



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Ingeniería

# PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ADQUISICION DE REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS: SOPORTE A LA OPERACION

GIUSSEPPE FOPPIANO FIGUEROA

PROFESOR GUÍA: VASCO SANCHEZ RODRÍGUEZ, PhD  
MAURICIO VARAS VALDES, PHD

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO- CHILE  
2024



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Ingeniería

# PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ADQUISICION DE REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS: SOPORTE A LA OPERACION

**POR: GIUSSEPPE GIACCOMO FOPPIANO FIGUEROA**

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

**PROFESOR GUIA:** Vasco Sánchez Rodríguez, PhD y Mauricio Varas, PhD

**PROFESOR INTEGRANTE 1:** José Luis Salazar Navarrete, PhD

**PROFESOR INTEGRANTE 2:** Lorenzo Reyes Bozo, PhD

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y  
de Sistemas.

Enero, 2024

Santiago, Chile

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ADQUISICION DE REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS: SOPORTE A LA OPERACION**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o co-autoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.

  
**GIUSSEPPE FOPPIANO FIGUEROA**  
Firma

*A mi familia,  
A mis mascotas,  
A los que no están físicamente con nosotros  
Y a Dios*

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue posible gracias a mis compañeros con quienes trabajé, compartí opiniones y aprendí a conocer como personas donde me enriquecí con sus experiencias y valores, los cuales sé que los llevarán lejos. A mis profesores quienes me enseñaron sus conocimientos, habilidades y experiencias, pero también cómo ser un mejor ser humano, cómo aportar a la sociedad y por impartirme la invaluable lección de la importancia de no abandonar a nadie en el camino. También a todos los trabajadores de la Universidad del Desarrollo de Chile quienes aportaron de distintas maneras en este camino de aprendizaje y mejora continua.

Además, agradecer a mis amigos, los que conozco y han estado conmigo desde la infancia, que más que amigos, ya son familia. Asimismo, a quienes fui conociendo durante mis distintas etapas de educación que se volvieron importantes para mí.

No hubiese sido posible llevar a cabo este trabajo sin las personas que han estado conmigo siempre, mi familia, como mis padres que se esforzaron siempre por mí y que estoy donde estoy gracias a ellos, a mis hermanos por sus consejos y palabras de aliento, a mis dos cuñadas y cuñado que me han tratado siempre como uno de sus hermanos dándome muestras de cariño, a mis sobrinos por las alegrías que siempre dan y el amor que han demostrado desde que nacieron, a mi suegra que siempre demuestra su afecto y que sabemos cómo familia que vencerá por segunda vez su batalla contra el cáncer, a mi pareja que demuestra su amor y compañerismo impagable cada día y con quien espero pasar el resto de mis días, a mi hija que me alegra con solo reír y también por el amor que brinda, a mis dos mascotas que me llenan el alma y me hacen mejor ser humano, a mis seres querido que ya no se encuentran con nosotros físicamente pero que nos siguen apoyando a todos los demás y a Dios por siempre estar conmigo y que me ha guiado en cada paso que he dado.

## **PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ADQUISICION DE REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS: SOPORTE A LA OPERACIÓN**

GIUSSEPPE FOPPIANO FIGUEROA

Bajo la supervisión del Profesor Vasco Sánchez Rodríguez, PhD, y Mauricio Valdes, PhD en la Universidad del Desarrollo de Chile

### *Resumen*

Este trabajo propone una metodología para la implementación de un sistema de abastecimiento de repuestos críticos para el mantenimiento de equipos de extracción para la operación de una minera en la región de Antofagasta, Chile. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología de implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro para mejorar su resiliencia y disminuir la probabilidad de perturbaciones en la operación minera. Para conseguirlo se analiza de manera cualitativa cuáles son las variables que mejoran la resiliencia en la cadena de suministro a través de entrevistas semiestructuradas a 11 actores que tienen relación directa con el suministro de repuestos críticos y de manera cuantitativa a través del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) se analizan 132 repuestos críticos para la flota de palas que aseguran la continuidad operacional tomando una muestra de 1.056 datos del ERP SAP. Los resultados muestran que con la posible implementación de actividades colaborativas entre usuarios, compradores y proveedores y mejorando la proyección de la demanda se podría mejorar la resiliencia de la cadena de abastecimiento para recuperarse rápidamente ante posibles quiebres de suministros de proveedores. En síntesis, la posible implementación de esta propuesta cumple con las expectativas de incremento de la resiliencia a la red de suministros de mantenimiento de equipos mineros de extracción y aseguran su continuidad operacional.

**Palabras claves:** Adquisición de repuestos mineros, cadena de suministro resiliente, minería, matriz de kraljic.

## HIGHLIGHTS

# PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ADQUISICION DE REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS: SOPORTE A LA OPERACIÓN

Giusseppe Giacomo Foppiano Figueroa

- Propone metodología de compra que mejora resiliencia y disminuye detenciones
- Se entrevistó a 11 empleados de distinto nivel y se analizó 132 repuestos críticos
- Utiliza entrevistas semiestructurada y análisis según modelo EOQ
- Muestra que, con colaboración y proyección, mejora resiliencia en abastecimiento
- Propuesta mejora resiliencia en suministro, asegurando continuidad minera

## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1	RESILIENCIA EN LA CADENA DE SUMINISTRO MINERA .....	12
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA .....	12
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO .....	16
1.4	OBJETIVO GENERAL .....	17
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i> .....	17
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA .....	17
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO .....	22
<b>2</b>	<b>INFORMACION Y RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
2.1	PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	23
2.2	PROCESO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN .....	27
2.3	LOS DATOS RECOGIDOS: .....	27
2.4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....	32
2.5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	37
2.6	METODOLOGÍA DE ADQUISICIONES RESILIENTE PARA CADENA DE SUMINISTRO .....	39
<b>3</b>	<b>ARTICULO.....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>71</b>
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.....	73
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>ANEXO: REPORTE DE PLAGIO .....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>ANEXO A: TABLA DE DETERMINACIÓN DE CANTIDAD ÓPTIMA DE PEDIDO Y PUNTO DE REORDENAMIENTO.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. DATOS OBTENIDOS DEL ERP.....	19
TABLA II. RESUMEN DE ENTREVISTADOS.....	20
TABLA III. INSTRUMENTO ANÁLISIS CUALITATIVO .....	26
TABLA IV. INSTRUMENTO ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	27
TABLA V. CUADRO DE INSTRUMENTO CUALITATIVO.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FLUJO ACTUAL DE ADQUISICIONES. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	11
FIGURA 2. MATRIZ ABC321 (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA). .....	18
FIGURA 3. ANÁLISIS ABC321 “PARETO VALORES DE CONSUMOS PROMEDIO ANUALES DE REPUESTOS DE FLOTA DE PALAS”. (ELABORACIÓN PROPIA). .....	34
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN ANÁLISIS ABC321 EN BASE A CRITICIDAD. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	35
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN ANÁLISIS ABC321 EN BASE A VALOR DE REPUESTO. (ELABORACIÓN PROPIA). .....	36
FIGURA 6. MATRIZ DE KRALJIC. (SAPUTRO, FIGUEIRA Y ALMADA-LOBO ,2022). .....	40
FIGURA 7. MATRIZ DE KRALJIC PARA REPUESTOS CRÍTICOS DE LA FLOTA DE PALAS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA). .....	41

## **1 INTRODUCCIÓN**

En Chile la industria del cobre ha estado contribuyendo al crecimiento y desarrollo económico del país durante las últimas tres décadas, donde el país tiene las mayores reservas de cobre del mundo y es el principal productor de cobre del mundo, representando el 30% de la producción mundial (Guzmán et al, 2023).

Por otra parte, este rubro se ha vuelto cada vez más competitivo debido a que ha habido una disminución de la productividad laboral la cual podría ser asociada a la baja de la ley del cobre en el periodo de los años 2000 al 2008, consumiendo una mayor cantidad de electricidad por esfuerzos de extraer más material, profundizando en las minas, los cuales también tienen una dureza mayor y se debe consumir mayor energía para tritararlo (Lagos et al, 2020).

Como se indica en la investigación de Atienza et al. (2021), se observan notables disparidades en las conexiones y el número de proveedores a nivel nacional. Esto se atribuye a la concentración predominante de faenas mineras en el norte de Chile. La Región Metropolitana se destaca por sus servicios especializados, mientras que las regiones mineras funcionan principalmente como proveedores genéricos, revelando desigualdades en las cadenas de suministro. Estas discrepancias impactan directamente en el desarrollo regional, sugiriendo que la Región Metropolitana tiene el potencial para establecer cadenas mineras de alta calidad, a diferencia de las regiones mineras que muestran deficiencias significativas en conexiones y proveedores.

De lo anterior se puede inferir la importancia de la cadena de suministro (SC por sus siglas en inglés) para el rubro del cobre En Chile ya que como bien se indica en el trabajo de Arji et al (2023) la SC determina cómo operar de manera eficiente para que los suministros correctos lleguen al lugar correcto en el momento correcto. Adicionalmente, como se menciona en el trabajo de Zekhnini et al (2020) la gestión de la cadena de suministro (SCM por sus siglas en inglés) se encarga de unificar y sincronizar los movimientos financieros y de productos entre distintas compañías,

con el objetivo de optimizar la conversión y el uso eficiente de los recursos a lo largo de la cadena de valor, así como facilitar el transporte de materias primas hasta los consumidores.

Conforme al estudio de Zeng et al. (2021), la industria minera, caracterizada por su incertidumbre y control de inventario impredecible, busca reducir riesgos manteniendo altos niveles de inventario. Este enfoque, aunque disminuye posibles pérdidas, genera mayores costos de almacenamiento y contribuye al efecto látigo en las cadenas de suministro. El efecto látigo tal como se indica en el trabajo de Qu y Raff (2021) se origina debido a la correlación entre la demanda en distintos periodos lo que provoca que la demanda registrada en un periodo brinda indicaciones sobre la demanda anticipada en el próximo periodo, influyendo así en los niveles de stock de inventario que se debe solicitar para el siguiente periodo.

Por otra parte, las SC tienen un factor importante a considerar que es el aumento en la frecuencia de desastres naturales y sus impactos en las cadenas de suministro a nivel global lo que implica una importancia de desarrollar cadenas de suministro resilientes (RSC por sus siglas en inglés) las cuales deben tener la capacidad de prevenir, resistir o recuperarse de las secuelas de los desastres, así como de las interrupciones tanto a nivel organizativo como en la propia cadena de suministro (Sawyer y Harrison, 2020).

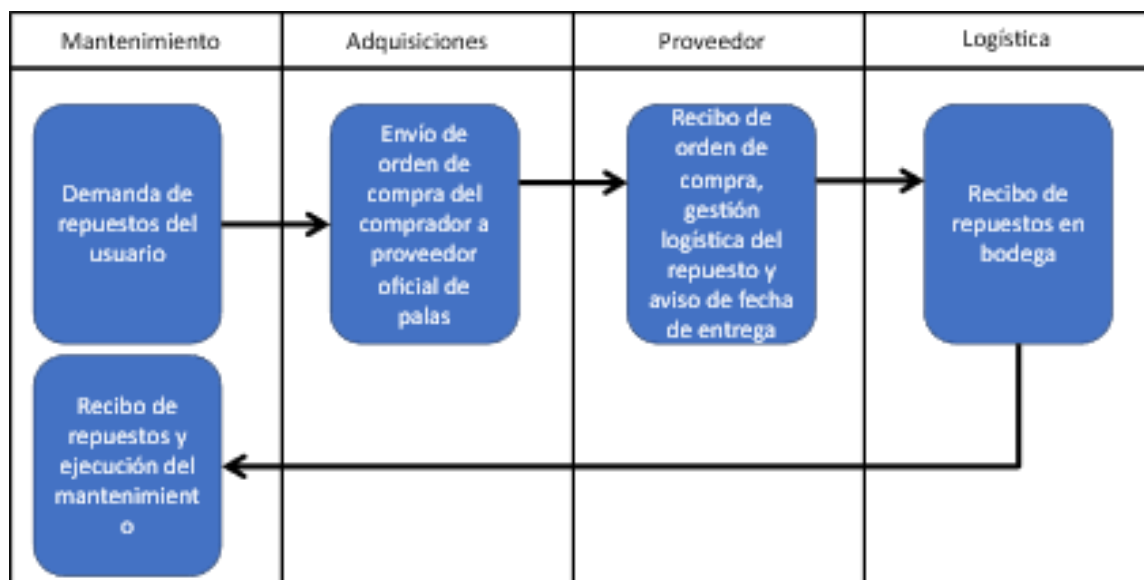
Estudios como el de Moncada (2020) y Hernández y Sánchez (2019) han revelado que eventos catastróficos, tales como inundaciones, huracanes y otras calamidades naturales, pueden generar perturbaciones significativas en las cadenas de suministro dificultando la satisfacción de las solicitudes de los clientes y resultan en menores ventas.

El trabajo de Kanike (2023) indica que tales circunstancias pueden generar interrupciones sustanciales en la cadena de suministro, manifestándose en forma de costos más altos, retrasos en la producción, reducción de la eficiencia y una disminución en la satisfacción del cliente lo cual sucedió en las cadenas de suministro chilena tras el terremoto ocurrido en la zona centro y sur de Chile en 2010.

Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de que las empresas mineras se preparen para enfrentar imprevistos mediante la implementación de modelos de cadenas de suministro resistentes, capaces de recuperarse rápidamente ante situaciones imprevistas, especialmente en un país como Chile, propenso a eventos como terremotos y lluvias torrenciales.

En este trabajo, se presenta metodología de adquisiciones de repuestos críticos para mejorar la resiliencia y reducir la probabilidad de interrupciones en la operación de una minera en la segunda región de Antofagasta, Chile.

Actualmente, la empresa carece de un modelo que garantice resiliencia ante problemas en la adquisición de repuestos, especialmente aquellos provenientes de Estados Unidos para las palas eléctricas debido a la dependencia de un único proveedor (ver fig. 1), lo que ha dificultado la operación en términos de tiempos de entrega y disponibilidad de productos. Esta dependencia de envíos desde Estados Unidos se ha visto afectada por la priorización de mineras en América del Norte y grandes faenas mineras sudamericanas como Escondida, Collahuasi o Cerro Verde.



**Figura 1. Flujo actual de adquisiciones. (Fuente: Elaboración propia).**

## **1.1 Resiliencia en la cadena de suministro minera**

Entendida esta realidad, es posible formular la pregunta de investigación de esta tesis: ¿Cuáles son las variables que dan resiliencia a una cadena de suministro para equipos mineros?

En efecto la implementación del principio de resiliencia abarca la evaluación de aspectos técnicos y ambientales, así como el reconocimiento de amenazas frecuentemente ignoradas en las complejas cadenas de suministro de la industria minera donde la falta de control en los suministros e insumos de operación propicia eventos adversos, y la súbita falla de estos elementos puede desencadenar desastres, subrayando la importancia de abordar la resiliencia en toda la cadena para prevenir consecuencias catastróficas (Jaime y Sanabria, 2021).

## **1.2 Breve discusión de la literatura**

Chile es conocido por ser un país minero y por ser uno de los principales productores de cobre donde en los últimos años ha sido protagonista aportando con un 30% de la producción mundial. Además, tiene las mayores reservas del mundo de este metal rojizo. Este metal tiene diversas utilidades, las cuales pueden variar desde la distribución eléctrica, transporte, construcción, entre otras muchas más (Meller, 2019). Además, este rubro ha aportado con aproximadamente el 15% del PIB nacional en los últimos años, lo que ha permitido que colabore con los ingresos gubernamentales con cerca de US\$ 10 mil millones para el caso del año 2021. Lo anterior refleja la importancia de este rubro tanto para el desarrollo, trabajo y economía del país (Ugarte y Vergara, 2021).

Con lo que respecta a las exportaciones de productos mineros, desde la década del 2010 estas no han tenido mayores crecimientos, estas han fluctuado entre 50% y 60% de la suma total de envíos al extranjero realizados por el país. En el año 2021

los principales socios comerciales han sido Estados Unidos (22%), China (16%) y Europa (16%) (Marcel, 2022).

Lo anterior nos demuestra lo importante que es este rubro para el país donde se vuelve imprescindible que las compañías mineras tomen acciones para ser más competitivas y lograr mantenerse en el tiempo. Estas acciones pueden variar desde realizar inversiones tanto en proyectos de ampliación como I+D, ser partícipe de clúster y aplicar decisiones estratégicas para el negocio que es donde este trabajo contribuye para una minera en específico.

### **Cadena de suministro**

En el trabajo de Avidal y Rivera (2019) una de las definiciones es la descripción, planificación y gestión de los materiales, flujos de información y actividades logísticas entre las organizaciones. Por otra parte también se define como el conjunto de todas las actividades involucradas en la transformación de un bien el cual comienza desde la materia prima que se provee hasta que este llega su consumidor final (Nugent et al, 2019), es decir, la cadena de suministro abarca la planificación, adquisición, transporte, producción, distribución y entrega de productos coordinando eficientemente estos eslabones, optimiza la satisfacción del cliente al garantizar la disponibilidad de bienes de calidad en tiempo y forma.

### **Resiliencia en cadena de suministro**

Tal como se detalla en el trabajo de Yang et al (2023) la resiliencia en una cadena de suministro se considera como la habilidad correspondiente a la emergencia, la habilidad adaptativa o la habilidad restauradora ante la respuesta de emergencia. Esta habilidad en las cadenas de suministro permite que las empresas logren operar fluidamente gracias a la recuperación de las disrupciones que pueden ser por temas climáticos, sociales, medio ambientales, financieros, entre otros.

A su vez en el trabajo de Wieland y Durach (2021) indican que la terminología de resiliencia de una cadena de suministro fue tomada de la teoría ingenieril de materiales que trata sobre la estabilidad cercana a un estado estacionario de equilibrio, empleando la resistencia ante perturbaciones y la rapidez de regreso al equilibrio como medidas de la propiedad.

En virtud de lo mencionado, la importancia de esta habilidad radica también en la capacidad que tienen las empresas de elaborar un plan estratégico visualizando las posibles eventualidades que puedan afectar las operaciones.

### **Riesgo y gestión del riesgo**

El riesgo se define como la posibilidad de que ocurran eventos internos o externos que crean incertidumbre sobre el logro de los objetivos, los cuales pueden tener un impacto negativo o positivo en la organización (Giraldo et al, 2020). En el trabajo de Pereda y Requejo (2020) se indican que los riesgos en las empresas pueden considerarse de varios tipos, los cuales entre ellos están los operacionales, financieros e imagen corporativa.

Por otra parte, la gestión de riesgos corresponde a todas las actividades coordinadas que permiten la dirección y control en las organizaciones en relación con el riesgo (ISO 31.000, 2018), es decir, es una gestión que lleva cada empresa, compañía, organización, etc. Para controlar distintas amenazas y seguir funcionando.

### **Resiliencia de las operaciones mineras en el extranjero**

Existen trabajos como el de Segura (2023) donde en una empresa del sector minero en Perú dedicada al mantenimiento de maquinaria, analizan la situación actual de su cadena de suministro considerando indicadores propios, casos de éxito y aplicación del diagrama de Ishikawa, el cual este último es una técnica que se emplea para identificar potenciales causas relacionadas con un problema central (Delgado et al

2021). Luego de haber realizado esa revisión fue determinado que la aplicación de un sistema de planificación de requerimiento de materiales (MRP por sus siglas en inglés) que evalúe las fluctuaciones de la demanda por parte del usuario y la oferta por parte del proveedor mejoraría la eficiencia de la cadena de suministro. Los MRP son sistemas que tienen como objetivo determinar cantidad de stock de materiales necesarios a adquirir según un plan maestro, inventarios y listado de materiales (García 2020).

Por otra parte, existen trabajos como el de Jiang et al (2023) donde evalúan la resiliencia como capacidad de las cadenas de suministro en China en base a simulaciones de sistemas y proyecciones de la industria minera basada en data histórica de la oferta y demanda. En este estudio el alcance consistía en las industrias de recursos de minerales, industria minera e industria de la fundición. Las industrias de recursos de minerales y fundición experimentan una afectación limitada por las condiciones del mercado extranjero y poseen una notable capacidad de recuperación. Por otro lado, es importante destacar que la industria minera muestra una alta dependencia de las importaciones y presenta una falta de resiliencia en su cadena de suministro. Lo anterior se explica por la dependencia de recursos provenientes de importaciones para la industria como petróleo crudo, gas natural, carbón, entre otros, donde en caso de que la oferta se vea mermada afectaría en gran manera a la industria minera debido a que este país tiene la capacidad de producir estos recursos de manera propia pero no la capacidad de abastecer al rubro completo.

De los dos casos de estudios planteados se puede resumir la importancia y contribución que han tenido los análisis de las empresas sobre sus debilidades junto con la revisión de casos de éxito. También los modelos predictivos de demanda y oferta con simulación de sistemas han logrado esclarecer cómo se verían afectados ciertos rubros si alguna condición cambia en el tiempo, lo cual permitiría establecer

nuevos casos de estudios para posibles propuestas de resiliencia en cadenas de suministro.

### **Resiliencia de las operaciones mineras en Chile**

Las empresas mineras tienen procesos minuciosos de selección de proveedores, en los cuales se utilizan métodos de selección multicriterio. Estos procesos formales de selección de proveedores se realizan con un alto grado de evaluación y análisis donde se consideran criterios económicos, sociales y medioambientales; esto para estar acorde con los valores de la empresa y tener una red de suministro fuerte (Gahona-Flores, Juárez-Rubio, (2022).

Por otra parte, la cámara de comercio de Santiago (CCS por sus siglas) emitió una guía de gestión de una cadena de suministro sostenible que tiene como objetivo promover el desarrollo de un enfoque de gestión sostenible basado en la mejora continua, que tenga un impacto positivo en los aspectos sociales, ambientales y de gobernanza (ASG) (Cámara de comercio de Santiago, 2022).

Finalmente, tras examinar los principales aportes que enriquecen la dirección de este proyecto, es viable señalar que una perspectiva de crecimiento se identifica en la ausencia de información suficiente o certeza sobre las variables que confieren resiliencia a la cadena de suministro de equipos mineros, específicamente en el caso de la minera en estudio de la segunda región de Antofagasta, Chile. Lo que autoriza la siguiente como contribución para este proyecto de grado.

### **1.3 Contribución del trabajo**

Después de explorar los fundamentos teóricos esenciales para esta investigación, es relevante destacar que la principal razón que impulsó su realización ha sido aportar con una propuesta de metodología de adquisición de repuestos que apoye a una minera aumentando su resiliencia. Se propone entonces una metodología que facilite

el desarrollo de una estrategia corporativa que sea capaz de recuperarse rápidamente ante interrupciones en la cadena de suministro de repuestos. En este sentido este trabajo contribuye a la comprensión de barreras y facilitadores estructurales de una cadena de suministro minera.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, este trabajo considera los siguientes como objetivo general y objetivos específicos para este trabajo de tesis.

#### **1.4 Objetivo general**

Proponer una metodología de implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro para mejorar su resiliencia y disminuir la probabilidad de perturbaciones en la operación minera.

##### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Categorizar factores que inciden en la resiliencia de la cadena de suministro de equipos mineros de extracción según la opinión y conocimiento de los actores que influyen directamente en ella.
- Evaluar cuáles son los niveles de inventario y reposición óptimos en base a la frecuencia de consumo de los equipos mineros.
- Seleccionar una herramienta metodológica dentro de la literatura que apoye al método propuesto de adquisiciones.

#### **1.5 Propuesta metodológica**

**Paradigma y diseño:** Se utiliza una metodología con enfoque mixto de tipo correlacional, con diseño no experimental y temporalidad transversal para este estudio. Para la sección cuantitativa se utilizan tres métodos los cuales son el de Pareto que indica que el 20% de los causales son capaces de resolver el 80% del problema (Pareto, 1848; Sales 2013). El segundo es el mencionado en el trabajo de Contreras y Parra (2020) correspondiente al análisis ABC321 que es

complementario con el de Pareto donde se utiliza el enfoque de la técnica ABC, la cual se emplea para clasificar los materiales en tres categorías (A, B y C) en base a su valor económico y en la técnica de la criticidad aplicada que consiste en definir tres categorías de materiales (1, 2, 3) en función del costo total por indisponibilidad del material en el almacén (Figura 2). Este costo se calcula multiplicando la tasa diaria de pérdida de producción (\$/día) por el tiempo total de entrega del repuesto.

Criticidad	3	3A	3B	3C
	2	2A	2B	2C
	1	1A	1B	1C
		A	B	C
		Valor		

**Figura 2. Matriz ABC321 (Fuente: Elaboración propia).**

Por otra parte, se utilizó la metodología del modelo EOQ (Cantidad económica de pedido por sus siglas en inglés) que es un método que considera la demanda del producto, los costos de inventario de mantenimiento y los costos de pedido, y produce como salida una cantidad óptima de nivel de inventario para minimizar los costos de mantenimiento del producto y puntos de reordenamiento (Castillo, 2014). Con respecto a la parte cualitativa se utiliza la metodología de entrevistas semiestructuradas debido a que permiten explorar en profundidad las experiencias, perspectivas y conocimientos de los trabajadores sobre la resiliencia en la cadena de abastecimiento. Al obtener perspectivas directas de profesionales, se identifican variables específicas importantes para la resiliencia validando datos para una comprensión más completa, identificando estrategias, tácticas y medidas operacionales y así mitigar riesgos de la operación en minería. Además, la flexibilidad en la investigación nos asegura adaptarnos a temas emergentes,

logrando así un análisis exhaustivo y preciso de las variables que impactan la resiliencia de la cadena de suministro. Debido a lo anterior.

**Datos del estudio:** Los datos para los análisis cuantitativos fueron adquiridos de la base de datos de una planificación de recursos empresariales (ERP por sus siglas en inglés) llamado SAP donde según el trabajo de Morris (2021) los ERP son una aplicación informática diseñada para organizar los recursos y gestionar la información dentro de una entidad empresarial, con el objetivo de automatizar distintos procedimientos relacionados con las operaciones y la producción de la empresa.

Para este trabajo se toman los datos del ERP la compañía minera en estudio con un historial de 11 años repartidos de la siguiente manera:

**Tabla I Datos obtenidos del ERP**

<b>Nombre de dato</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Nombre repuesto</b>	132
<b>Flota de repuesto</b>	132
<b>Tipo de repuesto</b>	132
<b>Número de parte</b>	132
<b>Código interno</b>	132
<b>Stock</b>	132
<b>Lead time</b>	132
<b>Valor unitario</b>	132
<b>Total</b>	1.056

Por otra parte, para el caso de los análisis cualitativos estos fueron adquiridos a través de entrevistas semi estructuradas con el personal del área de abastecimiento y los clientes internos de la superintendencia de mantenimiento mina.

Con lo que respecta al análisis cualitativo los entrevistados que son los principales actores en la cadena de abastecimiento de la flota de palas (11) están repartidos casi en una misma proporción entre personal de mantenimiento y de abastecimiento. En la tabla 2 se puede observar cómo se encuentra compuesta la muestra.

**Tabla II. Resumen de entrevistados**

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Entrevistados	11
Área de mantenimiento	5
Área de abastecimiento	6
Mayor o igual a dos años en el cargo	7
Menor a dos años en el cargo	4
Mayor o igual a 5 años de experiencia en minería	9
Menor a 5 años de experiencia en minería	2
Rol supervisor	5
Rol jefatura	4
Rol ejecutivo	2
Posee postgrado	5

**Entorno:** El estudio ha sido realizado para una minera de cobre a rajo abierto ubicada en la segunda región de Antofagasta, Chile. Esta empresa minera cuenta con una dotación de 1.200 trabajadores propios y 1.500 de empresas colaboradoras. Además, en la década de los 2010's produjo en promedio un poco más de 100 (ktm-

cu/año) y produjo cerca de un 0,6% de la producción mundial de cobre (COCHILCO, 2021).

**Instrumentos:** Para los grupos de discusión se utilizó un documento escrito por el autor de este trabajo siguiendo las preguntas que guiaban la discusión. Las preguntas realizadas fueron de carácter abierto. A continuación, se muestra el formato de preguntas utilizado.

### **Etapa I: Caracterización del presente y comprensión de la realidad**

1. ¿Cuáles cree que son las causas de falla en la adquisición de repuestos en la empresa?
2. Con respecto a la pregunta anterior, ¿Qué tan grande es el impacto anual para la compañía, el sector, el ambiente y la comunidad de todas las fallas en la adquisición de repuestos?
3. Con la estrategia actual de abastecimiento, ¿Cuán probable es que la adquisición de repuestos falle? ¿Por qué?
4. ¿Cómo cree que una cadena de abastecimiento se sobrepone ante disrupciones?, ¿Lo que sugiere se pudiera aplicar a esta empresa?, ¿Cómo?

### **Etapa II: Propuestas de alto impacto**

5. ¿Puede proporcionar un ejemplo concreto de una propuesta para mejorar la respuesta de la cadena de abastecimiento ante disrupciones como falta de stock, lead time extensos, cierres de carreteras, entre otros riesgos que tenemos en la cadena de suministro de repuestos para la empresa?

### **Etapa III: Alertas sobre transformaciones**

6. ¿Cuáles cree que son los riesgos y oportunidades asociados a la propuesta indicada?
7. ¿Cómo se asegura de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos estratégicos de la organización?
8. ¿Cómo se pudiera asegurar de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos ambientales y sociales de la industria de minería en Chile?

**Análisis de datos:** La captura de información se llevó a cabo a través de documentos redactados por el investigador, como es el diario de campo y las transcripciones de entrevistas. Para el análisis, se desarrolló un listado mediante un razonamiento deductivo que implicó la identificación de criterios relevantes para examinar lo que se considera como factores de resiliencia y la evaluación de la resiliencia, según se describe en el cuadro del instrumento de la sección de análisis cualitativos. Esta clasificación es una selección de los factores y elementos a considerar, pero reconoce que puede ser más diversa debido a la amplitud de la estructura y sus prácticas.

**Ética de trabajo:** Se buscó la colaboración de los trabajadores de manera informada y voluntaria, implementando medidas para asegurar la confidencialidad de la información y corroborándola con la validación por parte de los propios empleados.

## **1.6 Organización y presentación de este trabajo**

Este trabajo de grado posee cuatro capítulos principales y se organiza de la siguiente forma:

Capítulo 1: Expone el fundamento teórico del proyecto, situándolo en contexto, proponiendo objetivos y explorando, a través de la revisión literaria, la pertinencia del enfoque de la investigación, su aporte, y proporciona un esquema metodológico para llevar a cabo y ejecutar el proyecto.

Capítulo 2: Asociado a la recogida de información, modelos y datos. También explicita resultados.

Capítulo 3: El proyecto de grado, se presenta en formato resumido en un artículo académico que se estructura de la siguiente manera:

1. Título
2. Resumen
3. Introducción
4. Metodología
5. Resultados

6. Resultados
  - a. Análisis cualitativo
  - b. Análisis cuantitativo
  - c. Discusión de resultados
7. Conclusiones
8. Referencias

Capítulo 4: Finalmente, este capítulo expone las conclusiones generales extraídas de este estudio y señala una orientación para futuras investigaciones, abordando aquellas interrogantes que quedaron sin respuesta durante la realización de este trabajo.

Referencias generales

Anexos

## **2 INFORMACION Y RESULTADOS**

Para abordar este trabajo de investigación se ha optado por una aproximación mixta que permite considerar la siguiente estructura para la presentación de la información y sus análisis:

### **2.1 Procedimiento de recogida y análisis de datos**

Esta investigación analiza dentro de una compañía minera las variables que dan resiliencia a una cadena de suministro para apoyar a la continuidad operacional de equipos de extracción minera. Por tal motivo, se llevó a cabo en el año 2023 entrevistas semiestructuradas con la finalidad de recoger información para la parte cualitativa y por la parte cuantitativa se realizó un cálculo aritmético con apoyo del software EXCEL para determinar variables de niveles de inventario y reposición para su posterior análisis. En particular se solicitó en la parte cualitativa responder preguntas, explicando sus ideas y respuestas con sus palabras. La parte cuantitativa se operó a través de la gestión de bases de datos de un ERP que permitieron el análisis de la situación de la compañía.

El método utilizado en este estudio es de tipo correlacional, dado que se examina la relación entre resultados tanto cualitativos como cuantitativos, pero sin necesariamente explicar que una sea la causa de la otra.

**Fechas en que se recogieron los datos:**

Entre el 03 y 15 de octubre del 2023 para las entrevistas.

Entre el 16 y el 18 de octubre del 2023 para el modelo cuantitativo.

**Coherencia con lo planificado:**

La entrevista propuesta inicialmente, debió ser modificada parcialmente desde el piloteo de la entrevista, retirando una pregunta debido a que se comprendió que preguntaba lo mismo que otra. Lo anterior con el fin de hacer más precisa y coherente la entrevista.

También, se debió reagendar entrevistas con el personal del área de abastecimiento y con dos personas de rol ejecutivo por problemas de horarios.

Para el caso de las entrevistas se aplicó el mismo instrumento a todos los intervinientes.

En el momento de realizar el cálculo de los puntos de reposición de repuestos mediante el modelo EOQ se debió analizar por qué estos niveles eran más altos que los niveles de cantidad económica de pedido, donde en primera instancia no mostraba lógica o incluso, se infirió que hubo un error en el cálculo. Luego se entendió que el cálculo estaba correcto y los niveles de reposición se debían a los extensos plazos de lead time.

**Fortalezas y debilidades del proceso:**

Fortalezas:

- Proceso rápido
- Cálculos simples de realizar
- Permite dar respuesta a la pregunta de investigación
- Bien recibido por los trabajadores de la empresa
- Transparente y con consentimiento informado
- Proceso ético

Las debilidades propias de la investigación de contexto se circunscriben a:

- Para generalizar resultados en el rubro, la muestra de información debe ser mayor
- Considerar otras empresas del rubro
- Utilizar otros instrumentos como métodos matemáticos-estadísticos
- Evaluación económica de implementar la metodología propuesta

### **Población y muestras**

Adicionalmente a lo expuesto en la sección de metodología, respecto a la elección de la población que será objeto de estudio, donde se especifica la muestra, se destaca que se optó por una selección no probabilística al elegir a profesionales dentro de la organización. Esta decisión se basó en la estimación de que estos individuos podrían poseer un conocimiento más profundo del tema.

Por otra parte, los repuestos críticos tomados para el análisis cuantitativo fueron tomados de un listado existente de la compañía de cuáles son los repuestos que afectan considerablemente a la operación, seguridad y medio ambiente.

### **Instrumento**

Como se mencionó previamente, se empleó un cuestionario estructurado en tres etapas para recopilar información sobre el tema. En la primera etapa, se diseñó para familiarizar al entrevistado con aspectos relacionados con la continuidad operativa

y la resiliencia en la cadena de suministro. Posteriormente, se exploró la percepción del entrevistado sobre estos temas. Este instrumento consta de ocho preguntas, todas de respuesta abierta, de la misma forma como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla III. Instrumento análisis cualitativo**

<p>1) ¿Cuáles cree que son las causas de falla en la adquisición de repuestos en la empresa?</p> <p>2) Con respecto a la pregunta anterior, ¿Qué tan grande es el impacto anual para la compañía, el sector, el ambiente y la comunidad de todas las fallas en la adquisición de repuestos?</p> <p>3) Con la estrategia actual de abastecimiento, ¿Cuán probable es que la adquisición de repuestos falle? ¿Por qué?</p> <p>4) ¿Cómo cree que una cadena de abastecimiento se sobrepone ante disrupciones?, ¿Lo que sugiere se pudiera aplicar a esta empresa?, ¿Cómo?</p> <p>5) ¿Puede proporcionar un ejemplo concreto de una propuesta para mejorar la respuesta de la cadena de abastecimiento ante disrupciones como falta de stock, lead time extensos, cierres de carreteras, entre otros riesgos que tenemos en la cadena de suministro de repuestos para la empresa?</p> <p>6) ¿Cuáles cree que son los riesgos y oportunidades asociados a la propuesta indicada?</p> <p>7) ¿Cómo se asegura de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos estratégicos de la organización?</p> <p>8) ¿Cómo se pudiera asegurar de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos ambientales y sociales de la industria de minería en Chile?</p>
---

Este cuestionario se aplicó como elemento de consulta durante las entrevistas personales realizadas, previo consentimiento informado. A partir de dichas instancias se provoca un espacio de conversación en relación con la preparación que tiene la compañía ante eventos disruptivos en la cadena de suministro.

Por otra parte, se generó en EXCEL una tabla que realiza cálculos en base a información recopilada de un ERP sobre los repuestos críticos para la flota de equipos de extracción la cual está compuesta por la información que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla IV. Instrumento análisis cuantitativo**

1) Nombre de repuesto
2) Flota a la que pertenece el repuesto
3) Tipo de repuesto
4) Número de parte
5) Código interno
6) Stock
7) Lead time
8) Valor unitario

## **2.2 Proceso de recogida de información**

Como se ha indicado anteriormente, se aplicó un instrumento basado en una entrevista semiestructurada, a través de un cuestionario de respuestas abiertas las que ha permitido agrupar las respuestas por categorías claves, concentrando la información para analizarla posteriormente de forma cualitativa.

A su vez se empleó una planilla Excel para calcular la cantidad económica de pedido y el punto de reposición de repuestos críticos. La información relevante de estos repuestos se transfirió a la planilla, permitiendo cálculos automáticos. Este enfoque organizado mejora la eficiencia operativa al simplificar procesos y garantizar precisión en el análisis cuantitativo.

## **2.3 Los datos recogidos:**

La agrupación de resultados por categorías claves, agrupando la información para su posterior análisis queda dada por la siguiente tabla.

**Tabla V. Cuadro de instrumento cualitativo**

Objetivo	Tema Primario	Tema Secundario	Categoría	Preguntas
Determinar las variables que dan resiliencia a una cadena de abastecimiento en minería	Factores de Resiliencia	1. Factores Internos de la Organización	Capacidad de gestión	1. ¿Cuáles cree que son las causas de falla en la adquisición de repuestos en la empresa?
			Colaboración interna	
			Proyección de la demanda	
			Impacto en producción	2. Con respecto a la pregunta anterior, ¿Qué tan grande es el impacto anual para la compañía, el sector, el ambiente y la comunidad de todas las fallas en la adquisición de repuestos?
			Impacto en producción y medio ambiente	
			Impacto en producción, medio ambiente y sociedad	
			Proponer a plana ejecutiva un proyecto de resiliencia	7. ¿Cómo se asegura de que su propuesta de abastecimiento

		Colaboración integral empresa-proveedor	esté alineada con los objetivos estratégicos de la organización?
		Proponer a plana ejecutiva un proyecto de economía circular	
	2. Factores Externos del Entorno	Tiempos de entrega de proveedores	3. Con la estrategia actual de abastecimiento, ¿Cuán probable es que la adquisición de repuestos falle? ¿Por qué?
		Capacidad de gestión	
		Capacidad de gestión	4. ¿Cómo cree que una cadena de abastecimiento se sobrepone ante disrupciones?, ¿Lo que sugiere se pudiera aplicar a esta empresa?, ¿Cómo?
		Colaboración integral empresa-proveedor	

Evaluación de Resiliencia	3. Indicadores de Resiliencia	Colaboración integral empresa-proveedor	5. ¿Puede proporcionar un ejemplo concreto de una propuesta para mejorar la respuesta de la cadena de abastecimiento ante interrupciones como falta de stock, lead time extensos, cierres de carreteras, entre otros riesgos que tenemos en la cadena de suministro de repuestos para la empresa?
		Tiempo de recuperación	
		Capacidad de adaptación	
		Redundancia de recursos	
		Diversificación de proveedores	
	4. Riesgos y oportunidades	Riesgo de dinero inmovilizado por alto inventario	6. ¿Cuáles cree que son los riesgos y oportunidades asociados a la
		Riesgo en capacidad de gestión	

		Riesgo de oferta por vejez de equipos mineros	propuesta indicada?
		Oportunidad de tecnologías avanzadas	
		Oportunidad de generar contratos estratégicos	
		Oportunidad de automatizar procesos	
		Procesos automatizados	8. ¿Cómo se pudiera asegurar de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos ambientales y sociales de la industria de minería en Chile?
		Stock asegurado para no improvisar en mantenimientos	
		Transporte seguro de repuestos	
		Adjudicación de contratos a empresas que cumplan con normas de economía circular	

## **2.4 Análisis e interpretación de los datos**

Las principales evidencias rescatadas desde las entrevistas y los cálculos de cantidades económicas de pedido y niveles de reposición son expuestas a través del siguiente análisis.

### **Análisis cualitativo**

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron con apoyo de un cuadro de instrumento el cual tiene evaluado cuatro temas secundarios relevantes para el objetivo del estudio que es determinar las variables que dan resiliencia a una cadena de suministro en minería. Después de evaluar los ocho ítems, se puede observar la excelencia en las respuestas proporcionadas por los entrevistados. Sus opiniones han sido fundamentales para respaldar este estudio de investigación, identificando variables que podrían fortalecer la resiliencia de la cadena de suministro frente a diversas interrupciones.

En resumen, el análisis cualitativo destaca brechas clave en la cadena de abastecimiento para convertirla en resiliente donde los puntos más inestables son: la necesidad de mejorar la proyección de la demanda del usuario, lo cual queda expuesto con respuestas como “Hay varias causas, una es por falta de planificación a largo plazo por parte del usuario donde se piden repuestos muy encima y pudo haber sido a largo plazo e impacta en temas de adquisición. Lo segundo son los atrasos de proveedores, la tercera puede ser la demora en adquisición de materiales por parte del comprador, lo otro puede ser asociado al repuesto donde este no tiene alternativas o el fabricante tiene el monopolio donde te obliga a aceptar todo lo que dice el proveedor.” (Entrevistado 4).

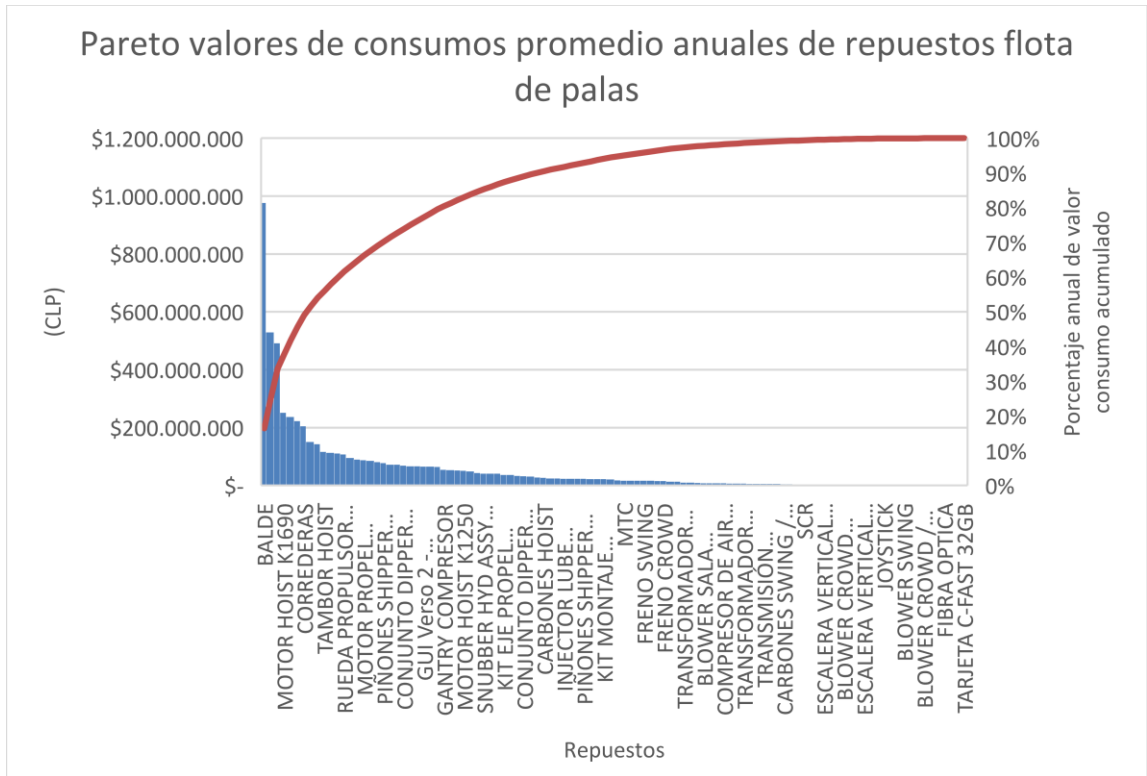
Otra variable seleccionada fue la colaboración integral empresa-proveedor, lo cual queda expuesto con respuestas del tipo “Lo ideal es que haya una planificación correcta de consumo de materiales por parte del usuario a largo plazo para que los compradores envíen las órdenes de compra en un tiempo prudente, también que los planificadores de materiales de abastecimiento revisen la data histórica de consumo

y propongan planes estratégicos para sobreponerse al lead time extenso de entrega que tienen la mayoría de los proveedores” (Entrevistado 9). Cabe recalcar que esta variable fue destacada tanto en la evaluación de factores externos del entorno e indicadores de resiliencia como la más destacable.

En lo que respecta a riesgos de una propuesta de resiliencia en una cadena de suministro se destacó como importante que hay riesgo de dinero inmovilizado por alto inventario, lo cual se evidencia en respuestas del tipo “Riesgo económico porque anteponerse con mucho stock ante alertas como la pandemia produciría un sobre stock y mucho dinero flotante o mucho dinero estancado en temas de bodega” (Entrevistado 2). En lo que respecta a oportunidades los entrevistados concordaron con la variable de oportunidad de generar contratos estratégicos lo cual queda de manifiesto con respuestas como “Mejoramos lead times, mejoramos exclusividad, disponibilidad de repuesto y acompañamiento técnico en conjunto con las compras de repuestos. Es comprobado por nosotros que los contratos de suministro nos generan sinergias” (Entrevistado 8).

### **Análisis cuantitativo**

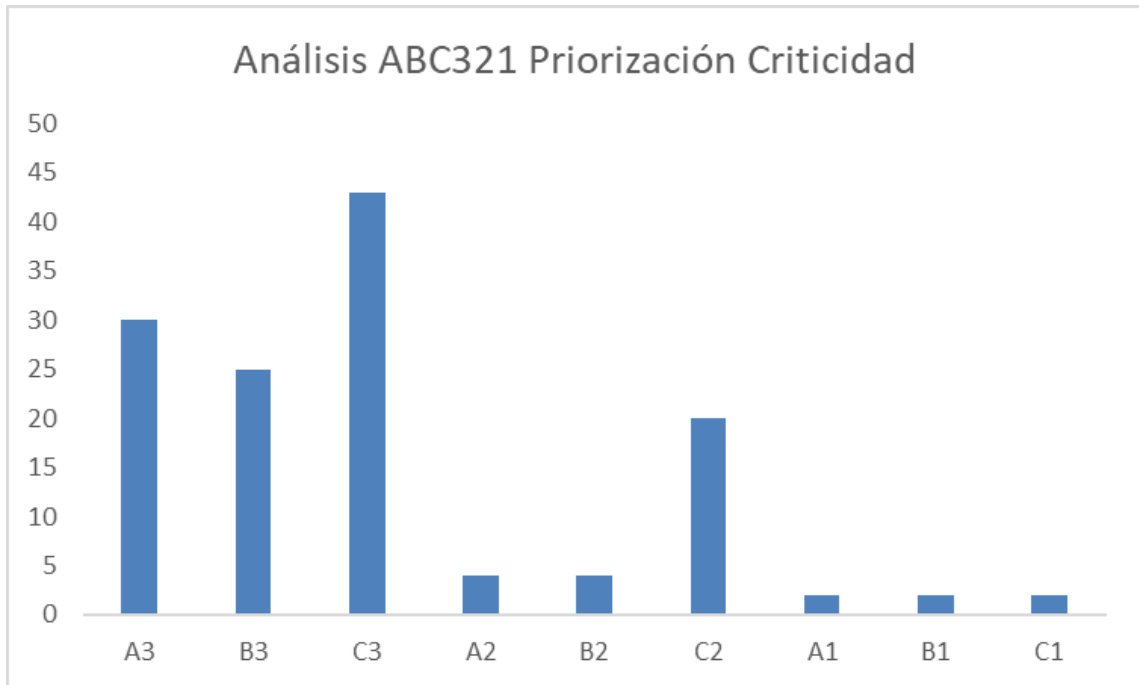
Luego de una extensa investigación y recopilación de datos tomados del ERP SAP y el cálculo de variables determinantes para el estudio podemos revisar los resultados de la categorización de repuestos en base a un análisis ABC el cual se puede ver gráficamente en la figura 3.



**Figura 3. Análisis ABC321 “Pareto valores de consumos promedio anuales de repuestos de flota de palas”. (Elaboración propia).**

Además, se categorizaron los repuestos en base a criticidad para la operación (Fig. 4) y en base a valor de consumo (Fig. 5) para lograr la visualización de cómo afectan a la compañía. Por otro lado, se logró obtener mediante el modelo EOQ los resultados de cantidad óptima de pedido y puntos de reordenamiento de los repuestos crítico para el mantenimiento de los equipos mineros de extracción (Anexo A).

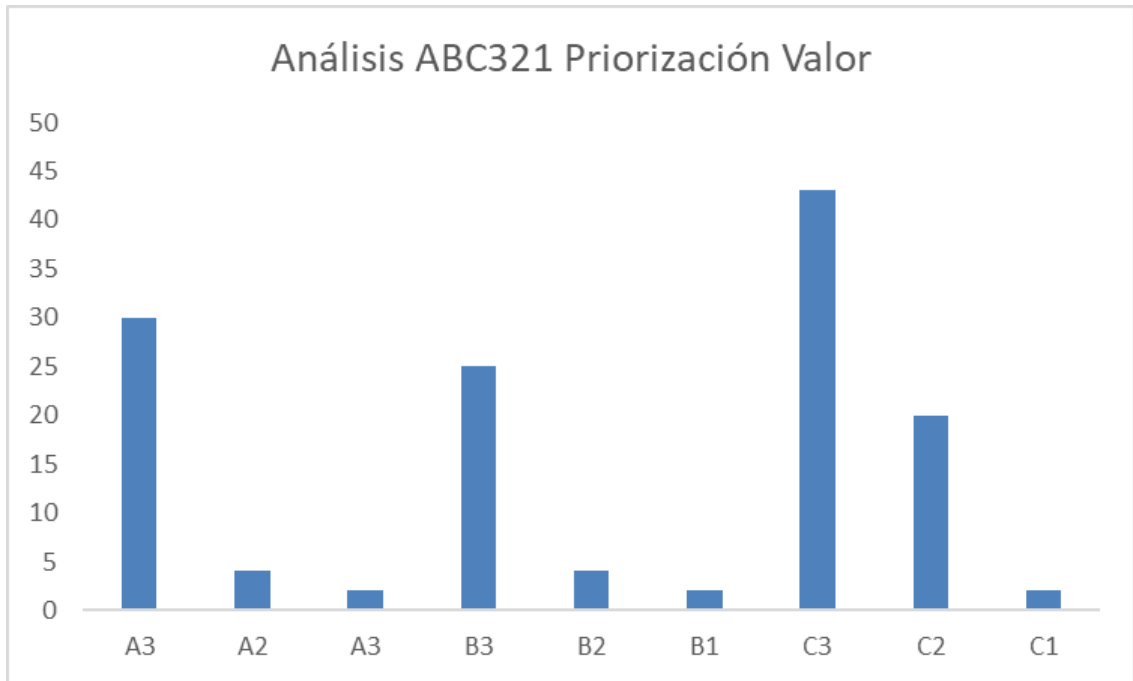
Como es posible observar en las Fig. 4 y Fig. 5 independientemente cómo se analicen los repuestos la categoría 3 es la más repetitiva, o sea, existe una gran cantidad de repuestos que son críticos para operación netamente por lucro cesante para la minera.



**Figura 4. Distribución análisis ABC321 en base a criticidad. (Fuente: Elaboración propia)**

Al momento de la aplicación del modelo EOQ se desprende que, si bien existe una cantidad óptima de pedido que es dependiente de los costos de adquisición, costos de almacenamiento y la demanda anual para cada repuesto, esta señala la cantidad de inventario que la compañía debiese asegurar para mantener un nivel óptimo de costo total.

Por el contrario, cuando se determinan las cantidades de reordenamiento de repuestos que es dependiente del lead time y la demanda anual, se obtienen cantidades mayores a la cantidad económica de pedido. Esto deja en claro que hay una necesidad para la estrategia actual de abastecimiento de elevar los niveles de inventarios.



**Figura 5. Distribución análisis ABC321 en base a valor de repuesto. (Elaboración propia).**

Los resultados de la investigación revelan una interconexión entre las dimensiones cualitativas y cuantitativas de la cadena de suministro en el sector minero. En el ámbito cualitativo, se identificaron áreas clave para mejorar la resiliencia, entre las que se destacan la necesidad de perfeccionar la proyección de la demanda por parte de los usuarios, fomentar la colaboración efectiva con los proveedores y establecer contratos estratégicos. Estas conclusiones se traducen directamente en implicaciones cuantitativas significativas, especialmente en relación con el modelo EOQ. La determinación de realizar pedidos considerables de repuestos se sustenta en la necesidad de mitigar los efectos adversos de extensos leads times por parte de los proveedores, lo que resulta en un punto de reordenamiento que supera la cantidad óptima de pedido. Este hallazgo refuerza la importancia de abordar colaborativamente con los proveedores y establecer contratos estratégicos, destacando cómo estas acciones cualitativas específicas pueden tener un impacto medible y beneficioso en la eficiencia operativa y la resiliencia general de la cadena de suministro minera. En conjunto, estos resultados subrayan la necesidad de una

estrategia integral que combine la agilidad cualitativa con medidas cuantitativas precisas para lograr una cadena de suministro robusta y resiliente en el contexto minero.

## **2.5 Discusión de resultados**

Considerando la etapa de caracterización del presente y comprensión de la realidad a través del estudio cualitativo, es posible visibilizar que existen distintas oportunidades de mejora como hacer más oportuna la proyección y entrega de la demanda por parte del usuario lo cual está en concordancia con lo mencionado en el trabajo de Ífraz, et al (2023) que indica que la proyección de demanda de repuestos por parte de los usuarios se vuelve crucial en la gestión de inventarios complementando la importancia general de los pronósticos, anticipándose con precisión a las necesidades de repuestos lo que no solo reduce los costos asociados con excesos y faltantes, sino que también garantiza una respuesta eficiente a las demandas del mercado.

Así mismo, existe un entendimiento sobre cuál es la consecuencia de una disrupción de abastecimiento en seguridad, medio ambiente y disponibilidad de los equipos mineros lo cual concuerda con lo indicado en el trabajo de Morales, Leporati & Martul (2020) donde se menciona que las alteraciones en las cadenas de suministro han probado ser repercusiones notables de un entorno interconectado y volátil, donde se evidencian previas exposiciones a eventos disruptivos como epidemias, pandemias y cambios políticos. La idea de operaciones lineales ya no es lógica, y la percepción de que las interrupciones persistirán destaca la necesidad imperativa de estrategias resilientes.

También existe cierta correlación a la hora de indicar que los tiempos de entrega y que las probabilidades de quiebre en el suministro son muy altas. Jaimes (2020) en su trabajo indica que ciertos sistemas como el cross docking y la logística inversa que trabaja con los actores de la cadena de suministro apoyan a las operaciones logísticas

entregando fiabilidad a los acuerdos entre cliente-proveedor en tiempo y forma lo que estaría en línea con los resultados.

Los hallazgos anteriores mencionados también están de acuerdo con los resultados del trabajo de Ortiz (2023) donde se detectan brechas en lo que es planificación y sincronía de la cadena de suministro son un factor importante a la hora de la generación de resiliencia en cadenas de suministro.

Con respecto al riesgo de dinero inmovilizado por alto inventario, esto está en línea con lo indicado en el trabajo de Agüero et al (2016) donde se indica que Los altos costos de inventario son resultado de descuidar la evaluación del entorno, proveedores y demanda, así como la falta de un método de gestión e indicadores de control eficientes.

Por lo anterior se sugiere evaluar los procesos de cada área tanto de mantenimiento como de abastecimiento donde se exija con una frecuencia de seis meses una actualización de la demanda en un plazo de tres a cinco años por parte del usuario y por parte de abastecimiento trabajar con esos inputs de información junto con los usuarios como con los proveedores para la toma de decisiones con respecto a los mantenimientos que se proyectan a futuro.

Con respecto a los resultados cuantitativos, estos indican una necesidad de que la cadena de abastecimiento para equipos de extracción en estudio necesita ser modificada para lograr cumplir con la demanda operacional netamente por el lead time que presenta el principal dealer. Lo anterior está de acuerdo con el trabajo de Corrales (2021) donde las acciones de continuidad de las cadenas de suministro por sí solas a veces no son suficientes, o deben ser complementadas con acciones adicionales para mejorar su capacidad de respuesta y recuperación. Asimismo, se destaca la importancia de evaluar estas estrategias para determinar cuáles son las más adecuadas para abordar el desarrollo de una situación de interrupción.

Por otro lado, estos resultados se encuentran parcialmente de acuerdo con el trabajo de Bandaly et al. (2016) quienes en otro contexto logístico indican La fluctuación en los plazos de entrega no siempre afecta negativamente el rendimiento de la cadena

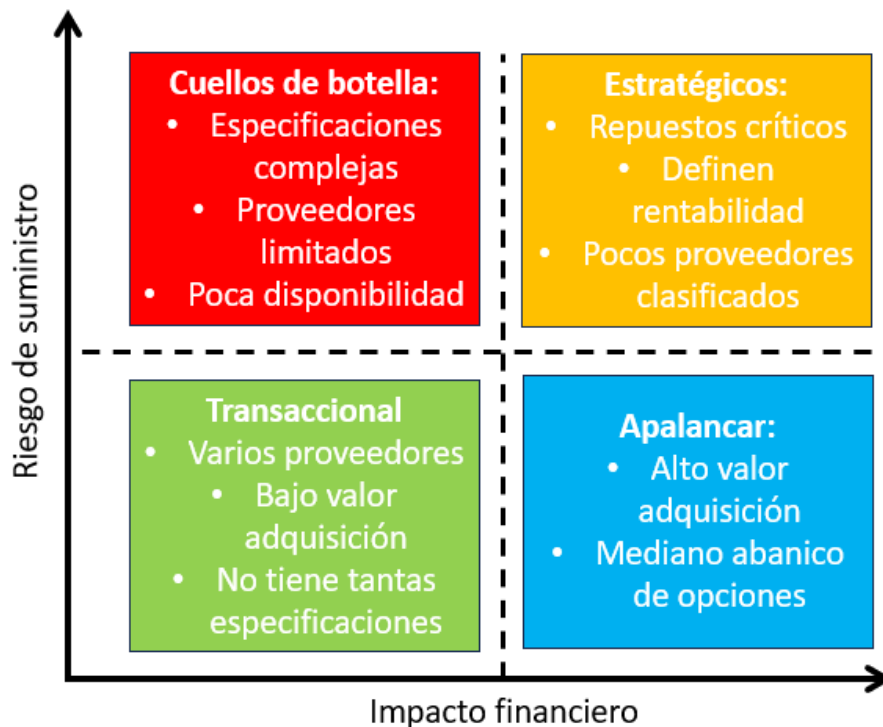
de suministro; solo cuando los niveles de variabilidad en los tiempos de entrega son elevados, se justifica la necesidad de una colaboración coordinada e integral en la cadena de suministro.

Si comparamos lo anterior con el trabajo de Movahed et al. (2023) donde se establece que los colaboradores de la SC buscan incrementar los beneficios compartidos que obtienen de las empresas de forma individual y que a colaboración en la cadena de suministro (SCC) supera las estructuras convencionales con roles predefinidos; entonces se podría inferir que si se está en un contexto de variabilidad o incertidumbre de plazos de entrega, si se busca satisfacer la demanda operativa y además aumentar los beneficios compartidos es necesario realizar modificaciones en la estrategia de abastecimiento de repuestos.

## **2.6 Metodología de adquisiciones resiliente para cadena de suministro**

Para abordar las brechas detectadas se propone implementar acciones estratégicas con proveedores según una matriz de Kraljic, la cual consta de una herramienta que ha ganado reconocimiento por su eficacia en la gestión de relaciones con proveedores, asociándolas directamente con ventajas competitivas y puede ser utilizada como punto de partida para crear un marco de selección de proveedores, enfatizando su utilidad para definir el problema de selección e identificar criterios basados en la complejidad del suministro y la importancia de la compra (Saputro, Figueira y Almada-Lobo 2022).

La clasificación se basa en dos dimensiones clave: el riesgo de oferta (complejidad) y la importancia de la compra. Para los repuestos críticos de la flota de palas donde se trabaje en encontrar proveedores de soporte y generar alianzas con ellos. Estas actividades podrían abordar desde acuerdos de compras mínimas anuales de repuestos críticos para que mantengan stock en sus bodegas con el objetivo de reducir el lead time en caso de ser necesario.



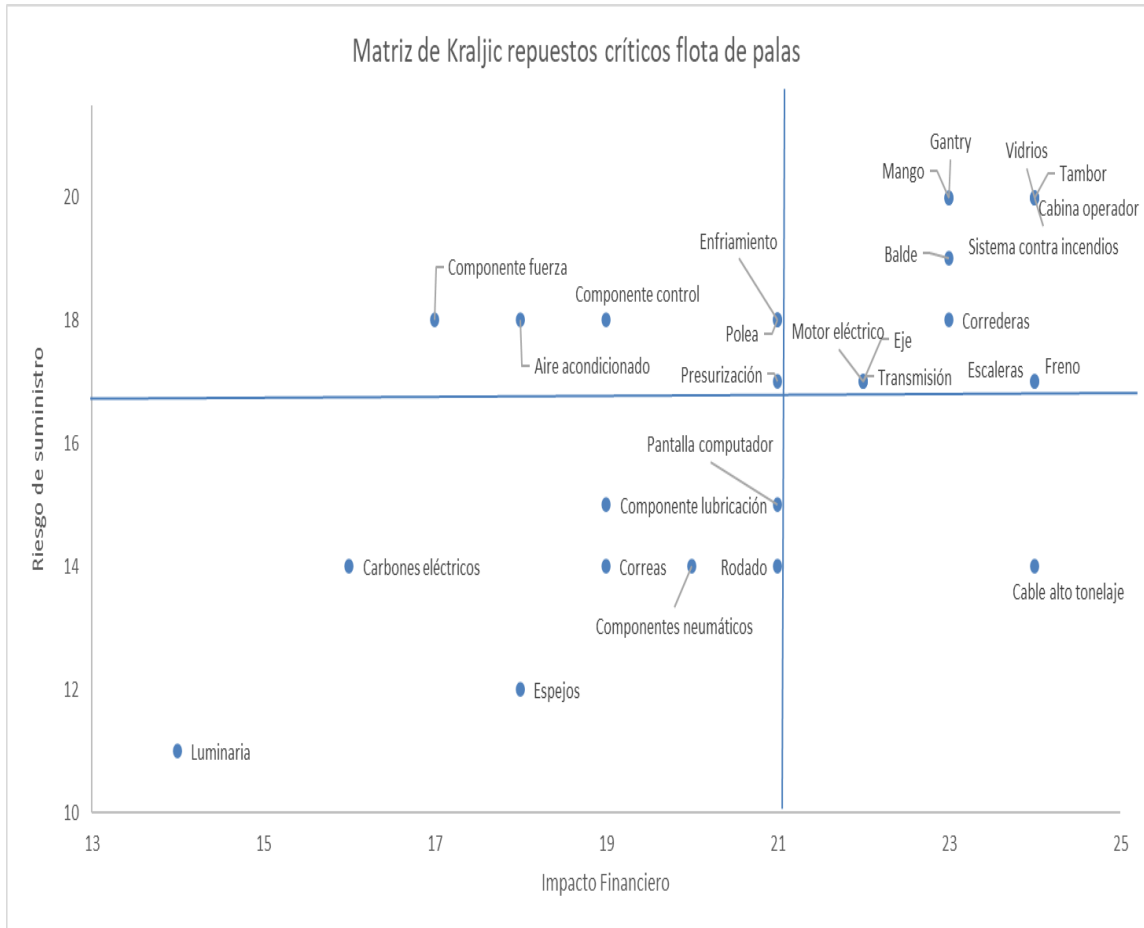
**Figura 6. Matriz de Kraljic.** (Saputro, Figueira y Almada-Lobo ,2022).

En base a lo anterior, se elaboró la matriz evaluando el impacto financiero por adquisición de repuestos y el riesgo de adquirirlos la cual se puede apreciar en la figura 7.

De acuerdo con esta matriz, las acciones que debiesen ser implementadas con cada proveedor por tipo de repuestos según cada cuadrante son:

**Categoría estratégica:** Crear alianza donde el proveedor principal quien tiene el monopolio de estos repuestos dé cumplimiento a la demanda en el mediano-largo plazo. Como incentivo se propone que mantenga cierto stock en sus almacenes los cuales exista acuerdo de compra asegurada dentro del año y de no cumplirse ser cobrada y despachada al cliente.

**Categoría apalancar:** Implementar contratos con el proveedor de corto-medio plazo (máximo dos años) donde se revise frecuentemente la competitividad del proveedor y se compare con otros. De aportar algún elemento diferenciador buscar el beneficio mutuo y lograr contratos a largo plazo.



**Figura 7. Matriz de Kraljic para repuestos críticos de la flota de palas. (Fuente: Elaboración propia).**

**Categoría cuello de botella:** Asegurar el aprovisionamiento de estos repuestos a cualquier costo mientras no se logren acuerdos con los proveedores. Para mejorar la situación de dependencia del proveedor que tiene el monopolio se debe tratar de llegar a una categoría tipo estratégica, o sea, llegar a acuerdos de precios y stock asegurados de repuestos.

**Categoría transaccional:** Generar contratos según conveniencia comercial con distintos proveedores que pueden ir desde asegurar stock durante el año o simplemente vender contra orden de compra enviada.

### **3 ARTICULO**

El presente apartado, recoge la investigación contextualizada motivo de este proyecto de grado, y es presentada en formato de artículo académico. Se trata de un artículo conciso, escrito en el formato típico de revistas especializadas o de conferencias, de acuerdo con reglas específicas definidas por la dirección del programa.

El artículo, ha sido cuidadosamente redactado con el fin de que se haga fácilmente entendible y logre expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, considerando las citas y referencias respectivas de los estudios que lo fundamentan. El trabajo realizado, se sintetiza entonces como artículo, para facilitar al trabajo de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Este trabajo, considera y discute, a través de un proyecto aplicado, desarrollado en un contexto de realidad profesional, la integración de herramientas y conocimientos que se han adquirido en las líneas de desarrollo del programa. Lo que se consolida en una investigación profesional contextualizada a la realidad profesional que se expone, la que se relaciona con líneas y ámbitos específicos abordados en el plan de estudios del programa, permitiendo integrar, de manera adecuada los conocimientos teóricos y metodológicos desarrollados en él.

## **PROPUESTA DE METODOLOGIA DE ADQUISICION DE REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS: SOPORTE A LA OPERACION**

GIUSSEPPE FOPPIANO FIGUEROA

Alumno de Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Desarrollo, [gfoppiano@udd.cl](mailto:gfoppiano@udd.cl)

### **RESUMEN:**

Este trabajo propone una metodología para la implementación de un sistema de abastecimiento de repuestos críticos para el mantenimiento de equipos de extracción para la operación de una minera en la región de Antofagasta, Chile. El

objetivo de este trabajo es proponer una metodología de implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro para mejorar su resiliencia y disminuir la probabilidad de perturbaciones en la operación minera. Para conseguirlo se analiza de manera cualitativa cuáles son las variables que mejoran la resiliencia en la cadena de suministro a través de entrevistas semiestructuradas a 11 actores que tienen relación directa con el suministro de repuestos críticos y de manera cuantitativa a través del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) se analizan 132 repuestos críticos para la flota de palas que aseguran la continuidad operacional tomando una muestra de 1.056 datos del ERP SAP. Los resultados muestran que con la posible implementación de actividades colaborativas entre usuarios, compradores y proveedores y mejorando la proyección de la demanda se podría mejorar la resiliencia de la cadena de abastecimiento para recuperarse rápidamente ante posibles quiebres de suministros de proveedores. En síntesis, la posible implementación de esta propuesta cumple con las expectativas de incremento de la resiliencia a la red de suministros de mantenimiento de equipos mineros de extracción y aseguran su continuidad operacional.

**Palabras claves:** Adquisición de repuestos mineros, cadena de suministro resiliente, minería, matriz de kraljic.

## **1. Introducción**

Chile es conocido por ser un país minero y por ser uno de los principales productores de cobre donde en los últimos años ha sido protagonista aportando con un 30% de la producción mundial. Además, tiene las mayores reservas del mundo de este metal rojizo. Este metal tiene diversas

utilizaciones, las cuales pueden variar desde la distribución eléctrica, transporte, construcción, entre otras muchas más (Meller, 2019). Además, este rubro ha aportado con aproximadamente el 15% del PIB nacional en los últimos años, lo que ha permitido que colabore con los ingresos gubernamentales con cerca

de US\$ 10 mil millones para el caso del año 2021. Lo anterior refleja la importancia de este rubro tanto para el desarrollo, trabajo y economía del país (Ugarte y Vergara, 2021).

Con lo que respecta a las exportaciones de productos mineros, desde la década del 2010 estas no han tenido mayores crecimientos, estas han fluctuado entre 50% y 60% de la suma total de envíos al extranjero realizados por el país. En el año 2021 los principales socios comerciales han sido Estados Unidos (22%), China (16%) y Europa (16%) (Marcel, 2022).

Lo anterior nos demuestra lo importante que es este rubro para el país donde se vuelve imprescindible que las compañías mineras tomen acciones para ser más competitivas y lograr mantenerse en el tiempo. Estas acciones pueden variar desde realizar inversiones tanto en proyectos de ampliación como I+D, ser partícipe de clúster y aplicar decisiones estratégicas para el negocio que es donde este trabajo contribuye para una minera en específico.

### *Cadena de suministro*

En el trabajo de Avidal y Rivera (2019) una de las definiciones es la descripción, planificación y gestión de los materiales, flujos de información y actividades logísticas entre las organizaciones. Por otra parte también se define como el conjunto de todas las actividades involucradas en la transformación de un bien el cual comienza desde la materia prima que se provee hasta que este llega su consumidor final (Nugent et al, 2019), es decir, la cadena de suministro abarca la planificación, adquisición, transporte, producción, distribución y entrega de productos coordinando eficientemente estos eslabones, optimiza la satisfacción del cliente al garantizar la disponibilidad de bienes de calidad en tiempo y forma.

### *Resiliencia en cadena de suministro*

Tal como se detalla en el trabajo de Yang et al (2023) la resiliencia en una cadena de suministro se considera como la habilidad correspondiente a la emergencia, la habilidad adaptativa o la habilidad restauradora ante la

respuesta de emergencia. Esta habilidad en las cadenas de suministro permite que las empresas logren operar fluidamente gracias a la recuperación de las disrupciones que pueden ser por temas climáticos, sociales, medio ambientales, financieros, entre otros.

A su vez en el trabajo de Wieland y Durach (2021) indican que la terminología de resiliencia de una cadena de suministro fue tomada de la teoría ingenieril de materiales que trata sobre la estabilidad cercana a un estado estacionario de equilibrio, empleando la resistencia ante perturbaciones y la rapidez de regreso al equilibrio como medidas de la propiedad.

En virtud de lo mencionado, la importancia de esta habilidad radica también en la capacidad que tienen las empresas de elaborar un plan estratégico visualizando las posibles eventualidades que puedan afectar las operaciones.

#### *Riesgo y gestión del riesgo*

El riesgo se define como la posibilidad de que ocurran eventos internos o

externos que crean incertidumbre sobre el logro de los objetivos, los cuales pueden tener un impacto negativo o positivo en la organización (Giraldo et al, 2020). En el trabajo de Pereda y Requejo (2020) se indican que los riesgos en las empresas pueden considerarse de varios tipos, los cuales entre ellos están los operacionales, financieros e imagen corporativa.

Por otra parte, la gestión de riesgos corresponde a todas las actividades coordinadas que permiten la dirección y control en las organizaciones en relación con el riesgo (ISO 31.000, 2018), es decir, es una gestión que lleva cada empresa, compañía, organización, etc. Para controlar distintas amenazas y seguir funcionando.

#### *Resiliencia de las operaciones mineras en el extranjero*

Existen trabajos como el de Segura (2023) donde en una empresa del sector minero en Perú dedicada al mantenimiento de maquinaria, analizan la situación actual de su cadena de suministro considerando

indicadores propios, casos de éxito y aplicación del diagrama de Ishikawa, el cual este último es una técnica que se emplea para identificar potenciales causas relacionadas con un problema central (Delgado et al 2021). Luego de haber realizado esa revisión fue determinado que la aplicación de un sistema de planificación de requerimiento de materiales (MRP por sus siglas en inglés) que evalúe las fluctuaciones de la demanda por parte del usuario y la oferta por parte del proveedor mejoraría la eficiencia de la cadena de suministro. Los MRP son sistemas que tienen como objetivo determinar cantidad de stock de materiales necesarios a adquirir según un plan maestro, inventarios y listado de materiales (García 2020).

Por otra parte, existen trabajos como el de Jiang et al (2023) donde evalúan la resiliencia como capacidad de las cadenas de suministro en China en base a simulaciones de sistemas y proyecciones de la industria minera basada en data histórica de la oferta y demanda. En este estudio el alcance consistía en las industrias de recursos

de minerales, industria minera e industria de la fundición. Las industrias de recursos de minerales y fundición experimentan una afectación limitada por las condiciones del mercado extranjero y poseen una notable capacidad de recuperación. Por otro lado, es importante destacar que la industria minera muestra una alta dependencia de las importaciones y presenta una falta de resiliencia en su cadena de suministro. Lo anterior se explica por la dependencia de recursos provenientes de importaciones para la industria como petróleo crudo, gas natural, carbón, entre otros, donde en caso de que la oferta se vea mermada afectaría en gran manera a la industria minera debido a que este país tiene la capacidad de producir estos recursos de manera propia pero no la capacidad de abastecer al rubro completo.

De los dos casos de estudios planteados se puede resumir la importancia y contribución que han tenido los análisis de las empresas sobre sus debilidades junto con la revisión de casos de éxito. También los

modelos predictivos de demanda y oferta con simulación de sistemas han logrado esclarecer cómo se verían afectados ciertos rubros si alguna condición cambia en el tiempo, lo cual permitiría establecer nuevos casos de estudios para posibles propuestas de resiliencia en cadenas de suministro.

#### *Resiliencia de las operaciones mineras en Chile*

Las empresas mineras tienen procesos minuciosos de selección de proveedores, en los cuales se utilizan métodos de selección multicriterio. Estos procesos formales de selección de proveedores se realizan con un alto grado de evaluación y análisis donde se consideran criterios económicos, sociales y medioambientales; esto para estar acorde con los valores de la empresa y tener una red de suministro fuerte (Gahona-Flores, Juárez-Rubio, (2022).

Por otra parte, la cámara de comercio de Santiago (CCS por sus siglas) emitió una guía de gestión de una cadena de suministro sostenible que tiene como objetivo promover el desarrollo de un enfoque de gestión sostenible basado

en la mejora continua, que tenga un impacto positivo en los aspectos sociales, ambientales y de gobernanza (ASG) (Cámara de comercio de Santiago, 2022).

Entendida esta realidad, y considerando la revisión bibliográfica presentada, es posible formular la pregunta de investigación de esta tesis: *¿Cuáles son las variables que dan resiliencia a una cadena de suministro para equipos mineros?*

En la actualidad, la implementación de estrategias con bajas emisiones de carbono ha incrementado la demanda de minerales críticos, generando debates en países sudamericanos con abundantes reservas de minerales como cobre y litio los cuales son cruciales para el desarrollo de tecnologías clave, como baterías de litio y electrónica (Yurisch y Moreno 2022). Lo anterior destaca la importancia de las cadenas de suministro en la industria minera, subraya la necesidad de garantizar un suministro eficiente para impulsar la transición energética global.

En el trabajo de Wincewicz-Bosy y Wasowska (2021) es comentado que en tiempos de pandemia por el covid-19 se evidenció la necesidad de fortalecer la resiliencia en la cadena de suministro del cobre, especialmente en la minería lo cual ha impulsado una colaboración más estrecha con proveedores de equipos y servicios para garantizar la continuidad operativa, mientras se exploran soluciones innovadoras, como la impresión 3D, para abordar los desafíos de suministro a corto plazo. Después de explorar los fundamentos teóricos esenciales para esta investigación, es relevante destacar que la principal razón que impulsó su realización ha sido aportar con una propuesta de metodología de adquisición de repuestos que apoye a una minera aumentando su resiliencia. Se propone entonces una metodología que facilite el desarrollo de una estrategia corporativa que sea capaz de recuperarse rápidamente ante disrupciones en la cadena de suministro de repuestos. En este sentido este trabajo contribuye a la

comprensión de barreras y facilitadores estructurales de una cadena de suministro minera.

Entendido esto, el objetivo de este trabajo es proponer una metodología de implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro para mejorar su resiliencia y disminuir la probabilidad de perturbaciones en la operación minera.

## **2. Metodología**

Paradigma y diseño: Se utiliza una metodología con enfoque mixto de tipo correlacional, con diseño no experimental y temporalidad transversal para este estudio. Para la sección cuantitativa se utilizan tres métodos los cuales son el de Pareto que indica que el 20% de los causales son capaces de resolver el 80% del problema (Pareto, 1848; Sales 2013). El segundo es el mencionado en el trabajo de Contreras y Parra (2020) correspondiente al análisis ABC321 que es complementario con el de Pareto donde se utiliza el enfoque de la técnica ABC, la cual se emplea para clasificar los materiales en tres

Criticidad	3	3A	3B	3C
	2	2A	2B	2C
	1	1A	1B	1C
		A	B	C
	Valor			

Fig 1: Matriz ABC321 (Fuente: Elaboración propia).

categorías (A, B y C) en base a su valor económico y en la técnica de la criticidad aplicada que consiste en definir tres categorías de materiales (1, 2, 3) en función del costo total por indisponibilidad del material en el almacén. Este costo se calcula multiplicando la tasa diaria de pérdida de producción (\$/día) por el tiempo total de entrega del repuesto.

Por otra parte, se utilizó la metodología del modelo EOQ (Cantidad económica de pedido por sus siglas en inglés) que es un método que considera la demanda del producto, los costos de inventario de mantenimiento y los costos de pedido, y produce como salida una cantidad óptima de nivel de inventario para minimizar los costos de mantenimiento del producto y puntos de reordenamiento (Castillo, 2014).

Con respecto a la parte cualitativa se utiliza la metodología de entrevistas semiestructuradas debido a que permiten explorar en profundidad las experiencias, perspectivas y conocimientos de los trabajadores sobre la resiliencia en la cadena de abastecimiento. Al obtener perspectivas directas de profesionales, se identifican variables específicas importantes para la resiliencia validando datos para una comprensión más completa, identificando estrategias, tácticas y medidas operacionales y así mitigar riesgos de la operación en minería. Además, la flexibilidad en la investigación nos asegura adaptarnos a temas emergentes, logrando así un análisis exhaustivo y preciso de las variables que impactan la resiliencia de la cadena de suministro. Debido a lo anterior.

Datos del estudio: Los datos para los análisis cuantitativos fueron adquiridos de la base de datos de una planificación de recursos empresariales (ERP por sus siglas en inglés) llamado SAP donde según el

trabajo de Morris (2021) los ERP son una aplicación informática diseñada para organizar los recursos y gestionar la información dentro de una entidad empresarial, con el objetivo de automatizar distintos procedimientos relacionados con las operaciones y la producción de la empresa.

Para este trabajo se toman los datos del ERP la compañía minera en estudio con un historial de 11 años repartidos de la siguiente manera:

Tabla I: Datos tomados del ERP

<b>Nombre de dato</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Nombre repuesto</b>	132
<b>Flota de repuesto</b>	132
<b>Tipo de repuesto</b>	132
<b>Número de parte</b>	132
<b>Código interno</b>	132
<b>Stock</b>	132
<b>Lead time</b>	132
<b>Valor unitario</b>	132
<b>Total</b>	1.056

Por otra parte, para el caso de los análisis cualitativos estos fueron

adquiridos a través de entrevistas semi estructuradas con el personal del área de abastecimiento y los clientes internos de la superintendencia de mantenimiento mina.

Con lo que respecta al análisis cualitativo los entrevistados que son los principales actores en la cadena de abastecimiento de la flota de palas (11) están repartidos casi en una misma proporción entre personal de mantenimiento y de

Tabla II: Resumen de entrevistados

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Entrevistados	11
Área de mantenimiento	5
Área de abastecimiento	6
Mayor o igual a dos años en el cargo	7
Menor a dos años en el cargo	4
Mayor o igual a 5 años de experiencia en minería	9
Menor a 5 años de experiencia en minería	2
Rol supervisor	5

Rol jefatura	4
Rol ejecutivo	2
Posee postgrado	5

abastecimiento. En la tabla 2 se puede observar cómo se encuentra compuesta la muestra.

Entorno: El estudio ha sido realizado para una minera de cobre a rajo abierto ubicada en la segunda región de Antofagasta, Chile. Esta empresa minera cuenta con una dotación de 1.200 trabajadores propios y 1.500 de empresas colaboradoras. Además, en la década de los 2010's produjo en promedio un poco más de 100 (ktm-cu/año) y produjo cerca de un 0,6% de la producción mundial de cobre (COCHILCO, 2021).

Instrumentos: Para los grupos de discusión se utilizó un documento escrito por el autor de este trabajo siguiendo las preguntas que guiaban la discusión. Las preguntas realizadas fueron de carácter abierto.

Análisis de datos: La captura de información se llevó a cabo a través de documentos redactados por el investigador, como es el diario de

campo y las transcripciones de entrevistas. Para el análisis, se desarrolló un listado mediante un razonamiento deductivo que implicó la identificación de criterios relevantes para examinar lo que se considera como factores de resiliencia y la evaluación de la resiliencia, según se describe en el cuadro del instrumento de la sección de análisis cualitativos. Esta clasificación es una selección de los factores y elementos a considerar, pero reconoce que puede ser más diversa debido a la amplitud de la estructura y sus prácticas.

Ética de trabajo: Se buscó la colaboración de los trabajadores de manera informada y voluntaria, implementando medidas para asegurar la confidencialidad de la información y corroborándola con la validación por parte de los propios empleados.

### **3. Resultados**

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a 8 preguntas que permitieron llevar a cabo el análisis cualitativo con respecto a la caracterización del

presente y comprensión de la realidad, propuestas de alto impacto y alerta sobre transformaciones.

### 3.1 Resultados cualitativos

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron con apoyo de un cuadro de

instrumento el cual tiene evaluado cuatro temas secundarios relevantes para el objetivo del estudio que es determinar las variables que dan resiliencia a una cadena de suministro en minería.

Tabla III: Cuadro de instrumento cualitativo

Objetivo	Tema Primario	Tema Secundario	Categoría	Preguntas
Determinar las variables que dan resiliencia a una cadena de abastecimiento en minería	Factores de Resiliencia	1. Factores Internos de la Organización	Capacidad de gestión	1. ¿Cuáles cree que son las causas de falla en la adquisición de repuestos en la empresa?
			Colaboración interna	
			Proyección de la demanda	
			Impacto en producción	2. Con respecto a la pregunta anterior, ¿Qué tan grande es el impacto anual para la compañía, el sector, el ambiente y la comunidad de todas las fallas en la adquisición de repuestos?
			Impacto en producción y medio ambiente	
			Impacto en producción, medio ambiente y sociedad	
			Proponer a plana ejecutiva un proyecto de resiliencia	7. ¿Cómo se asegura de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos estratégicos de la organización?
			Colaboración integral empresa-proveedor	
			Proponer a plana ejecutiva un proyecto de economía circular	

		Tiempos de entrega de proveedores	3. Con la estrategia actual de abastecimiento, ¿Cuán probable es que la adquisición de repuestos falle? ¿Por qué?
	2. Factores Externos del Entorno	Capacidad de gestión	
		Capacidad de gestión	
		Colaboración integral empresa-proveedor	
Evaluación de Resiliencia	3. Indicadores de Resiliencia	Colaboración integral empresa-proveedor	5. ¿Puede proporcionar un ejemplo concreto de una propuesta para mejorar la respuesta de la cadena de abastecimiento ante interrupciones como falta de stock, lead time extensos, cierres de carreteras, entre otros riesgos que tenemos en la cadena de suministro de repuestos para la empresa?
		Tiempo de recuperación	
		Capacidad de adaptación	
		Redundancia de recursos	
		Diversificación de proveedores	

		4. Riesgos y oportunidades	Riesgo de dinero inmovilizado por alto inventario	6. ¿Cuáles cree que son los riesgos y oportunidades asociados a la propuesta indicada?
			Riesgo en capacidad de gestión	
			Riesgo de oferta por vejez de equipos mineros	
			Oportunidad de tecnologías avanzadas	
			Oportunidad de generar contratos estratégicos	
			Oportunidad de automatizar procesos	
			Procesos automatizados	8. ¿Cómo se pudiera asegurar de que su propuesta de abastecimiento esté alineada con los objetivos ambientales y sociales de la industria de minería en Chile?
			Stock asegurado para no improvisar en mantenimientos	
		Transporte seguro de repuestos		
		Adjudicación de contratos a empresas que cumplan con normas de economía circular		

Después de evaluar los ocho ítems, se puede observar la excelencia en las respuestas proporcionadas por los entrevistados. Sus opiniones han sido fundamentales para respaldar este estudio de investigación, identificando variables que podrían fortalecer la

resiliencia de la cadena de suministro frente a diversas interrupciones.

En resumen, el análisis cualitativo destaca brechas clave en la cadena de abastecimiento para convertirla en resiliente donde los puntos más inestables son: la necesidad de mejorar la proyección de la demanda del

usuario, lo cual queda expuesto con repuestas como “Hay varias causas, una es por falta de planificación a largo plazo por parte del usuario donde se piden repuestos muy encima y pudo haber sido a largo plazo e impacta en temas de adquisición. Lo segundo son los atrasos de proveedores, la tercera puede ser la demora en adquisición de materiales por parte del comprador, lo otro puede ser asociado al repuesto donde este no tiene alternativas o el fabricante tiene el monopolio donde te obliga a aceptar todo lo que dice el proveedor.” (Entrevistado 4).

Otra variable seleccionada fue la colaboración integral empresa-proveedor, lo cual queda expuesto con respuestas del tipo “Lo ideal es que haya una planificación correcta de consumo de materiales por parte del usuario a largo plazo para que los compradores envíen las órdenes de compra en un tiempo prudente, también que los planificadores de materiales de abastecimiento revisen la data histórica de consumo y propongan planes estratégicos para sobreponerse al lead time extenso de

entrega que tienen la mayoría de los proveedores” (Entrevistado 9). Cabe recalcar que esta variable fue destacada tanto en la evaluación de factores externos del entorno e indicadores de resiliencia como la más destacable.

En lo que respecta a riesgos de una propuesta de resiliencia en una cadena de suministro se destacó como importante que hay riesgo de dinero inmovilizado por alto inventario, lo cual se evidencia en respuestas del tipo “Riesgo económico porque anteponerse con mucho stock ante alertas como la pandemia produciría un sobre stock y mucho dinero flotante o mucho dinero estancado en temas de bodega” (Entrevistado 2). En lo que respecta a oportunidades los entrevistados concordaron con la variable de oportunidad de generar contratos estratégicos lo cual queda de manifiesto con respuestas como “Mejoramos lead times, mejoramos exclusividad, disponibilidad de repuesto y acompañamiento técnico en conjunto con las compras de repuestos. Es comprobado por

nosotros que los contratos de suministro nos generan sinergias” (Entrevistado 8).

### *3.2 Resultados cuantitativos*

Luego de una extensa investigación y recopilación de datos tomados del ERP SAP y el cálculo de variables determinantes para el estudio podemos revisar los resultados de la categorización de repuestos en base a un análisis ABC el cual se puede ver gráficamente en la figura 3.

Además, se categorizaron los repuestos en base a criticidad para la operación (Fig. 4) y en base a valor de consumo (Fig. 5) para lograr la visualización de cómo afectan a la compañía. Por otro lado, se logró obtener mediante el modelo EOQ los resultados de cantidad óptima de pedido y puntos de reordenamiento de los repuestos crítico para el mantenimiento de los equipos mineros de extracción (Anexo A).

Como es posible observar en las Fig. 4 y Fig. 5 independientemente cómo se analicen los repuestos la categoría 3 es la más repetitiva, o sea, existe una gran cantidad de repuestos que son críticos

para operación netamente por lucro cesante para la minera.

Al momento de la aplicación del modelo EOQ se desprende que, si bien existe una cantidad óptima de pedido que es dependiente de los costos de adquisición, costos de almacenamiento y la demanda anual para cada repuesto, esta señala la cantidad de inventario que la compañía debiese asegurar para mantener un nivel óptimo de costo total.

Por el contrario, cuando se determinan las cantidades de reordenamiento de repuestos que es dependiente del lead time y la demanda anual, se obtienen cantidades mayores a la cantidad óptima de pedido. Esto deja en claro que hay una necesidad para la estrategia actual de abastecimiento de elevar los niveles de inventarios.

Los resultados de la investigación revelan una interconexión entre las dimensiones cualitativas y cuantitativas de la cadena de suministro en el sector minero. En el ámbito cualitativo, se identificaron áreas clave para mejorar la resiliencia,

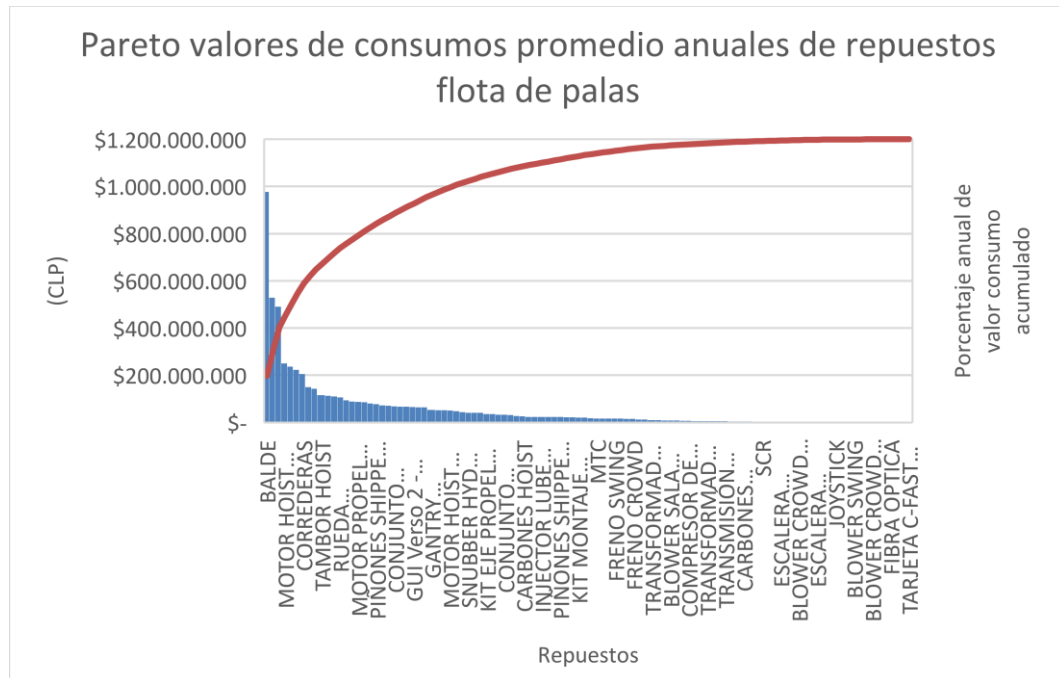


Fig 2: Análisis ABC321 “Pareto valores de consumos promedio anuales de repuestos flota de palas”. (Fuente: Elaboración propia).

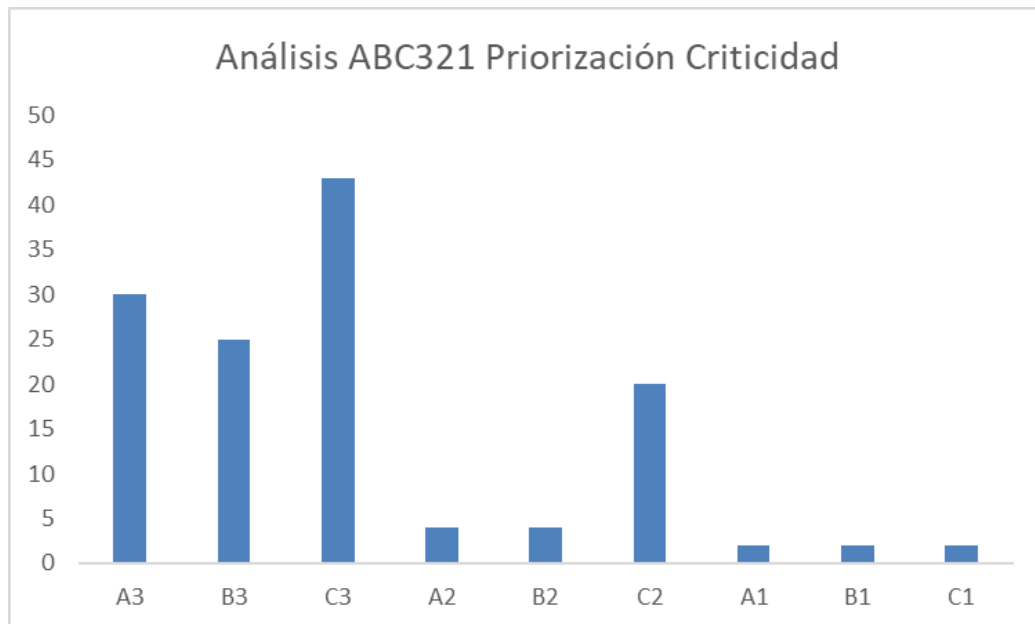


Fig 3: Distribución análisis ABC321 en base a criticidad. (Fuente: Elaboración propia).

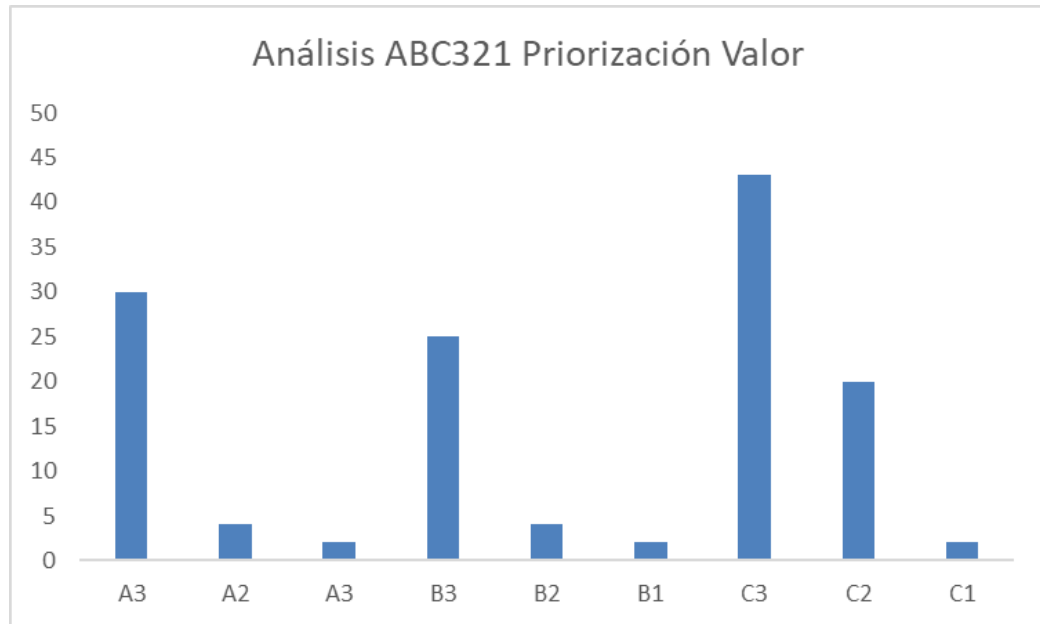


Fig 4: Distribución análisis ABC321 en base a valor de repuesto. (Fuente: Elaboración propia).

entre las que se destacan la necesidad de perfeccionar la proyección de la demanda por parte de los usuarios, fomentar la colaboración efectiva con los proveedores y establecer contratos estratégicos. Estas conclusiones se traducen directamente en implicaciones cuantitativas significativas, especialmente en relación con el modelo EOQ. La determinación de realizar pedidos considerables de repuestos se sustenta en la necesidad de mitigar los efectos adversos de extensos leads times por parte de los proveedores, lo

que resulta en un punto de reordenamiento que supera la cantidad económica de pedido. Este hallazgo refuerza la importancia de abordar colaborativamente con los proveedores y establecer contratos estratégicos, destacando cómo estas acciones cualitativas específicas pueden tener un impacto medible y beneficioso en la eficiencia operativa y la resiliencia general de la cadena de suministro minera. En conjunto, estos resultados subrayan la necesidad de una estrategia integral que combine la agilidad cualitativa con medidas

cuantitativas precisas para lograr una cadena de suministro robusta y resiliente en el contexto minero.

### *3.3 Discusión de resultados*

Considerando la etapa de caracterización del presente y comprensión de la realidad a través del estudio cualitativo, es posible visibilizar que existen distintas oportunidades de mejora como hacer más oportuna la proyección y entrega de la demanda por parte del usuario lo cual está en concordancia con lo mencionado en el trabajo de Ífraz, et al (2023) que indica que la proyección de demanda de repuestos por parte de los usuarios se vuelve crucial en la gestión de inventarios complementando la importancia general de los pronósticos, anticipándose con precisión a las necesidades de repuestos lo que no solo reduce los costos asociados con excesos y faltantes, sino que también garantiza una respuesta eficiente a las demandas del mercado.

Así mismo, existe un entendimiento sobre cuál es la consecuencia de una disrupción de abastecimiento en

seguridad, medio ambiente y disponibilidad de los equipos mineros lo cual concuerda con lo indicado en el trabajo de Morales, Leporati & Martul (2020) donde se menciona que las alteraciones en las cadenas de suministro han probado ser repercusiones notables de un entorno interconectado y volátil, donde se evidencian previas exposiciones a eventos disruptivos como epidemias, pandemias y cambios políticos. La idea de operaciones lineales ya no es lógica, y la percepción de que las interrupciones persistirán destaca la necesidad imperativa de estrategias resilientes.

También existe cierta correlación a la hora de indicar que los tiempos de entrega y que las probabilidades de quiebre en el suministro son muy altas. Jaimes (2020) en su trabajo indica que ciertos sistemas como el cross docking y la logística inversa que trabaja con los actores de la cadena de suministro apoyan a las operaciones logísticas entregando fiabilidad a los acuerdos entre cliente-proveedor en

tiempo y forma lo que estaría en línea con los resultados.

Los hallazgos anteriores mencionados también están de acuerdo con los resultados del trabajo de Ortiz (2023) donde se detectan brechas en lo que es planificación y sincronía de la cadena de suministro son un factor importante a la hora de la generación de resiliencia en cadenas de suministro.

Con respecto al riesgo de dinero inmovilizado por alto inventario, esto está en línea con lo indicado en el trabajo de Agüero et al (2016) donde se indica que Los altos costos de inventario son resultado de descuidar la evaluación del entorno, proveedores y demanda, así como la falta de un método de gestión e indicadores de control eficientes.

Por lo anterior se sugiere evaluar los procesos de cada área tanto de mantenimiento como de abastecimiento donde se exija con una frecuencia de seis meses una actualización de la demanda en un plazo de tres a cinco años por parte del usuario y por parte de abastecimiento

trabajar con esos inputs de información junto con los usuarios como con los proveedores para la toma de decisiones con respecto a los mantenimientos que se proyectan a futuro.

Con respecto a los resultados cuantitativos, estos indican una necesidad de que la cadena de abastecimiento para equipos de extracción en estudio necesita ser modificada para lograr cumplir con la demanda operacional netamente por el lead time que presenta el principal dealer. Lo anterior está de acuerdo con el trabajo de Corrales (2021) donde las acciones de continuidad de las cadenas de suministro por sí solas a veces no son suficientes, o deben ser complementadas con acciones adicionales para mejorar su capacidad de respuesta y recuperación. Asimismo, se destaca la importancia de evaluar estas estrategias para determinar cuáles son las más adecuadas para abordar el desarrollo de una situación de interrupción.

Por otro lado, estos resultados se encuentran parcialmente de acuerdo

con el trabajo de Bandaly et al. (2016) quienes en otro contexto logístico indican La fluctuación en los plazos de entrega no siempre afecta negativamente el rendimiento de la cadena de suministro; solo cuando los niveles de variabilidad en los tiempos de entrega son elevados, se justifica la necesidad de una colaboración coordinada e integral en la cadena de suministro.

Si comparamos lo anterior con el trabajo de Movahed et al. (2023) donde se establece que los colaboradores de la SC buscan incrementar los beneficios compartidos que obtienen de las empresas de forma individual y que a colaboración en la cadena de suministro (SCC) supera las estructuras convencionales con roles predefinidos; entonces se podría inferir que si se está en un contexto de variabilidad o incertidumbre de plazos de entrega, si se busca satisfacer la demanda operativa y además aumentar los beneficios compartidos es necesario realizar modificaciones

en la estrategia de abastecimiento de repuestos.

### *3.4 Metodología de adquisiciones resiliente para cadena de suministro*

Para abordar las brechas detectadas se propone implementar acciones estratégicas con proveedores según una matriz de Kraljic, la cual consta de una herramienta que ha ganado reconocimiento por su eficacia en la gestión de relaciones con proveedores, asociándolas directamente con ventajas competitivas y puede ser utilizada como punto de partida para crear un marco de selección de proveedores, enfatizando su utilidad para definir el problema de selección e identificar criterios basados en la complejidad del suministro y la importancia de la compra (Saputro, Figueira y Almada-Lobo 2022).

La clasificación se basa en dos dimensiones clave: el riesgo de oferta (complejidad) y la importancia de la compra. Para los repuestos críticos de la flota de palas donde se trabaje en encontrar proveedores de soporte y generar alianzas con ellos. Estas actividades podrían abordar desde

acuerdos de compras mínimas anuales de repuestos críticos para que mantengan stock en sus bodegas con el objetivo de reducir el lead time en caso de ser

En base a lo anterior, se elaboró la matriz evaluando el impacto financiero por adquisición de repuestos y el riesgo de adquirirlos la cual se puede apreciar en la figura 7.

De acuerdo con esta matriz, las acciones que debiesen ser

implementadas con cada proveedor por tipo de repuestos según cada cuadrante son:

Categoría estratégica: Crear alianza donde el proveedor principal quien tiene el monopolio de estos repuestos dé cumplimiento a la demanda en el mediano-largo plazo. Como incentivo se propone que mantenga cierto stock en sus almacenes los cuales exista acuerdo de compra asegurada dentro

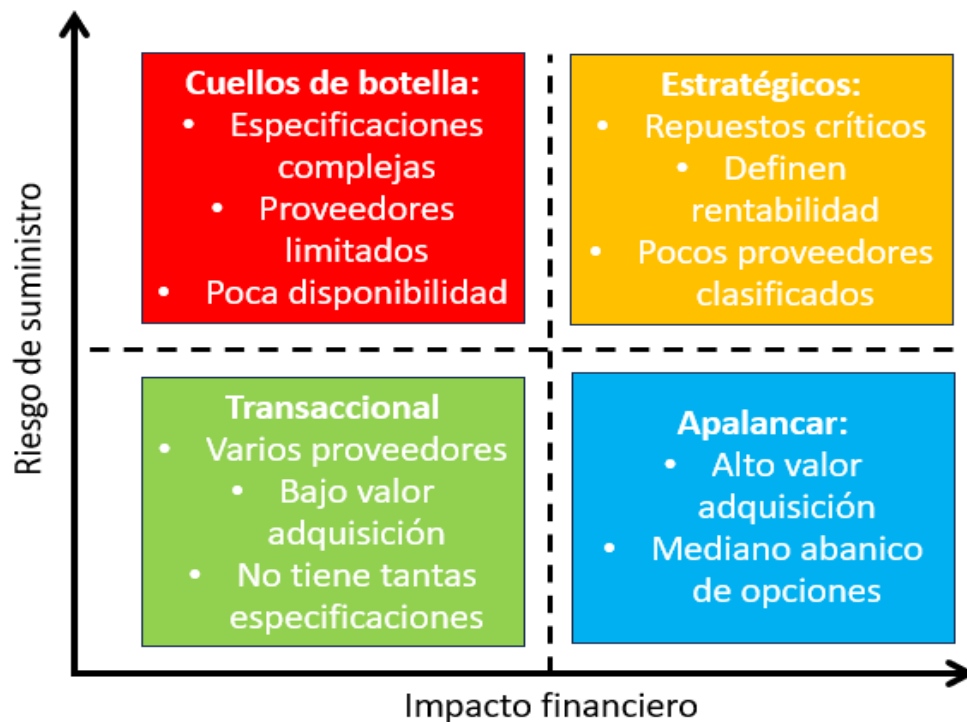


Fig 5: Matriz de kraljic. (Fuente: Elaboración propia).

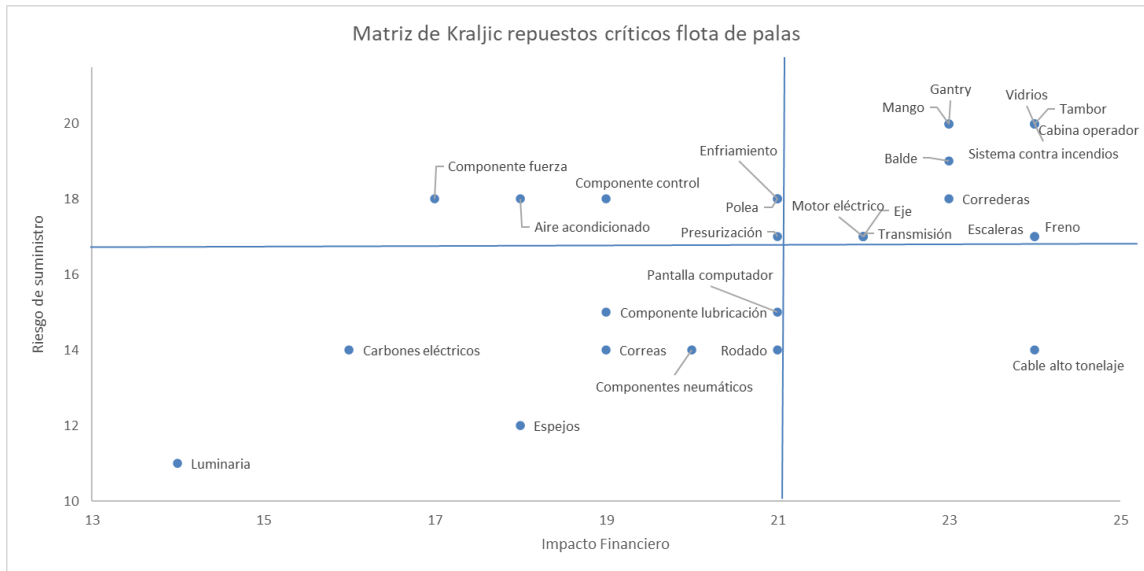


Fig 6: Matriz de Kraljic para repuestos críticos de flota de palas. (Fuente: Elaboración propia).

del año y de no cumplirse ser cobrada y despachada al cliente.

**Categoría apalancar:** Implementar contratos con el proveedor de corto-medio plazo (máximo dos años) donde se revise frecuentemente la competitividad del proveedor y se compare con otros. De aportar algún elemento diferenciador buscar el beneficio mutuo y lograr contratos a largo plazo.

**Categoría cuello de botella:** Asegurar el aprovisionamiento de estos repuestos a cualquier costo mientras no se logren acuerdos con los proveedores. Para mejorar la situación

de dependencia del proveedor que tiene el monopolio se debe tratar de llegar a una categoría tipo estratégica, o sea, llegar a acuerdos de precios y stock asegurados de repuestos.

**Categoría transaccional:** Generar contratos según conveniencia comercial con distintos proveedores que pueden ir desde asegurar stock durante el año o simplemente vender contra orden de compra enviada.

#### 4. Conclusiones

Este trabajo establece que las variables que dan resiliencia a una

cadena de suministro para equipos mineros son: la correcta proyección de demanda de repuestos, el trabajo colaborativo entre la empresa con los proveedores, la capacidad de gestión de compradores y proveedores, y establecer alianzas estratégicas con proveedores de la cadena de abastecimiento. Para ello se propuso una metodología de implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro para mejorar su resiliencia y disminuir la probabilidad de perturbaciones en la operación minera.

Este trabajo de investigación logra proponer una metodología sólida para la implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro minera, con el claro propósito de potenciar su resiliencia y reducir significativamente la probabilidad de perturbaciones en la operación. Este enfoque estratégico se fundamenta en un análisis exhaustivo de las vulnerabilidades existentes, ofreciendo pautas concretas y eficientes para fortalecer la capacidad

de respuesta del sistema ante posibles desafíos logísticos.

En efecto los resultados obtenidos evidencian que analizar la cadena de suministro sobre qué amenazas y oportunidades existen para aumentar la resiliencia pueden mejorar la confiabilidad de la operación y permitiría una recuperación rápida ante una disrupción.

Dicho esto, este trabajo contribuye a la comprensión de las barreras y facilitadores estructurales en las cadenas de suministro de la minería.

Para abordar las brechas detectadas se propone como trabajos futuros las siguientes vías de acción:

- Realizar una investigación de los métodos de adquisición de otros actores importantes del rubro minero, lo que permitiría generalizar resultados sobre resiliencia en la cadena de suministro.
- Ampliar los métodos utilizados para dar validez estadística a la propuesta, utilizando además otras técnicas cuantitativas.

- Analizar el impacto económico que tendría la implementación de este tipo de metodología en una compañía minera en niveles de inventarios y variables financieras.
- Realizar una propuesta de monitoreo de resiliencia de cadenas de suministro en base a data histórica de proveedores y tiempos de respuesta.

#### *4.1. Implicaciones para la industria minera en Chile*

Tal como se presenta en el trabajo de Bag et al (2022) la aplicación de big data y análisis predictivo como tecnologías y digitalización permite monitorear las cadenas de suministro mineras, lo cual mejora la visibilidad de esta y da opciones de anteponerse ante distintos eventos disruptivos, es decir, permite aumentar la resiliencia de las cadenas de suministro.

También como se menciona en el trabajo de Soto (2019) es esencial destacar la importancia de la prudencia en la gestión de gastos en las compañías mineras, especialmente en el contexto de la volatilidad del

precio del cobre, aunque existan escenarios favorables.

Por lo anterior, es importante monitorear las cadenas de suministro en base a su resiliencia y tomar medidas de mitigación con los proveedores, pero tampoco estas acciones deben ir en contra de los objetivos financieros de las empresas como adquisición descontrolada de repuestos que aumenten el dinero inmovilizado y disminuya la capacidad de liquidez.

#### **Referencias**

- Amaya Leal, J., Vilorio Nuñez, C., & Santander Mercado, A. (2014). *Diseño de cadena de suministros resilientes*. Universidad del Norte.
- Arji, G., Ahmadi, H., Avazpoor, P., & Hemmat, M. (2023). *Identifying resilience Strategies for disruption management in the healthcare supply Chain during COVID-19 by Digital Innovations: A Systematic literature review*. *Informatics in Medicine Unlocked*, 38, 101199. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101199>

- Atienza, M., Lufín, M., & Soto, J. (2021). Mining linkages in the Chilean copper supply network and regional economic development. *Resources Policy*, 70, 101154. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.013>
- Avidal, C. M., & Rivera, A. D. T. (2019). Gestión de la sustentabilidad en las cadenas de suministro: Un acercamiento desde la teoría. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 13, 1523-1539
- Bag, S., Rahman, M. S., Srivastava, G., Chan, H., & Bryd, D. J. (2022). The role of big data and predictive analytics in developing a resilient supply chain network in the South African mining industry against extreme weather events. *International Journal of Production Economics*, 251, 108541. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108541>
- Bandaly, D., Şatır, A., & Shanker, L. (2016). Impact of lead time variability in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 180, 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.014>
- Cámara de comercio de Santiago (2022). Gestión de cadena de suministro sostenible. [www.ccs.cl](http://www.ccs.cl). Recuperado de [https://www.ccs.cl/html/guia/guia\\_de\\_gestion/metodologia.html](https://www.ccs.cl/html/guia/guia_de_gestion/metodologia.html).
- Castillo, J. A. (2014). Definición de stock de seguridad y punto de reorden para la compra de equipos en una empresa de servicios del sector telecomunicaciones. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/10908>.
- Chishti, M. Z., Khalid, A. A., & Sana, M. (2023). Conflict vs Sustainability of global energy, agricultural and metal markets: A lesson from Ukraine-Russia War. *Resources Policy*, 84, 103775. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103775>
- COCHILCO. (2021). Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales yearbook: cooper and other mineral statistics 2001-2020. Edición 40. Santiago, Chile. Recuperado de:

<https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadísticas/Publicaciones/Anuario.aspx>

- Contreras, J., & Parra, C. (2020). *PRIORIZACIÓN DE REPUESTOS POR CRITICIDAD y VALOR ECONÓMICO. MÉTODO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE*. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24289.74082>

- Corrales Estrada, J. M. (2021). *Estrategias de continuidad en la cadena de suministro en empresas de manufactura y sus retos frente a la COVID-19 (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT)*.

- D, F. H. J. (2020, 17 agosto). *CADENA DE SUMINISTRO INTELIGENTE, SISTEMAS CROSS DOCKING y LOGÍSTICA INVERSA COMO MECANISMOS INTEGRADORES y SOSTENIBLES: UNA REVISIÓN*. Jaimes D. | SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN. <https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs/viceinves/index.php/SEMINVE/artic le/view/4129>

- Delgado, B., Dominique, D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). *El diagrama de Ishikawa*

*como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. Tomado de: [http://tambara.org/wpcontent/uploads/2021/04/DIAGRAMAISHIKAWA\\_FINAL-PDF.pdf](http://tambara.org/wpcontent/uploads/2021/04/DIAGRAMAISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf)*

- Falcón, P. C. G. (2018). *Estructura de Plan de Continuidad Operativa bajo el enfoque de la gestión de riesgo de desastres en empresas de saneamiento de agua. Ciencia & trabajo, 20(63), 169-177.* <https://doi.org/10.4067/s0718-24492018000300169>

- Gahona-Flores, O. (2020). *Gestión de Proveedores en la Cadena de Suministro de la Minería del Cobre en Chile. Revista Venezolana De Gerencia, 25(92), 1671-1683.*

- Garcia-Sabater, Jose P. (2020)
- Giraldo, A. L. P., & Nuñez, M. A. (2020). *Administración del riesgo estratégico en grandes empresas privadas de Colombia. AD-minister, 67-96.* <https://doi.org/10.17230/ad-minister.36.4>

- Gomes, K. R., Perera, H. N., Thibbotuwawa, A., & Sunil-Chandra, N. (2023). *Comparative analysis of lean and agile supply chain strategies for*

effective vaccine distribution in pandemics: A case study of COVID-19 in a densely populated developing region. *Supply Chain Analytics*, 3, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100022>

- Guzmán, J. I., Karpunina, A., Araya, C., Faúndez, P., Bocchetto, M., Camacho, R., Desormeaux, D., Galaz, J., Garcés, I., Kracht, W., Lagos, G., Marshall, I., Pérez, V., Silva, J., Toro, I., Vial, A., & Wood, A. (2023). Chile: on the road to global sustainable mining. *Resources Policy*, 83, 103686. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103686>

- Hernández, B. L. S., & Sánchez, M. L. G. R. (2019). Sostenibilidad de las cadenas de suministro humanitarias: perspectivas y desafíos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 2, 131-150.

- Hurtado, M., Estacio, J., & Fandiño, P. (2019). Análisis de riesgos según la metodología FMEA, basado en el sistema de gestión de calidad. Cali-Colombia: Universidad Santiago de Cali. Recuperado de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421,2526>.

- Hutchins, G. (2018). ISO 31000: 2018 enterprise risk management. Greg Hutchins.

- İfraz, M., Aktepe, A., Ersöz, S., & Çetinyokuş, T. (2023). Demand forecasting of spare parts with regression and machine learning methods: application in a bus fleet. *Journal of Engineering Research*, 11(2), 100057. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100057>

- Jaime, A., & Sanabria, J. (2021b). Resiliencia en actividades mineras - Resilience in mining activities. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/352488031\\_Resiliencia\\_en\\_actividades\\_mineras\\_-\\_Resilience\\_in\\_mining\\_activities](https://www.researchgate.net/publication/352488031_Resiliencia_en_actividades_mineras_-_Resilience_in_mining_activities)

- Jiang, R., Liu, C., Liu, X., & Zhang, S. (2023). Supply chain resilience of mineral resources industry in China. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2023, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2023/1338223>

- Kanike, U. K. (2023). Factors disrupting supply chain management in

manufacturing industries.  
journals.open.tudelft.nl.

<https://doi.org/10.18757/jscms.2023.6986>

- Lagos, G., Peters, D. J., Lima, M., & Jara, J. J. (2020). Potential Copper production through 2035 in Chile. *Mineral Economics*, 33(1-2), 43-56. <https://doi.org/10.1007/s13563-020-00227-2>
- Marcel Cullell, M. (2022). Importancia de la Logística y el Transporte de carga para el Chile de 2022-2026. 24 de mayo de 2022.
- Meller, P. (2019). *Cobre chileno: productividad, innovación y licencia social*. Santiago, Corporación de Estudios para Latinoamérica (CIEPLAN).
- Moncada, Á. F. (2020). La gestión de seguridad en la cadena de suministro. *Enfoques y gestión en Seguridad Integral*, 187.
- Morales Contreras, M. F., Leporati, J. M., & Martul Vázquez, L. E. (2020). Las cadenas de suministro en la próxima pandemia. *Cómo evitar interrupciones en las cadenas de suministro*.

- Morris Abarca, E. A. (2021). *Una visión de Transformación digital y Aprendizaje organizacional en la implantación de un ERP y su efecto en el desempeño organizacional*.

- Movahed, A. B., Aliahmadi, A., Parsanejad, M., & Nozari, H. (2023). A Systematic Review of collaboration in Supply Chain 4.0 with Meta-Synthesis Method. *Supply Chain Analytics*, 4, 100052.

<https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100052>  
<https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100052>

- Nugent, M. A. L. M. (2019). *Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica*. <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/>

- Ortiz Guzmán, L. A. (2023). *Propuesta de una cadena de suministro digital para la industria acuícola: una mirada desde la sustentabilidad* (Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo. Facultad de Ingeniería).

- Pareto, V. I. L. F. R. E. D. O. (1848). *Diagrama de Pareto*. El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas

clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

- Pereda, O. Z., & Requejo, A. A. I. (2021). Modelo de gestión de riesgo de la cadena de suministro como elemento diferenciador. *Review of global management*, 6(1), 14-34. <https://doi.org/10.19083/rgm.v6i1.1487>
- Qu, Z., & Raff, H. (2021). Vertical contracts in a supply chain and the bullwhip effect. *Management Science*, 67(6), 3744-3756. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3630>
- Rodríguez, D. R., Rueda, W. A., Guerrero, E. F. C., Altamiranda, A. S., & Sánchez, F. S. (2017). Modelo de aproximación lineal para la medición de resiliencia en cadenas de suministro. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(1), 180-189. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052017000100180>

- Sales, M. (2013). Diagrama de Pareto. *EALDE Business School*, 7.
- Saputro, T. E., Figueira, G., & Almada-Lobo, B. (2022). A comprehensive framework and literature review of supplier selection under different purchasing strategies. *Computers & Industrial Engineering*, 167, 108010. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108010>
- Sawyerr, E., & Harrison, C. (2019). Developing resilient supply chains: lessons from high-reliability organisations. *Supply Chain Management*, 25(1), 77-100. <https://doi.org/10.1108/scm-09-2018-0329>
- Segura Coronado, A. (2023). Propuesta de mejora de la eficiencia de la cadena de suministro en una empresa del sector minero peruano.
- Soto Ojeda, J. E. (2019). Desarrollo y evaluación de mecanismo de aumento de competitividad de proveedores de la industria minera.
- UGARTE, G., & VERGARA, R. (2021). Proyecto de Ley: Royalty a la minería. *Puntos de Referencia*, (625).

- Wieland, A., & Durach, C. F. (2021). Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 42(3), 315-322. <https://doi.org/10.1111/jbl.12271>
- Wincewicz-Bosy, M. (2021). The supply chain of the mining industry: the case of copper mining. <https://www.um.edu.mt/library/oar/handle/123456789/80252>
- Yang, C., Tian, K., & Gao, X. (2023). Supply chain resilience: measure, risk assessment and strategies. *Fundamental Research*.
- Yurisch, T., Liberona, F., & Moreno, C. (2022). *Minería Verde: El Mito de la Responsabilidad en las Cadenas De Suministro de Minerales*. Publicaciones fundación Terram, 1-8.
- Zardón, L. A. (2016). Propuesta de procedimiento para la gestión de inventarios. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5587021>
- Zekhnini, K., Cherrafi, A., Bouhaddou, I., Benghabrit, Y., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Supply Chain Management 4.0: A Literature review and Research framework. *Benchmarking: An International Journal*, 28(2), 465-501. <https://doi.org/10.1108/bij-04-2020-0156>
- Zeng, L., Liu, S. Q., Kozan, E., Corry, P., & Masoud, M. (2021). A comprehensive interdisciplinary review of mine supply chain management. *Resources Policy*, 74, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102274>  
<http://hdl.handle.net/10251/13880>

#### **4 CONCLUSIONES GENERALES**

Este trabajo establece que las variables que dan resiliencia a una cadena de suministro para equipos mineros son: la correcta proyección de demanda de repuestos, el trabajo colaborativo entre la empresa con los proveedores, la capacidad de gestión de compradores y proveedores, y establecer alianzas estratégicas con

proveedores de la cadena de abastecimiento. Para ello se propuso una metodología de implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro para mejorar su resiliencia y disminuir la probabilidad de perturbaciones en la operación minera.

Se logró categorizar las variables cruciales para la resiliencia de la cadena de suministro mediante entrevistas semiestructuradas con expertos directamente vinculados a la operación minera. Este enfoque permitió una identificación precisa y contextualizada de factores influyentes, proporcionando una base sólida para la formulación de estrategias específicas de fortalecimiento.

Así mismo se logró evaluar los niveles óptimos de inventario y reposición de repuestos mediante un análisis detallado de datos estadísticos de la compañía minera. Este enfoque fundamental permite sentar las bases para trabajar estratégicamente con proveedores y el área de abastecimiento.

También se logró abordar con éxito uno de los objetivos específicos al seleccionar una metodología respaldada por la literatura. La elección de la matriz de Kraljic como enfoque metodológico se basa en su reconocimiento dentro de la investigación existente, proporcionando un marco sólido y aplicable para analizar y fortalecer las cadenas de suministro en la industria minera, cumpliendo así con los objetivos planteados.

Este trabajo de investigación logra proponer una metodología sólida para la implementación de adquisiciones de repuestos en la cadena de suministro minera, con el claro propósito de potenciar su resiliencia y reducir significativamente la probabilidad de perturbaciones en la operación. Este enfoque estratégico se fundamenta en un análisis exhaustivo de las vulnerabilidades existentes, ofreciendo pautas concretas para fortalecer la capacidad de respuesta del sistema ante posibles desafíos logísticos.

En efecto los resultados obtenidos evidencian que analizar la cadena de suministro sobre qué amenazas y oportunidades existen para aumentar la resiliencia pueden

mejorar la confiabilidad de la operación y permitiría una recuperación rápida ante una disrupción.

Dicho esto, este trabajo contribuye a la comprensión de las barreras y facilitadores estructurales en las cadenas de suministro de la minería.

#### **4.1 Propuesta para trabajos futuros**

Como continuación de este trabajo de tesis, hay varias líneas de desarrollo que quedan pendientes, y en las que es posible continuar trabajando; algunas de ellas, están más directamente relacionadas con este trabajo de tesis y son el resultado de preguntas que han ido surgiendo durante el proceso de investigación, como otras que son más tangenciales a la investigación. A continuación, revisaremos trabajos futuros que pueden investigarse como conclusión de esta investigación:

- Realizar una investigación de los métodos de adquisición de otros actores importantes del rubro minero, lo que permitiría generalizar resultados sobre resiliencia en la cadena de suministro.
- Ampliar los métodos utilizados para dar validez estadística a la propuesta, utilizando además otras técnicas cuantitativas.
- Analizar el impacto económico que tendría la implementación de este tipo de metodología en una compañía minera en niveles de inventarios y variables financieras.
- Realizar una propuesta de monitoreo de resiliencia de cadenas de suministro en base a data histórica de proveedores y tiempos de respuesta.

## **5 REFERENCIAS**

Amaya Leal, J., Viloría Nuñez, C., & Santander Mercado, A. (2014). Diseño de cadena de suministros resilientes. Universidad del Norte.

Arji, G., Ahmadi, H., Avazpoor, P., & Hemmat, M. (2023). Identifying resilience Strategies for disruption management in the healthcare supply Chain during COVID-

19 by Digital Innovations: A Systematic literature review. *Informatics in Medicine Unlocked*, 38, 101199. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101199>

Atienza, M., Luffín, M., & Soto, J. (2021). Mining linkages in the Chilean copper supply network and regional economic development. *Resources Policy*, 70, 101154. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.013>

Avidal, C. M., & Rivera, A. D. T. (2019). Gestión de la sustentabilidad en las cadenas de suministro: Un acercamiento desde la teoría. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 13, 1523-1539

Bag, S., Rahman, M. S., Srivastava, G., Chan, H., & Bryd, D. J. (2022). The role of big data and predictive analytics in developing a resilient supply chain network in the South African mining industry against extreme weather events. *International Journal of Production Economics*, 251, 108541. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108541>

Bandaly, D., Şatır, A., & Shanker, L. (2016). Impact of lead time variability in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 180, 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.014>

Cámara de comercio de Santiago (2022). Gestión de cadena de suministro sostenible. [www.ccs.cl](http://www.ccs.cl). Recuperado de [https://www.ccs.cl/html/guia/guia\\_de\\_gestion/metodologia.html](https://www.ccs.cl/html/guia/guia_de_gestion/metodologia.html).

Castillo, J. A. (2014). Definición de stock de seguridad y punto de reorden para la compra de equipos en una empresa de servicios del sector telecomunicaciones. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/10908>.

Chishti, M. Z., Khalid, A. A., & Sana, M. (2023). Conflict vs Sustainability of global energy, agricultural and metal markets: A lesson from Ukraine-Russia War. *Resources Policy*, 84, 103775. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103775>

COCHILCO. (2021). Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales yearbook: cooper and other mineral statistics 2001-2020. Edición 40. Santiago, Chile. Recuperado de: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Publicaciones/Anuario.aspx>

Contreras, J., & Parra, C. (2020). PRIORIZACIÓN DE REPUESTOS POR CRITICIDAD y VALOR ECONÓMICO. MÉTODO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE. . . ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24289.74082>

Corrales Estrada, J. M. (2021). Estrategias de continuidad en la cadena de suministro en empresas de manufactura y sus retos frente a la COVID-19 (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT).

D, F. H. J. (2020, 17 agosto). CADENA DE SUMINISTRO INTELIGENTE, SISTEMAS CROSS DOCKING y LOGÍSTICA INVERSA COMO MECANISMOS INTEGRADORES y SOSTENIBLES: UNA REVISIÓN. Jaimes D. | SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN. [https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/SEMINVE/article/view/4129](https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/SEMINVE/article/view/4129)

Delgado, B., Dominique, D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. Tomado de: [http://tambara.org/wpcontent/uploads/2021/04/DIAGRAMAISHIKAWA\\_FINAL-PDF.pdf](http://tambara.org/wpcontent/uploads/2021/04/DIAGRAMAISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf).

Falcón, P. C. G. (2018). Estructura de Plan de Continuidad Operativa bajo el enfoque de la gestión de riesgo de desastres en empresas de saneamiento de agua. *Ciencia & trabajo*, 20(63), 169-177. <https://doi.org/10.4067/s0718-24492018000300169>

Gahona-Flores, O. (2020). Gestión de Proveedores en la Cadena de Suministro de la Minería del Cobre en Chile. *Revista Venezolana De Gerencia*, 25(92), 1671-1683.

Garcia-Sabater, Jose P. (2020)

Giraldo, A. L. P., & Nuñez, M. A. (2020). Administración del riesgo estratégico en grandes empresas privadas de Colombia. *AD-minister*, 67-96. <https://doi.org/10.17230/ad-minister.36.4>

Gomes, K. R., Perera, H. N., Thibbotuwawa, A., & Sunil-Chandra, N. (2023). Comparative analysis of lean and agile supply chain strategies for effective vaccine distribution in pandemics: A case study of COVID-19 in a densely populated developing region. *Supply Chain Analytics*, 3, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100022>

Guzmán, J. I., Karpunina, A., Araya, C., Faúndez, P., Bocchetto, M., Camacho, R., Desormeaux, D., Galaz, J., Garcés, I., Kracht, W., Lagos, G., Marshall, I., Pérez, V., Silva, J., Toro, I., Vial, A., & Wood, A. (2023). Chile: on the road to global sustainable mining. *Resources Policy*, 83, 103686. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103686>

Hernández, B. L. S., & Sánchez, M. L. G. R. (2019). Sostenibilidad de las cadenas de suministro humanitarias: perspectivas y desafíos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 2, 131-150.

Hurtado, M., Estacio, J., & Fandiño, P. (2019). Análisis de riesgos según la metodología FMEA, basado en el sistema de gestión de calidad. Cali-Colombia: Universidad Santiago de Cali. Recuperado de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500,12421,2526>.

Hutchins, G. (2018). ISO 31000: 2018 enterprise risk management. Greg Hutchins.

Ífraz, M., Aktepe, A., Ersöz, S., & Çetinyokuş, T. (2023). Demand forecasting of spare parts with regression and machine learning methods: application in a bus fleet. *Journal of Engineering Research*, 11(2), 100057. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100057>

Jaime, A., & Sanabria, J. (2021b). Resiliencia en actividades mineras - Resilience in mining activities. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/352488031\\_Resiliencia\\_en\\_actividades\\_mineras\\_-\\_Resilience\\_in\\_mining\\_activities](https://www.researchgate.net/publication/352488031_Resiliencia_en_actividades_mineras_-_Resilience_in_mining_activities)

Jiang, R., Liu, C., Liu, X., & Zhang, S. (2023). Supply chain resilience of mineral resources industry in China. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2023, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2023/1338223>

Kanike, U. K. (2023). Factors disrupting supply chain management in manufacturing industries. *journals.open.tudelft.nl*. <https://doi.org/10.18757/jscms.2023.6986>

Lagos, G., Peters, D. J., Lima, M., & Jara, J. J. (2020). Potential Copper production through 2035 in Chile. *Mineral Economics*, 33(1-2), 43-56. <https://doi.org/10.1007/s13563-020-00227-2>

Marcel Cullell, M. (2022). Importancia de la Logística y el Transporte de carga para el Chile de 2022-2026. 24 de mayo de 2022.

Meller, P. (2019). Cobre chileno: productividad, innovación y licencia social. Santiago, Corporación de Estudios para Latinoamérica (CIEPLAN).

Moncada, Á. F. (2020). La gestión de seguridad en la cadena de suministro. *Enfoques y gestión en Seguridad Integral*, 187.

Morales Contreras, M. F., Leporati, J. M., & Martul Vázquez, L. E. (2020). Las cadenas de suministro en la próxima pandemia. Cómo evitar interrupciones en las cadenas de suministro.

Morris Abarca, E. A. (2021). Una visión de Transformación digital y Aprendizaje organizacional en la implantación de un ERP y su efecto en el desempeño organizacional.

Movahed, A. B., Aliahmadi, A., Parsanejad, M., & Nozari, H. (2023). A Systematic Review of collaboration in Supply Chain 4.0 with Meta-Synthesis Method. *Supply Chain Analytics*, 4, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100052><https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100052>

Nugent, M. A. L. M. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/>

Ortiz Guzmán, L. A. (2023). Propuesta de una cadena de suministro digital para la industria acuícola: una mirada desde la sustentabilidad (Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo. Facultad de Ingeniería).

Pareto, V. I. L. F. R. E. D. O. (1848). Diagrama de Pareto. El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades.

Pereda, O. Z., & Requejo, A. A. I. (2021). Modelo de gestión de riesgo de la cadena de suministro como elemento diferenciador. *Review of global management*, 6(1), 14-34. <https://doi.org/10.19083/rgm.v6i1.1487>

Qu, Z., & Raff, H. (2021). Vertical contracts in a supply chain and the bullwhip effect. *Management Science*, 67(6), 3744-3756. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.3630>

Rodríguez, D. R., Rueda, W. A., Guerrero, E. F. C., Altamiranda, A. S., & Sánchez, F. S. (2017). Modelo de aproximación lineal para la medición de resiliencia en cadenas de suministro. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(1), 180-189. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052017000100180>

Sales, M. (2013). Diagrama de Pareto. EALDE Business School, 7.

Saputro, T. E., Figueira, G., & Almada-Lobo, B. (2022). A comprehensive framework and literature review of supplier selection under different purchasing strategies. *Computers & Industrial Engineering*, 167, 108010. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108010>

Sawyerr, E., & Harrison, C. (2019). Developing resilient supply chains: lessons from high-reliability organisations. *Supply Chain Management*, 25(1), 77-100. <https://doi.org/10.1108/scm-09-2018-0329>

Segura Coronado, A. (2023). Propuesta de mejora de la eficiencia de la cadena de suministro en una empresa del sector minero peruano.

Soto Ojeda, J. E. (2019). Desarrollo y evaluación de mecanismo de aumento de competitividad de proveedores de la industria minera.

UGARTE, G., & VERGARA, R. (2021). Proyecto de Ley: Royalty a la minería. *Puntos de Referencia*, (625).

Wieland, A., & Durach, C. F. (2021). Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 42(3), 315-322. <https://doi.org/10.1111/jbl.12271>

Wincewicz-Bosy, M. (2021). The supply chain of the mining industry : the case of copper mining. <https://www.um.edu.mt/library/oar/handle/123456789/80252>

Yang, C., Tian, K., & Gao, X. (2023). Supply chain resilience: measure, risk assessment and strategies. *Fundamental Research*.

Yurisch, T., Liberona, F., & Moreno, C. (2022). Minería Verde: El Mito de la Responsabilidad en las Cadenas De Suministro de Minerales. *Publicaciones fundación Terram*, 1-8.

Zardón, L. A. (2016). Propuesta de procedimiento para la gestión de inventarios. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5587021>

Zekhnini, K., Cherrafi, A., Bouhaddou, I., Benghabrit, Y., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Supply Chain Management 4.0: A Literature review and Research framework. *Benchmarking: An International Journal*, 28(2), 465-501. <https://doi.org/10.1108/bij-04-2020-0156>

Zeng, L., Liu, S. Q., Kozan, E., Corry, P., & Masoud, M. (2021). A comprehensive interdisciplinary review of mine supply chain management. *Resources Policy*, 74,

102274.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102274>

<http://hdl.handle.net/10251/13880> Intro a los Sistemas de Planificación y Control de Operaciones. Nota Técnica RIUNET Repositorio UPV

## 6 ANEXO: REPORTE DE PLAGIO

El reporte de posibilidad de plagio de este trabajo, con otros trabajos publicados entrega un porcentaje de similitud de: 7%



### Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

**7%**



**Overall Similarity**

**Date:** dic. 16, 2023

**Matches:** 648 / 8799 words

**Sources:** 27

**Remarks:** Low similarity detected, consider making necessary changes if needed.

**Verify Report:**

Scan this QR Code



**7 ANEXO A: Tabla de determinación de cantidad óptima de pedido y punto de reordenamiento**

Modelo	Descripción	N/P	Cantidad óptima de pedido	Punto de reorden
Ambas	BALDE	R14367F1	1	2,0
Ambas	MANGO	R2254F1	1	1,00
4100	CABLE LEVANTE FINNING (SET 2 UNIDADES)	70762617	2	6,00
4100	MOTOR HOIST K1690	EBM1705F1	1	2,00
Ambas	TRANSMISIÓN PROPEL RODADO ESTANDAR	100J5800F2/ R65350F1 - -> <b>R84553F1</b>	1	1,00
Ambas	MANGO	11J4077D2	1	1,00
4100	TRANSMISIÓN SWING	100j5949f4 - <b>R65360F1</b>	1	1,00
4100	CABLE LEVANTE FINNING (SET 2 UNIDADES)	70762538	2	4,00
4100	CORREDERAS	R2247D1	1	1,00
4100	TRANSMISIÓN SECUNDARIA HOIST DELANTERA	910J632F1	1	2,00
4100	RUEDA PROPULSORA ESTANDAR	R53902D3 / R24988D3	1	2,00
4100	MOTOR CROWD K489	83005-1 / EBM1706F1	1	1,00
Ambas	POLEA PUNTA PLUMA	919J41F1	1	1,00
Ambas	MOTOR SWING K489A	82998-3	1	1,00
4100	MOTOR PROPEL K558B	EBM1153F1	1	1,00
Ambas	SNUBBER MECANICO COMPLETO SET	ATB2800EA - ATB2800EA	1	1,00
4100	PIÑONES SHIPPER SHAFT	1J378D1F2	1	2,00
4100	TRANSMISIÓN PRIMARIA HOIST	910J651F5	1	2,00
4100	TRANSMISIÓN PRIMARIA HOIST	910J618F2	1	2,00

<b>Ambas</b>	<b>BALDE</b>	9803017	1	1,00
<b>4100</b>	<b>MOTOR CROWD K-700</b>	EBM1686F1 / 83011-1 / 83011-2	1	1,00
<b>4100</b>	<b>TRANSMISIÓN SECUNDARIA HOIST TRASERA</b>	910J632F2	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>CONJUNTO DIPPER TRIP</b>	100J5518F4 (F1)	1	2,00
<b>4100</b>	<b>MOTOR PROPEL K408</b>	EBM1834F1	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>TAMBOR HOIST</b>	23J602D1	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>GUI Verso 2 - PANTALLA COMPUTADOR</b>	R101413D1	1	2,00
<b>4100</b>	<b>EJE SWING</b>	100J6145F1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>RUEDA PROPULSORA DELTA</b>	R45398D1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>CABLE SUSPENSIÓN (UNIDAD SE CMB 4 )</b>	R30303D5	2	2,00
<b>4100</b>	<b>RUEDA TENSORA ESTANDAR</b>	13J243D2C1F1	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>EJE SWING (ASSY)</b>	100J5950F1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>RUEDA TENSORA DELTA</b>	R37742F1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>MOTOR HOIST K1250</b>	83010-1	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>POLEA PUNTA PLUMA</b>	919N23F2	1	1,00
<b>4100</b>	<b>CABLE SUSPENSIÓN (UNIDAD SE CMB 4 )</b>	30U254D2	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>TAMBOR HOIST</b>	23J577D1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>FRENO HOIST</b>	R59846D1	1	2,00
<b>Ambas</b>	<b>SNUBBER HYD (UNIDAD)</b>	R96254F1 nuevo (R122401F1) UNIDAD	1	2,00
<b>2800</b>	<b>LAMPARAS LED PALAS EXTERIOR</b>	VL30FW3	4	7,00
<b>4100</b>	<b>SNUBBER HYD ASSY SNUBRITE (UNIDAD)</b>	R95305F1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>EJE PROPEL RODADO DELTA</b>	R35709D1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>EJE CROWD SECUNDARIO (ASSY)</b>	910J344F3	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>CORREDERAS</b>	33J138D1F1	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>KIT EJE PROPEL RODADO DELTA (EJE+ RUEDA + KIT INST)</b>	R45375F1	1	1,00

4100	EJE PROPEL RODADO ESTANDAR	10J120D1 / R52652D1	1	1,00
Ambas	GANTRY COMPRESOR	11J4073D1F1	1	1,00
Ambas	CONJUNTO DIPPER TRIP (ASSY) c/base	100J6757	1	1,00
4100	EJE PROPEL	10J103C1	1	1,00
4100	CONJUNTO DIPPER TRIP (DRUM & MOTOR)	23100J611F1 - 923J79F2	1	2,00
2800	CARBONES HOIST		13	56,00
Ambas	RUEDA TENSORA ESTANDAR	13J243D3C1F1	1	1,00
4100	CORREA MOTOR CROWD	R17893D2	2	3,00
4100	RUEDA PROPULSORA ESTANDAR OVERPITCH	4J172D2 / R53901D4	1	1,00
2800	INJECTOR LUBE SYSTEM SL-11	44Z1444	4	12,00
2800	BOMBAS DE LUBRICACION (GRASA)	37Z216D15	1	2,00
Ambas	PIÑONES SHIPPER SHAFT 1J378D1F2	R10965F2	1	1,00
4100	EJE CROWD PRIMARIO (ASSY)	910J553F2	1	1,00
2800	KIT MONTAJE SNUBBER HYD	R97242F1	2	4,00
Ambas	TRANSMISIÓN PROPEL RODADO DELTA	100J5800F5 --> R84553F2	1	1,00
Ambas	GANTRY COMPRESOR	11J4086D1F1	1	1,00
4100	ASIENTO OPERADOR ASSY	R93433F3	1	2,00
4100	GANTRY TENSOR	11J3755	1	1,00
4100	RUEDA PROPULSORA OVERPITCH	R53902D4 / 4J12D4	1	1,00
2800	MTC		1	1,00
4100	EJE CROWD SECUNDARIO	910J634F1	1	1,00
Ambas	SHIPPER SHAFT 10J108D3C1	10J108D1/10J108D3C1	1	1,00
2800	FRENO HOIST	R66185D2	1	1,00
4100	SHIPPER SHAFT	R3989D3	1	1,00
4100	FRENO PROPEL	15R9D4 - R53137D4	1	1,00

2800	ASIENTO OPERADOR ASSY		1	1,00
4100	EJE CROWD PRIMARIO	910J652F3	1	1,00
4100	MACHON MOTOR SWING	918N46F2	1	2,00
4100	PIÑON EJE DE GIRO	R24673D2	1	1,00
2800	FRENO CROWD	15R13D3/R72439D1	1	1,00
2800	CARBONES CROWD		9	50,00
2800	ESCALERA ACCESO PRINCIPAL	R56362D1	1	1,00
4100	FRENO SWING	15R14D1	1	1,00
4100	BLOWER SALA MAQUINA	49R22D1	1	1,00
Ambas	LAMPARAS LED PALAS INTERIOR (TIPO TUBO)	56P1F2	3	7,00
4100	CONJUNTO DIPPER TRIP ASSY	100J6037F3	1	1,00
2800	COMPRESOR DE AIRE ES8	51U105D3	1	1,00
2800	FRENO SWING	15R14D6	1	1,00
2800	FRENO PROPEL	15R15D7	1	1,00
Ambas	MACHON MOTOR PROPEL	18N2391D1	1	1,00
2800	MOTOR DIPPER TRIP (SOLO MOTOR)	EBM656F1A	1	1,00
2800	FRENO CROWD	15R9D1 - R53137D1	1	1,00
4100	TRANSFORMADOR AUXILIAR O SECUNDARIO	75Q131	1	1,00
2800	SNUBBER MECANICO SOLO BASE	ATB4100STD-01	1	1,00
2800	TRANSMISIÓN SECUNDARIA HOIST	R1927F3	1	1,00
Ambas	MOTOR SWING K558A	EBM1154F1 - R74601F1	1	1,00
4100	DRIVE ARMADURA		1	1,00
4100	PIÑON EJE DE GIRO	1N1561C2	1	1,00
Ambas	GANTRY TENSOR	11J3626	1	1,00
2800	CARBONES SWING / PROPEL		4	16,00

2800	DRIVE CAMPO		1	1,00
4100	TRANSFORMADOR AUXILIAR O SECUNDARIO	R13451D1	1	1,00
2800	CALEFACTOR SALA LUB.(HEATER) (CHROMALOX)	80Z1086	1	1,00
Ambas	SCR		2	3,00
2800	CORREAS MOTOR CROWD	R17893D1	1	1,00
2800	ESPEJO RETROVISOR, PANORAMICO, DIA 75	27Z1228	2	4,00
Ambas	TRANSFORMADOR PRINCIPAL	75Q60(no) - R72728D1(si) - 75Q157(si)	1	1,00
Ambas	ESCALERA VERTICAL ACCESO (P&H) 2800-4100	R57127F1	1	1,00
Ambas	ESCALERA VERTICAL ACCESO (P&H) 4100	100J6790F1 - 929j68f2	1	1,00
Ambas	MODULO A/AC MAS1500	NPMNM150-SYH-05	1	1,00
2800	RUEDA PROPULSORA ESTANDAR	4J172D1 / R53901D3	1	1,00
2800	BLOWER Axial cabina operador	49Q26	1	1,00
2800	BLOWER Axial cabina operador	R49404D1	1	1,00
2800	BLOWER CROWD/swing	49U26D9	1	1,00
4100	TRANSFORMADOR PRINCIPAL	R13450D2	1	1,00
4100	MOTOR VENTILADOR SALA MAQUINA	1088Z472	1	1,00
2800	MACHON MOTOR HOIST	R48723D1	1	1,00
2800	ESCALERA VERTICAL ACCESO (INGEMAQ)	IM2005-26	1	1,00
2800	BLOWER PROPEL	49U26D2	1	1,00
Ambas	POWER RAIL BOOSTER		1	1,00
2800	MACHON MOTOR HOIST	718U25D1	1	1,00
2800	JOYSTICK		1	1,00
2800	INJECTOR LUBE SYSTEM SL-1-MANIFOLD X5	44Z1169D5	1	2,00
Ambas	INJECTOR LUBE SYSTEM SL-1-MANIFOLD X4	44Z1169D4	1	1,00

<b>Ambas</b>	<b>FILTROS DE COMPRESOR SULLAIR</b>		3	7,00
<b>2800</b>	<b>MACHON MOTOR SWING</b>	918N46F1	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>VIDRIOS 0.90</b>		7	68,00
<b>2800</b>	<b>BLOWER SWING</b>	49U26D20	1	1,00
<b>2800</b>	<b>MOTOR VENTILADOR SALA MAQUINA</b>	49R12D6	1	1,00
<b>2800</b>	<b>BLOWER CROWD / HOIST</b>	R12599D1F1	1	1,00
<b>4100</b>	<b>STARTER AUXILIAR</b>		1	1,00
<b>2800</b>	<b>MACHON MOTOR PROPEL</b>	18U271D1	1	1,00
<b>2800</b>	<b>TARJETA CONTROL RPC</b>		1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>FIBRA OPTICA</b>		3	15,00
<b>2800</b>	<b>BLOWER SWING</b>	49U26D7	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>CONTROLADOR A/AC</b>	NPMN50-14-000C	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>PANEL SCI FIKE CHEETAH XI1016 (FLUITEK)</b>	60747310-2542	1	1,00
<b>Ambas</b>	<b>TARJETA C-FAST 32GB</b>	R54578D37	1	1,00