la planta, considerando los siguientes puntos:

- Proceso chancado: 123 Ubicaciones técnicas.
- Proceso molienda: 95 Ubicaciones técnicas
- Proceso de flotación: 112 Ubicaciones técnicas.
- Espesamiento y filtrado: 53 Ubicaciones técnicas
- Planta de arenas: 27 ubicaciones técnicas.

Tabla 2-17 Criticidad Angloamerican.

Ubicación técnica	40010202	Válido de	21.04.2025
Descripción	Procesos		
40010202	Procesos		
40010202.10	Chancado		
40010202.10.01	Chancado Primario		
40010202.10.02	Chancado Secundario & Terciario		
40010202.11	Molienda		
40010202.11.01	Molienda SAG		
40010202.11.02	Molienda Convencional		
40010202.12	Flotacion		
40010202.12.01	Planta de Cal		
40010202.12.02	Flotacion Pre-Rougher		
40010202.12.03	Flotacion Rougher		
40010202.12.04	Flotacion Columnar		
40010202.12.05	Flotacion Scavenger		
40010202.12.06	Flotacion Escoria		
40010202.12.07	Relaves		
40010202.12.08	Flotacion		
40010202.12.09	Planta CPF		
40010202.13	Espesamiento & Filtrado		
40010202.13.01	Espesamiento		
40010202.13.02	Filtrado		
40010202.13.03	Espesamiento & Filtrado		
40010202.14	Planta Arenas		
40010202.14.01	Flotacion Arenas		
40010202.14.02	Molienda Arenas		
40010202.14.03	Planta Arenas		

Fuente: Elaboración propia, extraída de ERP SAP PM.

CAPÍTULO 3: PLAN DE TRABAJO DE CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN
MATRIZ DE CRITICIDAD

3. **PLAN DE TRABAJO DE CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN MATRIZ DE CRITICIDAD**

En este capítulo se presenta el plan de ejecución del trabajo relacionado con la matriz de criticidad. Se detalla el calendario de las mesas de trabajo realizadas, incluyendo la participación de los distintos representantes involucrados en cada sesión. A continuación, se analizan los resultados obtenidos en cada uno de los procesos evaluados, considerando tanto las consecuencias económicas como las no económicas asociadas a posibles fallas o interrupciones.

Con base en este análisis, se elabora un ranking de los equipos más críticos, identificando aquellos cuya falla podría generar un impacto significativo en la operación del negocio. Finalmente, se realiza una evaluación de los beneficios económicos derivados de la implementación de esta metodología, destacando su contribución al fortalecimiento de la gestión de activos y a la toma de decisiones estratégicas.

3.1. **MESAS DE TRABAJO MATRIZ DE CRITICIDAD**

Se establecen una serie de reuniones para el análisis de la matriz de criticidad, en donde fueron considerados todos los supervisores y especialistas responsables de cada proceso, esto con la finalidad de que toda la organización esté de acuerdo con este análisis. Por motivos organizacionales se omiten los nombres de los responsables y solo será visible el cargo del responsable.

Dentro de la mesa de trabajos estos serán los responsables de clasificar los puntajes de la matriz:

- Supervisor de mantenimiento chancado.
- Técnicos especialistas mantención chancado.
- Supervisor de mantenimiento molienda.
- Técnicos especialistas mantención molienda.
- Supervisor de mantenimiento flotación, filtro, servicios.
- Técnicos especialistas mantención flotación filtro.
- Técnicos especialistas mantención servicios.
- Supervisor de operaciones chancado y molienda.
- Supervisor de operaciones flotación y filtro.
- Supervisor ingeniero de confiabilidad planta
- Supervisor ingeniero de procesos chancado y molienda.
- Supervisor ingeniero de procesos flotación y filtro.

- Supervisor ingeniero de planificación.
- Planificador especialista por proceso.
- Ingeniero de confiabilidad, facilitador de la reunión.
- Superintendente de operaciones
- Superintendente de mantenimiento
- Superintendente de planificación y confiabilidad.
- Asesor de seguridad planta.

3.1.1. Planificación del trabajo y ejecución del trabajo

Se establece una rutina de trabajo para dar avance a los análisis de datos de la matriz, esto fue liderado por el facilitador de confiabilidad, con el apoyo del equipo de confiabilidad planta.

Se establece una rutina de reuniones los jueves de cada semana, considerando algunas reprogramaciones para los días festivos.

El inicio de las rutinas de reuniones fue el 10-10-2024, y la finalización del proceso fue el día 17-04-2025, considerando todas las correcciones finales del proceso y haciendo una entrega a las superintendencias de la planta, para oficializar la matriz de criticidad.

Tabla 3-1 Planificación de reuniones

Planificación de trabajo		
Fecha	Responsables de área	Descripción
10-10-2024	Ingeniero de proceso chancado Ingeniero de proceso flotación y filtro	Establecer criterios de medición de impacto operacional planta
17-10-2024	Ingeniero de proceso chancado Ingeniero de proceso flotación y filtro	Establecer criterios de medición de impacto operacional planta
24-10-2024	Ingeniero de proceso Chancado Ingeniero de proceso flotación y filtro	Establecer criterios de medición de impacto operacional planta
31-10-2024	Supervisor ingeniero de confiabilidad.	Análisis de datos de consecuencia impacto a los volúmenes de producción
07-11-2024	Supervisor de mantenimiento chancado, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de chancado
14-11-2024	Supervisor de mantenimiento chancado, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de chancado
21-11-2024	Supervisor de mantenimiento molienda, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de molienda SAG
28-11-2024	Supervisor de mantenimiento molienda, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de molienda convencional
05-12-2024	Supervisor de mantenimiento molienda, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de planta de arenas y cal
12-12-2024	Supervisor de mantenimiento flotación, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de flotación

19-12-2024	Supervisor de mantenimiento flotación, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de espesadores
26-12-2024	Supervisor de mantenimiento flotación, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en equipos de filtrado
02-01-2025	Supervisor de mantenimiento servicios, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en puentes grúa, acumuladores y red de incendios.
09-01-2025	Supervisor de mantenimiento servicios, técnicos y planificador	Evaluar criterios de mantenimiento en puentes grúa, acumuladores y red de incendios.
16-01-2025	Supervisor de mantenimiento eléctrico e instrumentación	Evaluar criterios de mantenimiento en salas eléctricas, transformadores e instrumentación
23-01-2025	Supervisor ingeniero de confiabilidad.	Análisis de datos de consecuencia impacto al presupuesto de mantenimiento
30-01-2025	Supervisor ingeniero de confiabilidad.	Análisis de datos de consecuencia impacto al presupuesto de mantenimiento
06-02-2025	Supervisores de operaciones chancado y molienda	Evaluar criterios de detenciones en equipos de chancado
13-02-2025	Supervisores de operaciones chancado y molienda	Evaluar criterios de detenciones en equipos de chancado
20-02-2025	Supervisores de operaciones flotación y filtrado	Evaluar criterios de detenciones en equipos de flotación
27-02-2025	Supervisores de operaciones flotación y filtrado	Evaluar criterios de detenciones en equipos de flotación
06-03-2025	Superintendencias operaciones y seguridad	Evaluar criterios de salud, seguridad, medioambiente y reputación.
13-03-2025	Superintendencias operaciones y seguridad	Evaluar criterios de salud, seguridad, medioambiente y reputación.
20-03-2025	Supervisor ingeniero de confiabilidad.	Análisis de datos de consecuencia Impacto al presupuesto de mantenimiento
27-03-2025	Supervisor ingeniero de confiabilidad.	Análisis de datos de consecuencia Impacto al presupuesto de mantenimiento
03-04-2025	Superintendencias mantenimiento, planificación y operaciones	Entrega de matriz de criticidad planta.
10-04-2025	Superintendencias mantenimiento, planificación y operaciones	Correcciones de matriz de criticidad planta.
17-04-2025	Todos los responsables asociados	Cierre de análisis y validación final de matriz de criticidad.

Fuente: Elaboración propia basado en las mesas de trabajo realizadas

3.2. EVALUACIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS

Como parte del levantamiento inicial, se llevó a cabo una recopilación exhaustiva de 503 equipos, los cuales fueron identificados como ubicaciones técnicas dentro de la matriz del ERP SAP.

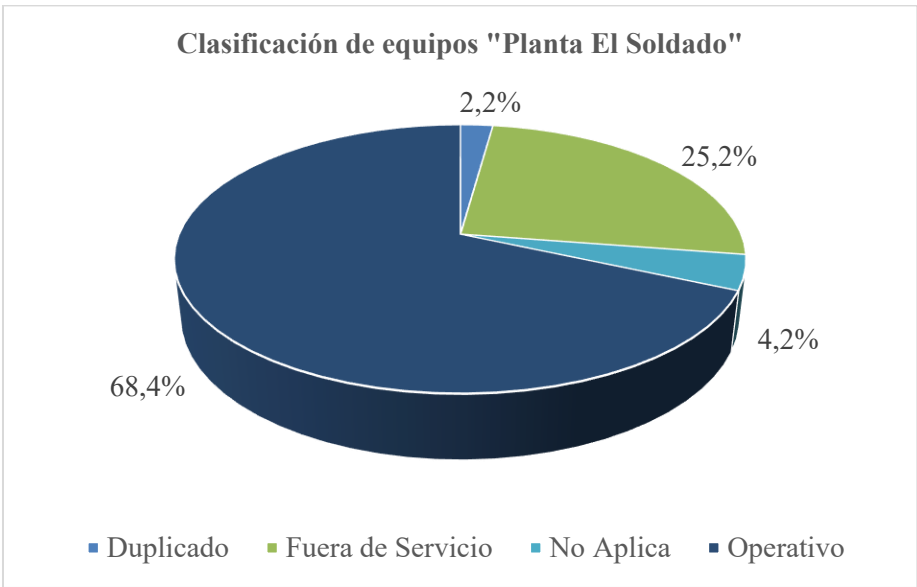
A partir del análisis realizado, se estableció una clasificación diferenciada, separando aquellos equipos que actualmente se encuentran operativos, aquellos que han sido dados de baja de manera permanente, y aquellos que presentaban duplicaciones dentro del sistema. Estas duplicaciones podrían generar inconsistencias en la gestión de alertas de trabajo, afectando la eficiencia operativa.

Asimismo, mediante un consenso con los asistentes a la reunión, se determinó excluir del análisis aquellos equipos que no guardan una relación directa con el equipo de

mantenimiento de planta. Entre estos se encuentran los muestreadores, sistemas de control, grúas horquilla y camiones pluma.

Finalmente, el análisis de criticidad se centrará en los 344 equipos que fueron aceptados dentro del alcance del estudio. A continuación, se presenta el listado detallado de los equipos considerados.

- Equipos duplicados :11
- Equipos fuera de servicio :127
- Equipos fuera del análisis :21
- Equipos operativos :344



Fuente: Elaboración propia basado en los datos estadísticos de los resultados del análisis.

Gráfico 3-1 Clasificación de equipos

3.3. EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE IMPACTO OPERACIONAL

Mediante una mesa de trabajo, se establece un estándar de producción ideal, esto de acuerdo con resultados del año 2024:

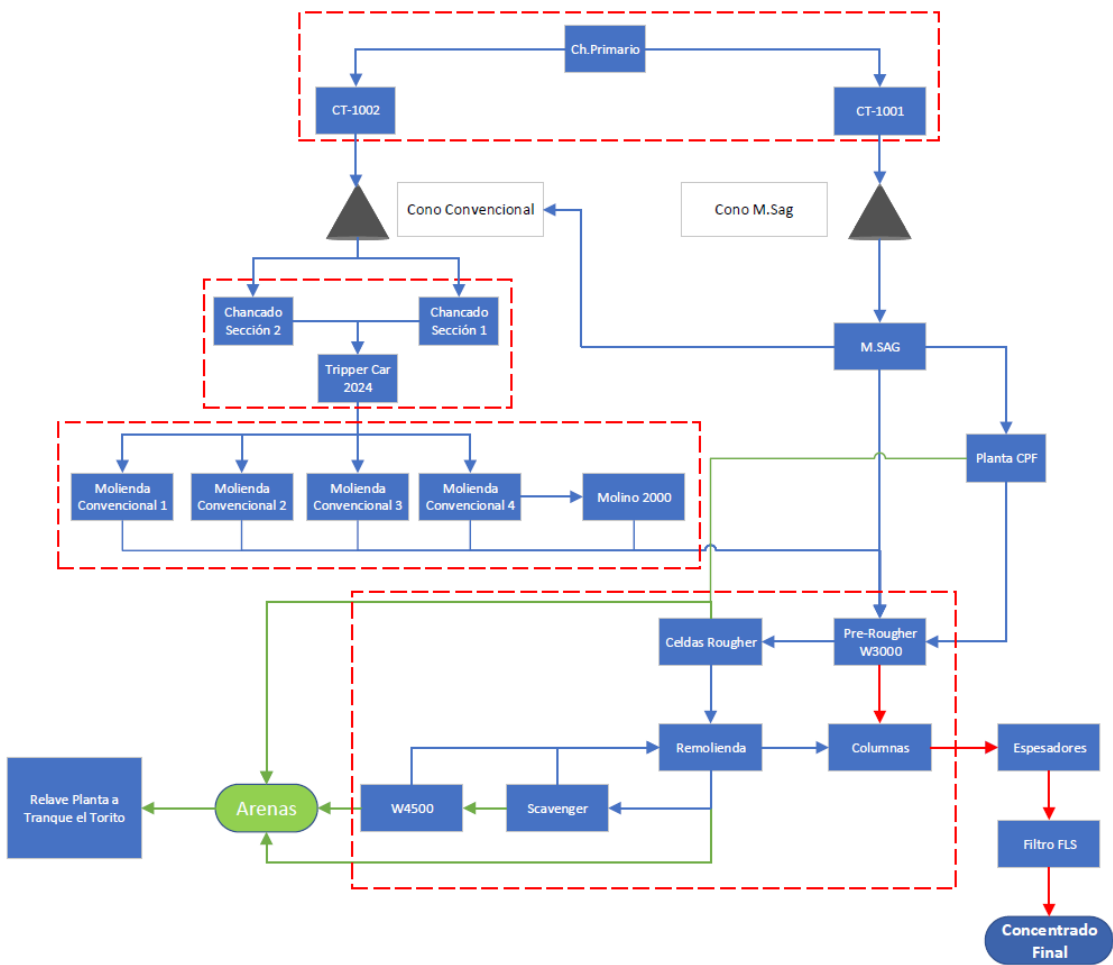
Se define el siguiente estándar de producción en 24 horas:

- Tonelaje procesado molienda Convencional : 8.000 [TON] de mineral
- Tonelaje procesado por molienda SAG : 13.000 [TON] de mineral
- Porcentaje de recuperación de mineral : 80%
- Porcentaje de ley del mineral : 0,8%

- Producción cobre fino : 134.4 Cu.
- Estimación de producción cobre fino año : 49.056 Cu

Se debe considerar que estos valores son referenciales para los cálculos en las consecuencias económicas, no considera tiempos de detenciones por mantenimientos programados o no programados, ni detenciones operacionales.

Se genera un diagrama referencial en Microsoft Visio, para explicar el proceso completo del mineral desde que entra al chancado y finaliza como cobre fino en el filtro.



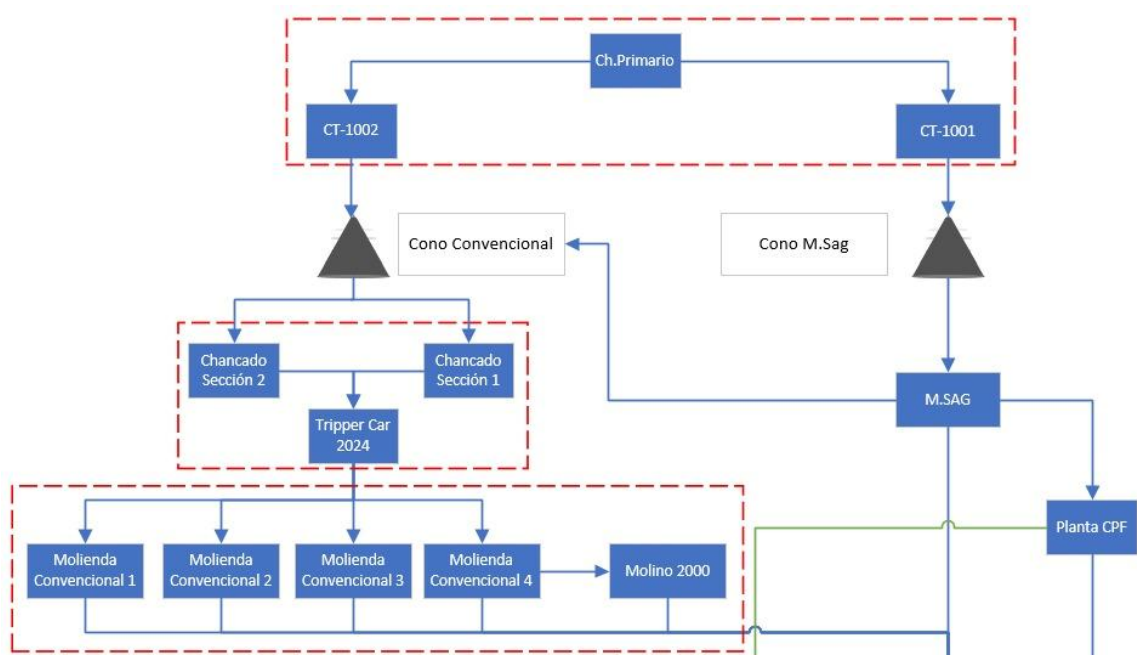
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio

Diagrama 3-1 Resumen de proceso de operación planta.

3.3.1. Evaluación de criterios de mantenimiento chancado y molienda

Para el estudio del proceso de chancado y molienda, se considerará el impacto que genera en reducción de Tonelaje diario y se evaluará cuanto impacta las detenciones por cada proceso, según lo descrito en el análisis de Ingeniería de proceso, definidos la producción ideal de la siguiente forma:

- Tonelaje diario chancado primario: 21.000 TON mineral
- Tonelaje día CT-1001: 13.000 TON mineral.
- Tonelaje día CT-1002: 8.000 TON mineral.



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio

Diagrama 3-2 Resumen de proceso de chancado y molienda

Análisis de Impacto de detención asociadas al chancado:

- Detención de chancado primario y sus correas asociadas: Genera una detención completa de la planta al no alimentar con mineral al proceso. Considerando el mineral acumulado en los conos, puede durar entre 24 a 30 horas antes de detener la planta por completo.

- Detención de alimentación a cono molienda SAG por correa transportadora CT-1001: Detiene la producción por molienda SAG y se puede procesar hasta 9.120 TON de mineral por la molienda convencional.
- Detención de alimentación a cono convencional por correa transportadora CT-1002: Reduce la producción por molienda convencional al 50% y se puede procesar hasta 13.000 TON de mineral por la molienda SAG.
- Detención del chancado secundario y terciario sección 1: Detención disminuye el tonelaje en 4000 TON procesado, desde el cono convencional.
- Detención del chancado secundario y terciario sección 2: Detención disminuye el tonelaje en 4000 TON procesado, desde el cono N°1 convencional.
- Detención del chancado secundario y terciario: Genera una detención completa.
- Detención de carro distribuidor tripper car y correas asociadas: Solo puede alimentar a la molienda convencional N°4, lo que disminuye en 6.000 TON procesado.
- Detención de circuito de correas fino SAG: No genera detención a la planta.

Tabla 3-2 Análisis operacional chancado

Detención de proceso	TON C.	TON SAG	% Recupera ción	% Ley	Cu Fino	Rendi miento	Perdida
Chancado primario	0	0	80%	0,80 %	0	0,0%	100,0%
Alimentación convencional (CT-1002)	4.000	13.000	80%	0,80 %	83,2	81,0%	19.0%
Alimentación SAG (CT-1001)	9.120	0	80%	0,80 %	58,4	43,4%	56,6%
Chancado secundario & terciario (Sección 1 y 2)	0	0	80%	0,80 %	0	0,0%	100,0%
Sección 1	4.000	13.000	80%	0,80 %	108,8	81,0%	19,0%
Sección 2	4.000	13.000	80%	0,80 %	108,8	81,0%	19,0%
Carro distribuidor tripper	2.000	13.000	80%	0.80 %	96	71,4%	28,6%
Circuito fino SAG	8.000	13.000	80%	0,80 %	134,4	100,0 %	0,0%

Fuente: Elaboración propia basada en resultados de análisis de impacto económico al negocio

Análisis de impacto de detención en proceso de molienda SAG:

- Detención de molienda SAG: Detiene la producción por molienda SAG y se puede procesar hasta 9.120 TON de mineral por la molienda convencional.
- Detención de molienda convencional N°1: Detención disminuye el tonelaje en 2000 TON procesado.
- Detención de molienda convencional N°2: Detención disminuye el tonelaje en 2000 TON procesado.
- Detención de molienda convencional N°3: Detención disminuye el tonelaje en 2000 TON procesado.
- Detención de molienda convencional N°4: Detención disminuye el tonelaje en 2000 TON procesado.
- Detención de Molino 2000: Detención baja la eficiencia de la molienda 3 y 4, disminuye el tonelaje en 2000 TON procesado.
- Detención de molienda convencional: Implica detener las cuatro moliendas más el molino 2000, genera detención inmediata de planta.

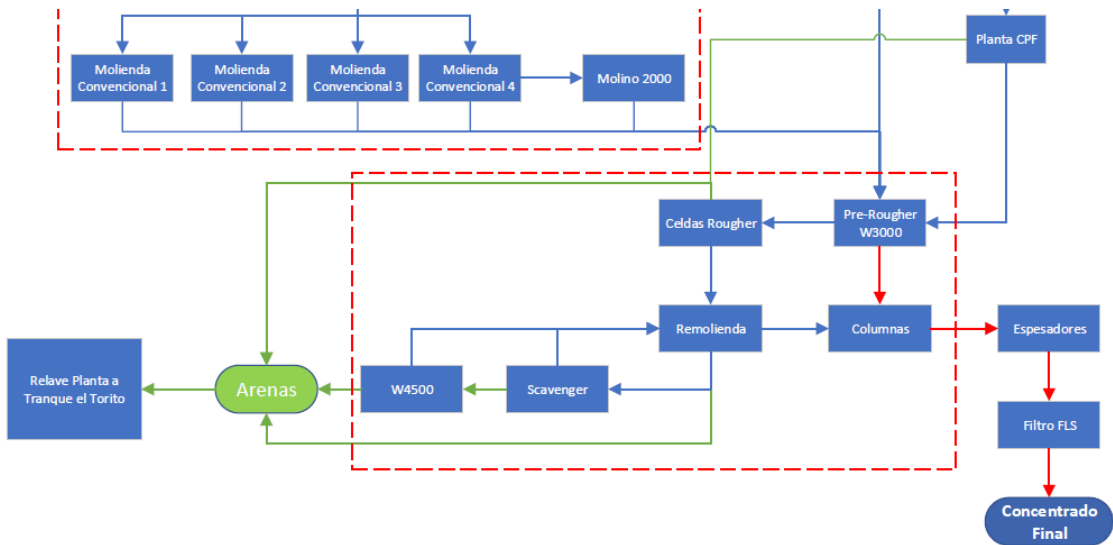
Tabla 3-3 Análisis operacional molienda

Detención de Proceso	TON C.	TON SAG	Recuperación	Ley	Cu Fino	Rendimiento	Perdida
Molienda SAG	9.120	0	80%	0,80 %	58,368	43,4%	56,6%
Molienda convencional	0	0	80%	0,80 %	0	0,0%	100,0%
Molienda 1	6.000	13.000	80%	0,80 %	121,6	90,5%	9,5%
Molienda 2	6.000	13.000	80%	0,80 %	121,6	90,5%	9,5%
Molienda 3	6.000	13.000	80%	0,80 %	121,6	90,5%	9,5%
Molienda 4	6.000	13.000	80%	0,80 %	121,6	90,5%	9,5%
Molino 2000	6.000	13.000	80%	0,80 %	121,6	90,5%	9,5%

Fuente: Elaboración propia basada en resultados de análisis de impacto económico al negocio

3.3.2. Evaluación de criterios de mantenimiento flotación

Para el estudio del proceso de flotación, espesamiento y filtrado se considerará el impacto que genera en reducción de recuperación y ley del mineral.



Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio

Diagrama 3-3 Resumen de proceso de flotación, espesadores y filtrado

Proceso de flotación:

- Detención de Planta de flotación de partículas gruesas (CPF): Reduce en 2.000 TON el procesamiento de Molienda SAG.
- Detención de flotación pre-Rougher: Reduce un 15% de Recuperación, pulpa pasa directamente a flotación rougher.
- Detención flotación rougher: Cuenta con 3 secciones y cada sección tiene 10 celdas de flotación. La detención de todos los equipos de manera simultánea detendría la planta completa.
- Detención de flotación scavenger y celda W4500: Reduce la recuperación en 10%.
- Detención de remolienda: Reduce un 30% de recuperación de mineral.
- Detención de columnas de flotación: Cuenta con dos columnas de flotación que operan en paralelo, la detención de ambas implica detención de planta.
- Detención de espesadores: Cuenta con tres equipos en paralelo, la detención todos los equipos de manera simultánea detendría la planta, la

detención de dos equipos de forma simultánea, reduciría la ley de recuperación a 0,5%.

- Detención de filtro: Se puede acumular concentrado en los espesadores por 24 horas, posterior a esto es detención de planta.
- Detención de flujo de relave: Cuenta con 3 circuitos de bombas que impulsan relave al tranque principal, la detención de 2 circuitos implicaría detención de planta por peligro de derrames ambientales.
- Detención de planta de arenas: Flujo se iría directamente a las bombas de relave final sin recuperar. Disminución de un 5% de recuperación.

Tabla 3-4 Análisis operacional flotación, espesadores y filtrado

Detención de Proceso	TON C.	TON SAG	Recuperación	Ley	Cu Fino	Rendimiento	Perdida
Remolienda	0	0	80%	0,80 %	0	0,0%	100,0 %
Molino 7	6.000	13.000	50%	0,80 %	76	56,5%	43,5%
Planta de arenas	8.000	13.000	75%	0,80 %	126	93,8%	6,3%
Planta de cal	8.000	13.000	50%	0,80 %	84	62,5%	37,5%
Planta CPF	8.000	11.000	80%	0,80 %	121,6	90,5%	9,5%
Flotación columnar	8.000	13.000	0%	0,80 %	0	0,0%	100,0 %
Columna 1	8.000	13.000	75%	0,80 %	126	93,8%	6,3%
Columna 2	8.000	13.000	60%	0,80 %	100,8	75,0%	25,0%
Flotación pre-Rougher	8.000	13.000	65%	0,80 %	109,2	81,3%	18,8%
Flotación rougher	8.000	13.000	0%	0,80 %	0	0,0%	100,0 %
Flotación scavenger	8.000	13.000	70%	0,80 %	117,6	87,5%	12,5%
Trenes de relave	0	0	80%	0,0 %	0	0,0%	100,0 %
Espesamiento	8.000	13.000	0,0%	0,80 %	134,4	100,0%	0,0%
Espesador 1 (Grande)	8.000	13.000	80%	0,80 %	134,4	100,0%	0,0%
Espesador 2 (Grande)	8.000	13.000	80%	0,80 %	134,4	100,0%	0,0%
Espesador 3 (Pequeño)	8.000	13.000	80%	0,80 %	134,4	100,0%	0,0%

Detención de 2 espesadores	8.000	13.000	80%	0,50 %	84	62,5%	37,5%
Planta de floculantes	8.000	13.000	80%	0,80 %	134,4	100,0%	0,0%
Filtrado	0	0	0%	0,00 %	0	0,0%	100,0 %

Fuente: Elaboración propia basada en resultados de análisis de impacto económico al negocio

3.3.3. Costos de mantenimiento y producción

Se logran obtener los presupuestos de mantención de planta, para utilizarlos en el indicador de consecuencia gastos de capital.

Tabla 3-5 Presupuesto de mantención planta 2025

PRESUPUESTO MANTENCIÓN 2025	
Proceso	Valor \$ USD
Chancado	\$ 7.141.702
Molienda	\$ 10.792.615
Flotación	\$ 5.869.368
Espesadores y filtrado	\$ 1.339.323
Tranque	\$ 5.175.559
Eléctrico, Instrumentación, Servicios	\$ 6.352.615
Total, año 2025	\$ 36.671.183

Fuente: Elaboración propia basada presupuesto anual de mantención

Reemplazando los datos se obtiene lo siguiente:

Nº	Ranking	Gastos de Capital, Presupuesto Mantención anual: \$36.671.183 USD
1	Menor	Impacto al presupuesto anual de mantención menor a \$ 586.739 USD al año. (Menor a 1,6%)
2	Medio	Impacto al presupuesto anual de mantención entre \$ 586.739 USD a \$ 1.833.559 USD al año. (1,6% a 5%)
3	Serio	Impacto al presupuesto anual de mantención entre \$1.833.559 USD a \$3.667.118 USD al año. (5% a 10%)
4	Mayor	Impacto al presupuesto anual de mantención entre \$3.667.118 USD a \$11.001.355 USD al año (10% a 30%)
5	Catastrófico	Impacto al presupuesto anual de mantención superior al \$11.001.355 USD al año. (Sobre 30%)

Fuente: Elaboración propia basada en procedimiento “Asset criticality assessment”

De acuerdo con la información entregada por ingeniería de procesos, obtenemos una producción de 134,4 toneladas de cobre fino diario y en el año sería un total de 49.056 de cu fino, valorizada en \$ 284.917.248 USD. Valor calculado en la siguiente tabla:

Tabla 3-6 Datos operacionales

El Soldado	Unidad	Valor
Recuperación	%	80,0%
Ley	%	0,80%
TPD molienda SAG	[Ton/D]	13.000
TPD molienda convencional	[Ton/D]	8.000
C1	[USD/lb]	2,36
Precio Cu	[US/lb]	5
TPD Planta	[Ton]	21.000
Cu hora	[Ton]	5,60
Cu diario	[Ton]	134,40
Cu año	[Ton]	49.056
Margen (Ingreso-Costo) Cu / Año	[USD] año	284.917.248

Fuente: Elaboración propia basada en resultados de análisis de impacto económico al negocio

Este valor no considera tiempos de mantención, sirve como valor referencial, para asociar los porcentajes de consecuencia en el impacto de producción, considerando fallas catastróficas en el análisis.

Tabla 3-7 Consecuencias económicas: volúmenes de producción con valores reales

Nº	Ranking	Volúmenes de producción
1	Menor	Impacto a la producción menor al \$1.709.503 USD al año. (Menor a 0,6%)
2	Medio	Impacto a la producción entre \$1.709.503 USD a \$7.122.931 USD al año. (0,6% a 2,5%)
3	Serio	Impacto a la producción entre \$7.122.931 USD a \$21.368.794 USD al año. (2,5% a 7,5%)
4	Mayor	Impacto a la producción entre \$21.368.794 USD a \$42.737.587 USD al año. (7,5% a 15%)
5	Catastrófico	Impacto a la producción superior al \$42.737.587 USD al año (Sobre 15%)

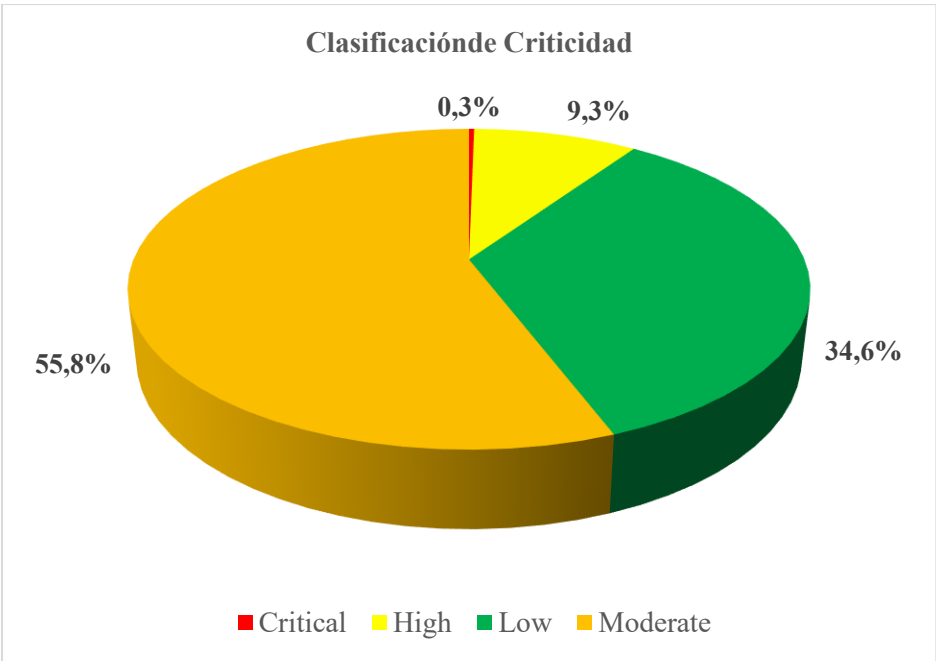
Fuente: Elaboración propia basada en Procedimiento “Asset criticality assessment”

3.4. RESULTADOS FINALES DE MATRIZ DE CRITICIDAD

Finalizando el proceso de análisis y recopilada toda la información por las distintas áreas de mantenimiento, se logra analizar satisfactoriamente los 344 equipos de la planta.

De acuerdo con sus criticidades se genera un ranking de 1 a 344.

- Equipos altamente Críticos : 1
- Equipos alta criticidad : 32
- Equipos media criticidad : 192
- Equipos baja criticidad : 119
- Total, general : 344



Fuente: Elaboración propia basada en resultados matriz de criticidad

Gráfico 3-2 Clasificación por banda de criticidad

3.5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS EN GASTOS DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Finalizando el proceso, se logra obtener resultados favorables en el análisis, los detalles de la matriz de criticidad estarán en los anexos.

El proceso más crítico en el análisis es el chancado primario con sus respectivas correas, donde una detención impacta a toda la operación de la planta, posterior a eso tenemos la detención del molino SAG, lo cual implica una detención parcial de la operación de un 60%, y un alto impacto en capex, ante un daño catastrófico del equipo, posterior a eso el otro proceso crítico es el filtro, el cual tiene la función de reducir el 90% del líquido al concentrado final y entregarlo como cobre fino para su entrega y traslado a las fundiciones.

Dentro del análisis se establecen los modos de falla catastróficos de los equipos, simulando una detención en días, asumiendo que no se tienen los repuestos y recursos necesarios para su reparación inmediata, en resumen, simulando la peor situación posible.

Modos de falla más recurrentes de los equipos:

- Molino SAG (Metso Minerals, original de Allis Chalmers): Fractura de dientes piñón-corona y/o daño grave en la carcasa del cilindro principal del molino. Se estima un tiempo de reparación superior a 100 días, lo que genera un grave impacto en el negocio.
- Chancador primario 42 x 65" (Metso Minerals, original de Allis Chalmers): Fractura de piezas capitales, como el eje principal y la carcasa superior, intermedia o inferior del equipo. Se estima un tiempo de reparación de 60 días, considerando los largos tiempos de entrega de repuestos y la búsqueda de soluciones con proveedores locales.
- Filtro (FLS Smith): Daño grave en ambos cilindros principales de compresión, con filtración de aceite presurizado, lo que representa un riesgo de seguridad para todo el personal cercano al área. Tiempo de reparación estimado: más de 60 días.
- Martillo pica rocas (Sandvik): Fractura en el brazo y caída del equipo al interior de la tolva. Tiempo de recuperación estimado: 15 días.
- Harneros principales (Sandvik y Metso Minerals): Colapso estructural del equipo, con tiempos de reparación elevados. No obstante, existen equipos en stand-by para asegurar la operación.
- Molinos secundarios: Fractura de dientes piñón-corona y/o daño grave en la carcasa del cilindro principal del molino. Si bien los costos de reparación son significativos, el impacto en la producción es mínimo gracias a la disponibilidad de molinos en stand-by.
- Chancadores secundarios y terciarios: Fallas en el sistema de hidroset o MPS del sistema hidráulico, lo que genera altos costos de mantenimiento y una detención parcial de la operación.

- Correas transportadoras (45 en total): Daño grave en el sistema de transmisión y corte de la cinta, lo que ocasiona una detención de 5 días, considerando la compra, traslado y reemplazo de la cinta.
- Bombas centrífugas (91 en total): La falla más grave es la rotura de la carcasa de la bomba. El tiempo de reparación varía entre 5 y 20 días, dependiendo del tamaño de la bomba.
- Salas eléctricas, subestaciones y generadores: Se considera el incendio del equipo como el modo de falla más crítico, aunque con baja probabilidad de ocurrencia.
- Compresores y acumuladores: La falla más grave es la explosión y liberación de energía, aunque con baja probabilidad de ocurrencia.
- Puentes grúa y monorraíles: Fallas graves en el motor y sistema de transmisión del movimiento del puente. El impacto en costos de mantenimiento es leve y no afecta la operación, dado que estos equipos se utilizan principalmente en actividades de mantenimiento.
- Estanques o cubas de almacenamiento de líquidos: Falla por falta de contención y derrame del líquido, lo que genera costos de mantenimiento elevados y daños al medio ambiente.

3.6. EVALUACIÓN DE SALUD, SEGURIDAD, MEDIO AMBIENTE Y REPUTACIÓN DE CUMPLIMIENTO

En la evaluación de consecuencias no económicas se consideran los equipos desde cuatro perspectivas: seguridad, salud, medioambiente y cumplimiento normativo-reputacional.

Seguridad: El equipo con mayor puntuación es el molino SAG, debido a su potencial de daño catastrófico capaz de afectar una amplia zona de impacto. También los compresores, salas eléctricas y subestaciones presentan un alto riesgo de explosión e incendio. Con un impacto menor se ubican los puentes grúa y las correas transportadoras, por ejemplo, ante una falla catastrófica analizada del molino SAG, donde es peor modo de falla es la perforación de los revestimientos y carcasa existe un riesgo algo de muerte para los operadores en terreno y personas que estén circulando cerca del área, lo mismo sucede en menor probabilidad con una explosión e incendio dentro de una sala eléctrica.

Salud: Las correas transportadoras sobresalen por los riesgos asociados a enfermedades derivadas de la polución, como la exposición a sílice, también fueron

consideradas algunas bombas del proceso por su liberación de líquidos contaminantes y exposición al trabajo.

Medioambiente: Los estanques de concentrado y relave obtienen la mayor puntuación porque podrían provocar derrames significativos en la planta, lo cual implica un daño medioambiental que debe ser reportado a la entidad Sernageomin. Se consideran además la red de incendios, los supresores de polvo y, en menor grado, algunas bombas y baterías de hidrociclones, debido a sus posibles fugas de líquido. Por ejemplo, una línea crítica de tubería pvc que transporta concentrado de pulpa hacia la flotación tenga una rotura, generaría pérdidas económicas asociadas a la pérdida de mineral y daños al medioambiente, lo que implica detención inmediata de planta, reporte al Sernageomin y coordinar las limpiezas respectivas a todo el sector afectado.

Cumplimiento normativo y reputacional: Se asignó un puntaje de 2 a todos los equipos de la planta CPF, planta de arenas y planta de relaves, ya que, además de separar concentrado y relave, cumplen la función crítica de enviar relave en forma de arena para el mantenimiento de los muros de los tranques. Esta tarea es esencial para la continuidad operacional de El Soldado, como consecuencia de un daño catastrófico a uno de estos equipos generamos daños al tranque principal, lo que puede poner en riesgo la fortificación del muro de arenas que constituye el tranque.

En adelante dejo un cuadro de resumen de los análisis según su categoría:

Tabla 3-8 Resultados de clasificación consecuencias de seguridad

Consecuencia de Seguridad						
Equipos/Puntaje	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Total
Batería Hidrociclones	5	7				12
Bomba Centrifuga	3	1				4
Compresor			31			31
Correa Transportadora	45		4			49
Cuba / Estanque			1			1
Eq. Principales	1	18	1	1		21
Puente Grúa /Monorriel	42	4				46
Red Incendios			3			3
Sala Eléctrica/ Subestación		10	39			49
Total, general	96	40	79	1		216

Fuente: Elaboración propia basada en resultados matriz de criticidad

Tabla 3-9 Resultados de clasificación consecuencias de salud

Consecuencia de salud						
Equipos/Puntaje	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Total
Bomba Centrifuga	2	4				6
Correa Transportadora	40					40
Equipos Principales	5	2				7
Sala Eléctrica/ Subestación		1				1
Total, general	47	7				54

Fuente: Elaboración propia basada en resultados matriz de criticidad

Tabla 3-10 Resultados de Clasificación consecuencias de medioambiente

Consecuencia de medioambiente						
Equipos/Puntaje	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Total
Alimentador	6					6
Batería Hidrociclones	12					12
Bomba Centrifuga	16	12				28
Bomba de Piso	2	9				11
Captador de polvo			4			4
Celdas Flotación	4	5	2			11
Correa Transportadora		1				1
Cuba / Estanque		1		7		8
Eq. Principales	9	1				10
Espesador		1	2			3
Puente Grúa /Monorriel		4				4
Red Incendios			3			3
Sala Eléctrica/ Subestación	49					49
Total	98	34	11	7		150

Fuente: Elaboración propia basada en resultados matriz de criticidad

Tabla 3-11 resultados de clasificación consecuencias de cumplimiento y conformidad

Consecuencia en Cumplimiento y conformidad						
Equipos/Puntaje	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Total
Planta CPF	31					31
Planta de Arenas	12					12
Relaves	6					6
Servicios e Infraestructura	4					4
Total	53					53

Fuente: Elaboración propia basada en resultados matriz de criticidad

3.7. **PROPUESTAS DE MEJORA**

Se revisara las propuestas de mejora con los resultados del análisis lo que involucra directamente las estrategias de mantenimiento de los equipos y la cantidad de recursos que se asignan a cada área relacionada, por otro lado, tenemos beneficios en aumento de indicadores de mantenimiento, como la disponibilidad física de los procesos, disminuyendo las horas de mantenimiento no programado por detenciones asociadas a la no disponibilidad del repuesto, por último se dejara en programa una rutina anual de revisión y mejora, con actualizaciones constantes de la matriz de criticidad.

3.7.1. **Revisión y recalibración de matriz de criticidad**

Una vez obtenidos los resultados finales, se debe establecer una rutina de revisión y ajuste de la matriz de criticidad, definiendo los siguientes aspectos:

- Frecuencia de revisión: Se realizará una vez al año.
- Responsable de liderar la tarea: Área de confiabilidad de planta.
- Equipos responsables de aportar en el análisis: Operaciones, ejecución de mantenimiento, planificación y confiabilidad.
- Conceptos clave a revisar:
- Operatividad de los equipos: Considerar aquellos que sean dados de baja o queden fuera de servicio por un período determinado.
- Probabilidad de ocurrencia de falla: En casos donde se haya instalado un equipo en redundancia para reducir la ocurrencia de fallas.
- Modos de falla: Ajustar la matriz si un equipo ha sido reemplazado y es necesario modificar su modo de falla catastrófico con impacto en el negocio.

3.7.2. **Mejoras en tácticas de mantenimiento**

El objetivo de esta sección es convertir la matriz de criticidad en una herramienta estratégica para definir políticas de mantenimiento que maximicen la disponibilidad y minimicen costos.

La criticidad de los equipos debe traducirse en tácticas de mantenimiento que optimicen la disponibilidad, reduzcan costos y mejoren la confiabilidad operativa. Para ello, se establecen estrategias diferenciadas según el nivel de criticidad.

Los equipos de criticidad alta requieren monitoreo basado en condición, redundancia caliente y mantenimiento predictivo para minimizar riesgos de falla catastrófica. Aquellos de criticidad media se benefician de mantenimiento preventivo optimizado por análisis Weibull, mientras que los de criticidad baja pueden adoptar una estrategia a la falla controlada con servicio externo.

Es importante contrasta esta nueva información y compararla con la estrategia actual de mantenimiento.

La implementación del monitoreo de condiciones comienza con la selección de equipos piloto, como el molino SAG, que utilizará sensores de vibración, temperatura IR y ultrasonido en engranajes. Asimismo, los chancadores primarios incorporarán monitoreo acústico para identificar fracturas en la estructura, y las bombas clave medirán variaciones de presión y caudal. La transmisión de datos se hará mediante sensores, integrándose en una plataforma con algoritmos de detección de anomalías, con alertas en power BI. Se espera una reducción del 25 % en fallas inesperadas en equipos críticos y una mejoría del 30 % en MTBF en un año.

Para optimizar repuestos y logística, se aplicará una clasificación ABC-XYZ para identificar piezas críticas y gestionar su abastecimiento.

La aplicación del RCM permitirá evaluar equipos de criticidad media-alta, ajustando tareas de mantenimiento y actualizando modos de falla. Se ejecutará un análisis FMECA simplificado, priorizando intervenciones en chancadores secundarios, filtros FLS y bombas críticas, asegurando un enfoque preventivo eficiente.

La integración de la estrategia de mantenimiento con la cultura organizacional es esencial. Se establecerán programas como “Analista de criticidad”, certificando técnicos en análisis Weibull y predicción de fallas. Se fomentará el aprendizaje mediante “Fallas Contadas”, donde se analizarán fallas reales y sus lecciones clave.

Este enfoque transforma la matriz de criticidad en una herramienta operativa y estratégica, asegurando decisiones basadas en datos para optimizar mantenimiento, disponibilidad y costos operacionales.

3.7.3. Optimización de repuestos y logística

El objetivo es minimizar el impacto de fallas críticas mediante una gestión eficiente de repuestos y una logística optimizada para garantizar disponibilidad operativa sin generar costos excesivos de inventario.

La optimización de repuestos y logística es esencial para minimizar los tiempos de inactividad y reducir costos operativos. Para lograrlo, se implementará una estrategia basada en la clasificación ABC-XYZ, la simulación de inventario, la fabricación aditiva y el desarrollo de contratos de pronto entrega con proveedores estratégicos.

El primer paso es la clasificación ABC-XYZ, que cruza el valor del inventario con la variabilidad del consumo. Los repuestos A-X (alto costo y demanda estable) deben mantenerse en stock para garantizar disponibilidad inmediata, mientras que los C-Z (bajo costo y consumo errático) pueden gestionarse bajo demanda. Esta categorización permite asignar recursos de manera eficiente y evitar costos innecesarios de almacenamiento. Para evaluar la efectividad de esta estrategia, se monitorearán indicadores clave de desempeño, tales como disponibilidad de repuestos críticos superior al 98 %, reducción del 10 % del stock inmovilizado, tiempo medio de reposición inferior a 7 días y disminución del 30 % en tiempos de espera por repuestos urgentes.

Mediante la aplicación de estas tácticas, la gestión de repuestos y logística se convertirá en un pilar estratégico para garantizar la continuidad operacional y la reducción de costos en el mantenimiento de equipos críticos.

Responsabilidad directa de estos indicadores en el área de Ingeniería de materiales y abastecimiento.

3.7.4. Mejoras en indicadores de mantenimiento (KPI)

El objetivo de esta sección es establecer métricas cuantificables para evaluar la efectividad de la implementación de la matriz de criticidad y su impacto en la gestión de activos, mantenimiento y operación. Estos indicadores permitirán validar mejoras en disponibilidad, reducción de costos y eficiencia de mantenimiento

3.7.4.1. KPI Disponibilidad de los equipos

Se proyecta una disminución del 25 % en fallas no programadas en equipos de procesos críticos, atribuibles a demoras por falta de repuestos. Este indicador refleja el impacto directo de una mejor planificación y priorización de activos críticos.

KPI: Disponibilidad operacional de procesos críticos (%)

$$Disponibilidad\ (\%) = \frac{Horas\ operativas\ reales}{Horas\ totales} \times 100$$

3.7.4.2. Disponibilidades de los procesos más críticos, datos del año 2024

Proceso de Chancado primario y sus equipos asociados

- Disponibilidad :88,2%
- Horas de mantenimiento: :704,9 h (8,0%)
- Horas de gallas :329,74 h (3,8%)

- Fallas asociadas a repuestos :82,4h (0.9%)

Proceso de molienda SAG y sus equipos asociados

- Disponibilidad :91.8%
- Horas de mantenimiento: :289.2 h (3,3%)
- Horas de Fallas :178,1 h (2,0%)
- Fallas asociadas a repuestos :44.5 h (0,5%)

Proceso de Filtrado y sus equipos asociados

- Disponibilidad :92,0%
- Horas de mantenimiento: :632,0 h (7,2%)
- Horas de Fallas :449,3 h (5.1%)
- Fallas asociadas a repuestos :112,2h (1.3%)

Como resultado final se estima un aumento de disponibilidad de un 0,9% en el chancador primario, un 0,5% en la molienda SAG y un 1,3% en el proceso de filtrado. Estos resultados implican un ahorro significativo valorizado de la siguiente forma:

- Chancado primario, aumento de 0,9% de disponibilidad, valorizado en \$2.195.424 USD
- Molienda SAG, aumento de un 0,5% de disponibilidad, valorizado en \$683.021 USD
- Filtro FLS, aumento de disponibilidad de 1.3%, valorizado en \$3.171.168 USD

Con los resultados anterior se puede determinar que el proceso con mayores pérdidas es el proceso de filtrado de cobre, con mayores tiempos de detención, posterior a eso tenemos al chancador primario y finalmente la molienda SAG, lo cual no quiere decir que no es crítico, sino que su estrategia de mantención ya es robusta y es muy poco el rango para disminuir las fallas, en cambio en el proceso de filtrado podemos generar un mayor impacto, aumentando el 1,3% de disponibilidad esperada como resultado del análisis en implementación de la matriz de criticidad.

3.7.5. Valorización del servicio de la matriz de criticidad.

El costo de implementar una matriz de criticidad en la planta minería depende principalmente de cuatro factores: alcance del proyecto (cantidad y complejidad de activos a evaluar), metodología y herramientas utilizadas (consultoría, software, integración con sistemas de gestión), duración del trabajo (levantamiento de datos, análisis y validación) e implementación en el software ERP SAP

En este caso, el proyecto considera 344 equipos de la planta concentradora, con una duración aproximada de 6 meses (octubre 2024 – abril 2025). El servicio incluye:

- Recopilación de datos en SAP.
- Entrevistas con especialistas de operación, mantención, ingeniería de procesos y prevención de riesgos.
- Análisis de equipos mediante mesas de trabajo, con rol de moderador en las reuniones.
- Presentación final de la matriz a la superintendencia de operación y mantención.
- Implementación de la criticidad de los equipos en el software ERP SAP.

Detalle de costos:

- Horas hombre de ingeniería: $572 \text{ h} \times \text{USD } 35/\text{h} = \text{USD } 20,020$
- Movilización, alimentación y traslados: USD 3,500
- Costo total del servicio: USD 23,520
- Costo total del servicio + IVA: USD 27,988.

El costo total del servicio de implementación de la matriz de criticidad asciende a USD 27,988 (IVA incluido).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La matriz de criticidad es una herramienta esencial para la gestión estratégica de activos en minería. Su implementación permite identificar los equipos con mayor impacto en la operación, costos de mantenimiento y seguridad, facilitando la toma de decisiones para optimizar recursos y reducir riesgos. Para lograr un análisis equilibrado y eficaz, es fundamental integrar criterios técnicos, económicos y de seguridad. Una correcta aplicación de la matriz contribuye a la continuidad operativa, la reducción de tiempos de inactividad y una planificación eficiente del mantenimiento, alineando la gestión de activos con los objetivos de producción y sostenibilidad.

El desarrollo y ejecución de una matriz de criticidad propia para la compañía representa un desafío complejo, dado que su éxito depende en gran medida de la recopilación y análisis de información histórica de fallos, así como del trabajo colaborativo entre diferentes áreas. La organización de mesas de trabajo con especialistas permite consolidar una visión integral, en la que el facilitador juega un rol clave en la recopilación de datos. Como resultado, se evidencia que los operadores y mantenedores tienen perspectivas distintas, pero comparten el mismo objetivo: garantizar la operación continua de la planta.

Como recomendaciones, se debe considerar la implementación de la matriz y su continua revisión a lo largo del tiempo actualizándola cuando sea necesario, ya que hay que priorizar los equipos críticos que realmente impactan al negocio y cuya falla catastrófica podría generar consecuencias significativas.

Como resultados se puede aumentar entre un 0,5% a 1,3% de disponibilidad de los procesos de operación de la planta, disminuyendo los tiempos de falla por indisponibilidad de repuesto en bodega, considerando ahorros de hasta \$3.171.168 USD al año.

Fomentar la interacción entre distintas áreas para garantizar que el análisis refleje una perspectiva integral y alineada con la realidad operativa y utilizar la matriz como una herramienta para mejorar practicas del mantenimiento preventivo y correctivo, reduciendo tiempos de inactividad.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

Adolfo Arata y Alessio Arata (2013). Ingeniería de la confiabilidad. Santiago de Chile. RiL editores.

Adolfo Arata y Luciano Furlanetto (2005). Manual de gestión de activos y mantenimiento. Santiago de Chile. RiL editores.

Angloamerican Sur. (2020), Procedimiento Asset criticality assessment.

Carlos Parra Márquez, y Adolfo Crespo Márquez (2019). Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada de la gestión de activos. Sevilla España, INGEMAN Edición digital

Carlos Parra y Jorge Parra (2021). Técnica de Jerarquización de Activos MCCR: Matriz de Criticidad Cualitativa de Riesgo

ANEXOS

ANEXOS A: MATRIZ DE CRITICIDAD N°1 – N°20

 AngloAmerican				System Criticality Analysis											
				Inherent Risk Assessment											
Nº	Area de Producción	Equipo	Daño Potencial	Frecuencia	Gastos de Capital	Vol. Produc.	Seguridad	Salud	Ambiente (Interno)	Cumpl. Confor m	Valor Domin.	Threshold Risk Band	Risk Ranking	Rango	
1	Molienda SAG	Molino SAG N°0 01 MOLSAG01	Fractura de dientes en piñon-corona	C-Possible	5	5	4	1	1		5	Critical	29,8%	A	
2	Chancado Primario	Chancr 1° Giratorio N°01 CHPRIG01	Quiebre de Carcasa Top/Bottom Shell	C-Possible	3	4	2	2	2		4	High	22,0%	A	
3	Filtrado	Filtro Flsmidth Nro 01 FILFLS01	Perdida de aceite presurizado en cilindros de compresión	C-Possible	3	4	3	1			4	High	21,4%	A	
4	Chancado Primario	Martillo Picaroa N°1 MARSAN01	Caída de brazo pica rocas al interior de tolva y quiebre de estructura.	C-Possible	3	3	1	2	1		3	High	17,7%	A	
5	Molienda SAG	Correa Transp 3001 De 36 Pulg CTRA3001	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	3	1	1			3	High	17,4%	A	
6	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2024 CTRC2024	Colapso estructural, caída completa dentro de tolva	C-Possible	2	3	3	1			3	High	17,4%	A	
7	Chancado Primario	Correa Transportadora 1001 CTRA1001	Caída de estructura completa	C-Possible	2	3	3				3	High	17,0%	A	
8	Molienda Convencional	Molino Remolienda N°.7 MOLREM07	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	2	3	2	1			3	High	15,4%	A	
9	Relaves	BbaN°1 Impulsion Relaves Pta. BOMREP01	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2	3	3	High	15,4%	A	
10	Relaves	BbaN°2 Impulsion Relaves Pta. BOMREP02	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2	3	3	High	15,4%	A	
11	Relaves	BbaN°3 Impulsion Relaves Pta. BOMREP03	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2	3	3	High	15,4%	A	
12	Relaves	BbaN°4 Impulsion Relaves Pta. BOMREP04	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2	3	3	High	15,4%	A	
13	Relaves	BbaN°5 Impulsion Relaves Pta. BOMREP05	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2	3	3	High	15,4%	A	
14	Relaves	BbaN°6 Impulsion Relaves Pta. BOMREP06	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2	3	3	High	15,4%	A	
15	Molienda Convencional	Molino De Barras N°04 Seccion 2 MOLBAR04	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	2	2				3	High	14,9%	A	
16	Molienda Convencional	Molino De Barras N°09 Seccion 3 MOLBAR09	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	2	2				3	High	14,9%	A	
17	Molienda Convencional	Molino De Barras N°11 Seccion 4 MOLBAR11	Rotura de cilindro	C-Possible	3	2	2				3	High	14,9%	A	
18	Molienda Convencional	Molino De Barras N°02 Seccion 1 MOLBAR02	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	2	2				3	High	14,9%	A	
19	Servicios e Infraestructura	Lin Alta Tens 110KV Calera Cobr LIN110CC	Incendio	D-Unlikely	2	4	3	2	1	2	4	High	14,9%	A	
20	Planta CPF	Celda De Flotacion Hydrofloat	Falla de válvula de control	C-Possible	3	1			1	2	3	High	14,0%	A	

ANEXO B: MATRIZ DE CRITICIDAD N°21 – N°40

 System Criticality Analysis														
				Inherent Risk Assessment										
N°	Area de Producción	Equipo	Daño Potencial	Frecuencia	Gastos de Capital	Vol. Produc.	Seguridad	Salud	Ambiente (Interno)	Cumpl. Confor m	Valor Domin.	Threshold Risk Band	Risk Ranking	Rango
21	Molienda Convencional	Molino De Bolas N°01 Seccion 1 MOLBOL01	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
22	Molienda Convencional	Molino De Bolas N°03 Seccion 1 MOLBOL03	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
23	Molienda Convencional	Molino De Bolas N°05 Seccion 2 MOLBOL05	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
24	Molienda Convencional	Molino Bolas N°6 Seccion N°2 MOLREM06	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
25	Molienda Convencional	Molino De Bolas N°08 Seccion 3 MOLBOL08	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
26	Molienda Convencional	Molino De Bolas N°10 Seccion 4 MOLBOL10	Rotura de cilindro	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
27	Molienda Convencional	Molino De Bolas 2000 Hp MOLBOL2000	Rotura de cilindro y/o quiebre de corona	C-Possible	3	1	2				3	High	13,5%	A
28	Chancado Primario	Correa Transp 501 De 84 Pulg. CTRAA501	Falla grave en transmisión motor, reductor	C-Possible	2	3			1		3	High	13,5%	A
29	Espesamiento	Espesador N°01 De 20 Metros ESPE0120	Daño grave en eje principal de agitación	D-Unlikely	2	4			3		4	High	13,0%	A
30	Espesamiento	Espesador N°02 De 20 Metros ESPE0220	Daño grave en eje principal de agitación	D-Unlikely	2	4			3		4	High	13,0%	A
31	Chancado Primario	Equipo Supresor Polvo Ch 1Rio SUPRECHAN1	Daños graves en sistema de supresión	C-Possible	1	1			3		3	High	12,0%	A
32	Chancado Secundario	Equipo Supresor Polvo Ch 2°&3° SUPRECHAN	Daños graves en sistema de supresión	C-Possible	1	1			3		3	High	12,0%	A
33	Chancado Secundario	Chanc Terc N°2 Seccion 01 CHASAN02	Falla grave en sistema de aceite presurizado	C-Possible	2	2	2	1			2	Moderate	13,0%	B
34	Chancado Secundario	Chanc Terc N°4 -Seccion 02 CHASAN04	Falla grave en sistema de aceite presurizado	C-Possible	2	2	2	1			2	Moderate	13,0%	B
35	Flotacion Pre-Rougher	Celda Wemco 3000N°01 CEWE3001	Corte de eje agitador	C-Possible	2	2			2		2	Moderate	12,5%	B
36	Flotacion Pre-Rougher	Celda Wemco 3000N°02 CEWE3002	Corte de eje agitador	C-Possible	2	2			2		2	Moderate	12,5%	B
37	Planta CPF	Bomba Alimentacion Pulpa, PP-006	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	1				2	2	Moderate	11,8%	B
38	Planta CPF	Bba Agua Proceso Celda Hydrofloat PP-014	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	1				2	2	Moderate	11,8%	B
39	Planta de Arenas	Bba Giw N°6 Remolienda	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	1				2	2	Moderate	11,8%	B
40	Planta de Arenas	Bba Giw N°5 Remolienda	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	1				2	2	Moderate	11,8%	B

ANEXO C: MATRIZ DE CRITICIDAD N°41 – N°60

 System Criticality Analysis														
				Inherent Risk Assessment										
N°	Area de Producción	Equipo	Daño Potencial	Frecuencia	Gastos de Capital	Vol. Produc.	Seguridad	Salud	Ambiente (Interno)	Cumpl. Confor m	Valor Domin.	Threshold Risk Band	Risk Ranking	Rango
41	Chancado Secundario	Correa Transp 2024 Tripper CTRCN2024	Colapso estructural, caída completa dentro de tolva	D-Unlikely	2	3	3	1			3	Moderate	11,6%	B
42	Planta CPF	Bateria Hc Cavex 650 x 4	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	2	1	1			2	2	Moderate	11,4%	B
43	Planta CPF	Bateria Hc Cavex 500 x 4	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	2	1	1			2	2	Moderate	11,4%	B
44	Filtrado	Correa Transportadora 4002 CTRA4002	Incendio de cinta, por roce con materiales inflamables	C-Possible	1	2	1		2		2	Moderate	11,4%	B
45	Molienda SAG	Correa Transp 3003 De 48 Pulg CTRA3003	Corte de cinta y/o falla de reductor	C-Possible	2	2	1	1			2	Moderate	11,4%	B
46	Chancado Primario	Correa Transportadora 1002 CTRA1002	Caída de estructura completa	D-Unlikely	2	3	3				3	Moderate	11,3%	B
47	Chancado Secundario	Pte Grua Kone N°3 25 T 3 Y 4 PKO03S14	Daño al motor y freno	C-Possible	2	1	2				2	Moderate	10,9%	B
48	Molienda Convencional	Pte Grua Kone 25T Mol Conv PCA02MCO	Daño al motor y freno	C-Possible	2	1	2				2	Moderate	10,9%	B
49	Molienda SAG	Pte Grua N°5 45 Tn Nave Pta SAG PKO05NPS	Daño al motor y freno	C-Possible	2	1	2				2	Moderate	10,9%	B
50	Chancado Secundario	Harnero Sandvik N°1 Sec. N°1 HARSAN01	Colapso estructural	C-Possible	2	2			1		2	Moderate	10,9%	B
51	Chancado Secundario	Harnero Sandvik N°2 Sec. N°1 HARSAN02	Colapso estructural	C-Possible	2	2			1		2	Moderate	10,9%	B
52	Chancado Secundario	Harnero Sandvik N°3 Seccion N°2 HARSAN03	Colapso estructural	C-Possible	2	2			1		2	Moderate	10,9%	B
53	Chancado Secundario	Harnero Sandvik N°4 Seccion N°2 HARSAN04	Colapso estructural	C-Possible	2	2			1		2	Moderate	10,9%	B
54	Molienda SAG	Harnero Principal N°01 Pta. SAG HARSAG01	Daño estructural viga mecanismo	C-Possible	2	2			1		2	Moderate	10,9%	B
55	Molienda SAG	Harnero Principal N°02 Pta. SAG HARSAG02	Daño estructural viga mecanismo	C-Possible	2	2			1		2	Moderate	10,9%	B
56	Piscinas Derrames	Bba Piso N°1 Bcg Gran Pisc BOMP01GRANPI	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2		2	Moderate	10,9%	B
57	Piscinas Derrames	Bba Piscina Perdida BOMREL03	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2		2	Moderate	10,9%	B
58	Piscinas Derrames	Bba. Piso 8 Derrame Relave Pta BOMDERE1	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	2			2		2	Moderate	10,9%	B
59	Servicios e Infraestructura	Bba Red Incendio NN°1 De 2 1/2 BOMRIS01	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	D-Unlikely	1	1	3		3		3	Moderate	10,8%	B
60	Servicios e Infraestructura	Bba Red Incendio NN°2 De 2 1/2 BOMRIS02	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	D-Unlikely	1	1	3		3		3	Moderate	10,8%	B

ANEXOS D: MATRIZ DE CRITICIDAD N°61 – N°80

 System Criticality Analysis														
N°	Area de Producción	Equipo	Daño Potencial	Frecuencia	Inherent Risk Assessment									
					Gastos de Capital	Vol. Produc.	Seguridad	Salud	Ambiente (Interno)	Cumpl. Confor m	Valor Domin.	Threshold Risk Band	Risk Ranking	Rango
61	Servicios e Infraestructura	Circ Cerrado TV Pta El Cobre CIRCERRTV	Daños en tuberías de red incendios	D-Unlikely	1	1	3		3		3	Moderate	10,8%	B
62	Filtrado	Bba Giw N°1 Aliment Filt Fls BOM1ALFLS	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	2					2	Moderate	10,8%	B
63	Filtrado	Bba N°2 Aliment Filtro Fls BOM2ALFLS	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	2					2	Moderate	10,8%	B
64	Molienda Convencional	Bba Remolienda N°1 BOMREM7A	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	2					2	Moderate	10,8%	B
65	Molienda Convencional	Bba Remolienda N°2 BOMREM7B	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	B-Likely	1	2					2	Moderate	10,8%	B
66	Planta CPF	Bomba Alimentacion Pulpa, PP-004	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1	1	1		2	2	Moderate	10,2%	B
67	Planta CPF	Hidrociclon Desaguador BH-005	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	1	1	1		1	2	2	Moderate	10,2%	B
68	Planta CPF	Hidrociclon Desaguador BH-003	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	1	1	1		1	2	2	Moderate	10,2%	B
69	Planta CPF	Hidrociclon Desaguador BH-004	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	1	1	1		1	2	2	Moderate	10,2%	B
70	Flotacion Columnar	Celda De Flotacion Column°. 01 CELCOL01	Daños grave estructural, derrame de concentrado al ambeinte	D-Unlikely	2	2			3		3	Moderate	9,9%	B
71	Flotacion Columnar	Celda De Flotacion Column°. 02 CELCOL02	Daños grave estructural, derrame de concentrado al ambeinte	D-Unlikely	2	2			3		3	Moderate	9,9%	B
72	Chancado Secundario	Correa Transp Larga 2012 CTLC2012	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
73	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2012-A CTRA2012A	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
74	Chancado Secundario	Correa Transp 2002 De 40 Pulg CTRC2002	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
75	Chancado Secundario	Correa Transp 2007 De 40 Pulg CTRC2007	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
76	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2008 CTRC2008	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
77	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2009 CTRC2009	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
78	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2010 CTRC2010	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
79	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2011 CTRC2011	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
80	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2013 CTRC2013	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B

ANEXO E: MATRIZ DE CRITICIDAD N°81 – N°100

 System Criticality Analysis														
N°	Area de Producción	Equipo	Daño Potencial	Inherent Risk Assessment										
				Frecuencia	Gastos de Capital	Vol. Produc.	Seguridad	Salud	Ambiente (Interno)	Cumpl. Confor m	Valor Domin.	Threshold Risk Band	Risk Ranking	Rango
81	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2014 CTRC2014	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
82	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2019-A CTRA2019A	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
83	Chancado Secundario	Correa Transp 2003 De 40 Pulg CTRC2003	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
84	Chancado Secundario	Correa Transp 2005 De 40 Pulg CTRC2005	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
85	Chancado Secundario	Correa Transp 2006 De 36 Pulg CTRC2006	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
86	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2017 CTRC2017	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
87	Chancado Secundario	Correa 2017 A Alim. Harnero 3 CTRC2017A	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
88	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2018 CTRC2018	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
89	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2019 CTRC2019	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
90	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2020 CTRC2020	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
91	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2021 CTRC2021	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
92	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2022 CTRC2022	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
93	Chancado Secundario	Correa Transportadora 2023 CTRC2023	Corte de cinta y/o falla de reductor	B-Likely	1	1	1	1			1	Moderate	9,6%	B
94	Planta CPF	Bomba De Piso N1, PP-215	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1			1	2	2	Moderate	9,6%	B
95	Planta CPF	Bomba De Piso N2, PP-216	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1			1	2	2	Moderate	9,6%	B
96	Planta de Arenas	Bateria De 12 Cicl Flotacio 7SFLBAHCIMFA	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	1	1			1	2	2	Moderate	9,6%	B
97	Planta de Arenas	Bateria De 3 Ciclones Remol 7SFLBAHC3FA	Daño simultaneo ciclones, rotura de Manifold de distribución	C-Possible	1	1			1	2	2	Moderate	9,6%	B
98	Molienda SAG	Correa Transp 3002 De 30 Pulg CTRA3002	Corte de cinta y/o falla de reductor	C-Possible	1	2	1	1			2	Moderate	9,6%	B
99	Filtrado	Correa Alimt 4005 A Correa 4006 CTRA4005	Corte de cinta y/o falla de reductor	C-Possible	1	2	1	1			2	Moderate	9,6%	B
100	Filtrado	Correa Trans 4006 a Correa 4005 CTRA4006	Corte de cinta y/o falla de reductor	C-Possible	1	2	1	1			2	Moderate	9,6%	B

ANEXO F: MATRIZ DE CRITICIDAD N°101 – N°120

 System Criticality Analysis														
				Inherent Risk Assessment										
N°	Area de Producción	Equipo	Daño Potencial	Frecuencia	Gastos de Capital	Vol. Produc.	Seguridad	Salud	Ambiente (Interno)	Cumpl. Confor m	Valor Domin.	Threshold Risk Band	Risk Ranking	Rango
101	Molienda Convencional	Correa Transportadora 2004 CTRM2004	Corte de cinta y/o falla de reductor	C-Possible	1	2	1	1			2	Moderate	9,6%	B
102	Piscinas Derrames	Monorr Bba. Piso Nvo Relav Fin MABBPFRN	Daño al motor y freno	C-Possible	1	1	1		2		2	Moderate	9,6%	B
103	Planta de Cal	Bomba N° 1 Distribución de Cal BOMCAL01	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1	1	2			2	Moderate	9,6%	B
104	Planta de Cal	Bomba N° 2 Distribución de Cal BOMCAL02	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1	1	2			2	Moderate	9,6%	B
105	Chancado Primario	Correa Transp 502 De 84 Pulg. CTRAA502	Falla grave en transmisión motor, reductor	D-Unlikely	2	3			1		3	Moderate	9,0%	B
106	Chancado Secundario	Captador De Polvo Seccion 2	Daños graves en sistema de supresión	D-Unlikely	1	2			3		3	Moderate	9,0%	B
107	Chancado Secundario	Captador De Polvo Seccion 1	Daños graves en sistema de supresión	D-Unlikely	1	2			3		3	Moderate	9,0%	B
108	Planta CPF	Bomba Impulsion Relaves, PP-010	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
109	Planta CPF	Bomba Alimentacion Pulpa, PP-015	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
110	Planta CPF	Bomba Alimentacion Pulpa PP-016 Warman	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
111	Planta CPF	Bomba Alimentacion Pulpa PP-017 Warman	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
112	Planta CPF	Bomba Impulsion Concentrado, PP-008	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
113	Planta CPF	Bba Agua Lavado y Dilucion Cubas, PP-012	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
114	Planta CPF	Bomba Agua de dilucion Cuba, PP-018	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
115	Planta de Arenas	Bba Giw N°2 Alimentación Arenas	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
116	Planta de Arenas	Bba N°3 Contentrado Arenas	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
117	Planta de Arenas	Bba N°4 Contentrado Arenas	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
118	Planta de Arenas	Bba Giw N°1 Alimentación Arenas	Rotura de carcasa y/o cuerpo de bomba	C-Possible	1	1				2	2	Moderate	8,9%	B
119	Chancado Primario	Pte Grua N°4 Plat.DescCh.1Rio PKO04CHP	Daño al motor y freno	C-Possible	1	1	2				2	Moderate	8,9%	B
120	Chancado Secundario	Aliment De Banda N°.02 Chancado CTALIM02	Caida de estructura completa	C-Possible	1	2			1		2	Moderate	8,9%	B

ANEXO G: TABLA DE CONSECUENCIAS MATRIZ ANGLOAMERICAN

AngloAmerican			Risk Assessment - Risk Determination										
			Consequence Table										
			Consequence Categories										
			Operational (Economic) Consequences					Social and Environmental (non-economic) Consequences					
			Capital Expenditure	Project Schedule	Operating cost	Production volumes	Revenue	Safety	Health	Environmental	Community (Measured or Perceived)	Conformance / Compliance	Reputation
Consequence Ranking	1	Minor	Impact on capital expenditure < 1.6%	Impact on schedule < 2.5%	Impact on operating costs < 0.6%	Impact on production < 0.6%	Impact on revenue < 0.25%	Low level short term subjective inconvenience or symptoms. Typically a first aid and no medical treatment.	Reversible health effects of little concern, requiring first aid treatment at most. Can include minor irritations of eyes, throat, nose and/or skin, or minor unaccustomed muscular discomfort	Near-source confined and promptly reversible impact (typically a shift) e.g. noisier/dirtier that is identified and changed out in a shift or small hydrocarbon spill on hardstand area Rank 2 if offsite	Temporary and minor social impact in a local community. Tangible expressions of mistrust amongst a few community members. Key civil or political stakeholders express dissatisfaction informally	Non-conformance with internal requirement with very low potential for impact. Non-compliance with external/community commitment goes unnoticed by external party/parties, requiring minimal effort to correct.	Community complaint resolved via existing site procedures. Impact on reputation of several work areas within the operation. One off public exposure in local media, word of mouth or local mythologies.
	2	Medium	Impact on capital expenditure 1.6% - 5%	Impact on schedule 2.5% - 7.5%	Impact on operating costs 0.6% - 2.5%	Impact on production 0.6% - 2.5%	Impact on revenue 0.25% - 1%	Reversible injuries requiring treatment, but does not lead to restricted duties. Typically a medical treatment.	Reversible health effects of concern that would typically result in medical treatment. Can include temperature effects; travel effects; stress and sunburn	Near source confined and short-term reversible impact (typically a week) e.g. dust event where visible dust is observed from site or a reoccurring issue Rank 3 if offsite	Temporary and significant social impact in a local community or temporary and insignificant social impact in a regional community. Community members or key civil/ political stakeholders formally express dissatisfaction	Non-compliance with external or non-conformance with internal requirement with low potential for impact. Non-compliance with community commitment, requiring limited effort to correct.	Impact on reputation of Business Unit. Significant public exposure in local media.
	3	Serious	Impact on capital expenditure is 5% - 10%	Impact on schedule is 7.5% - 15%	Impact on operating costs is 2.5% - 7.5%	Impact on production is 2.5% - 7.5%	Impact on revenue is 1% - 3.5%	Reversible injury or moderate irreversible damage or impairment to one or more persons. Typically a lost time injury.	Severe reversible effects of concern that would typically result in a lost time illness. Can include acute/short-term effects associated with extreme temperature effects; or musculo-skeletal effects; vibration effects; nervous system effects; some infectious diseases; and non-falciparum malaria	Near source confined and medium-term recovery impact (typically a month) e.g. large spill or contamination into PWCS water management system that requires clean up or equipment failure resulting in a loss of yard sprays Rank 4 if offsite	Permanent and significant social impact in a local community or temporary and significant social impact in a regional community. Formal expressions of mistrust amongst community members or key civil/political stakeholders that threaten to oppose site operations	Non-compliance with external or non-conformance with internal requirement with moderate potential for impact. Moderate penalties for breach of legislation, contract, permit or licence. Non-compliance with community commitment reported formally, requiring significant effort to correct.	Impact on reputation of Product Group. Comment from national NGO which impacts credibility with neighbours/regional government. Public exposure in national media.
	4	Major	Impact on capital expenditure is 10% - 30%	Impact on schedule is 15% - 45%	Impact on operating costs is 7.5% - 15%	Impact on production is 7.5% - 15%	Impact on revenue is 3.5% - 7%	Single fatality and/or severe irreversible damage or severe impairment to one or more persons.	Single fatality or irreversible health effects or disabling illness. Can include effects of suspected carcinogens, mutagens, teratogens and reproductive toxicants, progressive chronic conditions and/or acute/short-term high risk effects.	Impact that is unconfined and requiring long-term recovery, leaving residual damage (typically years) e.g. large oil spill into the harbour. Rank 5 if offsite	Permanent and significant social impact in a regional community. Formal expressions of mistrust amongst most community members or key civil/political stakeholder that actively oppose site operations	Breach of licences, legislation, regulation or repeated non-compliance with high potential for prosecution. Breach of contract with significant penalty clauses imposed. Systemic non-conformance with Anglo American standards with high potential for impact. Breach of community commitment with high potential to cause business interruption, requiring significant effort to correct.	Impact on reputation of Anglo American. Comment from international NGO. Public exposure in international media.
	5	Catastrophic	Impact on capital expenditure is > 30%	Impact on schedule is > 45%	Impact on operating costs is > 15%	Impact on production is > 15%	Impact on revenue is > 7%	Multiple fatalities or permanent damage to multiple people.	Multiple fatalities or serious disabling illness to multiple people. Can include effects of known human carcinogens, mutagens, teratogens, reproductive toxicants, and life-threatening respiratory sensitisation and falciparum malaria.	Impact that is widespread – unconfined and requiring long-term recovery, leaving major residual damage (typically years) e.g. spill into the harbour that is continuous and unable to be controlled.	Permanent and significant social impact in a regional community with widespread loss of trust across the community and major civil/political stakeholder that actively oppose and get others to oppose site operations	Suspended or severely reduced operations imposed by regulators. Breach of community commitment results in direct loss of established consents with widespread secondary effects.	Severe impact on reputation of Anglo American. Severe prolonged comment from international NGO. Greater than three years public exposure in international media.

ANEXO H: PROCEDIMIENTO ASSET CRITICALITY ASSESSMENT

Detailed Procedure	T&S – AS&R Strategy & Reliability	Asset Criticality Assessment	ISSUE 1 21.02.2020
			COMPANY CONFIDENTIAL

1 INTRODUCTION – ASSET CRITICALITY ASSESSMENT

The scope of this document is to guide the activities required to execute the Asset Criticality Assessment (ACA) sub-step of the Anglo American [Asset Tactics Development Process](#).

2 ASSET CRITICALITY ASSESSMENT IN EXCEL

1. Locate the latest Excel file for "AA Criticality Assessment" designed by Anglo American to carry out the ACA.
2. Next, the team and anyone participating in the activity must become familiar with the Consequence Table (Consequence Ranking vs Consequence Categories) and the Risk Determination Matrix (Likelihood vs Consequence Impact) located on the Risk Assessment Matrix tab.

Recommendations:

- Print out hard copies of the Matrices so the activity participants can refer to the document.
 - The risk matrix includes detailed descriptions for the "Likelihood" and "Consequence" category levels. Each category has five levels.
3. Next, review the operation Inherent Risk Assessment values located on the tab System Criticality Schedule of the MS Excel file.

Recommendations:

- Make sure before the activity that the information on this table is up to date for your operation, and that is complete.
4. Compile all the asset information, which explains how the equipment will be used, the required levels of performance and relevant considerations. This information will support the correct understanding of equipment failure consequences and their impact on the business.
 5. Locate the adjacent systems to the new asset (for example crushing, screening or flotation plants) to be analysed on this table and ensure everyone on the activity clearly understands the Existing/Potential Hazards associated to those existing systems, their inherent risk assessment and their Criticality Analysis Results (for example know if the grinding circuit has a higher criticality than the process water system).
If the project involves the installation of a completely new system, the activity should include adding this new system to the table with its corresponding risk assessment and criticality analysis result.
 6. Next, move to the Asset Criticality Schedule tab on the MS Excel file and break down the system into the individual components and sub-components. For each of the sub-components identified, complete the excel spreadsheet.

Recommendations:

- The asset criticality scores are not determined directly to the component but to a failure event that is likely to occur, including events that haven't happened yet. For each failure, two characteristics need to be understood and defined.
 - The likelihood of occurrence is estimated, based on the category levels defined in the tool.

Detailed Procedure	T&S – AS&R Strategy & Reliability	Asset Criticality Assessment	ISSUE 1 21.02.2020
			COMPANY CONFIDENTIAL

- All potential consequences are assessed for both economic and non-economic elements.
 - The criticality score is determined by the likelihood of the event to occur, and the highest consequence category level selected, in line with the AOM process. A percentile score is also produced to provide a higher level of granularity of the results, which provides much better support for the daily decision process for the Asset Management activities.
 - The financial elements of the definitions need to be calculated, based on the indicated percentages, to reflect relevant site-specific conditions. Only the applicable consequence categories are scored, leaving the others blank.
 - During the workshop, present an outline of the purpose and objectives of the criticality review. Outline and discuss the operating context for the area to be reviewed and the criticality parameters. Provide participants with the scope and overview of the criticality review process and outline the criticality rating system.
 - Appropriate time should be spent interrogating the workshop objectives and process, particularly the consequence rating system. It is important to ask participants to provide comment and discuss the rating system to ensure that it is appropriate.
 - The likelihood and consequences of a given risk should be evaluated based on the current unmitigated (inherent) conditions; meaning that no control measures should be considered, including scheduled tasks and any spares. Therefore, ensuring that the activity provides a baseline for defining the requirements for asset tactics.
 - Although the matrix contains eleven consequence categories, the assessment team will score only the ones that are relevant for each event.
7. The results of the ACA need to be syndicated to the teams and approved by the managers. Once approved, they are to be recorded for each maintainable item identified and used as a key prioritisation indicator for the Asset Management process.

2.1 Excel Criticality Assessment Tool

A criticality analysis needs to be conducted when designing a new piece of equipment, before commissioning a new asset, when the business operating context changes, and at pre-scheduled intervals to ensure that the tactics are always optimised and effective. Before determining what tactics are required, the criticality of the asset and its components needs to be understood and ranked.

A review of the defined Criticality Matrix Parameters is required to ensure that the criticality assessment criteria (consequence categories and likelihood) and their scoring assignment match the site operating context and business strategy.

The parameters for likelihood and consequence categories are pre-defined. The percentages shown on the economic category level descriptions should be replaced by dollar and production loss tonne values for the site. It is essential to complete this step before the criticality assessment starts to avoid delays during the workshops.

The same must be used for all areas across the site, allowing for a comparison of criticality scores across the whole asset, e.g. how the criticality of a truck engine compares to a conveyor motor.

Detailed Procedure	T&S – AS&R Strategy & Reliability	Asset Criticality Assessment	ISSUE 1 21.02.2020
			COMPANY CONFIDENTIAL

Consequence Analysis

The consequences of a potential asset failure event must be listed as the starting point of the ACA. These consequences depend on the organisation's vision, mission, strategies and asset performance requirements. These are all important considerations as an Asset can only be critical to delivering an objective or goal.

Risk Analysis

The risk of failure can only be quantified through the potential impact of that failure on the organisation goals. Assets have no inherent criticality as there is no risk without consequence. The ACA is always determined for unmitigated (inherent) risks, which is also called an inherent risk. None of the existing or proposed control measures is not to be considered in the selection of the category levels, with the assumption that the asset is operated with no tactics and no spares holding. Existing protection devices can be considered, without any tactics for them as well.

Criticality Risk Scores

The physical asset criticality scores are grouped into four classes:

1. Low - risks are below the risk acceptance threshold and do not require active management
2. Moderate - risks lie on the risk acceptance threshold and require active management
3. High - risks exceed the risk acceptance threshold and require proactive management
4. Critical - risks significantly exceed the risk acceptance threshold and need urgent and immediate attention

Risk Ranking

The ACA tool calculates a percentile score for the asset or component criticality as the combined result of the event likelihood and all the applicable consequence types. A square root average calculation is applied to determine the overall risk of the event, as per in the tool.

$$\text{Failure event} \Rightarrow \sqrt{\sum(\text{consequence} \times \text{likelihood})} = \text{criticality score percentile}$$

3 ASSET CRITICALITY ASSESSMENT IN RYLSO8

1. Log into Rylson8 system using the provided credentials.

Recommendations:

- Any issues or difficulties logging into Rylson8, contact your site Rylson8 representative or refer to the Rylson8 user manual.

2. Navigate to the Maintainable Item tab on Rylson8 Hierarchy structure view.

If the Maintainable Item does not exist in the Plant Hierarchy structure, create it in the Sandbox as a new entity.

Recommendations:

Refer to the Rylson8 Enterprise Manual for assistance on how to create a Maintainable Item in the Sandbox.

3. Select the Maintainable Item tab on the Hierarchical navigation pane and click on the Criticality Analysis function.

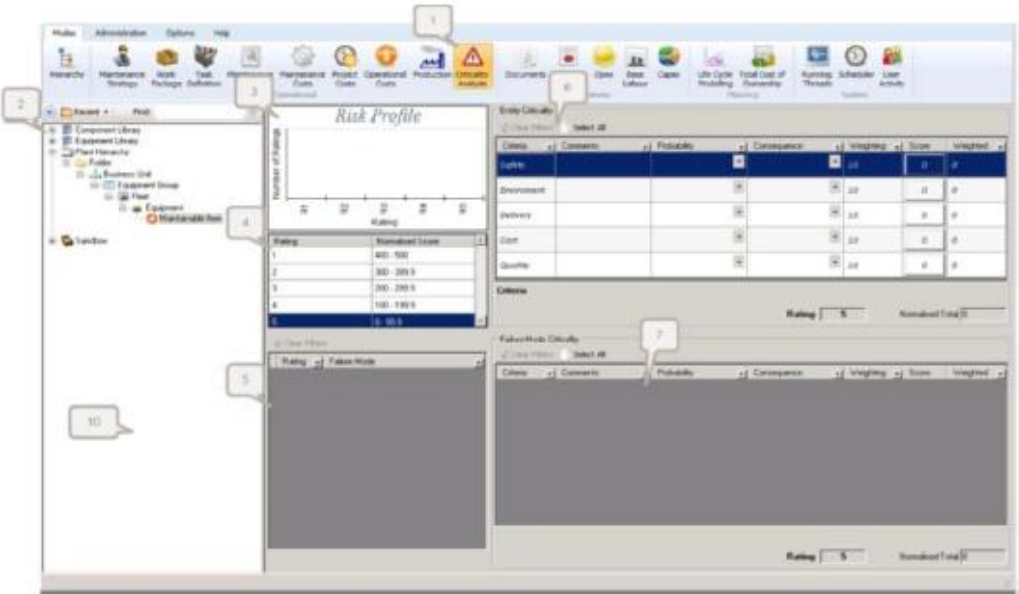


Figure 1. Rylson8 Criticality Analysis Function Screenshot

The rylson8 Criticality Analysis function includes the following sections:

Table 1. Rylson8 Criticality Analysis Function Screenshot sections

No.	Name	No.	Name	No.	Name
1	Criticality Analysis Mode	4	Risk Profile Rating Table	7	Failure Mode Criticality
2	Hierarchy	5	Failure Mode Risk Profile		
3	Risk Profile Chart	6	Entity Criticality		

Recommendations:

- During the workshop, it is recommended that a hard copy of the Risk Assessment Matrix is given to each participant.

Risk Determination Matrix						
Multiply Each Consequence Ranking with a Likelihood Ranking		Consequence Impact				
		1 - Minor	2 - Medium	3 - Serious	4 - Major	5 - Catastrophic
Likelihood	A - Almost Certain	Moderate	High	Critical	Critical	Critical
	B - Likely	Moderate	High	High	Critical	Critical
	C - Possible	Low	Moderate	High	Critical	Critical
	D - Unlikely	Low	Low	Moderate	High	Critical
	E - Rare	Low	Low	Moderate	High	High

Figure 2. Risk Determination Matrix

Detailed Procedure	T&S – AS&R Strategy & Reliability	Asset Criticality Assessment	ISSUE 1 21.02.2020
			COMPANY CONFIDENTIAL

3.1 Elements of the Rylson8 tool

Equipment Hierarchy Structure

Before conducting an ACA, it is necessary to clearly define the equipment to be considered to ensure there is no overlaps or omissions in the work to follow. The structure should accurately reflect the existing Technical Object Structure in SAP AOP and includes:

- System boundary conditions
- Components and sub-components

Event

Event is a description of the worst-case scenario (highest risk) failure event likely to occur to the item being assessed. If that's not clearly understood, more than one scenario might need to be evaluated to confirm the highest risk objectively. It is advised to limit to no more than three scenarios.

For example, if the subprocess area being reviewed is crushing and conveying prior to a milling process, then one of the significant failure events could be a catastrophic collapse of the conveyor structure. The details of the failure modes and their risks will be defined in the subsequent loops of the work at equipment and component criticality.

Current controls and other documents

For each item being reviewed, identify the controls that are currently in place, which might include scheduled inspections, schedule replacements and any spares. These controls will be used as a reference to identify non-acceptable business risks that need to be addressed urgently. Actions may include more detailed analysis of the maintenance program, provision of redundancy, hot spare or even isolation. These activities may also bring focus on other associated areas, not strictly in the domain of reliability engineering, such as:

- Engineering Design change
- Fault Detection design
- Isolation design
- Safety and Hazards analyses
- Logistics support

These controls are only informative and cannot be used to determine the unmitigated (inherent) likelihood and consequences of each failure event. Add any other comments required to describe the failure event and consequences.

Consequences

Determine the consequence category levels of the failure event and assign a rating using the criteria descriptions as provided. The definitions must be the same for all areas being assessed across the whole site. This will allow for correct criticality comparisons between different areas. Categories that are not relevant to the failure event should be left blank (do not enter a 0).

Detailed Procedure	T&S – AS&R Strategy & Reliability	Asset Criticality Assessment	ISSUE 1 21.02.2020
			COMPANY CONFIDENTIAL

Entity Criticality

Clear Filters

Select All

Criteria	Comments	Probability	Consequence	Weighting	Score	Weighted
Safety				10	0	0
Operational				8	0	0
Environmental				1	0	0
Costs				8	0	0

Figure 3. Rylson8 Entity Criticality data grid screenshot

The categories (Criteria Column) to be assessed are:

- Financial
 - Capital cost – consequence levels defined as a percentage of the total capital expenditure at the site, for one year.
 - Operational Cost – consequence levels defined as a percentage of the total operational cost of the whole site, in one year.
 - Production – consequence levels defined as a percentage of the total production volume of the site, in one year. ROM (Run of Mine) should not be used as a reference.
 - Revenue – consequence levels defined as a percentage of the total revenue of the site, in one year. This category is only used to reflect failure event impact on the quality of the final product that causes a reduction in the sales price.
- Non-Financial
 - Safety – immediate consequences of the failure event on the safety of the site personnel. This includes events such as first aid treatment, injuries and fatalities.
 - Health – consequences to the health of the site personnel that occurs after the failure event, particularly in the long term. Including events such as hearing impairment, respiratory diseases, cancer and long term back problems.
 - Environmental – consequences of the failure event to the environment. The tool has two columns to describe the environmental consequences. One is used for internal consequences and the other for external consequences. The highest score should be selected.
 - Community – Impact of the failure event on the local and regional communities. The tool has two columns to describe the community category of consequences. One is used for measured consequences and the other for perceived consequences. The highest score should be selected.
 - Compliance – the impact of the failure event on any applicable internal or external regulations, laws, standards and procedures.
 - Reputation – the impact of the failure event on the reputation of the business, at local, national and global levels. These consequences will almost invariably have a negative influence on AA share prices.

Likelihood

The likelihood is an estimate of the chance that an item of equipment or process area will experience the failure event identified. It is usually defined as a period in which one occurrence of the event would take place. The period could be more extended than the site or asset life, given that it is used as an indication of the probability of occurrence.

	Likelihood	Likelihood Description	Frequency	Substance Exposure
A	Almost certain	Recurring event during the lifetime of an operation/ project	Occurs more than twice a year	Frequent (daily) exposure at > 10 x OEL
B	Likely	Event that may occur frequently during the lifetime of an operation/project.	Typically occurs once or twice a year	Frequent (daily) exposure at > OEL
C	Possible	Event that may occur during the lifetime of an operation/project.	Typically occurs in 1 – 10 years	Frequent (daily) exposure at > 50% of OEL Infrequent exposure at > OEL
D	Unlikely	Event that is unlikely to occur during the lifetime of an operation/project.	Typically occurs in 10 – 100 years	Frequent (daily) exposure at > 10% OEL Infrequent exposure at > 50% of OEL
E	Rare	Event that is very unlikely to occur during the lifetime of an operation/project.	Greater than 100-year event	Frequent (daily) exposure at < 10% of OEL Infrequent exposure at > 10% of OEL

Figure 4. Likelihood Table

The likelihood is a function of both the probability and exposure, e.g. the pressure release of toxic gas may occur about every six months, but if the vent valve is in an area that no one can access the exposure is extremely low. So, the likelihood of the consequence (someone being poisoned) would be rare to never, even though the event can occur two times a year.

The numbers included in the tool should not be changed as they are based on industry well-established practices. The maximum threshold used for the rare category level is 100 years. These values should be maintained as they are widely tested in the industry. Lower numbers will artificially underestimate the asset criticality scores.

Risk Profile Chart

In Rylson8 the risk profile is calculated automatically once the Entity and or Failure Mode criticality have had values for each criteria filled in and saved. The risk profile then uses the following summed weighted score bands to rank the criticality of the Entity and Failure Modes:

- 1. A score between 400 and 500 equates to a criticality code of 1
- 2. A score between 300 and 399.99 equates to a criticality code of 2
- 3. A score between 200 and 299.99 equates to a criticality code of 3
- 4. A score between 100 and 199.99 equates to a criticality code of 4
- 5. A score of less than 100 equates to a criticality code of 5

Two types of results are determined:

- Criticality categories, defined as per the AAOM
- Percentile score calculates for the combined result of all selected consequences.

You can view the Risk Profile by selecting any entity in the Plant Hierarchy tree. This profile shows a Pareto analysis indicating the total number of equipment and/or components in each rating band in the sub-tree for the selected entity. The capability to choose anywhere within the plant hierarchy means you can drill down and find the most critical assets.

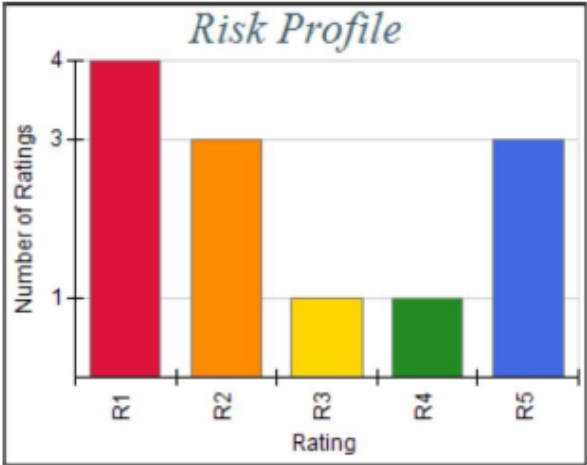


Figure 5. Risk Profile Chart

Pareto chart

The percentile scores are then used to establish the relative criticality of each asset and component and support decisions on all Asset Management disciplines. Sort the list of equipment and components by the calculated criticality percentile ratings, from highest to lowest.