

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

**PROPUESTA DE MEJORA A LA GESTIÓN DE INVENTARIO EN EL
GPR CRITICO DE AZA PLANTA RENCA**

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

Alumno:

Alberto Ignacio Arancibia Quiroz

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González



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: Propuesta de mejora en la gestión de inventario a AZA Planta Renca

Nombre del candidato(a): Alberto Ignacio Arancibia Quiroz

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento industrial con licenciatura en Ingeniería

Campus: Viña del Mar ; **Departamento:** Departamento de Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carlos Andres Baldi Gonzales, 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

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:

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: 18/06/2024

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 18/06/2024

; 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.

2025

RESUMEN

KEYWORDS: PROPUESTA DE MEJORA, GESTIÓN DE INVENTARIO, METODOLOGÍAS

En este trabajo de título se sugieren una serie de propuestas de mejora principalmente al manejo de inventario en zona crítica de aceros AZA Planta Renca, se realizó un estudio de la situación actual, identificando costos asociados al TTR (tiempo total de reparación) determinando como zona crítica de estudio la parrilla de enfriamiento.

El primer capítulo ofrece una visión global de la compañía, detallando su entorno laboral y estableciendo la magnitud del proyecto. Se detectó un problema principal vinculado con los gastos financieros resultantes de las averías en el equipo. Para reducir estos riesgos, se llevó a cabo un estudio minucioso de las áreas críticas y su estado actual, estableciendo de esta manera el fundamento para la elaboración de la propuesta.

En el capítulo dos, se examinaron varias técnicas que podrían aplicarse a equipos esenciales. Se optó por la metodología más apropiada y se realizó el cálculo del almacenamiento mínimo y de seguridad para los repuestos esenciales en el área de laminación, además de implementar el desarrollo de las técnicas a emplear.

En última instancia, el tercer capítulo expone los hallazgos técnicos de la propuesta, valorando su factibilidad y estimando el efecto económico previsto. Se evidencia que la puesta en marcha de estas mejoras puede disminuir considerablemente los periodos de parada, incrementar la productividad y minimizar los gastos asociados al mantenimiento. Además, se examina cómo esta propuesta ayuda a reducir los riesgos vinculados a la administración de inventarios.

Tras el estudio efectuado, se deduce que el estado actual de la administración de inventario en la zona crítica de Aceros AZA Renca ofrece considerables posibilidades de mejora, además de las propuestas de mejoras se sugirió un plan de acción para llevar a cabo siendo principales acciones ligadas a un inventario eficiente y el manejo

exhaustivo de los niveles de stock. Es crucial subrayar que la ejecución de este plan es un proceso constante y dinámico, cuando las condiciones operativas varíen y se adquiera nueva información, será imprescindible hacer modificaciones y actualizaciones al sistema de administración de inventario para asegurar su efectividad a largo plazo.

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de título se lo quiero dedicar a mi abuelita Sara Tapia que debe estar orgullosa mirándome del cielo. A mis padres Carlos y Dora los cuales han hecho lo imposible por darme estudios y guiarme por un buen camino donde lo que más anhelan es que me gradúe de ingeniería, además, a mi hermano Carlos por siempre apoyarme en todo lo que he necesitado y ser un ejemplo como hermano mayor.

Por otra parte, me gustaría dedicar este trabajo de titulación a Mayra Mateluna por apoyarme durante el período de estudio siendo uno de los pilares fundamentales para seguir adelante y apoyarme durante todo momento.

También quisiera dedicar este trabajo a mi familia de Viña del Mar a mi tía Erica y mi primo Gustavo por apoyarme y aconsejarme siempre, ayudándome a mantener el foco, estoy muy agradecido de ellos.

Por último, quisiera agradecer a los profesores de la Universidad, aparte de ser buenos profesionales con conocimientos sólidos y excelentes competencias, nos guían a ser buenos ingenieros y por otra parte a ser mejores personas, especialmente a los profesores Félix Pizarro, Carlos Baldi, Cristian Cuadra, Carlos Parra, Vanesa Mella, Pablo Duque y entre otros profesores.

ÍNDICE

RESUMEN	4
DEDICATORIA	5
SIGLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	11
1.1 Antecedentes generales	12
1.1.2 Misión, visión y valores corporativos	12
1.1.3 Alcance del proyecto	13
1.1.4 Descripción de la empresa	13
1.5 Ubicación de las plantas	15
1.5.1 Planta AZA Renca	15
1.5.2 Planta AZA Colina	16
1.6 Tecnología y Procesos Operativos	17
1.7 Análisis SIPOC	19
1.8 Productos y sostenibilidad	23
1.9 Impacto económico	25
1.10 Problemática	28
1.11 Interrupciones últimos 3 años	29
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA A UTILIZAR	34
2.1 Gestión del Inventario	35
2.2 Metodología a utilizar	36
2.3 Costos de inventarios y riesgos por indisponibilidad	42
2.4 Metodología ABC para la gestión de inventario	44
2.5 Disciplinas dentro de organización	48

2.6 Equipos críticos	50
2.7 Grafica ABC parrilla de enfriamiento	52
2.8 Calculo de stock mínimo	55
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN Y RECOMENDACIONES	61
3.1 Evaluación de la viabilidad técnica	62
3.2 Codificación de repuestos	66
3.3 Impacto económico	68
3.4 Propuestas de mejora	70
3.5 Plan de acción	71
3.6 Recomendaciones adicionales	73
Conclusión	75
Bibliografía	76

SIGLAS

A. SIGLAS

GPR: Grupo de partes y repuestos de Aceros AZA

S.A: Sociedad Anónima

ASTM: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales.

ISO: Organización internacional de estandarización

TTR: Tiempo total de reparación.

ABC: Clasificación basada en actividades

EOQ: Economic Order Quantity

JIT: Just intime (Justo a tiempo)

ERP: Enterprise Resource Planning (planificación de recursos empresariales)

KPI: Indicador Clave de Desempeño.

MRP: Planificación de Requerimientos de Materiales

INTRODUCCIÓN

La gestión de inventario constituye un conjunto de operaciones fundamentales para garantizar la continuidad del proceso productivo, reduciendo los tiempos de espera generados por interrupciones relacionadas con el mantenimiento y la falta de insumos críticos. Una gestión eficiente del inventario no solo mitiga costos derivados de impactos operacionales, sino que también asegura el cumplimiento de metas estratégicas tanto a nivel organizacional como empresarial. Es un pilar clave para optimizar los recursos, garantizar la disponibilidad de materiales esenciales y minimizar riesgos asociados a paradas no programadas.

Para lograr una gestión efectiva, es imprescindible mantener las actividades de control de inventario actualizadas y alineadas con las necesidades operativas. La correcta codificación de repuestos y el conocimiento detallado de aquellos considerados críticos son herramientas esenciales para tomar decisiones basadas en datos confiables y análisis de criticidad. Este enfoque permite priorizar recursos, optimizar procesos y garantizar la continuidad de las operaciones sin interrupciones innecesarias.

El primer paso en este proceso es realizar una evaluación exhaustiva de la situación actual, identificando brechas y falencias en el sistema de inventario. Donde en este proceso identificamos un impacto operacional significativo, alrededor de USD 796.392 en aproximadamente 1 año y medio, donde se identificaron las zonas que representan la mayor pérdida económicamente, siendo estas zonas, la parrilla de enfriamiento con USD 204.120 y el tren acabador con USD 202.338 además, la jefatura solicitó que se realizara una actualización del GPR debido a la falta de codificación y jerarquización de los activos y zonas. Este diagnóstico inicial proporciona una base sólida para diseñar propuestas de mejora y estructurar un plan de acción que implemente las medidas necesarias para optimizar la gestión. Dicho plan debe ser adaptable y estar basado en indicadores clave que permitan medir su impacto y sostenibilidad en el tiempo.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la gestión de inventario y el Grupo de Partes y Repuestos (GPR) del área de laminación de AZA Renca. El propósito es evaluar las problemáticas actuales y desarrollar propuestas de mejora que respondan a las necesidades específicas de la organización. A través de un enfoque basado en planes de acción, se busca abordar las no conformidades detectadas en los procesos de

inventario y garantizar su alineación con las exigencias operativas y estratégicas de la empresa.

OBJETIVO GENERAL

Proponer mejoras a la gestión de inventario a zona crítica del área de laminación Planta Renca AZA, mediante metodologías de gestión de inventario, actualizando el inventario actual y la criticidad del grupo de parte y repuesto (GPR) mitigando riesgos asociados a impacto operacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar la problemática actual que ocurre dentro de la gestión de inventario del área de laminación AZA Renca evaluando posibles metodologías de gestión de suministros, estableciendo el enfoque de la propuesta.

Analizar las zonas, activos y repuestos críticos, mediante metodología de gestión de inventario, obteniendo una jerarquización de los repuestos y activos según su nivel de criticidad.

Evaluar los resultados obtenidos de la propuesta de mejora técnica y económicamente, mediante la comparación de resultados, generando de esta manera un plan de acción y mejoras para la gestión de inventario.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes generales

AZA S.A es una empresa chilena dedicada a la producción y comercialización de productos de acero. Fundada en 1953, se ha consolidado como uno de los principales proveedores de acero en Chile. La compañía se especializa en la fabricación de barras de refuerzo para la construcción, perfiles estructurales y otros productos de acero laminado. Además, Aceros AZA se destaca por su compromiso con la sostenibilidad, reciclando chatarra metálica para producir sus productos, lo que contribuye a la economía circular y a la reducción de la huella de carbono, a continuación, se mostrará en la figura 1-1 la imagen corporativa de AZA. S.A:

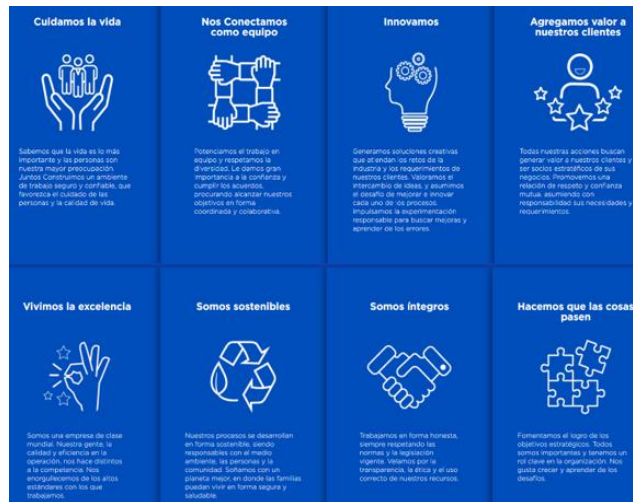


Figura 1-1 Imagen Corporativa AZA S.A

(<https://www.aza.cl/quienes-somos/nuestra-historia/>)

1.1.2 Misión, visión y valores corporativos

Aceros AZA S.A. ha establecido ocho valores corporativos que sirven como directrices para la creación de productos y servicios en todas sus instalaciones. Estos valores se ilustran en la figura 1-2.



(<https://www.aza.cl/quienes-somos/nuestros-valores/>)

Figura 1-2 Valores corporativos AZA S.A

- **Misión:** *"Producir y suministrar acero de alta calidad, promoviendo el desarrollo sostenible y satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes con innovación y compromiso."*
- **Visión:** *"Ser la empresa líder en soluciones de acero en Latinoamérica, reconocida por su excelencia, innovación y responsabilidad ambiental."*

1.1.3 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto, aunque es limitado en extensión, es de gran importancia estratégica para la planta AZA Renca, ya que busca establecer la criticidad de ciertos elementos del Grupo de Partes y Repuestos (GPR) del área de laminación. Este enfoque se alinea con los objetivos de optimizar los procesos operativos, maximizar la eficiencia y garantizar la sostenibilidad económica del sistema de inventarios.

1.1.4 Descripción de la empresa

Aceros AZA es una emblemática empresa chilena con una rica historia que refleja la evolución de la industria siderúrgica en el país, cuya trayectoria incluye una etapa como Gerdau AZA S.A., cuando formó parte de la multinacional brasileña Gerdau, líder global en la producción de acero. Fundada originalmente en 1953, AZA nació con la visión de aprovechar los recursos de chatarra metálica disponibles en Chile para transformarlos en productos de acero de alta calidad. Durante su tiempo bajo el paraguas

de Gerdau, la empresa se fortaleció con acceso a tecnología de punta y prácticas de gestión globales, consolidándose como un actor clave en el mercado siderúrgico chileno y sudamericano.

A lo largo de las décadas, Aceros AZA ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de la infraestructura y la construcción en Chile, proveyendo acero reciclado para proyectos clave en sectores como la minería, la energía y la edificación. Desde que retomó su identidad como Aceros AZA, la compañía ha reafirmado su compromiso con la sostenibilidad, destacándose como pionera en el reciclaje de metales y la economía circular. Gracias a instalaciones modernas, la empresa ha logrado producir acero de manera eficiente y responsable, alineándose con los desafíos ambientales y económicos actuales.

Además, Aceros AZA ha sido un referente en el ámbito laboral, promoviendo valores de integridad, innovación y respeto por el medio ambiente. Su enfoque en la calidad, la seguridad y el compromiso con las comunidades locales ha consolidado su reputación como líder indiscutible en la industria siderúrgica. La empresa no solo se destaca por la excelencia de sus productos, sino también por su contribución al desarrollo sostenible de Chile.

Hoy en día, Aceros AZA sigue fortaleciendo su legado como un símbolo de resiliencia, adaptándose a las exigencias del mercado global mientras mantiene firmes sus raíces en los principios que la han guiado desde su fundación. Su historia es un ejemplo de evolución, compromiso y liderazgo en la industria del acero.

Cuenta con dos plantas de producción de acero, una ubicada en la comuna de Renca y la otra en Colina. La planta de Renca, ubicada en la comuna de Renca en Santiago de Chile, es una de las instalaciones más importantes de Acero AZA. Esta planta está equipada con tecnología avanzada y es responsable de una parte significativa de la producción de acero de la empresa. Sus operaciones incluyen la fabricación, procesamiento y almacenamiento de productos de acero. Tienen una planta en Colina, Región Metropolitana, que alberga una moderna acería y un laminador de barras en caliente. Esta planta es la más avanzada de Latinoamérica y tiene una capacidad de producción de 280,000 toneladas de acero al año.

1.5 Ubicación de las plantas

Aceros AZA, líder en la producción de acero sostenible a partir del reciclaje de chatarra ferrosa, cuenta con 2 plantas que producen acero reciclado y varios centros de acopio de chatarra en Chile. Estos centros están estratégicamente ubicados para facilitar la recolección y procesamiento de material reciclable en diversas regiones del país.

Centros de Acopio de Chatarra de Aceros AZA:

- **Centro de Reciclaje Antofagasta:** Su dirección es Héctor Gómez Cobo 2100, Sector Uribe, Antofagasta, Chile. Este centro atiende la zona norte del país, facilitando la recolección y procesamiento de chatarra ferrosa.
- **Centro de Reciclaje Temuco:** Ubicado en Temuco, este centro se encarga de la recolección y procesamiento de chatarra en la región sur.
- **Centro de Reciclaje Concepción:** Situado en Concepción, este centro atiende la zona centro-sur del país, contribuyendo al reciclaje de chatarra ferrosa en la región.
- **Centro de Reciclaje Colina (Planta Principal):** Ubicado en Panamericana Norte 18.968, Colina, Santiago, Chile. Este es el centro principal donde se procesa la chatarra recolectada en todo el país para la producción de acero sostenible.

1.5.1 Planta AZA Renca

La planta de Renca que es la casa matriz de la tiene una capacidad instalada de 100,000 toneladas de productos terminados por año y produce perfiles laminados en caliente y pernos Saferock. Además, en 2018, se valorizó el 92.8% de los residuos en la planta de Renca, lo que les permitió obtener el Sello Cero Residuos a Relleno Sanitario entregado por el Ministerio del Medio Ambiente.

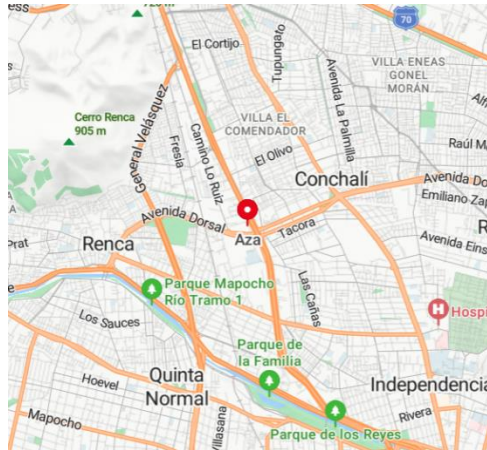


Figura 1-3 Ubicación planta AZA S.A Renca

(Fuente: Google Maps)

1.5.2 Planta AZA Colina

La Planta Aceros Aza Colina es una de las principales instalaciones de producción de Aceros Aza, una empresa líder en la industria del acero y la metalurgia en Chile. Ubicada estratégicamente en Colina, Región Metropolitana, esta planta desempeña un papel crucial en la cadena de suministro de la empresa, debido a que es la encargada de producir las palanquillas de acero para posteriormente laminarlas o enviarlas al Laminador de Renca.

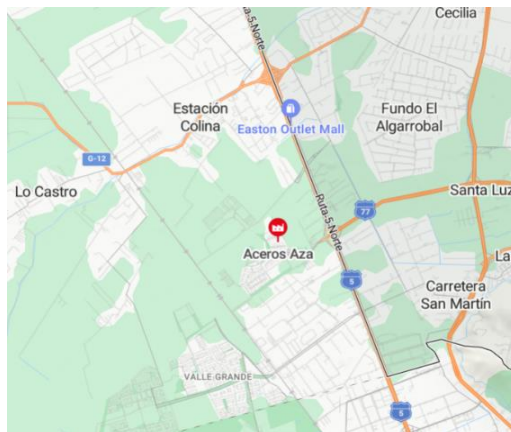


Figura 1-4 Ubicación planta AZA S.A Colina

(Fuente: Google Maps)

1.6 Tecnología y Procesos Operativos

La planta de Renca cuenta con un diseño industrial optimizado para la fabricación, procesamiento y almacenamiento de productos de acero. Estas operaciones abarcan desde la recepción de materias primas, como palanquillas y chatarra reciclada, hasta la entrega de productos terminados, listos para satisfacer las necesidades del mercado nacional e internacional.

Uno de los procesos más destacados es el área de laminación, que desempeña un rol crítico en la cadena de valor de la empresa. Este proceso transforma las palanquillas en productos finales mediante una serie de etapas técnicas que aseguran la calidad, precisión dimensional y propiedades mecánicas óptimas de los productos.

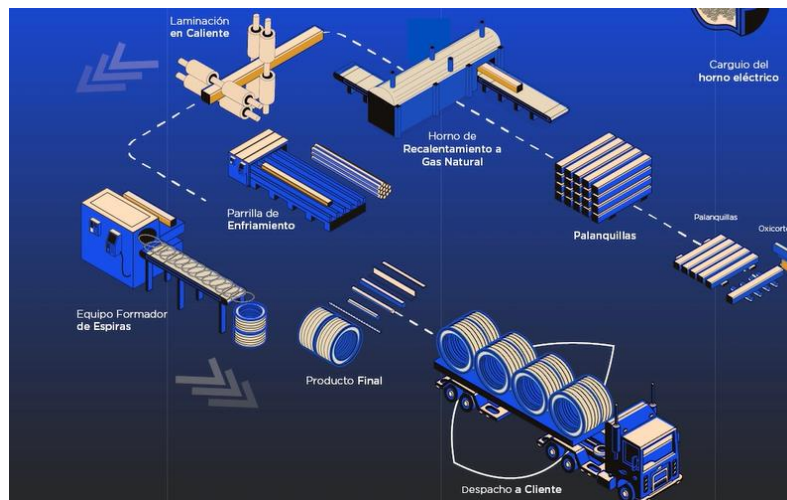


Figura 1-5 Proceso productivo AZA S.A Renca

(Fuente: <https://www.aza.cl/quienes-somos/proceso-productivo/>) (Fuente: <https://www.aza.cl/quienes-somos/proceso-productivo/>)

- **Calentamiento de palanquillas:** Las palanquillas son introducidas en hornos de recalentamiento que operan a temperaturas controladas entre 1,100°C y 1,300°C. Este rango de temperatura permite que el acero alcance una plasticidad adecuada para su conformación. Los hornos están diseñados con quemadores de alta eficiencia que utilizan gas natural o combustibles alternativos, reduciendo las emisiones de CO₂ y el consumo energético. Además, cuentan con sistemas de recuperación de calor, lo que mejora la eficiencia térmica de la operación.

- **Proceso de laminación:** Una vez alcanzada la temperatura requerida, las palanquillas calientes son transportadas mediante sistemas automatizados hacia los trenes de laminación. Este sistema incluye:
- **Tren desbastador:** Reduce las dimensiones iniciales de las palanquillas, eliminando cualquier irregularidad superficial y creando una forma base para el producto final.
- **Tren intermedio:** Ajusta las dimensiones y la geometría del acero para obtener las proporciones requeridas según las especificaciones técnicas.
- **Tren acabador:** Realiza las pasadas finales, logrando una precisión milimétrica en el espesor, ancho o perfil del producto, dependiendo del tipo de barra, perfil o perno que se esté fabricando.
- **Sistemas de enfriamiento controlado:** Mediante parrillas de enfriamiento y aspersores, el acero es enfriado gradualmente para evitar tensiones internas y garantizar propiedades mecánicas como resistencia, ductilidad y tenacidad.
- **Control de calidad:** Antes de ser despachados, los productos pasan por rigurosos controles de calidad que incluyen inspecciones visuales, pruebas de dureza, resistencia a la tracción y análisis metalográficos. Esto asegura que los productos cumplan con las normativas chilenas e internacionales, como ASTM o ISO.

Capacidad Productiva y Diversificación

La planta tiene una capacidad instalada que le permite procesar miles de toneladas de acero al año. Su producción incluye una amplia variedad de productos, tales como:

- **Barras de refuerzo estructural:** Usadas en proyectos de construcción civil y obras públicas.
- **Perfiles laminados:** Utilizados en estructuras metálicas y aplicaciones industriales.
- **Pernos y varillas:** Diseñados para aplicaciones de fijación en ingeniería y construcción.

Sostenibilidad y Eficiencia Energética

Acero AZA se compromete con la sostenibilidad en sus operaciones. En la planta de Renca se han implementado iniciativas para reducir el impacto ambiental, tales como:

- **Uso de chatarra reciclada:** Más del 95% del acero producido proviene de materiales reciclados, lo que reduce la extracción de minerales y el consumo de energía.
- **Gestión energética:** Se utilizan sistemas inteligentes de monitoreo para optimizar el consumo eléctrico en los trenes de laminación y hornos.
- **Control de emisiones:** Los hornos están equipados con filtros y sistemas de captura de partículas que minimizan la contaminación atmosférica.

Contribución al Mercado Nacional e Internacional

La planta de Renca no solo abastece a clientes nacionales, como grandes constructoras, ferreterías y empresas industriales, sino que también exporta productos a mercados internacionales que demandan acero de alta calidad. Esto convierte a la planta en un motor clave para el desarrollo económico de Chile y en un aliado estratégico para el sector de la construcción.

En resumen, la planta de Renca es un modelo de excelencia operativa en la industria siderúrgica. Sus procesos avanzados, compromiso con la sostenibilidad y capacidad de diversificación aseguran su posición como un líder en la producción de acero en la región, contribuyendo significativamente al progreso del sector y a la satisfacción de las necesidades de sus clientes.

1.7 Análisis SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta estratégica para analizar el flujo de procesos y sus interacciones clave. Su aplicación en la Planta AZA Renca permite comprender cómo los recursos, procesos y productos interactúan para garantizar una operación eficiente. A continuación, se presenta un análisis exhaustivo de cada proceso:

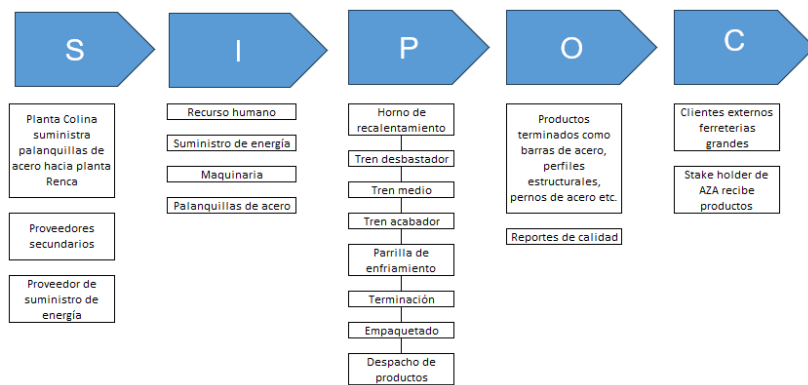


Figura 1-6 Análisis SIPOC AZA S.A Renca

(Fuente: Elaboración propia en base a recopilación de datos internos)

1. Suppliers (Proveedores):

La fase de abastecimiento es crucial para asegurar la continuidad del proceso de laminación. Los proveedores principales son:

- **Planta Colina:** Encargada de suministrar palanquillas de acero de alta calidad en las cantidades necesarias para el proceso.
- **Proveedores secundarios:** Incluyen empresas que suministran insumos complementarios como repuestos, lubricantes industriales y servicios de mantenimiento.
- **Energía eléctrica:** Proveída por la red local, con soporte de sistemas de respaldo en caso de interrupciones.

2. Inputs (Entradas):

Las entradas representan los recursos críticos necesarios para que el proceso funcione sin interrupciones:

- **Recurso humano:** Operarios especializados en el manejo de trenes de laminación y hornos, técnicos de mantenimiento que aseguran la operatividad de los equipos, personal de logística y calidad para el seguimiento del inventario y el cumplimiento de estándares.

- **Suministro de energía:** Alta demanda energética para mantener operativos los hornos y sistemas de laminación, implementación de sistemas de eficiencia energética para reducir costos.
- **Hornos de recalentamiento:** Diseñados para alcanzar temperaturas precisas según el tipo de acero. Trenes de laminación: Compuestos por el tren desbastador, medio y acabador, optimizados para diferentes secciones del producto. Parrillas de enfriamiento: Con sistemas de control automatizado que aseguran un enfriamiento uniforme.
- **Palanquillas de acero:** Dimensiones estandarizadas para facilitar su manejo y procesamiento. Análisis previo de calidad para evitar defectos en productos terminados.

3. Process (Proceso):

El proceso productivo está diseñado para transformar las palanquillas en productos terminados con alta precisión y eficiencia. Las etapas son:

- **Horno de recalentamiento:** Eleva las palanquillas a temperaturas de entre 1,100 y 1,200 °C, necesarias para el laminado plástico, además, control automatizado de temperatura para minimizar pérdidas de energía y defectos en el material.
- **Tren desbastador:** Realiza la primera reducción de las palanquillas, eliminando irregularidades y otorgando forma inicial al material.
- **Tren medio:** Ajusta las dimensiones del material, asegurando una progresión uniforme hacia el producto final.
- **Tren acabador:** Proporciona el acabado final, ajustándose a especificaciones precisas de geometría y calidad superficial.
- **Parrilla de enfriamiento:** Sistema diseñado para el enfriamiento controlado, asegurando propiedades mecánicas como resistencia y ductilidad.
- **Terminación:** Inspección visual y dimensional para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad, eliminación de defectos menores mediante procesos secundarios.

- **Empaquetado:** Uso de sistemas automatizados para embalar productos de manera segura y eficiente, además de, etiquetado que incluye información sobre lote, dimensiones y especificaciones técnicas.
- **Despacho de productos:** Optimización logística para la distribución de productos a clientes finales o centros de almacenamiento.

4. Outputs (Salidas):

El proceso genera productos terminados listos para ser distribuidos. Las salidas incluyen:

- **Barras de acero:** Utilizadas principalmente en construcción y fabricación industrial.
- **Perfiles estructurales:** Diseñados para proyectos de infraestructura.
- **Pernos de acero:** Productos de alta demanda en aplicaciones de fijación y ensamblaje.
- **Reportes de calidad:** Documentación que certifica las especificaciones de los productos entregados.

5. Customers (Clientes):

El cliente final es el motor que define los estándares de calidad y tiempos de entrega. Los clientes principales son:

- **Clientes externos:** Ferreterías grandes que requieren altos volúmenes de barras y perfiles, industrias de construcción y/o minería que dependen de entregas a tiempo y productos de calidad.
- **Stakeholders internos:** Plantas secundarias de AZA que utilizan los productos laminados como insumos en procesos posteriores.

1.8 Productos y sostenibilidad

Aceros AZA es una de las principales empresas siderúrgicas en Chile, destacándose como líder en la fabricación de productos de acero mediante el reciclaje de chatarra ferrosa. Este enfoque no solo posiciona a la empresa como un referente en sostenibilidad dentro de la industria, sino que también la convierte en un actor clave en la economía circular, al dar un nuevo valor a materiales que, de otro modo, serían desechados.



Figura 1-7 Productos AZA S.A Renca

(Fuente: Elaboración propia)

Productos y Aplicaciones

La amplia gama de productos fabricados por Aceros AZA responde a las demandas de diversas industrias, como la construcción, la minería, la infraestructura y los proyectos sustentables. Entre los principales productos destacan:

1. Barras de refuerzo para hormigón armado:

- Diseñadas para mejorar la resistencia estructural de obras civiles, como edificios, puentes y carreteras.
- Cumplen con estrictas normas internacionales de calidad, como ASTM A706, que garantizan propiedades mecánicas óptimas para resistir cargas sísmicas en regiones como Chile.
- Disponibles en diferentes diámetros y longitudes, con superficies corrugadas para asegurar una mejor adherencia al hormigón.

2. Pernos SAFEROCK para refuerzo de rocas:

- Utilizados principalmente en proyectos mineros y túneles, estos pernos ofrecen estabilidad en terrenos geológicamente inestables.
- Fabricados con acero de alta resistencia, diseñados para soportar cargas axiales elevadas.
- Incluyen recubrimientos anticorrosivos que aumentan su durabilidad en condiciones extremas.

3. Perfiles Ángulo y Sistema Constructivo JOISTEC®:

- Los perfiles ángulo son elementos estructurales básicos, empleados en estructuras metálicas, torres de transmisión y refuerzos arquitectónicos.
- El sistema JOISTEC® es un diseño innovador que combina ligereza y resistencia para la construcción de estructuras de techos y entrepisos. Este sistema reduce tiempos de instalación y costos en obra.

4. Barras planas, redondas, cuadradas y hexagonales:

- Productos altamente versátiles, utilizados en fabricación de componentes industriales, maquinaria y piezas personalizadas.
- Ofrecen una amplia gama de dimensiones y acabados según las necesidades específicas del cliente.

5. Perfiles Estrella:

- Especialmente diseñados para estructuras que requieren una alta capacidad de carga y resistencia torsional.
- Se utilizan frecuentemente en aplicaciones industriales, agrícolas y de infraestructura.

6. Alambrón:

- Producto semiacabado de gran utilidad en la industria metalmecánica, empleado para fabricar cables, mallas, clavos y otros elementos derivados.
- Disponible en diferentes grados de ductilidad, dependiendo del proceso de transformación al que será sometido.

Compromiso con la Sostenibilidad

Aceros AZA se ha consolidado como pionero en la implementación de prácticas sostenibles dentro de la industria siderúrgica chilena. Su enfoque en el reciclaje de chatarra ferrosa no solo reduce la extracción de minerales vírgenes, sino que también minimiza significativamente el impacto ambiental asociado a la producción de acero.

1. Uso de Chatarra Ferrosa Reciclada:

- Más del 95% de la materia prima utilizada en su proceso de fabricación proviene del reciclaje de metales ferrosos, lo que permite evitar emisiones de CO₂ asociadas a la minería y el procesamiento de minerales.

2. Procesos Energéticamente Eficientes:

- Los hornos eléctricos de arco, principales equipos de fusión utilizados en la planta son altamente eficientes en términos energéticos, consumiendo menos recursos en comparación con los procesos tradicionales de alto horno.
- Implementación de sistemas de recuperación de calor en las etapas de producción, reutilizando energía térmica y reduciendo el consumo global.

1.9 Impacto económico

A lo largo del periodo 2022-2024, se registran pérdidas millonarias debido a interrupciones en el mantenimiento, operativas, equipo de cambio y externas/maestranza, tal como se evidencia en la figura 1-8.

En lo que respecta al impacto económico, la operación se destaca como la principal disciplina que provoca pérdidas considerables debido a interrupciones, mientras que el mantenimiento se sitúa en el segundo puesto en términos de pérdidas relacionadas con la ausencia de producción. Los dos elementos constituyen los principales causantes de las pérdidas totales, subrayando su importancia esencial para perfeccionar los procesos y aumentar la eficiencia en las operaciones.

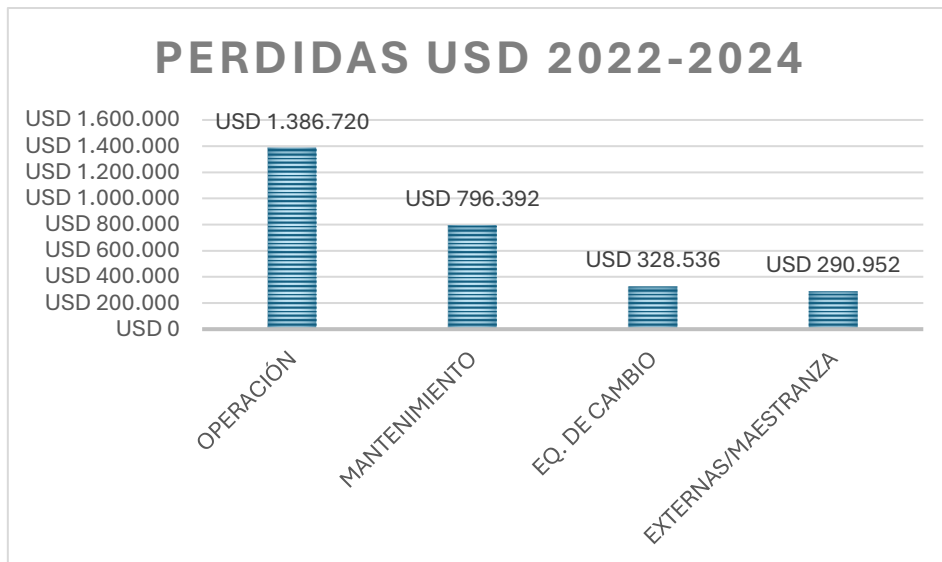


Figura 1-8 Impacto operacional

(Fuente: Elaboración propia con datos internos)

Los valores mostrados en la figura anterior equivalen solo a actividades relacionadas a mantenimiento durante el año 2022-2024 lo que da una suma total de USD 796.392 siendo estas cifras bien alarmantes para tomar acciones al respecto, ya que a esto no están agregados costos por material, repuestos etc.

A continuación, se presentan los principales costos asociados a la compra de materiales y repuestos utilizados en distintas áreas de la planta AZA Renca, según el análisis correspondiente a los años 2022, 2023 y 2024.

Costos en Pesos por Ubic.Técnica		2022	2023	2024
TAC1	TREN ACABADOR	82.256.768	118.334.988	100.502.653
PAR1	PARRILLA ENFRIAMIENTO	35.986.420	94.688.582	92.835.887
TME1	TREN MEDIO	130.864.143	93.928.221	91.897.195
AL1	LAMINACION	404.272.500	131.935.613	89.389.406
DES1	TREN DESBASTADOR	31.976.295	82.985.178	65.596.943
HRE1	HORNO GALOPANTE	68.375.839	76.766.279	65.591.940
EMP1	EMPAQUETADO	18.435.615	101.216.323	27.175.683

Figura 1-9 Costos de materiales

(Fuente: Información interna Aceros AZA. S.A)

En el año 2024, el tren acabador se posiciona como la zona con mayores costos asociados, con un total de \$100.502.653, lo que evidencia su alta criticidad en términos de consumo de recursos y mantenimiento. Esto puede estar relacionado con la naturaleza intensiva de su operación y los niveles de desgaste de los componentes utilizados en este proceso. Le sigue la parrilla de enfriamiento, con un costo de \$92.835.887, un valor similar al del tren medio, que ocupa el tercer lugar con \$91.897.195.

Desde el punto de vista de la gestión de inventarios, estos datos permiten identificar áreas de alta prioridad para implementar estrategias de optimización, como la clasificación de repuestos críticos y la aplicación de metodologías como la Gestión de Repuestos Críticos (GRP) o el análisis ABC. Estas metodologías ayudarían a garantizar la disponibilidad de piezas esenciales, minimizando tiempos de inactividad y reduciendo costos asociados a compras urgentes.

Además, la evolución de los costos destaca la necesidad de establecer un sistema de gestión integral, que contemple:

- Sistemas automatizados de compras: Integrados con el inventario para gestionar órdenes de compra en tiempo real.

la generación de órdenes de compra, ya que no se cuenta con datos fiables que permitan determinar la necesidad de reabastecimiento o reemplazo.

Adicionalmente, esta situación refleja una falta de jerarquización y clasificación de los repuestos, lo que limita la implementación de estrategias automatizadas de adquisición. En un sistema de gestión de inventarios eficiente, la jerarquización es crucial para establecer prioridades de reabastecimiento, identificar repuestos críticos y definir niveles de inventario mínimos y máximos según su importancia y rotación.

Por otro lado, no se está utilizando ninguna metodología probada de gestión de inventarios, como puede ser el enfoque ABC (que clasifica los ítems según su valor y criticidad), la planificación de requerimientos de materiales (MRP), o el modelo EOQ (Economic Order Quantity). Estas herramientas permiten optimizar los niveles de inventario, reducir costos operativos y garantizar la disponibilidad de repuestos cuando son necesarios. La ausencia de estas metodologías incrementa el riesgo de roturas de stock, exceso de inventario y costos innecesarios por almacenamiento o compras urgentes.

1.11 Interrupciones últimos 3 años

Realizamos una evaluación del impacto operacional dentro de la planta AZA Renca, solo teniendo en cuenta interrupciones y TTR ligado a mantenimiento (Mecánico, electrónico y eléctrico) donde identificamos que, la parrilla de enfriamiento nos genera mayor cantidad de impacto operacional, siendo una suma total de USD 204.120 lo cual viene siendo el principal candidato para evaluar su condición actual de inventario junto al tren acabador que tiene una cantidad de pérdidas de USD 202.338.

Zonas	Perdidas por no producción (2022-2024)	M A N T E N I M I E N T O
Parrilla de enfriamiento	USD 204.120	
Tren acabador	USD 202.338	
Desbaste	USD 113.400	
Tren medio	USD 99.468	
Horno antiguo	USD 93.636	
Empaquetado	USD 69.660	
Utilidades	USD 13.770	
Total	USD 796.392	

Figura 1-11 Interrupciones 2022-2024

(Fuente: Elaboración propia con información interna)

Durante el período 2022-2024, en la planta AZA Renca, ha sido crucial implementar estrategias de control y monitoreo de las interrupciones operativas y del TTR (Time to Repair) para tomar decisiones fundamentadas que optimicen la eficiencia de los procesos productivos. Este enfoque ha permitido evaluar el impacto operacional de las diferentes zonas y activos de la planta, estableciendo prioridades en función de los costos derivados de la no producción y las condiciones de mantenimiento.

Análisis del TTR y su impacto operacional

A lo largo de estos tres años, se han registrado interrupciones significativas en las diferentes áreas de la planta, siendo los tiempos de reparación acumulados (TTR) los siguientes:

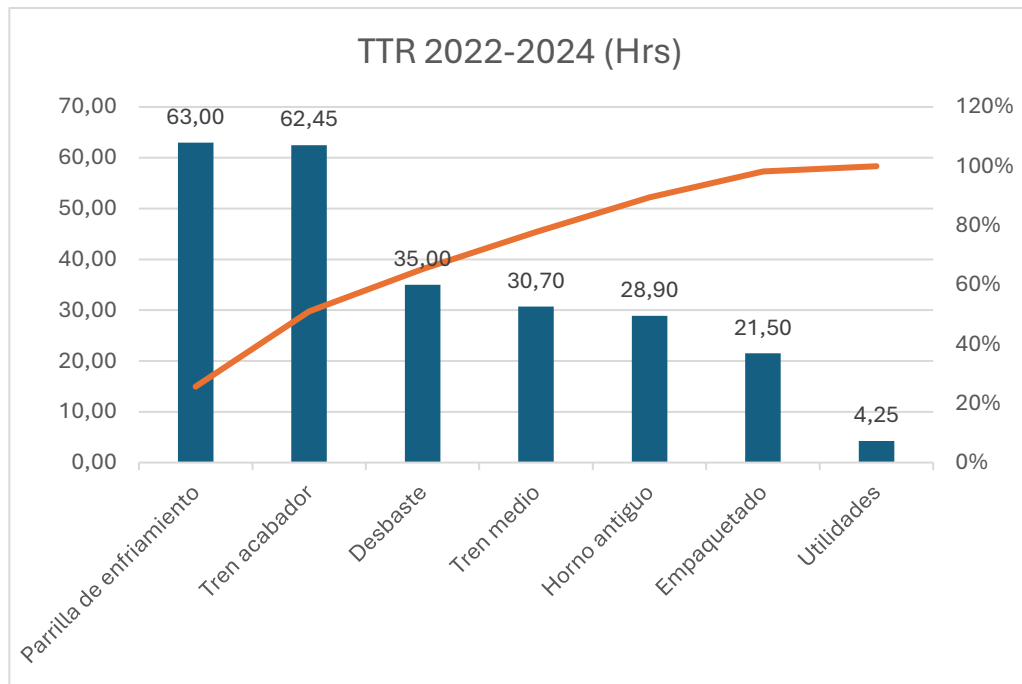


Figura 1-12 Interrupciones AZA S.A Renca

(Fuente: Elaboración propia con información interna de la empresa)

Siendo las siguientes zonas, las 3 que nos han impactado mas según su tiempo total de reparación

- Parrilla de enfriamiento: 63,00 horas de TTR.
- Tren acabador: 62,45 horas de TTR.
- Desbaste: 35,00 horas de TTR

Estos tiempos no solo representan paradas operativas, sino que también se traducen en costos directos asociados a la pérdida de capacidad de producción. La figura presentada muestra que el impacto económico más significativo proviene de la parrilla de enfriamiento, con un costo total de USD 204.120, seguida por el tren acabador con pérdidas asociadas a USD 202.338, lo que evidencia la criticidad de estos activos dentro del proceso de laminación.

Parrilla de enfriamiento: Principal foco de evaluación

La parrilla de enfriamiento es un componente clave del proceso de laminación, ya que asegura la correcta solidificación y enfriamiento del material procesado antes de su posterior manipulación. Su mal funcionamiento o paradas frecuentes no solo afectan la calidad del producto final, sino que también impactan directamente en la capacidad de

producción, generando los mayores costos por no producción en el período analizado. El elevado TTR en esta zona podría estar asociado a:

- Fallos en componentes críticos:
- Desgaste por condiciones extremas:
- Falta de repuestos en inventario:

Tren acabador: Segundo activo crítico

El tren acabador también presenta un TTR elevado, cercano al de la parrilla de enfriamiento, con un costo asociado de **USD 202.110**. Este activo es responsable de las operaciones finales de laminación, donde se ajusta el tamaño y acabado del producto. Su criticidad radica en:

- Alta dependencia del sistema mecánico:
- Complejidad de mantenimiento:
- Impacto acumulativo:

Recomendaciones para optimizar la gestión de TTR

Análisis de criticidad de repuestos:

- Implementar un sistema de gestión de inventarios basado en la metodología ABC, priorizando los repuestos de las zonas críticas como la parrilla de enfriamiento.
- Garantizar la disponibilidad de piezas clave mediante una política de stock mínimo crítico.

Impacto en la operación de la planta

Una correcta implementación de estas recomendaciones permitirá no solo reducir los TTR, sino también optimizar los costos asociados a la no producción. En particular, priorizar la parrilla de enfriamiento y el tren acabador en los análisis de criticidad y la gestión de inventarios propondrá:

- Mayor disponibilidad operativa: Asegurando que los equipos estén disponibles cuando se necesiten.
- Menores costos por interrupciones: Reduciendo las pérdidas económicas asociadas al tiempo de inactividad.

- Incremento en la confiabilidad del sistema: Al reducir la probabilidad de fallas imprevistas.

El análisis realizado muestra que la gestión del TTR es esencial para optimizar el desempeño de la planta AZA Renca. La parrilla de enfriamiento y el tren acabador deben ser considerados como prioridades en cualquier estrategia de mejora, tanto desde el punto de vista del mantenimiento como de la gestión de inventarios. Implementar soluciones ingenieriles como mantenimiento predictivo y un enfoque en la criticidad de repuestos permitirá a la planta mejorar su rendimiento operacional, minimizar costos por no producción y fortalecer su competitividad en el mercado.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA A UTILIZAR

2.1 Gestión del Inventario

La gestión de inventario dentro del mantenimiento juega un papel crucial para que nos aseguremos que nuestros equipos puedan estar operativos sin interrupciones tan prolongadas, este proceso es muy relevante dentro de la industria, el cual abarca la realización de planificación, adquisición, almacenamiento, control de los materiales y monitoreo para realizar su mantenimiento preventivo o correctivo.

- **Planificación de inventario:** la planificación más eficiente dentro de los inventarios comienza realizando una jerarquización de los repuestos, evaluando su criticidad dentro de nuestra organización. Se examina su relevancia en términos de producción, medio ambiente, seguridad, uso frecuente, entre otros. Es crucial considerar las demandas y requerimientos futuros, orientándonos a través del historial de averías y sugerencias de los productores de equipos y piezas de recambio.
- **Adquisición de materiales:** Una vez que se establecen los materiales necesarios para la organización, se procede a su adquisición. Esto implica la adquisición directa de los proveedores, donde siempre es imprescindible mantener la meticulosidad al adquirir, garantizar siempre su originalidad y adquirir a los proveedores oficiales, es importante mantener una buena relación con los proveedores para obtener alta disponibilidad de los productos además de buena calidad de estos.
- **Almacenamiento y control:** Es fundamental la efectiva conservación de materiales para minimizar daños y pérdidas. Se necesita conservar los repuestos en el estado óptimo posible, utilizando sistemas de etiquetado precisos y organizados para garantizar su accesibilidad inmediata.
- **Monitoreo y evaluación:** Es de suma importancia ir analizando los niveles de stock del inventario actual, la demanda durante los últimos períodos para poder tomar decisiones a futuros mas informadas y en base a datos.

2.2 Metodología a utilizar

Para comenzar con la propuesta de mejora en la gestión de inventario en Aceros AZA Renca, es esencial elaborar un plan ordenado y acorde a los objetivos propuestos que tome en cuenta cada fase del proceso, con el objetivo de maximizar la utilización de recursos y reducir los gastos operativos, para poder hacer estos procesos más eficientes para los trabajadores y que no sea un trabajo tedioso, sin embargo, todo esto debe medirse en cuanto a indicadores relevantes para cada proceso como lo puede ser la cantidad de compras directas durante un período.

1. Análisis de la situación actual:

- El primer paso consiste en realizar un análisis detallado del inventario actual de la planta, evaluando tanto la cantidad como la calidad de los materiales, insumos y productos en stock. En esta fase, es esencial aplicar técnicas de análisis de datos, como el ABC (Análisis de Pareto) o el análisis de inventarios por rotación, para identificar cuáles son los artículos más críticos y de mayor valor, y aquellos que tienen menor rotación o se encuentran obsoletos. Además, se debe realizar un estudio de los tiempos de reposición y la demanda histórica para detectar posibles cuellos de botella en el proceso de abastecimiento.

2. Selección del plan de acción:

- Una vez que se ha realizado un diagnóstico exhaustivo de la situación del inventario, el siguiente paso es la selección de las estrategias adecuadas para mejorar la gestión de inventarios. Estas estrategias deben incluir la implementación de modelos de optimización, como el modelo de control de inventarios de tipo EOQ (Economic Order Quantity) o Justo a Tiempo (JIT), dependiendo de las características específicas de la planta y las demandas de los productos. El uso de estos modelos permitirá reducir el inventario en exceso, minimizar el costo de almacenamiento y mejorar la eficiencia operativa.
- En cuanto a la optimización de recursos, el buen manejo de un sistema de gestión de inventarios automatizado (ERP o WMS, Warehouse Management System) podría ser clave para gestionar el flujo de materiales en tiempo real y obtener información precisa sobre las cantidades de stock, facilitando la toma de decisiones. Esto también involucra integrar sensores y tecnologías como RFID o

códigos de barras para una mejor trazabilidad de los productos y mejorar la precisión en los registros del inventario.

3. Aplicación del plan de acción:

- Con el plan seleccionado, es momento de llevar a cabo la implementación de las estrategias. Aquí es esencial considerar la capacidad de la planta en términos de espacio de almacenamiento, recursos humanos y tecnológicos. Para garantizar la correcta aplicación, es crucial establecer una planificación detallada del proceso de integración, asegurando que los equipos de trabajo sean capacitados para utilizar el nuevo sistema o procesos que se introduzcan.
- En el caso específico de Aceros AZA Renca, la implementación de nuevas metodologías de control de inventarios podría involucrar ajustes en el flujo de materiales dentro de la planta, mejorando la sincronización entre las áreas de producción y almacenamiento. Además, es importante establecer procedimientos de auditoría regulares y mejorar la comunicación entre los departamentos para evitar desabastecimientos o excesos de stock que afecten la producción y los costos operativos.

4. Evaluación continua del sistema:

- La última fase, y no menos importante, es la evaluación constante del sistema de inventario. Para ello, se deben establecer indicadores clave de rendimiento (KPI) que permitan monitorear el desempeño de la gestión de inventarios, como la rotación de inventarios, el costo de almacenamiento, la precisión de los pedidos, y la tasa de obsolescencia. El uso de herramientas como análisis predictivo y simulaciones de Monte Carlo puede ayudar a prever futuras necesidades de materiales y ajustar la estrategia a tiempo.
- El ciclo de retroalimentación es fundamental para mejorar continuamente el sistema. A través de una auditoría periódica, se puede detectar si existen desviaciones entre las cantidades físicas y las registradas, lo que permitiría mejorar los procesos y reducir riesgos asociados como pérdidas, desperdicios o la acumulación innecesaria de inventarios. Además, se debe considerar la evolución de la demanda y las nuevas tendencias tecnológicas que podrían permitir una optimización aún mayor de los recursos.

Modelo EOQ (Wilson)

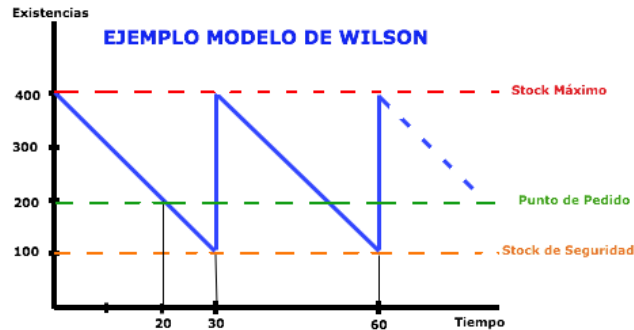


Figura 2-1 Modelo de Wilson

(Fuente: <http://www.deconomiablog.com/2018/10/modelo-de-wilson-ejemplo-desarrollado.html>)

Beneficios:

- **Optimización de costos:** Determina el tamaño de pedido óptimo que minimiza los costos totales (costos de pedido y costos de almacenamiento).
- **Simplicidad matemática:** Es un modelo directo y relativamente fácil de implementar en entornos con demanda constante.
- **Control del inventario:** Garantiza que no haya excesos ni faltantes al calcular el punto de reabastecimiento.

Desventajas:

- **Limitaciones con demanda variable:** No es ideal para sistemas con alta variabilidad de consumo o tiempos de entrega irregulares, como en muchas áreas de mantenimiento industrial.
- **Falta de flexibilidad:** No toma en cuenta la criticidad de los repuestos, lo que puede resultar en carencias en piezas clave durante emergencias.
- **Suposiciones rígidas:** Asume que los costos de pedido y almacenamiento son constantes, lo que no siempre refleja la realidad operativa.

Modelo MRP (Material Requirements Planning)



Figura 2-2 Modelo MRP

(Fuente <https://media.timetoast.com/timelines/los-sistemas-mrp-y-erp-76a23d4e-ce40-40f9-9fcb-52e455411eb8>)

Beneficios:

- **Planificación detallada:** Permite sincronizar el inventario con los programas de producción, asegurando la disponibilidad de los materiales en el momento y cantidad requeridos.
- **Reducción de inventario innecesario:** Minimiza el almacenamiento excesivo al planificar las órdenes de compra y producción según la demanda proyectada.
- **Integración con sistemas ERP:** Se adapta bien a sistemas digitales que optimizan la gestión de materiales en grandes plantas.

Desventajas:

- **Dependencia de datos precisos:** Requiere información exacta sobre tiempos de entrega, niveles de inventario y demanda, lo que puede ser un desafío en sistemas complejos.
- **Complejidad de implementación:** Su configuración e integración inicial requieren altos costos y una infraestructura tecnológica avanzada.
- **Rigidez ante cambios no previstos:** Cambios repentinos en la demanda pueden desajustar la planificación y generar ineficiencias.

Modelo ABC (Activity-Based Classification)

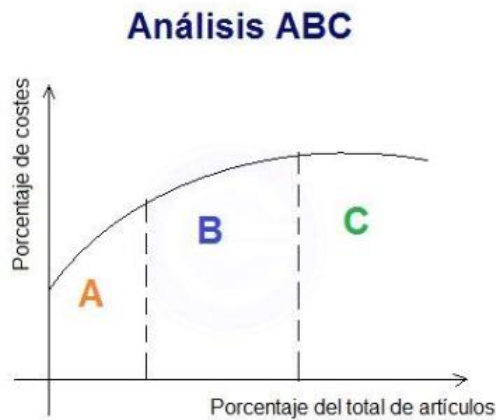


Figura 2-3 Modelo ABC

(<https://blog.pro-optim.com/noticias/el-analisis-abc-y-como-aplicarla-en-tu-empresa/>)

Beneficios:

- **Priorización de recursos:** Clasifica los repuestos en categorías A (críticos), B (moderadamente importantes) y C (baja prioridad), permitiendo enfocar recursos en los ítems más relevantes para la operación.
- **Reducción de costos:** Optimiza los inventarios al concentrarse en los repuestos críticos (generalmente menos del 20% de los ítems representan más del 80% del impacto financiero o funcional, según el principio de Pareto).
- **Flexibilidad:** Se adapta a diferentes demandas y escenarios operativos, lo que lo hace especialmente útil en áreas como laminación y mantenimiento de la planta AZA Renca.
- **Facilidad de implementación:** Requiere menos infraestructura tecnológica que el MRP, pero ofrece resultados significativos al integrar la criticidad en la toma de decisiones.
- **Impacto estratégico:** Mejora la capacidad de respuesta ante emergencias al garantizar la disponibilidad de los repuestos clave.

Desventajas:

- **Falta de enfoque en demanda futura:** No considera los niveles de demanda futura o las proyecciones, por lo que es mejor complementarlo con otras herramientas como el MRP.
- **Requiere análisis periódico:** Es necesario actualizar las clasificaciones regularmente para reflejar cambios en la operación y los patrones de consumo.
- **Limitada integración automática:** Por sí sola, no integra datos en tiempo real como lo haría un MRP.

Justificación de la Metodología ABC para AZA Planta Renca

En el contexto de la planta AZA Renca, donde los procesos de laminación y mantenimiento son críticos, la implementación de la metodología ABC ofrece ventajas significativas debido a las siguientes razones:

- **Enfoque en repuestos críticos:** La laminación y otras áreas dependen de componentes específicos que, si fallan, pueden generar paradas de producción costosas. El método ABC permite priorizar estos ítems críticos (categoría A), asegurando su disponibilidad inmediata.
- **Optimización del presupuesto:** Los repuestos no críticos (categorías B y C) pueden ser gestionados con niveles mínimos de inventario, liberando recursos para otros gastos operativos o estratégicos.
- **Adaptación a variabilidad operativa:** La operación de laminación en AZA Renca puede presentar variaciones en la demanda de repuestos debido al desgaste irregular de componentes. La flexibilidad del método ABC permite ajustar la gestión de inventario según estas variaciones.
- **Implementación práctica:** Con recursos y costos relativamente bajos, el modelo ABC puede implementarse rápidamente, lo que es ideal para optimizar la gestión de inventarios sin requerir infraestructura compleja.
- **Base para mejoras continuas:** Este método establece un marco claro para identificar oportunidades de optimización en la gestión de repuestos, permitiendo integrar otras herramientas más avanzadas como el MRP en el futuro.

Si bien los modelos EOQ y MRP ofrecen beneficios significativos, la metodología ABC destaca como la opción más adecuada para la planta AZA Renca debido a su enfoque en la priorización de recursos, flexibilidad operativa, y su capacidad

de reducir costos y mejorar la eficiencia sin requerir una inversión tecnológica compleja. Una implementación efectiva del modelo ABC puede transformar la gestión de repuestos, garantizando un mayor control y alineación con los objetivos estratégicos de la planta.

2.3 Costos de inventarios y riesgos por indisponibilidad

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

$$CI = N * CR * CMA$$

Donde:

CI: Costo del Inventario.

N: Número de Repuestos.

CR: Costo del Repuesto.

CMA: Costos de Mantenimiento y Almacenamiento del Repuesto

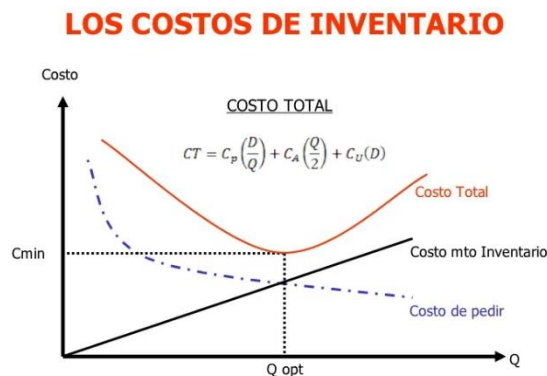


Figura 2-4 Costos y riesgos

(<https://blog.pro-optim.com/noticias/el-analisis-abc-y-como-aplicarla-en-tu-empresa/>)

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

Por otro lado, el riesgo de indisponibilidad expresado matemáticamente es la relación entre la probabilidad que un evento no deseado ocurra y las consecuencias económicas de dicho evento, en este caso el evento será la indisponibilidad del repuesto cuando este es requerido.

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

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

2.4 Metodología ABC para la gestión de inventario

En el siglo XIX, Vilfredo Pareto, en su estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán, descubrió que el 20% de las personas controlaban el 80% de la riqueza. Este principio, conocido como la **Regla de Pareto** o el **principio 80/20**, se ha extendido a múltiples áreas, incluyendo la gestión de inventarios. En esta disciplina, se utiliza para identificar aquellos elementos que tienen el mayor impacto en los costos y la operatividad de la planta, permitiendo priorizar recursos y esfuerzos en lo que realmente importa.

El Método ABC en la Gestión de Inventarios

El método ABC es una técnica de categorización que clasifica los elementos del inventario en tres grupos: **A**, **B** y **C**, según su importancia relativa. Esta importancia generalmente se mide en función de su **valor económico anual** (costo unitario multiplicado por el consumo anual), aunque otros criterios como criticidad, volumen o rotación también pueden ser considerados. Las características principales de cada grupo son:



Figura 2-5 ABC inventarios

(Fuente <https://plantillaarbolgenealogico.net/diagramas/analisis-abc/>)

Categoría A:

- Representa el 20% del total de elementos, pero abarca aproximadamente el 80% del valor económico del inventario.
- Estas piezas son altamente críticas y requieren una gestión detallada, con niveles de stock óptimos, análisis de demanda frecuentes y, en algunos casos, acuerdos con proveedores para asegurar disponibilidad.

Categoría B:

- Comprende el siguiente 30% de los elementos, acumulando alrededor del 15% del valor económico.
- Estas piezas requieren un control moderado y suelen gestionarse mediante políticas intermedias de inventario.

Categoría C:

- Incluye el 50% restante de los elementos, pero representa solo el 5% del valor total.
- Estas piezas tienen menor criticidad y suelen gestionarse con mínimos recursos, utilizando políticas de reabastecimiento masivo o inventarios de seguridad más bajos.

Implementación de la Metodología ABC en la Industria

La metodología ABC ha demostrado ser especialmente efectiva en entornos industriales donde la cantidad de repuestos y materiales gestionados es elevada. En plantas como **AZA Renca**, esta herramienta puede ser clave para optimizar el manejo de inventarios en áreas críticas como la **parrilla de enfriamiento**, que ha mostrado altos costos por no producción debido a fallas o tiempos de reparación prolongados. A continuación, se detalla cómo se puede implementar esta metodología en la planta:

1. Análisis inicial del inventario:

- Recopilar datos de consumo histórico, costos unitarios, tiempos de entrega y criticidad operativa de cada pieza relacionada con la parrilla de enfriamiento.
- Calcular el valor económico anual para cada elemento, priorizando aquellos con mayor impacto en el costo operativo.

2. Clasificación ABC:

- Categorizar los repuestos en A, B o C, no solo en función de su valor económico, sino también considerando su criticidad en el proceso productivo. En el caso de la parrilla de enfriamiento, componentes como motores, rodillos y sistemas de

enfriamiento probablemente pertenezcan a la categoría A, dado su impacto directo en la continuidad operativa.

3. Gestión diferenciada por categoría:

- **Piezas A:** Implementar un control riguroso, manteniendo inventarios mínimos estratégicos y estableciendo relaciones sólidas con proveedores para asegurar tiempos de entrega reducidos. Además, se pueden implementar sistemas de monitoreo predictivo para anticipar fallas y planificar mantenimientos.
- **Piezas B:** Realizar revisiones periódicas para ajustar niveles de stock según variaciones en la demanda y rotación.
- **Piezas C:** Gestionar con pedidos masivos, teniendo en cuenta no tener sobrestock de los repuestos de esta categoría.

4. Actualización de niveles de inventario

- Realizar cálculos de niveles óptimos de inventario utilizando modelos matemáticos como por ejemplo el **EOQ**, además de herramientas de simulación siempre teniendo en cuenta la criticidad de los repuestos o la zona a la que pertenecen.
- Establecer políticas de compra
- Establecer políticas de reorden automáticas para las piezas A y B mediante software de gestión de inventarios.

5. Monitoreo del inventario

- Realizar auditorías periódicas del inventario para ajustar la clasificación y los niveles de stock según cambios en la demanda.
- Involucrar a equipos de mantenimiento y logística para retroalimentar las decisiones de inventario con datos en tiempo real sobre el desempeño de los repuestos e ir realizando análisis de costos y/o criticidad de ellos.

Beneficios Específicos para la Parrilla de Enfriamiento

Para la parrilla de enfriamiento que es una de las zonas más críticas de la planta AZA Renca, presenta una alta cantidad de interrupciones y tiempos de reparación muy prolongados para ello la metodología ABC presenta los siguientes beneficios:

Reducción de tiempos de inactividad:

- Al priorizar la disponibilidad de repuestos críticos (categoría A), se disminuyen los tiempos de reparación y se mitigan los costos asociados a la pérdida de producción.

Optimización de recursos financieros:

- Evitar sobre inventarios en piezas de baja rotación (categorías B y C) permite liberar capital para invertir en áreas más críticas.

Mejor planificación de mantenimientos:

- Con una correcta jerarquización de los repuestos, se puede integrar la metodología ABC con sistemas de mantenimiento preventivo y predictivo, mejorando la eficiencia de la planta.

Estabilidad de la productividad:

- Al garantizar la disponibilidad de piezas clave, se asegura la continuidad operativa de la parrilla de enfriamiento, que es crucial en el proceso de laminación.

Al implementar la metodología ABC no solo obtenemos un orden y priorización del inventario, sino que también es clave para poder ejecutar una toma de decisiones basada en datos, por ende, estas decisiones serían más acertadas. En la planta AZA Renca, donde zonas como la parrilla de enfriamiento representan una parte significativa de todo el proceso productivo, es de suma importancia tener en cuenta esta herramienta para garantizar la sostenibilidad y eficiencia del proceso ya su implementación no solo reduce los costos, sino que además de manera indirecta garantiza una buena disponibilidad de los repuestos para alineándose con los objetivos estratégicos de la organización.

2.5 Disciplinas dentro de organización

La planta AZA Renca cuenta con diferentes disciplinas de diferentes áreas las cuales están al mando de 3 diferentes jefaturas claves, cada disciplina tiene diferentes funciones específicas para asegurar el correcto funcionamiento de los procesos productivos. Esta distribución permite abordar las necesidades con respecto al mantenimiento, logística y producción, con fines de maximizar el desempeño de los procesos de la planta.

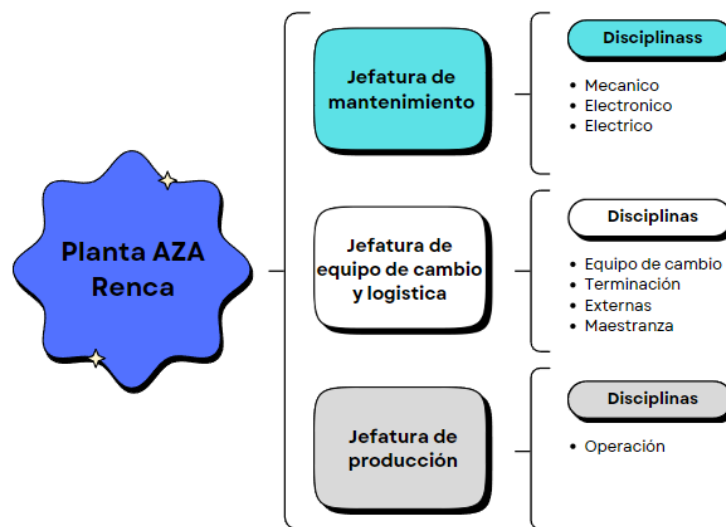


Figura 2-6 Estructura y disciplina

(Fuente: Elaboración propia en base a información interna)

Jefatura de Mantenimiento

La jefatura de mantenimiento se enfoca en gestionar las disciplinas de:

- **Mecánica:** Encargada del mantenimiento correctivo y preventivo de componentes como motores, bombas, sistemas hidráulicos y estructuras metálicas. Este equipo asegura la disponibilidad y confiabilidad de los equipos críticos mediante inspecciones regulares, reparación de averías y análisis de fallas.
- **Electrónica:** Responsable de mantener sistemas de control, sensores, PLCs (Controladores Lógicos Programables) y automatización, fundamentales para garantizar la precisión y eficiencia de los procesos productivos.

- **Eléctrica:** Se ocupa de la infraestructura eléctrica de la planta, incluyendo motores eléctricos, transformadores, cableados y cuadros de distribución, asegurando el suministro energético continuo y seguro.

El objetivo principal de esta jefatura es minimizar los tiempos de inactividad no planificados (TTR) a través de estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo, además de implementar tecnologías avanzadas como monitoreo en línea y análisis de condiciones.

Jefatura de Equipo de Cambio y Logística

Esta jefatura abarca varias disciplinas especializadas, orientadas a la preparación y soporte logístico de los procesos:

- **Equipo de cambio:** Su principal función es la preparación y montaje de "stands" y herramientas requeridas para cambios de producto en las líneas de laminación. Esta actividad debe realizarse con precisión y en tiempos reducidos para minimizar interrupciones en la producción.
- **Terminación:** Se enfoca en los procesos finales, incluyendo inspección visual, corte, empaque y despacho, asegurando que los productos cumplan con los estándares de calidad.
- **Externas:** Abarca actividades desarrolladas fuera de la planta principal, como subcontratación de trabajos de maestranza, fabricación de piezas específicas o tratamientos térmicos.
- **Maestranza:** Incluye la fabricación y reparación de componentes críticos, tales como rodillos, ejes y piezas estructurales, que no se pueden adquirir rápidamente en el mercado. Este equipo trabaja en estrecha colaboración con el área de mantenimiento.

La jefatura de equipo de cambio y logística es clave para garantizar la disponibilidad de herramientas y recursos, facilitando la continuidad de las operaciones con una gestión eficiente de tiempos y costos.

Jefatura de Producción

Esta jefatura lidera la disciplina de **Operación**, encargada directamente de la ejecución de los procesos productivos dentro de la planta. Sus responsabilidades incluyen:

- Control de la producción en tiempo real, monitoreando indicadores clave como eficiencia, rendimiento y calidad.
- Gestión del personal operativo en las áreas de laminación, acabados y despacho.
- Supervisión de la coordinación entre producción y mantenimiento, asegurando que las paradas planificadas no impacten significativamente en los volúmenes de producción.

El equipo de operaciones actúa como el puente entre la planificación estratégica y la ejecución diaria, asegurando el cumplimiento de los objetivos de producción y la entrega oportuna de productos al cliente.

2.6 Equipos críticos

Como se muestra en la Figura 2-7 dentro de la planta AZA Renca, la zona que acumula el mayor tiempo total de reparación (TTR) es la parrilla de enfriamiento, la cual se presenta como el principal candidato para realizar un análisis y desarrollar propuestas de mejora en su sistema de gestión de inventario. Con un total de 63 horas de tiempo total de reparación (TTR), esta área destaca como una de las más críticas, superando a otros equipos en términos de tiempo dedicado a su mantenimiento.

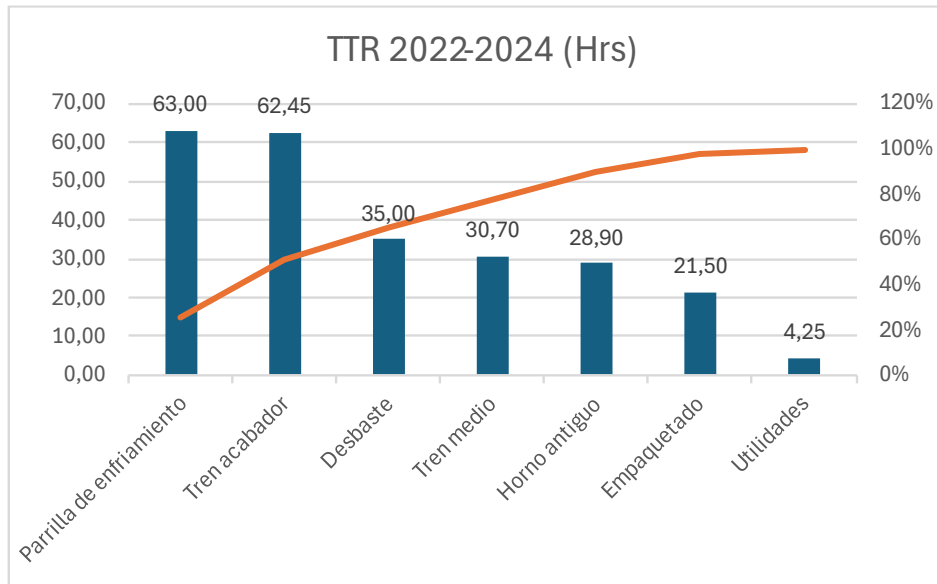


Figura 2-7 TTR Planta AZA Renca

(Fuente: Elaboración propia con información de la empresa)

En segundo lugar, se encuentra el tren acabador, con aproximadamente 62,5 horas de TTR. Aunque este equipo también requiere atención, en este análisis se ha priorizado la parrilla de enfriamiento debido a que ha sido objeto de una revisión previa sobre la actualización de su GPR (Grupo de partes y repuestos). Esta revisión reveló que la parrilla de enfriamiento cuenta con un sistema de gestión de repuestos que data de 2010, lo que indica que no ha sido actualizado en más de una década. Esta desactualización genera una serie de desafíos, ya que los repuestos, los tiempos de entrega y la eficiencia del mantenimiento se ven afectados negativamente por la falta de sincronización con las necesidades actuales de la planta.

Necesidad de Jerarquización de Repuestos

Dada esta situación, es crucial jerarquizar los repuestos de la parrilla de enfriamiento para optimizar su disponibilidad y reducir los tiempos de inactividad de la planta. La jerarquización de repuestos implica clasificar los componentes según su criticidad y frecuencia de uso, lo cual permitirá gestionar mejor el inventario y realizar pedidos de manera más eficiente. Para esto, se deben identificar cuáles repuestos son más críticos para el funcionamiento de la parrilla y cuáles tienen un menor impacto en caso de falta de disponibilidad.

Cálculo de Stock y Optimización del Inventario

Además, se debe realizar un cálculo de stock adecuado para los repuestos de la parrilla de enfriamiento. El stock debe ajustarse a la demanda real, teniendo en cuenta tanto los históricos de consumo de repuestos como los tiempos de reposición de los proveedores. Este cálculo debería considerar factores como la variabilidad en la demanda y el tiempo de entrega de los proveedores, lo que permitirá determinar los niveles óptimos de inventario que se deben mantener para evitar tanto el desabastecimiento como el exceso de inventario.

Es recomendable aplicar metodología de stock mínimo para la gestión de inventarios, que proporciona el tamaño óptimo de los pedidos para minimizar los costos asociados con el almacenamiento y la compra de repuestos. Esto, junto con el análisis de la frecuencia de fallos y el tiempo de reparación de los equipos, facilitará una gestión más eficiente de los repuestos críticos.

Desde una perspectiva ingenieril y técnica, la optimización del sistema de inventarios debe ser vista como parte integral de la gestión de mantenimiento. La falta de repuestos adecuados puede alargar significativamente los tiempos de inactividad de la planta, afectando su productividad y, por lo tanto, su rentabilidad. La correcta actualización del sistema de gestión de inventarios, la jerarquización de repuestos y la optimización de los niveles de stock no solo mejorarán la eficiencia de las reparaciones, sino que también contribuirán a un mantenimiento preventivo más efectivo.

2.7 Grafica ABC parrilla de enfriamiento

Se llevó a cabo un análisis ABC en la parrilla de enfriamiento de la planta Renca de Aceros AZA, con el objetivo de clasificar los repuestos y componentes según su importancia relativa para el proceso productivo y su impacto en el inventario. Esta metodología permite priorizar la gestión de los ítems y optimizar los niveles de stock.

DESCRIPCION	INVERSIÓN	INVERSIÓN ACUMULADA	% DE LA INVERSIÓN	% DE LA INVERSIÓN ACUMULADA	% DE LOS REPUESTOS ACUMULADOS	ABC COSTO
RESPALDO CAJONES	\$5.024.724	\$5.024.724	18%	18%	1%	A
CAJON	\$2.619.300	\$7.644.024	9%	27%	2%	A
CARDAN	\$2.610.000	\$10.254.024	9%	36%	3%	A
ELECTROVALVULA	\$2.220.880	\$12.474.904	8%	44%	3%	A
RODILLO RESPALDO	\$1.140.000	\$17.574.904	4%	62%	7%	A
RUEDA CON PESTAÑA	\$1.563.960	\$19.138.864	6%	68%	8%	A
CILINDRO HIDRAULICO	\$877.516	\$20.016.380	3%	71%	8%	A
CUCHILLO INFERIOR ANG. 40-50	\$840.000	\$20.856.380	3%	74%	9%	A
CUCHILLO INFERIOR ANG. 25-30	\$840.000	\$21.696.380	3%	77%	10%	A
CUCHILLO INFERIOR ANG. 20	\$840.000	\$22.536.380	3%	80%	11%	B
RODAMIENTO	\$610.660	\$23.147.040	2%	82%	12%	B
RUEDA LISA	\$538.380	\$23.685.420	2%	84%	13%	B
HORQUILLA PARA CURSOR	\$460.000	\$24.145.420	2%	86%	13%	B
HORQUILLA PARA CILINDRO	\$460.000	\$24.605.420	2%	87%	13%	B
CADENA DE TRANSMISION	\$252.600	\$24.858.020	1%	88%	14%	B
RODILLO	\$330.000	\$25.188.020	1%	89%	15%	B
EJE DE GUIA	\$235.000	\$25.423.020	1%	90%	15%	B
REDUCTOR	\$230.000	\$25.653.020	1%	91%	15%	B
ANILLO SEPARADOR	\$204.800	\$25.857.820	1%	92%	17%	B
TENSOR PARA CADENA	\$168.000	\$26.025.820	1%	92%	18%	B
BUJE PARA HORQUILLA CURSOR	\$166.000	\$26.191.820	1%	93%	18%	B
CADENA DE TRANSMISION	\$119.792	\$26.311.612	0%	93%	19%	B
RODAMIENTO #2207 EK	\$114.480	\$26.426.092	0%	94%	20%	B
ANILLOS SEPARADORES	\$102.400	\$26.528.492	0%	94%	20%	B
TERNINAL PARA BARRA PRINCIPAL	\$96.529	\$26.625.021	0%	95%	21%	B
RODAMIENTO	\$92.500	\$26.717.521	0%	95%	21%	B

Figura 2.8.1 - Grafica ABC Parrilla 1

(Fuente: Elaboración propia con información interna)

Como resultado del análisis, se identificaron tres categorías de repuestos: A, B y C. Los repuestos clasificados como A y B fueron considerados los más críticos para la continuidad de las operaciones y, por lo tanto, requieren una atención especial en la gestión de inventario.

Repuestos Tipo A

Los repuestos tipo A se caracterizan por representar una pequeña proporción del total de ítems en inventario, pero concentran una gran parte del valor total del mismo. Esto se debe a su alto costo de adquisición unitario y a su elevada tasa de rotación, es decir, la frecuencia con la que deben ser reemplazados.

Debido a su importancia estratégica, los repuestos tipo A son los principales candidatos para realizar un cálculo preciso de los niveles óptimos de stock. Estos cálculos incluyen:

- **Stock mínimo:** La cantidad mínima de repuestos que deben mantenerse en inventario para garantizar la continuidad de las operaciones durante el tiempo normal de reposición.
- **Stock de seguridad:** Una cantidad adicional de repuestos que se mantiene como colchón para hacer frente a posibles variaciones inesperadas en la demanda o en los tiempos de entrega por parte de los proveedores.

La determinación de estos niveles de stock permitirá a Aceros AZA minimizar los riesgos de interrupción en la producción debido a la falta de repuestos, al tiempo que se optimizan los costos de inventario.

Repuestos Tipo B

Los repuestos tipo B, aunque no son tan críticos como los tipos A, también tienen una importancia significativa para el proceso productivo. Estos componentes presentan un valor intermedio, tanto en términos de cantidad como de costo.

Si bien los repuestos tipo B no requieren un nivel de detalle tan alto en la gestión de inventario como los tipos A, es igualmente importante monitorear sus niveles de stock y establecer políticas de reposición adecuadas para evitar interrupciones en la producción.

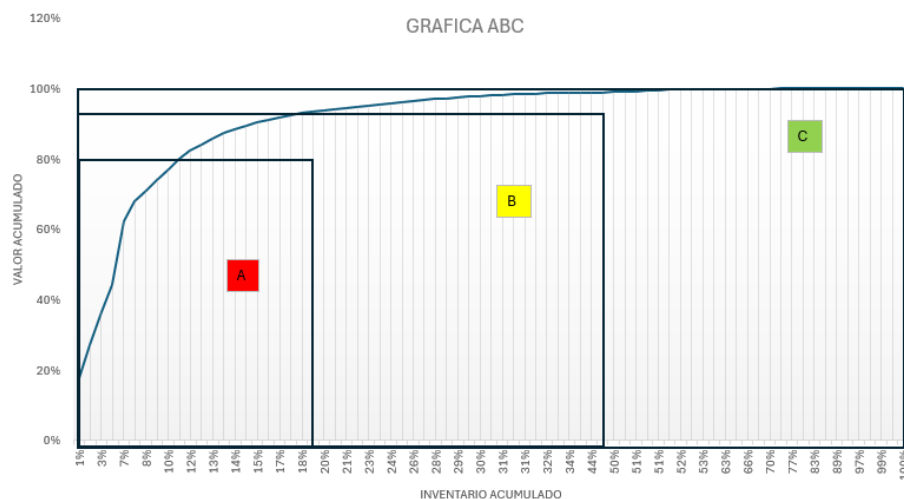


Figura 2.8.2 - Grafica ABC PARRILLA 1

(Fuente: Elaboración propia con información de la empresa)

2.8 Calculo de stock mínimo

Metodología de Stock Mínimo y de Seguridad en Entornos Industriales

La metodología de stock mínimo y de seguridad es fundamental en la gestión de inventarios, especialmente en operaciones industriales donde la continuidad productiva depende de un abastecimiento eficiente de materiales y repuestos. Estas estrategias permiten mantener un equilibrio entre garantizar la disponibilidad de ítems críticos y optimizar los recursos financieros destinados al inventario.

El stock mínimo representa la cantidad mínima de inventario que debe mantenerse en almacén para cubrir las necesidades durante el tiempo de reposición del proveedor. Su cálculo se realiza considerando:

- **Consumo Diario Promedio:** La cantidad promedio que se consume o utiliza por día.
- **Tiempo de Reposición:** El tiempo, medido en días, que tarda en llegar un nuevo pedido desde el proveedor.

La fórmula general es:

$$\text{Stock mínimo} = (DPD * TR) + SS$$

Donde:

DPD: Demanda promedio diaria

TR: Tiempo de reposición

SS: Stock de seguridad

Este cálculo asegura que, bajo condiciones normales, se cuente con inventario suficiente para cubrir las operaciones mientras se espera la llegada de un nuevo lote de productos.

Stock de Seguridad

El stock de seguridad, por otro lado, es un colchón adicional que protege contra imprevistos, como retrasos en la entrega de pedidos, fluctuaciones inesperadas en la demanda o problemas en la cadena de suministro. Su cálculo se realiza considerando:

- **Consumo Diario Promedio:** La demanda habitual.

- **Tiempo de Reposición:** El plazo promedio para recibir nuevos pedidos.

La fórmula comúnmente utilizada es:

$$\textit{Stock de seguridad} = (\textit{DPD} * \textit{TR}) + \%$$

Donde:

DPD: Demanda promedio diaria

TR: Tiempo de reposición

%: Porcentaje de seguridad

Este nivel de inventario adicional minimiza el riesgo de quiebre de stock en situaciones fuera de lo previsto.

Importancia de la Metodología en la Zona de Parrilla de Enfriamiento de Aceros AZA

La zona de parrilla de enfriamiento de Aceros AZA es una zona crítica dentro del proceso productivo, ya que influye directamente en la calidad del producto final y la continuidad operativa de la planta, además de contribuir con la mayor cantidad de interrupciones dentro de la planta. Cualquier interrupción en esta zona podría causar paradas en la producción, retrasos en la entrega a los clientes y costos adicionales significativos.

Aplicar la metodología de stock mínimo y de seguridad en esta área es vital para:

- **Evitar tiempos muertos:** Contar con un inventario adecuado de repuestos esenciales asegura que los equipos puedan repararse rápidamente en caso de fallas.
- **Garantizar la continuidad del proceso:** La disponibilidad de repuestos y materiales críticos permite mantener la producción sin interrupciones.
- **Optimizar costos:** Evita tanto los costos asociados a paradas no programadas como los generados por mantener un inventario excesivo.

Foco en Repuestos Categoría A según la Metodología ABC

La clasificación ABC segmenta los inventarios en tres categorías:

- **Categoría A:** Ítems de alto valor o impacto crítico, aunque representan un pequeño porcentaje del inventario total.
- **Categoría B:** Ítems de valor medio, con un impacto moderado.
- **Categoría C:** Ítems de bajo valor o impacto, que suelen ser numerosos, pero menos relevantes.

Los repuestos clasificados como **Categoría A** en la zona de parrilla de enfriamiento son aquellos de mayor prioridad debido a su importancia estratégica. La gestión eficiente de estos ítems es crucial porque:

- **Criticidad operativa:** Estos repuestos son indispensables para el funcionamiento de los equipos principales de la zona. Su ausencia podría provocar detenciones en la producción.
- **Mayor inversión:** Los ítems de categoría A suelen tener un costo elevado, por lo que mantener el inventario balanceado es esencial para evitar sobrecostos.
- **Frecuencia de uso:** Aunque el consumo pueda no ser diario, la rapidez en su reposición debe garantizarse para atender emergencias.

Implementación Práctica en Aceros AZA

Para optimizar la gestión de inventarios en la zona de parrilla de enfriamiento, se recomienda:

- **Análisis detallado del consumo:** Revisar históricos de consumo y demanda para determinar los niveles óptimos de stock mínimo y de seguridad.
- **Relación con proveedores:** Establecer acuerdos claros con proveedores para garantizar tiempos de entrega confiables y rápidos.
- **Reevaluación periódica de la clasificación ABC:** Los cambios en el proceso productivo pueden alterar la criticidad de ciertos repuestos, por lo que es necesario ajustar periódicamente las categorías asignadas.
- **Simulaciones de escenarios:** Realizar ejercicios de simulación para evaluar el impacto de retrasos en la reposición y demandas imprevistas.

Beneficios a Largo Plazo

La aplicación rigurosa de la metodología de stock mínimo y de seguridad en la zona de parrilla de enfriamiento de Aceros AZA proporciona beneficios tangibles, como:

- **Mayor eficiencia operativa:** Minimiza interrupciones en la producción, asegurando la continuidad del flujo de trabajo.
- **Reducción de costos:** Balancea la inversión en inventarios y evita gastos imprevistos asociados a paradas no programadas.
- **Confianza en la gestión:** Proporciona una base sólida para la toma de decisiones en la gestión de repuestos críticos.

Esta metodología no solo mitiga riesgos, sino que también fortalece la capacidad de Aceros AZA para responder a los desafíos de un entorno industrial complejo y demandante.

Análisis de Inventario y Propuesta de Mejora para Repuestos Críticos Categoría A

Con el objetivo de optimizar la gestión de inventario y minimizar los riesgos asociados a la falta de disponibilidad de repuestos críticos, se llevó a cabo un análisis detallado del stock mínimo y de seguridad para los ítems clasificados como Categoría A. Dada la importancia estratégica de estos componentes en la operación de la planta, se decidió realizar un estudio independiente para garantizar una gestión más precisa y eficiente, a continuación, se mostrarán los cálculos correspondientes:

Codigo	Texto material	Costo unitario	Demanda promedio diaria (DPD)	Tiempo de reposición [días] (TR)	%	Stock de seguridad (SS)	Stock mínimo
10159208	CAJON MOVIL S/P AZA-01225	\$873.100	0,05	60	50%	4	3
10160267	CARDAN # CI-559000000C (STAGNARO)	\$1.305.000	0,13	30	50%	4	4
10160898	RESPALDO CAJONES S/P AZA-01575	\$1.674.908	0,11	60	50%	7	4
14086955	RODILLO SALIDA T-3/ S/P AZA-02055	\$380.000	0,04	60	50%	3	2
10157412	CADENA ISO 12B-1 SIMPLE (120 ESLABONES)	\$59.896	0,02	30	50%	1	2
10157781	ELECTROVALVULA	\$2.220.880	0,01	42	50%	1	1
Suma		\$6.513.784					

Figura 2-8 Calculo De Stock Mínimo 1

(Fuente: Elaboración propia con información de la empresa)

Los resultados obtenidos evidencian un tiempo de reposición promedio significativamente elevado para los repuestos de la categoría A. Este hallazgo se atribuye principalmente a la dependencia de maestranzas locales como proveedores, en particular

aquellos asociados a AZA Renca, los cuales presentan una notable falta de puntualidad en la entrega de los pedidos.

La prolongación del tiempo de reposición tiene implicaciones directas en la gestión del inventario, tales como:

- **Incremento del stock de seguridad:** Para mitigar el riesgo de faltantes, es necesario elevar el nivel de stock de seguridad, lo que conlleva un aumento en los costos de almacenamiento y capital inmovilizado.
- **Mayor probabilidad de paradas de producción:** La falta de disponibilidad de repuestos críticos puede ocasionar paradas no programadas en las líneas de producción, generando pérdidas económicas significativas por concepto de producción perdida y costos de reparación.
- **Disminución de la eficiencia operativa:** La incertidumbre en los tiempos de entrega dificulta la planificación de las actividades de mantenimiento y reduce la eficiencia global de la planta.

Propuesta de Mejora:

Para abordar las problemáticas identificadas, se propone la implementación de las siguientes acciones:

- **Diversificación de la base de proveedores:** Es fundamental ampliar el portafolio de proveedores, buscando alternativas más confiables y con tiempos de entrega más cortos. Se sugiere realizar un análisis exhaustivo de nuevos proveedores, considerando aspectos como calidad, precio, capacidad de suministro y cumplimiento de plazos.
- **Negociación de contratos:** Se recomienda establecer acuerdos contractuales con los proveedores seleccionados, estableciendo claramente los términos y condiciones, incluyendo penalidades por incumplimiento de los plazos de entrega.
- **Análisis de la demanda:** Es necesario realizar un análisis detallado de la demanda histórica de cada repuesto crítico, considerando factores como la estacionalidad y la tendencia, para ajustar los niveles de stock de acuerdo a las necesidades reales.
- **Implementación de un sistema de seguimiento de los pedidos:** El seguimiento en tiempo real de los pedidos permitirá identificar posibles retrasos y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Beneficios Esperados:

La implementación de estas medidas permitirá:

- **Reducción del tiempo de reposición:** Al diversificar la base de proveedores y mejorar la gestión de los pedidos, se logrará reducir significativamente el tiempo promedio de reposición.
- **Optimización de los niveles de stock:** La implementación de un sistema de gestión de inventario permitirá ajustar los niveles de stock a las necesidades reales, evitando excesos y faltantes.
- **Minimización de los riesgos de paradas de producción:** La mayor disponibilidad de repuestos críticos reducirá la probabilidad de paradas no programadas, aumentando la eficiencia y la productividad de la planta.
- **Reducción de costos:** La optimización de la gestión de inventario permitirá reducir los costos de almacenamiento y capital inmovilizado.

El análisis realizado ha puesto de manifiesto la necesidad de implementar medidas para mejorar la gestión de los repuestos críticos de la categoría A. La diversificación de la base de proveedores, la negociación de contratos y la implementación de un sistema de gestión de inventario son acciones clave para lograr una mayor eficiencia y confiabilidad en la cadena de suministro.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN Y RECOMENDACIONES

3.1 Evaluación de la viabilidad técnica

En la planta Aceros AZA, la eficiencia operativa es clave para garantizar la continuidad de la producción. Dentro de las zonas críticas de la planta, la parrilla de enfriamiento desempeña un papel fundamental, ya que su buen funcionamiento es esencial para el proceso productivo. Sin embargo, uno de los mayores desafíos en esta área ha sido la gestión de los repuestos necesarios para mantenerla operativa. Para mejorar esta situación, se ha implementado una propuesta integral de mejora en la gestión de inventarios, utilizando una combinación de cálculos de stock mínimo, la metodología ABC, la codificación de repuestos mediante ERP, y la inclusión de planos técnicos asociados a los repuestos. Esta estrategia no solo optimiza la disponibilidad de repuestos críticos, sino que también mejora la eficiencia de las operaciones, sino que consigo mismo la toma de decisiones basada en datos.

Cálculos de Stock Mínimo para Repuestos Críticos

La implementación de cálculos de stock mínimo es una parte esencial de la mejora en la gestión del inventario de repuestos para la parrilla de enfriamiento. Al calcular el stock mínimo, se asegura que siempre haya suficientes piezas críticas disponibles para las reparaciones y mantenimientos programados o imprevistos. Este sistema también tiene en cuenta el tiempo promedio de reposición y las fluctuaciones en la demanda de repuestos, lo que minimiza la posibilidad de paros imprevistos debido a la falta de piezas esenciales.

Optimización según disciplina:

- Los mecánicos se benefician de la seguridad de contar con los repuestos necesarios en todo momento. Esto significa que ya no tendrán que esperar o buscar piezas críticas que no están en stock, lo que optimiza los tiempos de mantenimiento. Además, al contar con un inventario adecuado de repuestos, los mecánicos pueden llevar a cabo reparaciones de manera más rápida y eficiente, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la calidad del servicio de mantenimiento.
- Los programadores de mantenimiento también se benefician enormemente, ya que pueden planificar las actividades con mayor precisión. La disponibilidad garantizada de repuestos críticos permite que las paradas de mantenimiento sean

predecibles y menos disruptivas para la producción. Además, pueden programar mantenimientos preventivos con la confianza de que los repuestos necesarios estarán a la mano, optimizando el uso de los recursos y mejorando la eficiencia general.

- El equipo de logística tiene un beneficio clave, ya que la previsión del stock mínimo les permite gestionar mejor las compras y el almacenamiento de los repuestos. Esto no solo optimiza el espacio de almacenamiento, sino que también ayuda a reducir el riesgo de tener exceso de inventario, lo cual podría generar costos adicionales. Además, facilita la planificación de compras al evitar compras de urgencia y mejorar la rotación del inventario.

Metodología ABC para la Clasificación de Repuestos

La implementación de la metodología ABC permite clasificar los repuestos en tres categorías (A, B, C) según su importancia y frecuencia de uso:

- Categoría A: Repuestos de alta prioridad, críticos para el funcionamiento de la parrilla de enfriamiento, que tienen una alta rotación.
- Categoría B: Repuestos de mediana prioridad, con menor rotación, pero aún importantes para la operación.
- Categoría C: Repuestos de baja prioridad, que se utilizan con poca frecuencia y cuyo costo no es elevado.

La implementación de la metodología ABC y la integración de un sistema ERP ha transformado significativamente la gestión de repuestos en la parrilla de enfriamiento de Aceros AZA. Esta estrategia ha permitido acelerar los procesos, optimizar recursos y minimizar riesgos operativos, con resultados tangibles en diversas áreas:

- Para los mecánicos, la clasificación ABC facilita la identificación rápida de los repuestos más críticos para el funcionamiento de la parrilla de enfriamiento. Al tener los repuestos de categoría A siempre disponibles, pueden actuar con mayor rapidez ante fallas o necesidades de mantenimiento, sin tener que invertir tiempo buscando piezas. Además, el conocimiento de las categorías B y C les permite optimizar el uso de repuestos y realizar mantenimientos más preventivos que reactivos.

- El programador de mantenimiento puede priorizar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento, ya que tienen un panorama claro de cuáles son los repuestos de mayor importancia y cuáles pueden esperar. Esta organización mejora la planificación, ya que pueden realizar tareas de mantenimiento preventivo con base en la disponibilidad de repuestos, reduciendo el riesgo de interrupciones inesperadas y mejorando la programación de las paradas de producción.
- La clasificación ABC también beneficia al equipo de logística, que puede ahora enfocarse en los repuestos más críticos (categoría A), garantizando su disponibilidad constante. Además, pueden optimizar el espacio de almacenamiento y ajustar las compras según la prioridad de cada repuesto. Esta clasificación también les ayuda a gestionar las compras de manera más eficaz, evitando tanto el sobre stock de piezas de baja rotación como la escasez de piezas esenciales.

Beneficios Globales de la Propuesta de Mejora

La implementación de estos cambios en la gestión de inventarios tiene un impacto positivo y global en toda la operación de la planta:

- Reducción de tiempos de inactividad: Con la disponibilidad constante de repuestos críticos, los tiempos de inactividad por fallas de equipos en la parrilla de enfriamiento se reducen significativamente, lo que mejora la eficiencia operativa y la productividad general.
- Mejora en la eficiencia operativa: La integración de los repuestos en el ERP y la clasificación eficiente mediante la metodología ABC optimiza los recursos y facilita la toma de decisiones en cada área operativa, lo que contribuye a un flujo de trabajo más ágil y a la mejora de los tiempos de respuesta ante imprevistos.
- Optimización de costos: La mejora en la gestión de inventarios permite evitar tanto los costos asociados al exceso de stock como los derivados de las compras urgentes. Además, al tener un control más detallado sobre los repuestos y su rotación, se optimiza el gasto y se reducen las compras innecesarias.

La propuesta de mejora en la gestión de inventarios de repuestos para la parrilla de enfriamiento en la planta Aceros AZA tiene un impacto positivo en todos los niveles

de la operación. La implementación de cálculos de stock mínimo, la metodología ABC, la codificación de nuevos repuestos debido a compras directas y la disponibilidad de planos técnicos han optimizado la gestión de los repuestos críticos, mejorando la eficiencia del GPR haciendo no tan tediosas las tareas, por ende, es importante tomar en cuenta la actualización constante de todo aquello debido a que va variando en función del tiempo. Además, estos cambios no solo benefician a los mecánicos, programadores de mantenimiento y logística, sino que también permiten una gestión de compras más eficiente, reduciendo costos y mejorando el flujo de trabajo general en la planta. Con estos avances, Aceros AZA se posiciona para operar de manera más fluida, rentable y con mayor capacidad de respuesta ante imprevistos.

3.2 Codificación de repuestos

Análisis de Inventario y Propuesta de Mejora para Repuestos Críticos Categoría A

Con el objetivo de optimizar la gestión de inventario y minimizar los riesgos asociados a la falta de disponibilidad de repuestos críticos, se llevó a cabo un análisis detallado del stock mínimo y de seguridad para los ítems clasificados como Categoría A. Dada la importancia estratégica de estos componentes en la operación de la planta, se decidió realizar un estudio independiente para garantizar una gestión más precisa y eficiente.

DESCRIPCION	CODIGO SAP 4HANNA	STOCK		ORIGINADOR	REF. ORIGEN	UBICACIÓN RED REF. AZA	PLANO
PERNO CABEZA HEXAGONAL	0	10	5	AZA	M24x100	LINK	PLANO 2613-03989-C5 REV D
RASTRILLO MOVIL	0	5	1	AZA	2613-03989-11	LINK	PLANO 2613-03989-C5 REV D
CADENA DE TRANSMISION	0	5	1	SIMAC	1000.0382/914.09		PLANO 1617.0061
NIPLE DE LUBRICACION	0	2	1	SIMAC	A R 1/4 UNI 7663-5.8	LINK	PLANO 1617.0061
PERNO DE AMARRE	0	25	10	DIN 912	M20x50	LINK	PLANO 1617.0061
ANILLO RETENEDOR	0	25	10	DINI 472	I 68	LINK	PLANO 1617.0061
PERNO HEXAGONAL	0	20	10	ISO 4014	M20x140	LINK	PLANO 1617.0061
PASADOR PARTIDO	0	10	5	DIN 94	5x50	LINK	PLANO 1617.0061
RODILLO LATERAL	0	2	1	AZA	AZA-01366	LINK	PLANO 1617.0061
PERNO HEXAGONAL	0	10	10	ISO 4017	M12x20	LINK	PLANO 1617.0061
EJE RODILLO LATERAL	0	2	1	SIMAC	1000.0313/355.58	LINK	PLANO 1617.0061
TUERCA HEXAGONAL	0	10	5	DIN 934	M20	LINK	PLANO 1617.0061
RODAMIENTO A BOLAS	0	5	2	SKF	6308-2RS1	LINK	PLANO 1617.0061
ANILLO RETENEDOR	0	5	2	DIN 472	I 90	LINK	PLANO 1617.0061
RODAMIENTO A BOLAS	0	3	1	SKF	6212-2RS1	LINK	PLANO 1617.0061
ANILLO RETENEDOR	0	3	1	DIN 472	I 110	LINK	PLANO 1617.0061
RODAMIENTO A BOLAS	0	5	2	SKF	6008-2RS1	LINK	PLANO 1617.0061
RODAMIENTO	0	5	1	SKF	6006-RS1	LINK	PLANO 1617.0061
RODAMIENTO COMBINADO	0	2	1	SIMAC	FARO 4.056 D=77.7	LINK	PLANO 1617.0061
MOTORREDUCTOR	0	2	1	SIMAC	1617.0060/910.01	LINK	PLANO 1617.0060
RODILLO	0	5	1	AZA	AZA-02066	LINK	PLANO 1617.0060
PERNO HEXAGONAL	0	3	1	ISO 4017	M16x50	LINK	PLANO 1617.0060
RODAMIENTO	0	2	2	SKF	1206 EKTN9 SWEDEN		
MANGUITO RODAMIENTO H 306	0	2	2	SKF	H306		
ANILLOS SEPARADORES	0	2	2	SKF	FRB 8-62		

Figura 3-1 Codificación de repuestos

(Fuente: Elaboración propia con información de la empresa)

Resultados del Análisis:

Los resultados obtenidos evidencian un tiempo de reposición promedio significativamente elevado para los repuestos de la categoría A. Este hallazgo se atribuye principalmente a la dependencia de maestranzas locales como proveedores, en particular aquellos asociados a AZA Renca, los cuales presentan una notable falta de puntualidad en la entrega de los pedidos.

Implicaciones y Recomendaciones:

La prolongación del tiempo de reposición tiene implicaciones directas en la gestión del inventario, tales como:

- **Incremento del stock de seguridad:** Para mitigar el riesgo de faltantes, es necesario elevar el nivel de stock de seguridad, lo que conlleva un aumento en los costos de almacenamiento y capital inmovilizado.
- **Mayor probabilidad de paradas de producción:** La falta de disponibilidad de repuestos críticos puede ocasionar paradas no programadas en las líneas de producción, generando pérdidas económicas significativas por concepto de producción perdida y costos de reparación.
- **Disminución de la eficiencia operativa:** La incertidumbre en los tiempos de entrega dificulta la planificación de las actividades de mantenimiento y reduce la eficiencia global de la planta.

Propuesta de Mejora:

Para abordar las problemáticas identificadas, se propone la implementación de las siguientes acciones:

1. **Diversificación de la base de proveedores:** Es fundamental ampliar el portafolio de proveedores, buscando alternativas más confiables y con tiempos de entrega más cortos. Se sugiere realizar un análisis exhaustivo de nuevos proveedores, considerando aspectos como calidad, precio, capacidad de suministro y cumplimiento de plazos.
2. **Negociación de contratos:** Se recomienda establecer acuerdos contractuales con los proveedores seleccionados, estableciendo claramente los términos y condiciones, incluyendo penalidades por incumplimiento de los plazos de entrega.

3. **Análisis de la demanda:** Es necesario realizar un análisis detallado de la demanda histórica de cada repuesto crítico, considerando factores como la estacionalidad y la tendencia, para ajustar los niveles de stock de acuerdo con las necesidades reales.

Beneficios Esperados:

La implementación de estas medidas permitirá:

- **Reducción del tiempo de reposición:** Al diversificar la base de proveedores y mejorar la gestión de los pedidos, se logrará reducir significativamente el tiempo promedio de reposición.
- **Minimización de los riesgos de paradas de producción:** La mayor disponibilidad de repuestos críticos reducirá la probabilidad de paradas no programadas, aumentando la eficiencia y la productividad de la planta.
- **Reducción de costos:** La optimización de la gestión de inventario permitirá reducir los costos de almacenamiento y capital inmovilizado.

El análisis realizado ha puesto de manifiesto la necesidad de implementar medidas para mejorar la gestión de los repuestos críticos de la categoría A. La diversificación de la base de proveedores, la negociación de contratos y la implementación de un sistema de gestión de inventario son acciones clave para lograr una mayor eficiencia y confiabilidad en la cadena de suministro.

3.3 Impacto económico

Evaluamos el impacto económico por hora en caso de que se produzca una falla donde identificamos cifras alarmantes para tomar decisiones y mitigar riesgos asociados a impacto operacional y mantenimiento, donde tenemos los siguientes costos:

Repuestos críticos	Impacto 1 hr	Impacto 2 hr	Inversión	Inversión total
CAJON MOVIL S/P AZA-01225	\$ 3.983.500	\$ 7.967.000	\$873.100	\$ 6.513.784
CARDAN # CI-559000000C (STAGNARO)	\$ 4.415.400	\$ 8.830.800	\$1.305.000	
RESPALDO CAJONES S/P AZA-01575	\$ 4.785.308	\$ 9.570.616	\$1.674.908	
RODILLO SALIDA T-3/ S/P AZA-02055	\$ 3.490.400	\$ 6.980.800	\$380.000	
CADENA ISO 12B-1 SIMPLE (120 ESLABONES)	\$ 3.170.296	\$ 6.340.592	\$59.896	
ELECTROVALVULA	\$ 5.331.280	\$ 10.662.560	\$2.220.880	

Figura 3-3 Impacto economico

(Fuente: Elaboración propia con información interna de la empresa)

El análisis del impacto económico por hora ante una falla ha revelado cifras alarmantes que demandan una acción inmediata para mitigar los riesgos operacionales y de mantenimiento. Al evaluar los costos asociados a una falla, se identificó que la inversión inicial necesaria para adquirir un repuesto de cada uno de los componentes críticos asciende a \$6.513.784. Sin embargo, esta inversión resulta ser significativamente menor que los costos que se generarían por hora de inactividad en caso de producirse una falla. Los costos asociados al mantenimiento y la producción experimentan un crecimiento exponencial a medida que transcurre el tiempo de inactividad, lo que subraya la urgencia de actuar de manera proactiva. Los cálculos indican que el costo por hora de una falla puede variar entre \$3.170.296 y \$5.331.280, siendo este último valor prácticamente similar al de la inversión inicial en repuestos.

Es evidente que la inversión en repuestos, aunque significativa, representa una medida de prevención altamente rentable a largo plazo. Al garantizar la disponibilidad de los componentes críticos, se evita la paralización de las operaciones, se minimizan las pérdidas económicas asociadas a la producción detenida y se preserva la reputación de la empresa ante sus clientes. Desde otra perspectiva, esta situación evidencia la importancia de implementar estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo, así como de optimizar la gestión de inventario. Al contar con los repuestos necesarios y al realizar un mantenimiento adecuado, se reduce significativamente el riesgo de fallas inesperadas y se prolonga la vida útil de los equipos.

Además, es fundamental llevar a cabo un análisis de costo-beneficio detallado para evaluar diferentes escenarios y seleccionar la opción óptima. Este análisis debe considerar factores como la probabilidad de falla de cada componente, el costo de los repuestos, el impacto en la producción y los costos asociados a la pérdida de clientes. En

conclusión, los resultados del análisis económico ponen de manifiesto la necesidad imperiosa de invertir en la prevención de fallas. Al realizar una inversión inicial en repuestos y al implementar prácticas de mantenimiento eficientes, se puede garantizar la continuidad operativa, minimizar los costos y asegurar la competitividad de la empresa a largo plazo.

3.4 Propuestas de mejora

Revisión y ajuste de niveles de stock de seguridad

Esta acción no solo implica cálculos estadísticos, sino también la comprensión del contexto operativo. Por ejemplo, en Aceros AZA, ciertos repuestos críticos pueden estar ligados a equipos con alta tasa de utilización o a procesos que, de detenerse, generarían cuellos de botella significativos. Considerar la vida útil de los repuestos, la obsolescencia tecnológica y la disponibilidad de proveedores alternativos son factores cruciales. Además, se recomienda establecer un proceso de revisión continua, no solo semestral, sino también ante eventos inesperados como cambios en la demanda del mercado o interrupciones en la cadena de suministro.

Reducción del tiempo de ciclo de pedidos

Más allá de la negociación con proveedores, es vital optimizar los procesos internos. Esto incluye la implementación de sistemas de seguimiento en tiempo real y la comunicación efectiva con el área de logística. Explorar la posibilidad de establecer acuerdos de consignación con proveedores estratégicos o implementar un sistema de inventario gestionado por el proveedor (VMI) puede reducir aún más los tiempos de entrega. Asimismo, analizar la distribución del almacén para minimizar los tiempos de desplazamiento y optimizar la recepción y almacenamiento de repuestos es esencial.

Clasificación ABC de repuestos

La clasificación debe ir acompañada de políticas de inventario específicas para cada categoría. Para los repuestos A, se recomienda implementar un sistema de inventario perpetuo con revisiones frecuentes y una previsión de demanda detallada. Para los repuestos B, se pueden utilizar sistemas de punto de reorden con revisiones periódicas. Los repuestos C, de menor valor, pueden gestionarse con sistemas de dos contenedores o pedidos a granel. Además, es crucial establecer criterios claros para la reclasificación de

repuestos, ya que su valor y demanda pueden cambiar con el tiempo. Considerar la estandarización de repuestos y la reducción de la variedad de artículos también puede simplificar la gestión.

Actualización del GPR (Grupo de Partes y Repuestos)

La actualización debe ser un proceso colaborativo que involucre a diferentes áreas de la empresa, como mantenimiento, logística y adquisiciones. Establecer un comité de revisión con reuniones periódicas y un sistema de gestión documental para mantener un registro de cambios es fundamental. Además, se recomienda utilizar herramientas de software para gestionar el GPR, lo que facilita la actualización, el acceso y la distribución de la información. La incorporación de información sobre el historial de fallas de los repuestos y los costos de mantenimiento asociados puede mejorar la toma de decisiones.

Actualización de códigos de repuestos y codificación de alta rotación

La estandarización de códigos debe basarse en un sistema lógico y fácil de usar, que incluya información relevante como el tipo de repuesto, el fabricante y el equipo al que pertenece. Además, se recomienda establecer un proceso de auditoría regular para verificar la precisión de los códigos y corregir errores. La capacitación del personal en el uso del nuevo sistema de codificación es esencial para garantizar su correcta implementación. Considerar la implementación de un sistema de gestión de activos fijos (EAM) puede integrar la gestión de repuestos con el mantenimiento de equipos.

3.5 Plan de acción

El plan de acción propuesto en la figura 3-2 para mejorar la gestión de inventario en Aceros AZA, Planta Renca, se centra en la actualización y optimización de datos clave para una toma de decisiones informada y eficiente. Este plan busca establecer un sistema de gestión de inventario más preciso y adaptable, que responda a las necesidades dinámicas de la empresa.

OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS	PLAN DE ACCIÓN										
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Objetivo: Mejorar la gestión de inventario											
Revisión y ajuste de stock de seguridad de repuestos críticos											
Analizar los datos de demanda de los últimos 12 meses.											
Establecer niveles de stock de seguridad utilizando fórmulas como el método del punto de reorden o método de mínimos y máximos.											
Revisar y ajustar los niveles de stock de seguridad trimestralmente.											
Revisión y ajuste de stock de seguridad de repuestos críticos											
Identificar los proveedores con los tiempos de entrega más largos.											
Negociar con los proveedores para reducir los tiempos de entrega y/o evaluar nuevos posibles proveedores.											
Revisar constantemente el flujo de los pedidos.											
Clasificar los repuestos en categorías A, B y C											
Calcular el valor anual de consumo de cada repuesto.											
Establecer políticas de inventario específicas para cada categoría.											
Capacitar al personal y dar a conocer estas políticas											
Revisar la clasificación ABC anualmente.											
Actualizar el GPR (Grupo de partes y repuestos)											
Designar el equipo responsable, asignar roles y responsabilidades claras a los miembros del equipo (ingenieros de mantenimiento, personal de adquisiciones y/o logística, etc.).											
Actualizar planos y manuales técnicos.											
Comunicar los cambios: Informar a todo el personal involucrado las nuevas actualizaciones del GPR.											
Actualización y ajustes de códigos de repuestos con alta rotación											
Identificar inconsistencias, detectar códigos duplicados, obsoletos o incorrectos.											
Analizar los datos de consumo para identificar los repuestos con mayor demanda.											
Actualizar el sistema de gestión de inventario con los nuevos códigos y monitorear la rotación de los repuestos codificados para evaluar la efectividad del nuevo sistema											
Realizar ajustes al sistema de codificación según sea necesario.											

Figura 3-1 Plan de acción Aceros AZA 1

(Fuente: Elaboración propia con información interna)

Las actividades recomendadas incluyen la revisión y actualización semestral de la información relacionada con la demanda, los planos técnicos y otros datos relevantes. Esta actualización periódica garantiza que el sistema de inventario refleje la realidad operativa actual, permitiendo una planificación y control más efectivos.

Para medir la eficacia de este plan de acción, se propone el seguimiento de indicadores clave de rendimiento (KPIs). Estos KPIs proporcionan una visión clara del desempeño del sistema de inventario y permiten identificar áreas de mejora. Algunos de los KPIs recomendados son:

- **Cantidades de compras directas (mensuales y semestrales):** Este indicador permite monitorear la evolución de las compras y evaluar la precisión de las previsiones de demanda.

- **Relación de compra de repuestos sin codificar:** Este indicador ayuda a identificar y corregir deficiencias en el sistema de codificación, lo que mejora la precisión del inventario y facilita la gestión de repuestos.
- **Niveles de stock de seguridad:** Este indicador permite evaluar si los niveles de stock de seguridad son adecuados para evitar roturas de stock y minimizar los costos de almacenamiento.
- **Rotación de inventario:** Este indicador mide la eficiencia con la que se utiliza el inventario, lo que permite identificar repuestos de alta y baja rotación.
- **Tiempos de entrega de proveedores:** Este indicador permite evaluar la fiabilidad de los proveedores y optimizar los tiempos de reabastecimiento.

Es fundamental que la empresa establezca metas claras para cada KPI y realice un seguimiento regular de su desempeño. Esto permitirá identificar desviaciones y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Además, se reconoce que este plan de acción es dinámico y puede requerir modificaciones en función de las necesidades cambiantes de la empresa. La flexibilidad y la capacidad de adaptación son esenciales para garantizar la eficacia a largo plazo del sistema de gestión de inventario.

3.6 Recomendaciones adicionales

La parrilla de enfriamiento, un área crítica en la Planta AZA Renca presenta un desafío significativo debido a la alta frecuencia de interrupciones, predominantemente de naturaleza operacional. Estas interrupciones, manifestadas a través de modos de fallo como la saturación de la parrilla o el atasco de barras entre cajones, han sido abordadas principalmente mediante ajustes de velocidad de entrada y salida. Sin embargo, esta estrategia, aunque efectiva para restaurar la operación rápidamente (MTTR bajo), no resuelve el problema de fondo.

La persistencia de estas interrupciones, a pesar de su rápida resolución, indica la necesidad de un análisis más profundo. Es crucial implementar un sistema de seguimiento detallado de todas las fallas e interrupciones, registrando datos como la hora de inicio y fin, el modo de fallo específico, las condiciones de operación en el momento de la falla,

y las acciones correctivas tomadas. Esta información es fundamental para entender los patrones y las causas subyacentes de las interrupciones.

Una vez recopilados los datos, se recomienda aplicar técnicas de análisis de fallos como el FMECA (Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad) y/o el ACR (Análisis de Causa Raíz). El FMECA permitirá identificar los modos de fallo potenciales, evaluar su criticidad y priorizar las acciones preventivas. El ACR, por su parte, permitirá profundizar en las causas raíz de las fallas recurrentes, más allá de los síntomas superficiales.

Conclusión

El análisis detallado de las zonas críticas en Aceros AZA, planta Renca, ha sido esencial para identificar y mitigar los riesgos operacionales que podrían afectar el impacto operacional debido a no conformidades dentro de los stocks de repuestos. A través de la aplicación de la metodología ABC, la actualización del GPR y la creación de códigos específicos para repuestos estratégicos, se ha logrado optimizar el proceso de gestión de inventarios, lo que permite reducir la probabilidad de fallas operativas inesperadas. Estas acciones no solo han representado una mejora en las prácticas actuales de la planta, sino que también constituyen una base sólida para la toma de decisiones fundamentadas en datos precisos y actualizados, lo cual incrementa la efectividad en la priorización de recursos y en la gestión de los riesgos asociados.

Una de las medidas clave ha sido la jerarquización de las zonas más críticas, lo que facilita una intervención más rápida y eficiente cuando se presentan problemas operacionales, priorizando las áreas que requieren atención inmediata. Esto, en conjunto con la implementación de un enfoque basado en datos, mejora la capacidad de respuesta ante situaciones imprevistas y optimiza el tiempo de inactividad de la planta. Sin embargo, se ha identificado una necesidad urgente de revisar y fortalecer la cadena de suministro de repuestos estratégicos. En particular, los repuestos críticos como los respaldos de los cajones, los cajones móviles y los cajones fijos, presentan tiempos de espera excesivamente largos desde la emisión de la orden de compra hasta la entrega, lo que podría generar un impacto significativo en la continuidad operativa de la parrilla de enfriamiento, afectando directamente el 100% de la operatividad de esta zona.

Por lo tanto, se recomienda evaluar nuevos proveedores con mayor confiabilidad y capacidad de respuesta para estos repuestos, con el fin de minimizar los tiempos de espera y asegurar la disponibilidad inmediata de piezas clave cuando se necesiten. Adicionalmente, es crucial implementar un manejo controlado y eficiente de estos repuestos críticos, de forma que se pueda garantizar una operación continua y sin interrupciones. Esto permitirá mitigar el impacto operacional de manera significativa, tratando de asegurar la continuidad de la producción sin riesgos mayores debido a falta de stock y/o mala gestión de repuestos críticos que puedan poner en peligro el desempeño de la planta a largo plazo.

Bibliografía

Fuente. (s.f.). Obtenido de <http://www.deconomiablog.com/2018/10/modelo-de-wilson-ejemplo-desarrollado.html>

Fuente <http://es.slideshare.net/jhaltuzarra/manejo-y-control-de-inventarios>. (s.f.).

Fuente <https://media.timetoast.com/timelines/los-sistemas-mrp-y-erp-76a23d4e-ce40-40f9-9fcb-52e455411eb8>. (s.f.). Obtenido de <https://media.timetoast.com/timelines/los-sistemas-mrp-y-erp-76a23d4e-ce40-40f9-9fcb-52e455411eb8>

Fuente <https://plantillaarbolgenealogico.net/diagramas/analisis-abc/>. (s.f.).

Fuente <https://www.monografias.com/trabajos32/plan-maestro-produccion/plan-maestro-produccion>. (s.f.).

Fuente: <http://www.deconomiablog.com/2018/10/modelo-de-wilson-ejemplo-desarrollado.html>. (s.f.).

(s.f.). *Fuente:* <https://www.aza.cl/quienes-somos/proceso-productivo/>. Obtenido de <https://www.aza.cl/quienes-somos/proceso-productivo/>

(s.f.). *Fuente:* https://www.google.com/maps/place/Aza/@-33.397112,-70.6883111,14.89z/data=!4m7!3m6!1s0x9662c69b0cce5181:0x5114ea775cd0b9b4!8m2!3d-33.4013073!4d-70.6837028!10e4!16s%2Fg%2F1tls40lr?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MTIwNC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D.

<https://www.aza.cl/quienes-somos/nuestros-valores/>. (s.f.).

(s.f.). <https://www.aza.cl/quienes-somos/nuestros-valores/>.

- Apuntes de asignatura de “ingeniería en mantenimiento”, Mg. Ing. Carlos Baldi
- Apuntes de asignatura de “ingeniería en confiabilidad I”, PhD. Mg. Ing. Carlos Parra
- Apuntes de asignatura de “ingeniería en confiabilidad II”, PhD. Mg. Ing. Carlos Parra

- Apuntes de asignatura de “Gestión a la cadena de suministros” Mg. Ing. Félix Pizarro.

ANEXOS

Anexo 1: MTTR equipos de la parrilla de enfriamiento.

ZONA	Equipo	intervencione	% del total de fallas	% del total de fallas acumulado	TTR (Hr)	MTTR (minutos)
Parrilla de enfriamiento	Cajones	264	69%	69%	38,2	8,68
	Carro transferidor de mantos	46	12%	81%	10,11	13,19
	Parrilla de enfriamiento	41	11%	92%	9,2	13,46
	Camino de rodillos T3	21	6%	98%	3,3	9,43
	Cadena formador de mantos	9	2%	100%	2,1	14,00
Suma		381,00	100%		62,9	

Anexo 1 - MTTR PARRILLA DE ENFRIAMIENTO

(Fuente: Elaboración propia con información interna)

Anexo 2: cálculos y datos asociados a el trabajo de título.

- SIPOC
- Intervenciones
- TTR – MTTR
- Costos
- Perdidas
- Metodología ABC
- GPR actualizado



Interrupciones
Aceros AZA S.A.xlsx

Anexo 2: ABC parrilla de enfriamiento.

DESCRIPCION	STOCK MAX	STOCK MI	Precio unitario	INVERSIÓN	% DE LA INVERSIÓN ACUMULADA	ABC COSTO
RESPALDO CAJONES	3	1	CLP 1.674.908	\$5.024.724	18%	A
CAJON	3	1	CLP 873.100	\$2.619.300	27%	A
CARDAN	2	2	CLP 1.305.000	\$2.610.000	36%	A
ELECTROVALVULA	1	1	CLP 2.220.880	\$2.220.880	44%	A
RODILLO RESPALDO	3	1	CLP 380.000	\$1.140.000	62%	A
RUEDA CON PESTAÑA	3	2	CLP 521.320	\$1.563.960	68%	A
CILINDRO HIDRAULICO	1	1	CLP 877.516	\$877.516	71%	A
CUCHILLO INFERIOR ANG. 40-50	3	2	CLP 280.000	\$840.000	74%	A
CUCHILLO INFERIOR ANG. 25-30	3	2	CLP 280.000	\$840.000	77%	A
CUCHILLO INFERIOR ANG. 20	3	2	CLP 280.000	\$840.000	80%	B
RODAMIENTO	2	2	CLP 305.330	\$610.660	82%	B
RUEDA LISA	2	2	CLP 269.190	\$538.380	84%	B
HORQUILLA PARA CURSOR	1	1	CLP 460.000	\$460.000	86%	B
HORQUILLA PARA CILINDRO	1	1	CLP 460.000	\$460.000	87%	B
CADENA DE TRANSMISION	3	2	CLP 84.200	\$252.600	88%	B
RODILLO	1	1	CLP 330.000	\$330.000	89%	B
EJE DE GUIA	1	1	CLP 235.000	\$235.000	90%	B
REDUCTOR	1	1	CLP 230.000	\$230.000	91%	B
ANILLO SEPARADOR	4	4	CLP 51.200	\$204.800	92%	B
SENSOR PARA CADENA	4	2	CLP 42.000	\$168.000	92%	B
BUJE PARA HORQUILLA CURSOR	2	2	CLP 83.000	\$166.000	93%	B
CADENA DE TRANSMISION	2	1	CLP 59.896	\$119.792	93%	B
RODAMIENTO #2207 EK	2	2	CLP 57.240	\$114.480	94%	B
ANILLOS SEPARADORES	2	2	CLP 51.200	\$102.400	94%	B
TERNINAL PARA BARRA PRINCIPAL	1	1	CLP 96.529	\$96.529	95%	B
RODAMIENTO	2	2	CLP 46.250	\$92.500	95%	B
PASADOR DE FIJACION Ø25	5	5	CLP 18.400	\$92.000	95%	C
TAPA DE FIJACION	2	2	CLP 44.336	\$88.672	96%	C
EJE RODILLO	1	1	CLP 85.800	\$85.800	96%	C
TERMINAL PARA CILINDRO	1	1	CLP 82.632	\$82.632	96%	C
PASADOR DE FIJACION Ø35	5	5	CLP 16.000	\$80.000	96%	C
PASADOR DE FIJACION Ø35	5	5	CLP 16.000	\$80.000	97%	C
RODILLO	1	1	CLP 77.685	\$77.685	97%	C
BUJE PARA TERMINAL DE CILINDRO	1	1	CLP 73.000	\$73.000	97%	C
CENTRADOR MAYOR	1	1	CLP 58.000	\$58.000	97%	C
ANILLO SEPARADOR	1	1	CLP 51.200	\$51.200	98%	C
RODAMIENTO CONICO	2	2	CLP 25.280	\$50.560	98%	C
DISTANCIADOR	2	2	CLP 24.290	\$48.580	98%	C
TAPA MENOR	1	1	CLP 44.337	\$44.337	98%	C
TAPA MAYOR	1	1	CLP 41.920	\$41.920	98%	C
CENTRADOR MENOR	1	1	CLP 35.000	\$35.000	98%	C
RODAMIENTO DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR	1	1	CLP 34.290	\$34.290	99%	C
MANGUITO	2	1	CLP 14.441	\$28.882	99%	C
MANGUITO RODAMIENTO H 306	2	2	CLP 12.441	\$24.882	99%	C
BUJE PARA HORQUILLA CILINDRO	2	2	CLP 8.320	\$16.640	99%	C
CANDADO PARA CADENA	20	10	CLP 824	\$16.480	99%	C
PERNO PARKER	10	10	CLP 1.250	\$12.500	99%	C
PERNO HEXAGONAL	16	16	CLP 776	\$12.416	99%	C
TOPE EJE	4	2	CLP 3.082	\$12.328	99%	C
FLEXIBLE 4C2,4FJX,4FJX90°	1	1	CLP 37.200	\$37.200	99%	C
FLEXIBLE 32C4,32MP,40MP	1	1	CLP 37.200	\$37.200	99%	C
FLEXIBLE 16C12,16MP,16FJX 90°	1	1	CLP 37.200	\$37.200	99%	C
FLEXIBLE 16C12,16MP,16FJX 90°	1	1	CLP 37.200	\$37.200	100%	C
FLEXIBLE 12C2,12MP,12FJX 90°	1	1	CLP 37.200	\$37.200	100%	C
FLEXIBLE 16C2,16MP,H 36X2(T28)	1	1	CLP 37.200	\$37.200	100%	C
ARANDELA DE AJUSTE	2	2	CLP 5.880	\$11.760	100%	C
RETEN DE LABIO	2	2	CLP 5.220	\$10.440	100%	C
PERNO HEXAGONAL	20	10	CLP 430	\$8.600	100%	C
PERNO PARKER	8	8	CLP 1.010	\$8.080	100%	C
PERNO HEXAGONAL	10	5	CLP 430	\$4.300	100%	C
TUERCA DE REGULACION	1	1	CLP 3.400	\$3.400	100%	C
PERNO HEXAGONAL	4	4	CLP 689	\$2.756	100%	C
TUERCA HEXAGONAL	8	8	CLP 270	\$2.160	100%	C
TUERCA HEXAGONAL	16	16	CLP 101	\$1.616	100%	C
PERNO PARKER	4	4	CLP 235	\$940	100%	C
PERNO HEXAGONAL	4	4	CLP 218	\$872	100%	C
GOLILLA PRESION	16	16	CLP 52	\$832	100%	C
PERNO HEXAGONAL	10	5	CLP 82	\$820	100%	C
GOLILLA PRESION	8	8	CLP 87	\$696	100%	C
PERNO CABEZA HEXAGONAL	20	20	CLP 21	\$420	100%	C
GOLILLA PRESION	4	4	CLP 87	\$348	100%	C
CUCHILLO PLANO SUPERIOR	2	1	CLP 1	\$2	100%	C
CUCHILLO PLANO INFERIOR	2	2	CLP 1	\$2	100%	C
SOPORTE SNH 507-606	2	2	CLP 1	\$2	100%	C
RODILLO LATERAL	2	2	CLP 1	\$2	100%	C
TOTAL	303		\$ 13.884.479	\$ 28.146.573		

Anexo 3 - ABC PARRILLA DE ENFRIAMIENTO

(Fuente: Elaboración propia con información interna)

