

# Pontificia Universidad Católica del Perú

Escuela de Posgrado

Maestría en Ingeniería Industrial



## **PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTION DE INVENTARIOS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS MINA**

Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Industrial  
con mención en Gestión de Operaciones

Alumno: Manuel Vladimir Terbullino Carbajal

Código: 20144405

Asesor: Miguel Domingo González Álvarez

San Miguel, 2018

## Resumen

La presente tesis propone una serie de lineamientos para atacar la problemática que existe en la Gestión del Inventario de Mantenimiento en una empresa minera. Para plantear los lineamientos previamente se plantean los fundamentos teóricos relacionados a la Gestión del Mantenimiento, de Logística y el método de investigación del Estudio de Caso que es una apertura a formular preguntas a los principales involucrados en el problema y de este modo complementar los hallazgos obtenidos del análisis de la información de las áreas de Mantenimiento y Logística.

Entre los puntos más resaltantes del presente documento es los análisis de los procesos de Mantenimiento y Logístico, de los principales indicadores de gestión (KPIs), la clasificación de inventarios, la importancia de la planificación como entrada del proceso de la demanda de materiales, el rol importante que juega la prioridad de los trabajos y cómo actuar en base a esta definición de prioridades.

Por otro lado en el presente trabajo también se muestra la importancia que tiene la interrelación de los procesos de Mantenimiento y Logística y sus efectos en las disponibilidades de los equipos, en el porcentaje del uso de los materiales de demandados por mantenimiento, en el incremento de ítems obsoletos entre otros factores importantes.

Es importante mencionar que no basta con tener procesos definidos en papel, el desafío es que los procesos tengan sus responsables y que los mismos aseguren que cada una de las actividades y directrices de los procesos se apliquen en el día a día.



## **Dedicatoria**

A Dios, por ayudarme y darme la fuerza para alcanzar mis metas personales y profesionales.

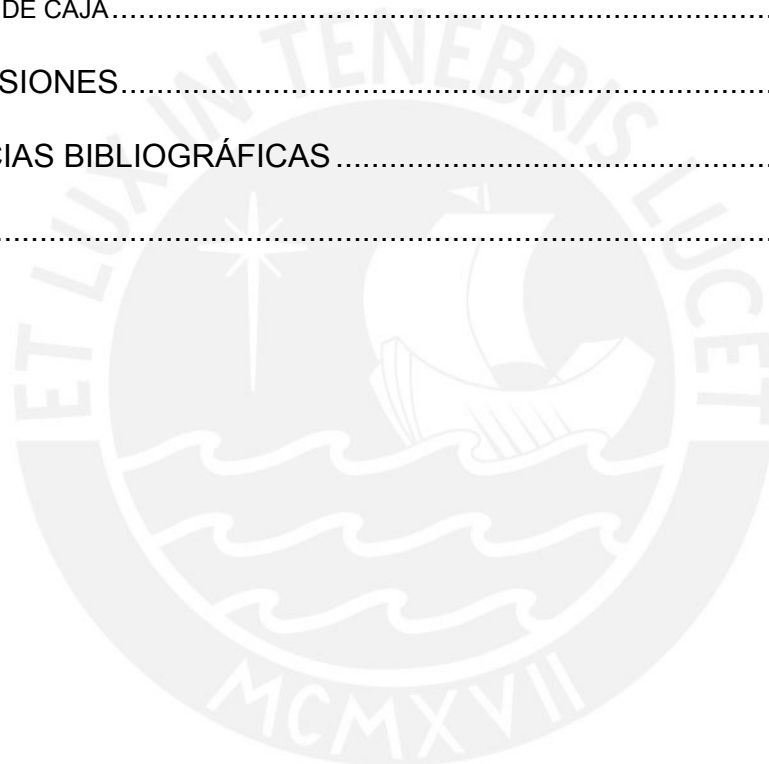
A mi esposa e hijas por ser el principal motivo de mi existencia y de superación en el día a día.

A mis padres, quienes gracias a su esfuerzo y guía me permitieron llegar a este punto de mi carrera.

# INDICE

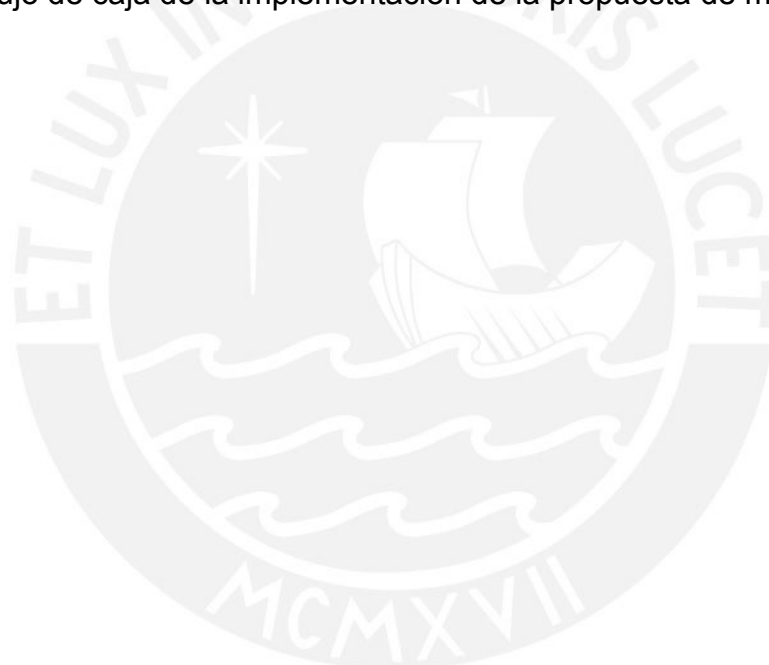
INTRODUCCIÓN .....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	3
1.1 PROCESOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .....	3
a. Administración de trabajos pendientes .....	4
b. Planeamiento y programación .....	4
c. Ejecución de trabajo y captura de datos .....	5
1.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO .....	6
1.2.1 Evolución del mantenimiento .....	7
1.2.2 La criticidad de los equipos .....	9
1.3 GESTIÓN DEL INVENTARIO .....	10
1.3.1 Clasificación ABC de los inventarios .....	10
1.3.2 Criticidad del ítem desde la perspectiva del negocio .....	11
1.3.3 Indicadores de gestión del inventario .....	12
1.3.4 Tácticas para reducir inventarios .....	13
2. ESTUDIO DE CASO .....	16
2.1 ESTUDIO DE CASO COMO MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	16
2.2 METODOLOGÍA DE LA TESIS .....	17
2.2.1 La Empresa .....	19
2.2.2 Procesos de Logística y Mantenimiento .....	25
2.2.3 Análisis de la Gestión de Inventarios y de Mantenimiento .....	45
2.2.4 Discusión de resultados .....	58
3. PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIO DE MANTENIMIENTO .....	61
3.1 MEJORA EN LA INTERRELACIÓN DE LOS PROCESOS DE LOGÍSTICA Y MANTENIMIENTO .....	61

3.2 MEJORA EN LA MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS DE MANTENIMIENTO	63
3.3 DEFINIR UNA POLÍTICA DE MANEJO DE INVENTARIOS DE MANTENIMIENTO .....	66
3.4 DEFINICIÓN DE PRIORIDADES DE ÓRDENES DE TRABAJO .....	66
3.5 MEJORAS EN LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA .....	69
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	70
4.1 COSTOS DE INVERSIÓN .....	70
4.2 AHORRO Y GANANCIAS .....	72
4.3 FLUJO DE CAJA.....	74
5. CONCLUSIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
ANEXOS .....	78



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evolución de la Gestión de Mantenimiento .....	7
Tabla 2: Preguntas y Proposiciones del estudio de caso .....	17
Tabla 3: Formato de entrevista.....	20
Tabla 4: Análisis consolidado de entrevistas.....	45
Tabla 5: Reporte de los estados de órdenes de trabajo.....	49
Tabla 6: Clasificación de ítems del inventario .....	51
Tabla 7: Valor del Inventario por categoría .....	52
Tabla 8: Inventario asociado a tácticas de Mantenimiento.....	53
Tabla 9: Validación de Proposiciones .....	60
Tabla 10: Propuesta para clasificar ítems de inventarios .....	63
Tabla 11: Política para manejar inventarios .....	66
Tabla 12: Modelo para manejar las prioridades de las órdenes de trabajo .....	68
Tabla 13: Costos de inversión para implementar la propuesta de mejora.....	71
Tabla 14: Ahorro y ganancias esperadas.....	73
Tabla 15: Flujo de caja de la implementación de la propuesta de mejora.....	75



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Procesos básicos de mantenimiento.....	3
Figura 2 : Gráfico de Pareto .....	11
Figura 3 : Etapas del Estudio de Caso .....	16
Figura 4 : Metodología combinada del estudio caso y análisis de información	18
Figura 5 : Proceso de Operaciones Mina .....	23
Figura 6 : Proceso de Operaciones Planta.....	25
Figura 7 : Procesos de Mantenimiento.....	26
Figura 8 : Proceso de Identificar Trabajos.....	27
Figura 9 : Proceso de Generar Solicitudes de Trabajo.....	28
Figura 10: Proceso de Trabajos Inmediatos.....	29
Figura 11: Proceso de Planificar Trabajos .....	30
Figura 12: Sub - Proceso Generar Trabajos Preventivos .....	31
Figura 13: Proceso Programar Trabajos .....	32
Figura 14: Proceso Ejecutar Trabajos .....	33
Figura 15: Proceso Completar Trabajos.....	34
Figura 16: Proceso Cerrar Trabajos .....	35
Figura 17: Proceso Elaborar Presupuesto de Mantenimiento .....	36
Figura 18: Proceso Analizar Información .....	37
Figura 19: Procesos de Logística .....	38
Figura 20: Proceso de la Planificación de la demanda.....	40
Figura 21: Proceso de Adquisiciones .....	41
Figura 22: Proceso de Expediting .....	42
Figura 23: Proceso de Gestión de Inventarios .....	43
Figura 24: Proceso Gestión de Proveedores.....	44
Figura 25: Disponibilidad de Equipos .....	47
Figura 26: Top 10 de paradas de equipos mina .....	48
Figura 27: Porcentaje de Trabajos Planificados .....	50
Figura 28: Uso de la demanda de materiales.....	51
Figura 29: Distribución del inventario por categoría .....	52
Figura 30: Valor del inventario asociado a tácticas de Mantenimiento.....	53
Figura 31: Referencia de Integración entre Mantenimiento y Logística.....	54
Figura 32: Proceso Manual de la Gestión de la Demanda .....	56
Figura 33: Creación de orden de trabajo sin definir su prioridad .....	57
Figura 34: Interrelación de los Procesos de Mantenimiento y Logística.....	62

## **Introducción**

En las unidades mineras que existen en el mundo es común ver situaciones en donde las áreas de Mantenimiento reclaman la falta de repuestos cuando los equipos fallan provocando bajas disponibilidades en los equipos y por consiguiente la incapacidad de alcanzar los objetivos de producción del mineral.

El objetivo del presente trabajo es llevar a cabo un análisis de la problemática de una mina en particular para luego plantear una propuesta de solución para mejorar la Gestión de Inventarios de Mantenimiento en una empresa minera a través de una visión en donde la integración de los procesos de las área de Mantenimiento y Logística aseguren que los flujos de información no se pierda desde la actividad inicial hasta la actividad final.

Para llegar a la propuesta de solución, previamente se usa una metodología combinada de análisis de datos y entrevistas a los principales involucrados bajo la óptica del método de investigación de Estudio de caso en donde se parten con proposiciones pre-establecidas para luego ser validadas y contrastadas con los resultados de las entrevistas y análisis de datos.

En el capítulo 1 se describe el marco teórico relacionado a la Gestión del Mantenimiento, de Logística y la metodología del Estudio de Caso.

En él capítulo 2 se describe el Estudio de Caso y la unidad de análisis “Gestión de Inventarios de Mantenimiento de equipos mina” en donde se formulan preguntas y proposiciones relacionadas a la unidad de análisis. También se describe a la empresa, sus procesos, el análisis de datos de la gestión del mantenimiento y logística, se validan las proposiciones y finalmente se discuten los resultados.

En él capítulo 3 se describe en función a los hallazgos del Estudio de caso una propuesta de mejora en la Gestión del Inventario de Mantenimiento de equipos mina.



En el capítulo 4 se redactan las conclusiones de la presente tesis.

Cierro esta parte introductoria agradeciendo en forma especial a mi asesor Miguel Gonzales, sin su apoyo no hubiese sido posible completar la presente tesis. Por otro lado también agradezco a la empresa que usé como referencia en esta tesis por permitirme el acceso a sus instalaciones y el uso de información que es mostrada en el presente documento.



# 1. Marco Teórico

## 1.1 Procesos de gestión de mantenimiento

En un Departamento de Mantenimiento deben de existir al menos tres Procesos básicos para dar soporte a la gestión del mantenimiento (Mather, 2003; Picknell, 2006).

- Administración de Trabajos Pendientes
- Planeamiento y Programación
- Captura de Data y Análisis

En la Figura 1 se muestra la relación entre los principales procesos de mantenimiento.



Figura 1: Procesos básicos de mantenimiento  
Fuente: Mather (2003)

A continuación se detalla cada uno de estos procesos de acuerdo lo propuesto por Mather (2003) y Picknell (2006).

### **a. Administración de trabajos pendientes**

Este proceso es el más extenso y crítico de los tres procesos identificados. Consiste en identificar las peticiones de trabajo, revisarlos, identificar si son viables y generar la orden de trabajo con los datos suficientes para una óptima planificación.

Para trabajos de emergencia surge la necesidad de crear la orden de trabajo en forma inmediata. Muchas veces es imposible negociar la creación de la orden de trabajo con el área administrativa debido a la criticidad del trabajo; de ser así es necesario regularizar el trabajo en el sistema debido a que ello afectaría directamente al historial de los equipos y a la asignación de costos de materiales y recursos.

### **b. Planeamiento y programación**

Muchas veces se confunde el proceso de Planeamiento y Programación como si fueran lo mismo, sin embargo son conceptos diferentes y en la mayoría de casos tienen responsables diferentes.

El Planeamiento es el acto de conseguir una orden de trabajo con los Materiales, Recursos y procedimientos para luego ser programado o ejecutado.

Cuando todas las preguntas detalladas abajo son ciertas, entonces se puede decir que el trabajo está planeado.

- ¿Están Disponibles todos los Materiales asociados a la orden de trabajo?
- ¿Están disponibles las herramientas para ejecutar el trabajo?
- ¿Todas las horas hombres estimadas están ingresadas?
- ¿Todos los costos estimados fueron ingresados?
- ¿Todos los procedimientos para ejecutar el trabajo están disponibles?

La programación es el acto de definir el mejor tiempo de cuando realizar las órdenes de trabajo, teniendo en cuenta la fuerza laboral, las prioridades, los tipos de trabajo y la disponibilidad de los equipos.

Las principales actividades del proceso de programación son las siguientes:

- Determinar la capacidad de horas hombres disponibles teniendo en cuenta los feriados, vacaciones, entrenamiento y reuniones
- Identificar los trabajos preventivos, predictivos y correctivos
- Determinar el tiempo de horas hombres para atender las emergencias
- Confirmar la llegada de los materiales
- Revisar el plan de disponibilidad de los equipos

### **c. Ejecución de trabajo y captura de datos**

La ejecución de trabajo son las actividades necesarias para realizar el trabajo de mantenimiento sobre los equipos. Empezando por obtener todo lo necesario para ejecutar el trabajo como: lista de materiales, Hoja de Seguridad de los materiales MSDS, procedimientos, impresión de la orden de trabajo; hasta la entrega del equipo al cliente.

La captura de datos es el proceso donde se registra la data e información relacionada al trabajo ejecutado.

La información vital que se registra en este proceso son los siguientes:

- Demoras
- Horas del Trabajo
- Parada del equipo
- Número y tiempo de recursos usados en el trabajo
- Comentarios, Fallas y sugerencias para la eliminación de futuras fallas

La información entregada en la orden de trabajo sirve para identificar nuevos trabajos y mejorar continuamente en todos los procesos de mantenimiento.

## 1.2 Estrategia de mantenimiento

Según Arata (2009) y Campbell, Reyes-Picknell (2006) para la toma de decisiones a nivel de diseño de una planta industrial, normalmente se consideran una relación directa entre el costo de capital fijo (inversión) y el costo de mantenimiento asociado a la misma. Esta consideración puede resultar errónea debido a que el costo de mantenimiento puede reducirse en la medida en que las instalaciones estén concebidas con una mayor seguridad de funcionamiento, ya sea por un incremento del grado de redundancia o por utilización de tecnologías más confiables.

El mayor costo de capital en que se incurre para lograr un mejor nivel de redundancia, debe mostrar una reducción de los costos de ejercicio de la planta, debido a su mayor seguridad operacional.

La búsqueda de una función de costo global, durante todo el ciclo de vida (LCC), es la que permite encontrar la solución más conveniente.

El análisis basado en confiabilidad es de utilidad tanto a nivel de diseño de una instalación industrial (problema de redundancia, selección equipos, problemas de espera) como también en la operación de una unidad productiva (políticas de mantenimiento).

En el caso de un avión o de un marcapaso, simplemente se pretende evitar la falla, ya que su consecuencia es catastrófica. Sin embargo, en una instalación industrial el modelamiento de la política de mantenimiento se debe orientar a minimizar los costos globales asociados, es decir, se puede aceptar la ocurrencia de fallas en la búsqueda de un equilibrio entre seguridad de funcionamiento y costo de ineficiencia.

De acuerdo a lo anterior, la búsqueda de la política de mantenimiento es definir el conjunto de estrategias a seguir que aseguren la continuidad operacional a mínimos costos globales, considerando los costos propios de mantenimiento, costos de ineficiencia y los costos de capital fijo y de trabajo asociados.

### 1.2.1 Evolución del mantenimiento

Según Arata (2009) el concepto actual de gestión de mantenimiento no está enfocado a la reparación de un equipo en el menor tiempo posible, sino más bien a mantener los equipos de operación en los niveles especificados. En consecuencia, el buen mantenimiento tiene como prioridad prevenir fallas, de modo que se reduzcan las detenciones imprevistas en los equipos.

En la tabla 1 se presenta la evolución temporal de la Gestión de Mantenimiento.

Tabla 1: Evolución de la Gestión de Mantenimiento

Años	1955	1965	1975	1985
Estrategias de Mantenimiento	Mantenimiento correctiva	Mantenimiento basada en el tiempo	Mantenimiento según condición	Mantenimiento preventiva + mejora continua
Conceptos de Mantenimiento	Mantenimiento debido a rotura	Mantenimiento preventiva		Mantenimiento productiva

Fuente: Arata (2004)

De acuerdo a Arata (2009) y Moubray (2000) las políticas de mantenimiento más utilizadas en la actualidad son:

#### a. Correctivas

Comprende la sustitución de elemento por falla. Se clasifica en:

1. No planificado: Es el mantenimiento de emergencia (reparación de roturas). Debe efectuarse con urgencia, ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

2. Planificado: Es aquel en donde se sabe con antelación que es lo que debe hacerse, de modo que cuando se detenga el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarias para realizarlo correctamente.

### **b. Preventiva**

Consiste en la sustitución de elementos antes de falla. Esta política cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de:

1. Prevenir las fallas. Se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico (Mantenimiento basado en el tiempo), por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la confiabilidad de los equipos (MTBF) sin considerar las peculiaridades de instalación dada. Por ejemplo la limpieza, lubricación, recambios programados.
2. Detectar las fallas antes que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción. Está basado en inspecciones, medidas y control de nivel de condición de los equipos. También conocido como mantenimiento basado en condición. A diferencia del mantenimiento basado en el tiempo, que asume que los equipos e instalaciones siguen cierta clase de comportamiento estadístico, el mantenimiento basado condición verifica muy de cerca la operación de cada máquina en su entorno real. Sus beneficios son difíciles de cuantificar, ya que no se dispone de métodos tipo para el cálculo de los beneficios o del valor derivado de su aplicación.

### **c. Predictivos**

Corresponde a la sustitución de elementos tras síntomas. Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que a dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

#### **d. Productiva**

Corresponde a la suma de las acciones preventivas con las de mejoramiento continuo.

La idea fundamental es presentar un modelo que permita analizar la mejor combinación de políticas de mantenimiento en una instalación industrial. La definición de políticas de mantenimiento a utilizar o implementar, requiere del conocimiento de:

- La tasa de falla, entendida como modalidad y frecuencia.
- El costo global de la intervención, del mantenimiento y la inspección.

#### **1.2.2 La criticidad de los equipos**

Según Arata (2009) realizar una evaluación inicial de la criticidad de los equipos en cada departamento de mantenimiento nos permite establecer la importancia y su impacto en los objetivos de las empresas.

Ésta criticidad de equipos debe ser revisada con cierta frecuencia con la finalidad de alinear las criticidades de los equipos con los objetivos del negocio. La evaluación deberá definir claramente los activos y los equipos críticos de la operación y deberá considerar las consecuencias de fallas de los mismos sobre:

- La seguridad
- El medioambiente
- La Capacidad de Producción
- Los Costos
- Los Requerimientos Reglamentarios
- La Reputación Corporativa y Social
- La Confiabilidad



### 1.3 Gestión del inventario

En esta sección definiremos algunos conceptos de la gestión del inventario que nos permitirán analizar y formular adecuadamente la propuesta de mejora en la gestión de inventarios de mantenimiento que es objetivo de la presente tesis.

#### 1.3.1 Clasificación ABC de los inventarios

Según Silver, Pyke, Peterson (1998); Slack, Chambers, Jhonston (2010) y Zein (1990) en cualquier inventario que contiene muchos ítems almacenados, algunos serán más importantes que otros. Algunos por ejemplo podrán tener un alto ratio de uso, si estos ítems se quedan sin stock muchos clientes estarían decepcionados. Otros ítems podrán ser particularmente de alto valor por lo tanto excesivos niveles de inventarios altos serían particularmente altos.

Un modo común de discriminar entre diferentes ítems de stock es ranquear por el valor de uso (ratio de uso multiplicado por su individual valor).

Los ítems con un particular alto valor de uso se tendrá el control más cuidadoso, mientras que aquellos con baja valores de uso no necesitan ser controladas tan rigurosamente. En general, una proporción relativamente pequeña de la gama total de ítems que figuran en un inventario representará una gran proporción del valor total de uso. Este fenómeno se conoce como la ley de Pareto, a veces conocido como la regla 80/20. Se llama así porque, por lo general, el 80 por ciento de las ventas de una operación se explica por sólo el 20 por ciento de todo el artículo surtida tipos. Esta ley se puede utilizar para clasificar los diferentes tipos de ítems mantenidos en un inventario por su valor de uso.

El control de inventario ABC permite a los administradores de inventario concentrar sus esfuerzos en el control de los ítems más significativos.

**Ítems de Clase A** Son el 20 por ciento o menos de ítems de alto valor de uso que representan alrededor del 80 por ciento del valor total de uso.

**Ítems de Clase B** Son ítems de medio valor de uso, usualmente son los siguientes 30% de ítems que representan el 10% del valor total de uso.

**Ítems de Clase C** Son ítems de bajo valor de uso, que aunque comprenden alrededor del 50% de los ítems almacenados probablemente solo representan alrededor del 10% del valor total de uso.

En la figura N° 2 se muestra el Gráfico de Pareto con la clasificación de ítems ABC.

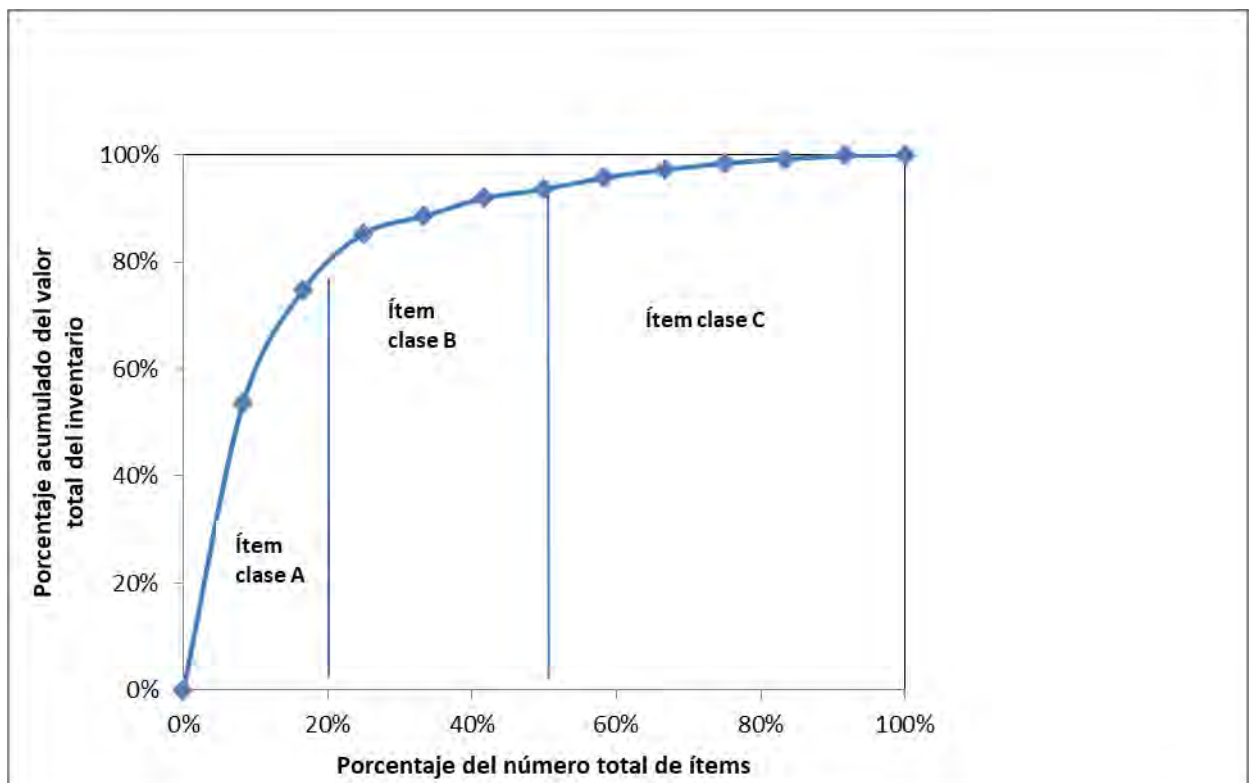


Figura 2: Gráfico de Pareto  
Fuente: Slack, Chambers, Jhonston (2010)

### 1.3.2 Criticidad del ítem desde la perspectiva del negocio

De acuerdo a Slack, Chambers, Jhonston (2010) y Flores (1988) existen otros criterios para clasificar los ítems además del uso anual y el valor del ítem, otros criterios desde la perspectiva del negocio también podrían contribuir a la clasificación de un artículo:

- Consecuencias del desabastecimiento. Se les podría asignar alta prioridad a aquellos ítems que retrasarían o interrumpirían las operaciones, o traerían pérdidas significativas a los clientes, si es que estos no se encuentran en stock.

- La incertidumbre del suministro. Algunos ítems, aunque de escaso valor, podrían justificar una mayor atención si su oferta es errática o incierta.
- Alta obsolescencia o el riesgo de deterioro. Los artículos que podrían perder su valor a través de obsolescencia o deterioro puede ser que necesite atención y supervisión adicional.

Algunos sistemas de valores de clasificación más complejos podrían incluir estos criterios de clasificación sobre una base A, B, C para cada uno.

Por ejemplo, una parte podría ser clasificado como A / B / A lo que significa que es un ítem de la categoría A por valor, un elemento de la clase B por consecuencia del desabastecimiento y una clase A por riesgo de obsolescencia.

### **1.3.3 Indicadores de gestión del inventario**

Según Slack, Chambers, Jhonston (2010) y Zein (1990) en las clasificaciones ABC se utiliza el valor monetario del consumo anual de cada ítem como una medida de uso de inventario.

El valor monetario también se puede utilizar para medir la nivel absoluto de inventario en cualquier punto en el tiempo, esto implicaría tomar el número de cada artículo en stock, multiplicándolo por su valor (por lo general el costo de comprar el artículo) y sumando el valor de todos los ítems individuales almacenados.

Esta es una medida útil de la inversión que una operación tiene en sus inventarios, pero no da ninguna indicación de lo grande que es esta inversión con respecto al rendimiento total de la operación. Para ello debemos comparar el número total de artículos en stock contra su tasa de uso. Hay dos formas de hacer esto. La primera es para calcular la cantidad de tiempo que el inventario duraría, sujeto a la normalidad demanda, si no se repone. Esto a veces se llama el número de semanas (o días, mes, año, etc.) para cubrir el stock. El segundo método consiste en calcular la frecuencia en el que el inventario es consumido en un periodo, generalmente un año. Esto se llama rotación de inventarios y es la inversa del número de semanas para cubrir el stock (mencionado anteriormente). La fórmula de la rotación de inventarios es:

$$IR = \text{Demandas anual} / \text{Existencias Medias}$$

### 1.3.4 Tácticas para reducir inventarios

Los administradores siempre están ansiosos por encontrar maneras efectivas en costos para reducir los inventarios en las cadenas de suministros.

De acuerdo a Krajewski, Ritzman, Malhotra (2013) existen tácticas básicas (que podemos llamar palancas) para reducir el inventario en las cadenas de suministros. Una palanca primaria es una que debe activarse sí el inventario se tiene que reducir. Una palanca secundaria reduce el costo de penalización al aplicar la palanca primaria y disminuir la necesidad de tener inventario en primer lugar.

A continuación se detallan los tipos de palancas para reducir el inventario (Krajewski, Ritzman, Malhotra ,2013).

**Inventario de ciclo**, La palanca primaria para reducir el inventario de ciclo es simplemente reducir los tamaños de lotes de los artículos que se mueven en la cadena de suministro. Sin embargo, esa reducción en Q, sin hacer otros cambios, suele ser devastadora. Por ejemplo, los costos de preparación o de ordenar se irían por las nubes. Si estos cambios ocurren, se puedan usar dos palancas secundarias.

1. Simplificar los métodos para colocar órdenes y hacer preparaciones con el fin de reducir los costos de ordenar y de preparación permitiendo que Q sea menor. Esto incluye rediseñar la infraestructura para los flujos de información o mejorar los procesos de manufactura.
2. Aumentar la repetitividad para eliminar la necesidad de cambios en las máquinas. La repetitividad es el grado en que el mismo trabajo se puede realizar otra vez. La repetitividad puede aumentar mediante una demanda alta del producto, el uso de especialización, la dedicación de los recurso exclusivamente a un producto, el uso de la misma parte en muchos productos diferentes, de automatización flexible, del concepto de un trabajador, varias máquinas, o mediante tecnología de grupos. Una mayor repetitividad puede justificar nuevos métodos de preparación, reducir

costos de transporte y aprovechar los descuentos por cantidad de los proveedores.

**Inventario de seguridad**, La palanca primaria para reducir el inventario de seguridad es colocar órdenes más cercanas al tiempo e que deben recibirse. Sin embargo, este enfoque podría llevar a un servicio inaceptable para el cliente, a menos que la incertidumbre en la demanda, los suministros y la entrega pudieran minimizarse. En este caso se utilizan tres palancas secundarias:

1. Mejorar los pronósticos de demanda para que lleguen menos sorpresas por parte de los clientes. Diseñar un mecanismo para incrementar la colaboración con los clientes para obtener información adelantada acerca de cambios en los niveles de demanda.
2. Recortar los tiempos de entrega de artículos comprados o producidos para reducir la incertidumbre en la demanda. Por ejemplo, se seleccionan proveedores del área con tiempos de entrega cortos.
3. Reducir las incertidumbres en los suministros. Es posible que los proveedores sean más confiables si comparte con ellos los planes de producción. Desarrollar mecanismos para incrementar la colaboración con los proveedores. Se pueden reducir las sorpresas por desperdicio y re trabajo inesperado si se mejoran los procesos de fabricación. El mantenimiento preventivo ayuda a minimizar los paros repentinos ocasionados por fallas en el equipo.
4. Confiar más en los amortiguadores del equipo y la mano de obra, como los amortiguadores de capacidad y los trabajadores con capacitación cruzada o múltiple. Estos amortiguadores son importantes para negocios en el sector de servicios porque en general no pueden inventariar sus servicios.

**Inventario de previsión**, La palanca primaria para reducir el inventario de previsión es solo igualar la tasa de demanda con la tasa de producción. Se pueden usar palancas secundarias para emparejar la demanda de los clientes de una de las siguientes formas:

1. Agregar nuevos productos con ciclos de demanda diferentes para que el pico en la demanda de un producto compense la reducción estacional de otro.
2. Proporcionar campañas promocionales fuera de temporada.
3. Ofrecer planes de precios estacionales.

**Inventario en tránsito,** Un administrador de operaciones tiene control directo sobre los tiempos de entrega, pero no sobre la tasa de demanda. Debido a que el inventario en tránsito es una función de la demanda durante el tiempo de entrega, la palanca primaria es reducir los tiempos de entrega. Dos palancas secundarias ayudan al administrador a disminuir los tiempos de entrega.

1. Encontrar proveedores con respuesta más rápida y seleccionar nuevos servicios de mensajería para los envíos entre localizaciones de inventarios o mejorar el manejo de materiales dentro de la planta. Mejorar los sistemas de información podría eliminar los retrasos en la información entre un centro de distribución y las tiendas.
2. Cambiar  $Q$  en los casos en que el tiempo de entrega depende del tamaño del lote.

## 2. Estudio de Caso

### 2.1 Estudio de Caso como método de investigación

Según Yin (2009) el estudio de caso es una de las formas de hacer investigación social y problemáticas de la vida real. El estudio de caso es un método preferible de usar cuando las preguntas “Por qué” y “Cómo” son planteadas para entender un determinado problema, el investigador tiene poco control sobre los eventos y hechos que están ocurriendo en el contexto de la vida real.

En el Estudio de Caso, la riqueza del fenómeno y la extensión del contexto de la vida real requieren que los investigadores se enfrenten a una situación técnicamente distinta y desafiante: Habrá más variables de atención que data. En respuesta, una táctica esencial es utilizar múltiples fuentes de evidencia, con datos que necesitan converger de manera triangular. Este desafío es una de las formas que hace de la investigación de Estudio de Caso sea dura, aunque esto es considerado clásicamente como una investigación blanda. En realidad uno puede combinar la investigación blanda con datos reales para conseguir hallazgos de un problema determina.

Las etapas para llevar a cabo el estudio de caso se muestra en la Figura N° 3.

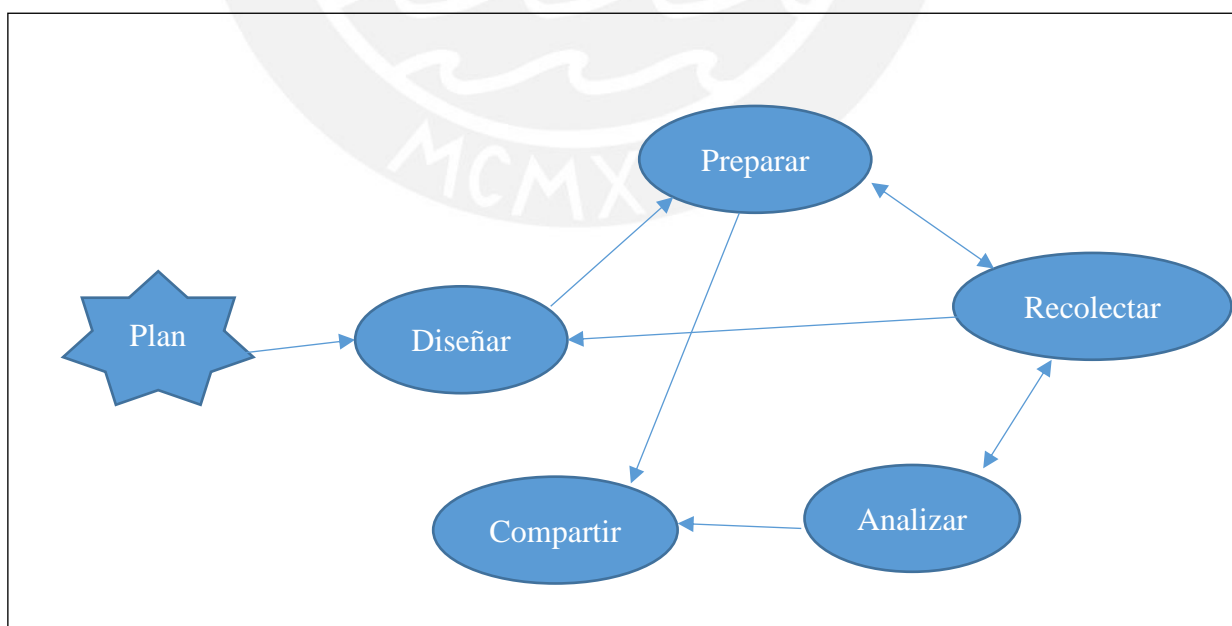


Figura 3: Etapas del Estudio de Caso  
Fuente: Yin (2009)

## 2.2 Metodología de la Tesis

La metodología a aplicar en la presente tesis es una combinación del estudio de caso y el análisis de la información primaria y secundaria de la empresa.

La unidad de análisis del estudio de caso es la gestión de inventarios del mantenimiento para equipos mina. Para llevar a cabo este estudio de caso se plantean las preguntas y sus respectivas proposiciones que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Preguntas y Proposiciones del estudio de caso

Pregunta	Proposiciones
¿Por qué se encuentran equipos parados por falta de repuestos?	No existe gestión basada en procesos para las áreas de Mantenimiento y Logística.
¿Por qué los índices de rotación de Inventarios están por debajo de un nivel aceptable?	No existe una adecuada planificación de la demanda de materiales.
	No están correctamente clasificados los ítems de Inventarios de Mantenimiento y no se actualizan periódicamente.
¿Cómo definir una política de inventario que permita disponer de ítems en el momento oportuno para el mantenimiento de los equipos mineros?	Falta definir los procesos y sub-procesos de integración de Mantenimiento y Logística.
	Los roles y responsabilidades requieren una revisión para gestionar adecuadamente la interface entre Mantenimiento y Logística.

La metodología combinada de estudio de caso y el análisis de información (primaria y secundaria) se muestra en la Figura 4 en el cual se observa sus principales actividades a llevar en esta presente tesis.



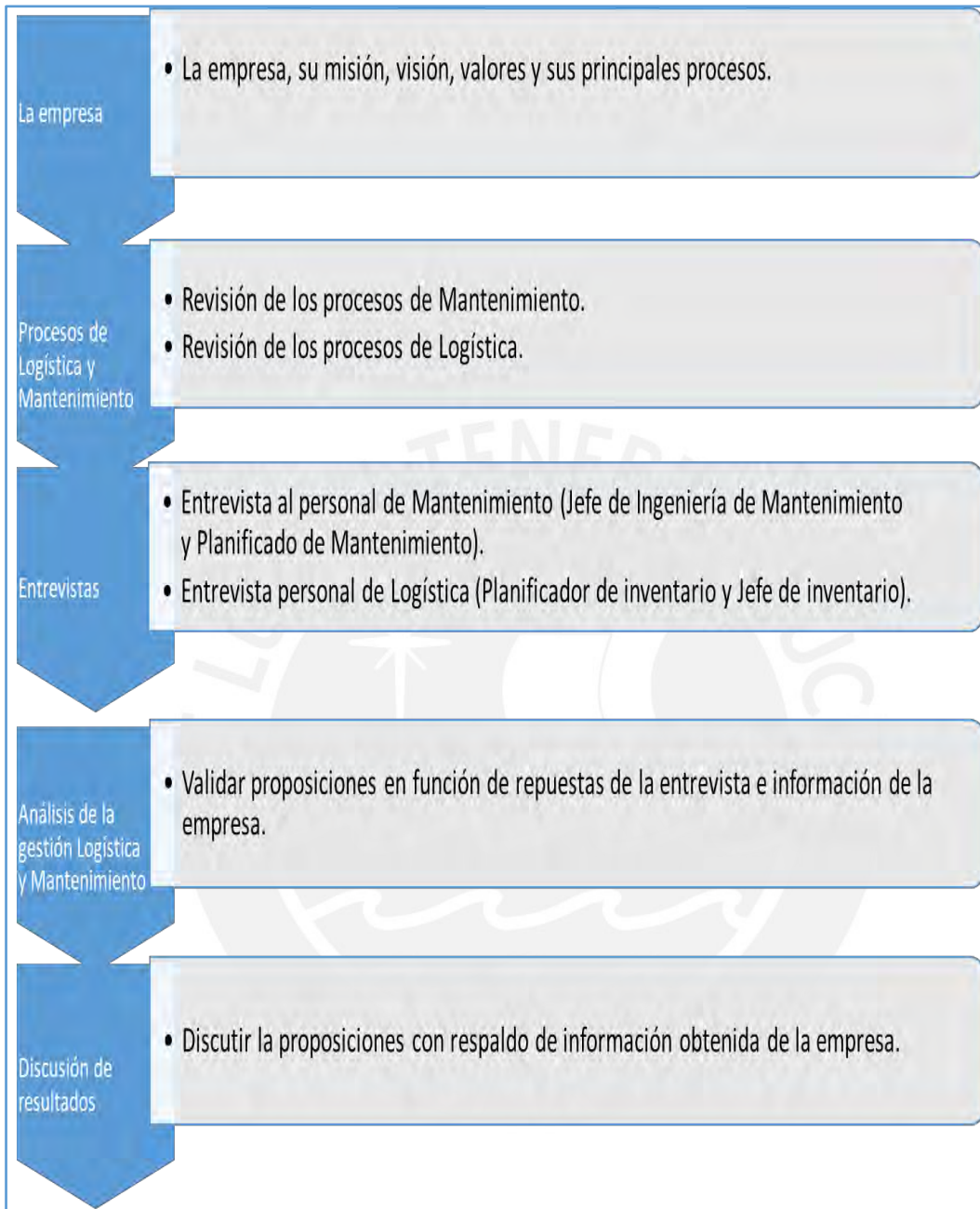


Figura 4: Metodología combinada del estudio caso y análisis de información

Para validar las proposiciones preestablecidas en la Tabla 2 se llevarán a cabo entrevistas formulando preguntas específicas para validar o descartar las proposiciones planteadas. Las conclusiones del proceso de entrevistas serán respaldadas por el análisis de información obtenida de la empresa.

Las entrevistas se llevarán a cabo en la unidad minera donde se entrevistarán a las siguientes personas:

Planificador de Mantenimiento

Jefe de Ingeniería de Mantenimiento

Planificador de Inventarios

Jefe de Inventarios

Jefe de Compras

El formato y preguntas para validar las proposiciones se muestran en la Tabla 3. Las preguntas son planteadas de tal forma que se pueda llegar a una conclusión de las proposiciones planteadas y a su vez permite que los entrevistados entreguen la mayor cantidad de información relativa a la problemática de los inventarios de mantenimiento y su efecto que está causa a la gestión del mantenimiento.

### **2.2.1 La Empresa**

La empresa es una corporación transnacional que opera varias unidades mineras alrededor del mundo. Los datos tomados como referencia en la presente tesis es de una unidad minera ubicada en los Andes peruanos de la zona norte del país.

Esta mina es de tajo abierto y comenzó sus operaciones en el 2005 en donde se invirtió más de US\$320 millones en su construcción. Sobre la base de las reservas de metales existentes, la vida útil esperada de la mina es de 18 años incluyendo el periodo de cierre.

La unidad minera contribuye con el desarrollo social y económico del departamento donde opera, creando puestos de trabajos directos e indirectos y ejecutando su programa de responsabilidad social en el marco de su compromiso por el desarrollo de las comunidades vecinas.

Tabla 3: Formato de entrevista

Formato de entrevista de la unidad de análisis "Gestión de Inventarios de la Flota Mina"	
<b>Fecha:</b>	
<b>Lugar:</b>	
<b>Conducida por:</b>	<b>Entrevistado:</b>
<b>Proposición:</b>	No existe gestión basada en procesos para las áreas de Mantenimiento y Logística
<b>Preguntas:</b>	
1. Existen procesos definidos para la Gestión de Logística y de Mantenimiento	
2. Se tiene identificado los responsables de los procesos y sus actividades?	
3. Los supervisores y la jefatura de Logística y Mantenimiento entienden los procesos y lo aplican dentro de sus áreas de trabajo?	
<b>Proposición:</b>	No existe una adecuada planificación de la demanda de materiales.
<b>Preguntas:</b>	
4. Las demandas de materiales se llevan a cabo a través de órdenes de trabajo con sus respectivas prioridades y fechas de necesidad?	
5. Logística visualiza y ejecuta el proceso de compra de las demandas de materiales de Mantenimiento considerando las prioridades y las fechas de necesidad?	
6. Cuando los materiales demandados por Mantenimiento se reciben en el almacén estas se pueden identificar y agrupar por su respectiva orden de trabajo que los demandó?	
<b>Proposición:</b>	No están correctamente clasificados los ítems de Inventarios de Mantenimiento y no se actualizan periódicamente.
<b>Preguntas:</b>	
7. Logística tiene clasifica los ítems de acuerdo a su impacto en el negocio	
8. Logística considera la criticidad de los equipos y las estrategias de Mantenimiento para clasificar los ítems	
9. Se actualizan la clasificación de los ítems? Con qué frecuencia?	
<b>Proposición:</b>	Falta definir los procesos y sub-procesos de integración de Mantenimiento y Logística.
<b>Preguntas:</b>	
10. Existe integración entre los procesos Logísticos y de Mantenimiento ?	
11. Cuáles son los puntos de integración entre ambos procesos?	
12. Que información recibe el proceso de Logística de parte del proceso de Mantenimiento y viceversa?	
13. Se discuten las desviaciones de la calidad de la información que recibe el área Logística por parte de Mantenimiento y viceversa?	
<b>Proposición:</b>	Los roles y responsabilidades requieren una revisión para gestionar adecuadamente los procesos de integración entre Mantenimiento y Logística.
<b>Preguntas:</b>	
14. Quien es el responsable de validar la calidad de la información de la demanda de materiales suministrada a Logística?	
15. Quien es el responsable de asegurar que las demandas de materiales son atendidas en forma oportuna y precisa?	
16. Quien es el responsable de medir los indicadores de gestión que aseguran la integración entre Logística y Mantenimiento?	

Elaboración Propia

A continuación se presenta la visión, misión y los valores de la empresa.

### **Visión**

Ser el equipo de mantenimiento líder en minería a nivel mundial, capaces de entregar mejores resultados al más bajo costo.

### **Misión**

Somos un equipo comprometido en maximizar la efectividad global de los equipos de nuestros principales clientes, gestionando óptimamente los recursos y mejorando continuamente nuestro desempeño a través del desarrollo del recurso humano, cumpliendo con los estándares de Seguridad y Medio Ambiente.

### **Valores**

#### *Comportarse como dueños*

Aceptamos la responsabilidad de nuestras acciones y de sus resultados. Manejamos los activos de la Compañía como propios. Somos emprendedores y buscamos oportunidad es para hacer crecer a nuestra empresa. Actuamos con integridad – operando según la letra y el espíritu de la ley y del Código de ética de la empresa.

#### *Actuar con un sentido de urgencia*

Somos decididos, tomamos la iniciativa y tomamos decisiones difíciles cuando son necesarias. Fijamos las prioridades y actuamos según ellas.

#### *Ser un miembro del equipo*

Trabajamos siguiendo las prácticas de seguridad de la empresa en todo momento.

Respetamos a nuestros colegas y a aquellos con los que nos relacionamos fuera de nuestra organización. Escuchamos a otros para entender y pedimos ayuda.

Construimos confianza y celebramos nuestros éxitos. Ayudamos a otros para que mejoren su eficiencia. Promovemos la seguridad y la confianza mutua en nuestras capacidades.

### *Mejorar continuamente*

Siempre estamos comprometidos a mejorar. Construimos en base a buenas ideas aprendemos de nuestros errores y desafiamos el status quo. Pensamos con amplitud y tenemos un deseo de tener éxito y de agregar valor a nuestro trabajo.

### *Entregar resultados*

Tenemos una visión clara hacia dónde vamos y de cómo llegar allí. Enfocamos nuestros recursos para lograr nuestros objetivos. Prestamos mucha atención al detalle y mantenemos nuestros compromisos. Entregamos resultados.

Los principales procesos de negocio de la empresa se presentan a continuación.

## **Operaciones Mina**

En la Figura 5 se muestra las actividades que realiza el área de Operaciones Mina para trasladar el Mineral a la Chancadora Primaria.

Las actividades principales que realiza el área de Operaciones Mina son las siguientes:

Perforación, esta actividad tiene la finalidad de extraer una muestra del mineral de la zona perforada.

Control del mineral, nos permite determinar la ley que contiene la muestra del mineral.

Voladura, proceso en el cual se destruye los bancos de mineral con la finalidad de cargar y trasladar el mineral al circuito de chancado.

Carguío, es el proceso de carga del mineral usando un cargador frontal para levantar el mineral del suelo hacia la tolva de los camiones de acarreo.

Acarreo, es la actividad de trasladar el mineral de la zona de carguío al circuito de chancado.

Trabajo de equipo auxiliar, esta actividad nos permite realizar los accesos y el mantenimiento de las vías que usarán los equipos principales (Camiones, cargadores y perforadoras).

Chancadora, zona donde depositan el mineral los camiones de acarreo.

GPS, es un sistema que permite controlar la ubicación de los equipos y por consiguiente distribuirlos de manera eficiente para conseguir los objetivos operacionales del día a día.

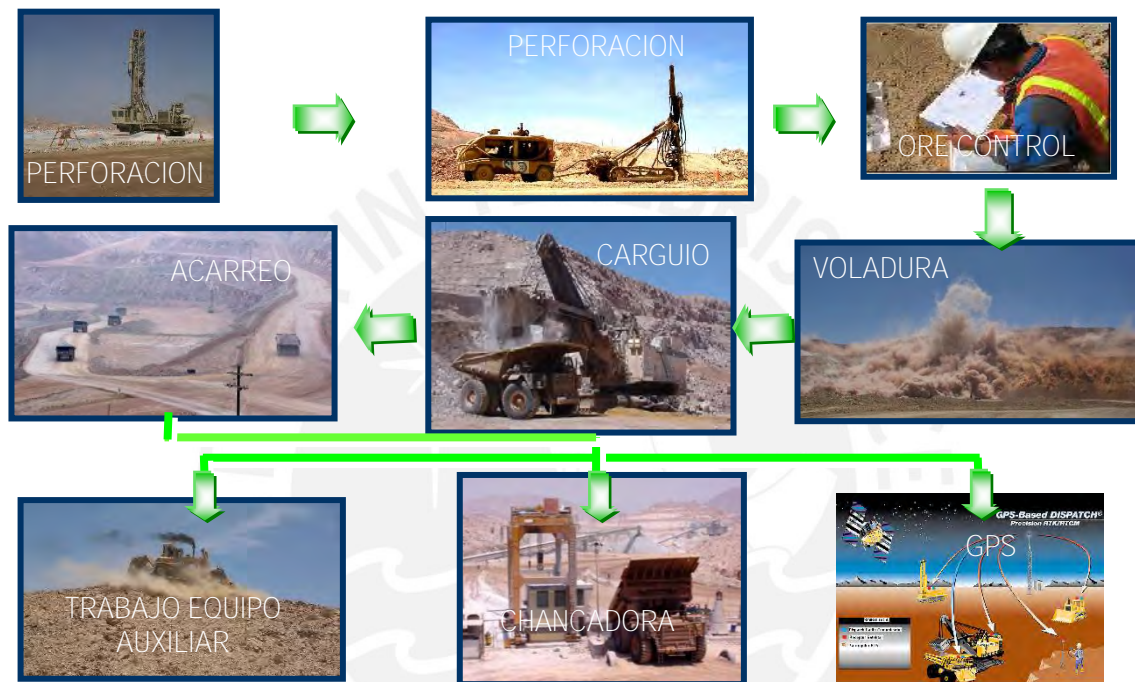


Figura 5: Proceso de Operaciones Mina  
Fuente: La empresa

Para llevar a cabo estas actividades, los equipos de Operaciones Mina deben estar disponibles de acuerdo a la meta pre-establecida de disponibilidades, el área de Mantenimiento es el responsable de cumplir con las disponibilidades metas de los equipos que Operaciones Mina requiere para el cumplimiento de las metas de producción.

## **Operaciones Procesos**

En la Figura 6 se muestra las actividades que realiza el área de Operaciones Proceso desde el momento que Chancadora Giratoria (Primaria) recibe el mineral hasta la obtención de los Doros de Oro.

Las actividades principales que realiza el área de Operaciones Procesos son las siguientes:

Chancado primario, esta actividad permite reducir el tamaño del mineral depositado por los camiones de acarreo a una dimensión menor de 3”.

Chancado secundario, esta actividad permite reducir el tamaño del mineral depositado por los camiones de acarreo a una dimensión menor de 5/8”.

Lixiviación, el mineral que es reducido a una dimensión menor de 5/8” se traslada a una campo plano para iniciar el riego de este mineral con solución de cianuro con la finalidad de capturar solución líquida de oro.

Solución rica, Esta actividad permite separar la solución rica y la solución pobre del mineral. La solución rica de oro pasa al proceso de refinería y la solución pobre entra nuevamente al proceso de lixiviación.

Refinería, esta actividad permite convertir la solución rica en barras de oro que es el producto final de la empresa.

Para llevar a cabo estas actividades, los equipos de Operaciones Procesos deben estar disponibles de acuerdo a la meta pre-establecida de disponibilidades; el área de Mantenimiento es el responsable de cumplir con las disponibilidades metas de los equipos que Operaciones Procesos requiere para el cumplimiento de las metas de producción.

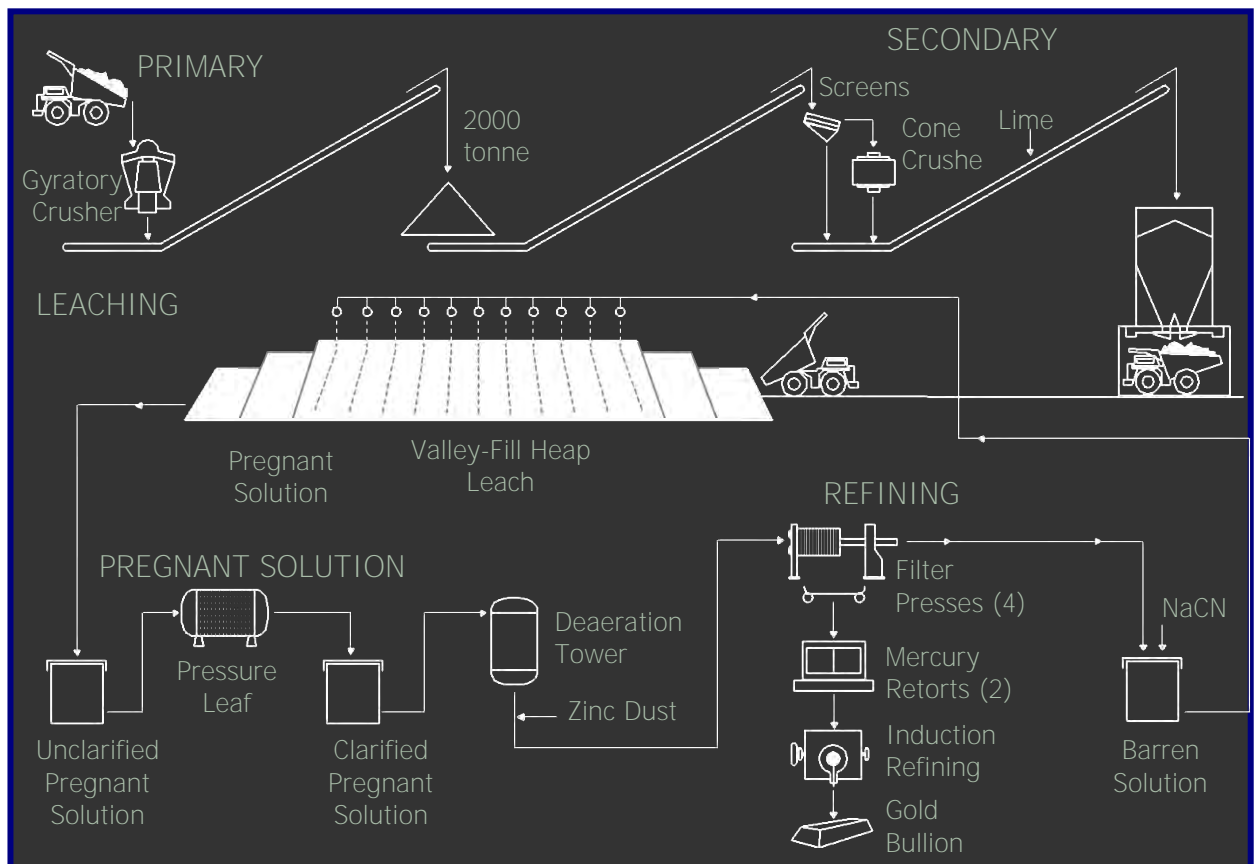


Figura 6: Proceso de Operaciones Planta  
Fuente: La empresa

## 2.2.2 Procesos de Logística y Mantenimiento

En esta sección se describirán los procesos de los departamentos de Mantenimiento y Logística.

### 2.2.2.1 Procesos de Mantenimiento

De acuerdo a la Figura 7 los procesos principales de la Gestión de Mantenimiento son ocho, cada uno de ellos se complementan para dar soporte a cada una de las actividades de Mantenimiento.

- Identificar Trabajos
- Trabajos Inmediatos
- Planear Trabajos
- Programar Trabajos
- Ejecutar Trabajos
- Cerrar Trabajos
- Elaborar Presupuesto de Mantenimiento
- Analizar Información



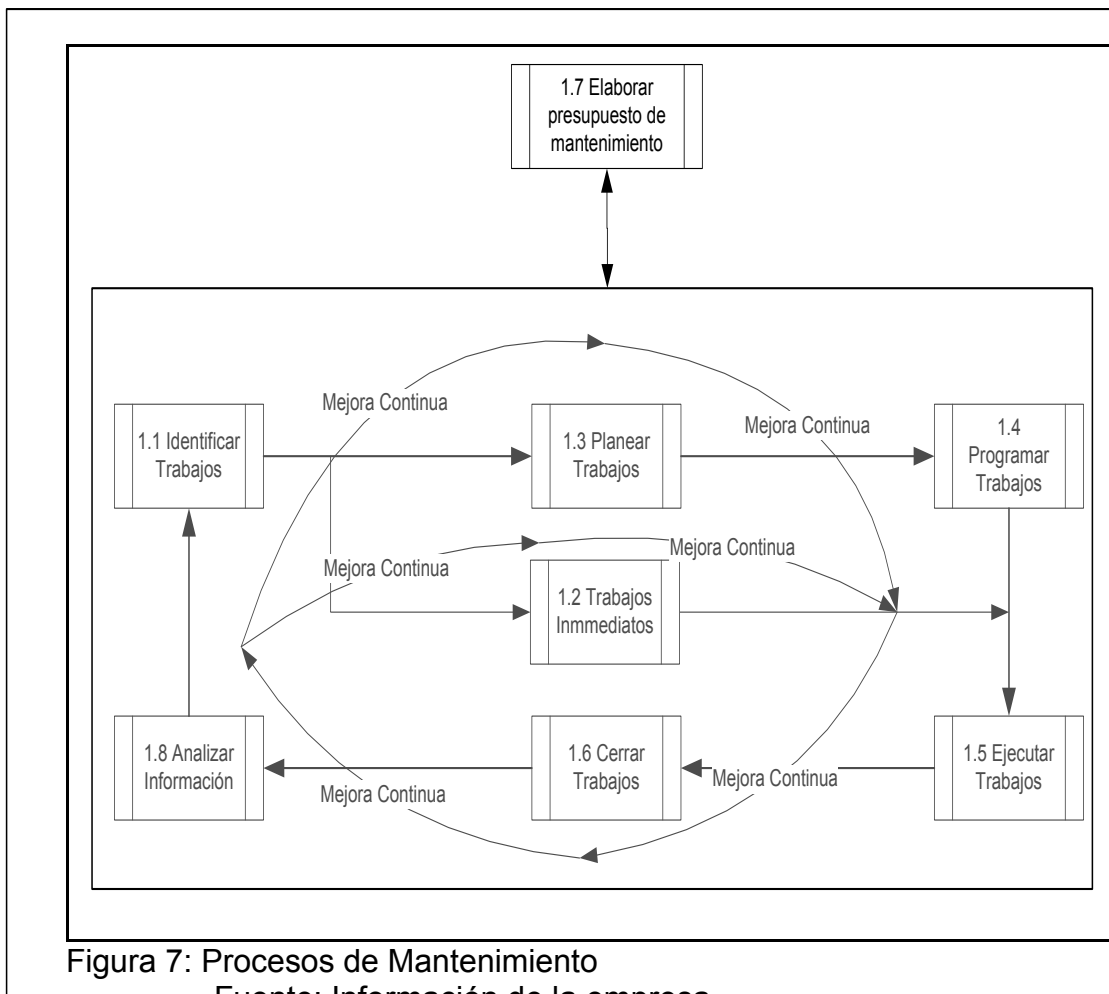


Figura 7: Procesos de Mantenimiento

Fuente: Información de la empresa

1.0 Gestión de Mantenimiento

V 1.1 Mapa de Procesos Región Sudamérica - Mantenimiento 18/05/2007

Nivel 1

A continuación se detalla cada uno de estos procesos.

### a. Identificar Trabajos

Identifica todas las demandas de los trabajos para el área de mantenimiento. Los trabajos pueden ser solicitados por nuestros clientes, Técnicos de Mantenimiento y por los sistemas de monitoreo de condición. En la Figura 8 se muestra el detalle de las actividades de este proceso.

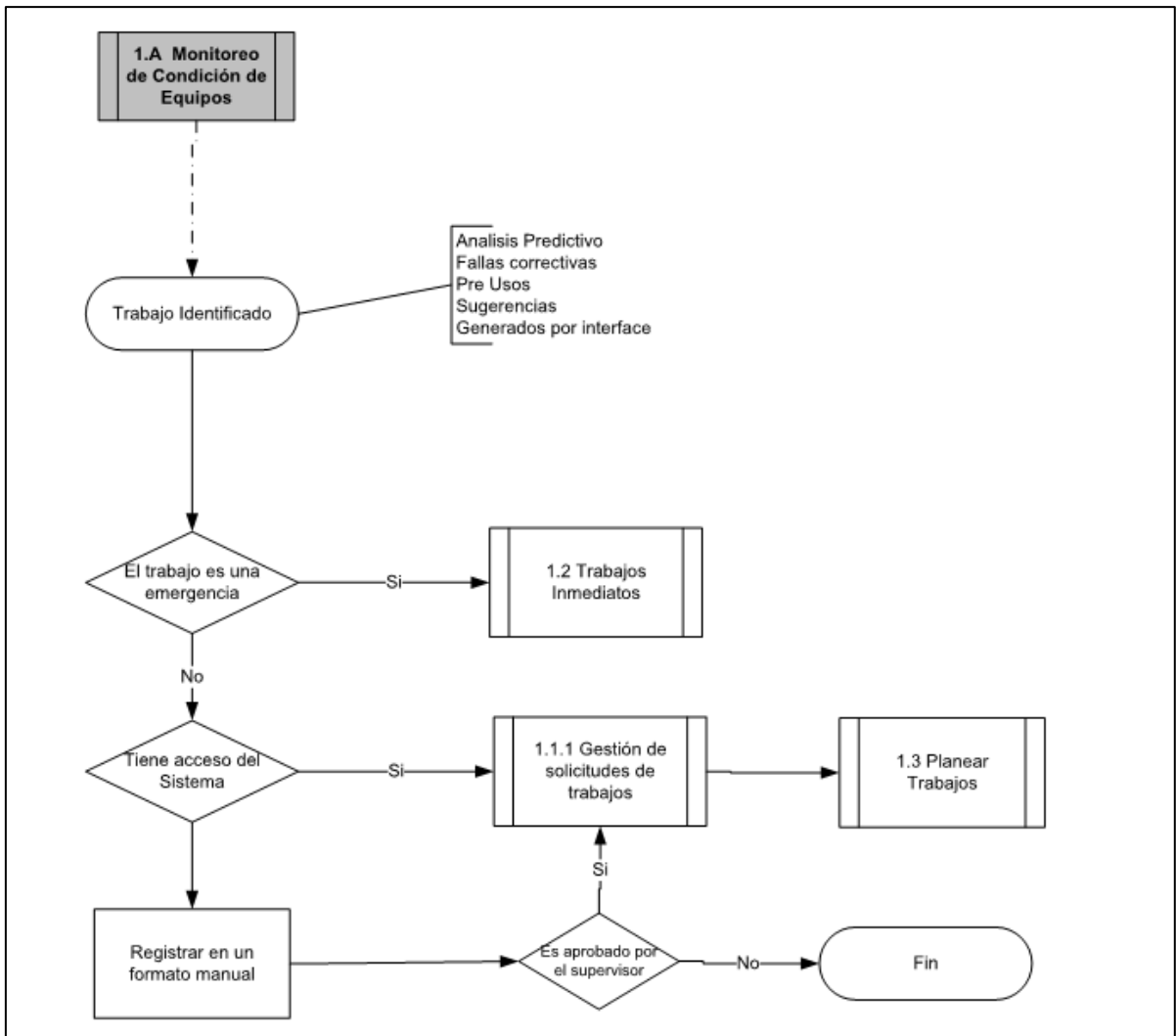


Figura 8: Proceso de Identificar Trabajos  
Fuente: Información de la empresa

Este proceso tiene el sub-proceso **Gestionar Solicitudes de Trabajo** el cual revisa las solicitudes de trabajo, aprueba en el caso de ser válido (caso contrario rechaza) para luego convertirse en una orden de trabajo. En la Figura 9 se muestra el detalle de las actividades del proceso “Gestionar Solicitudes de Trabajo”.

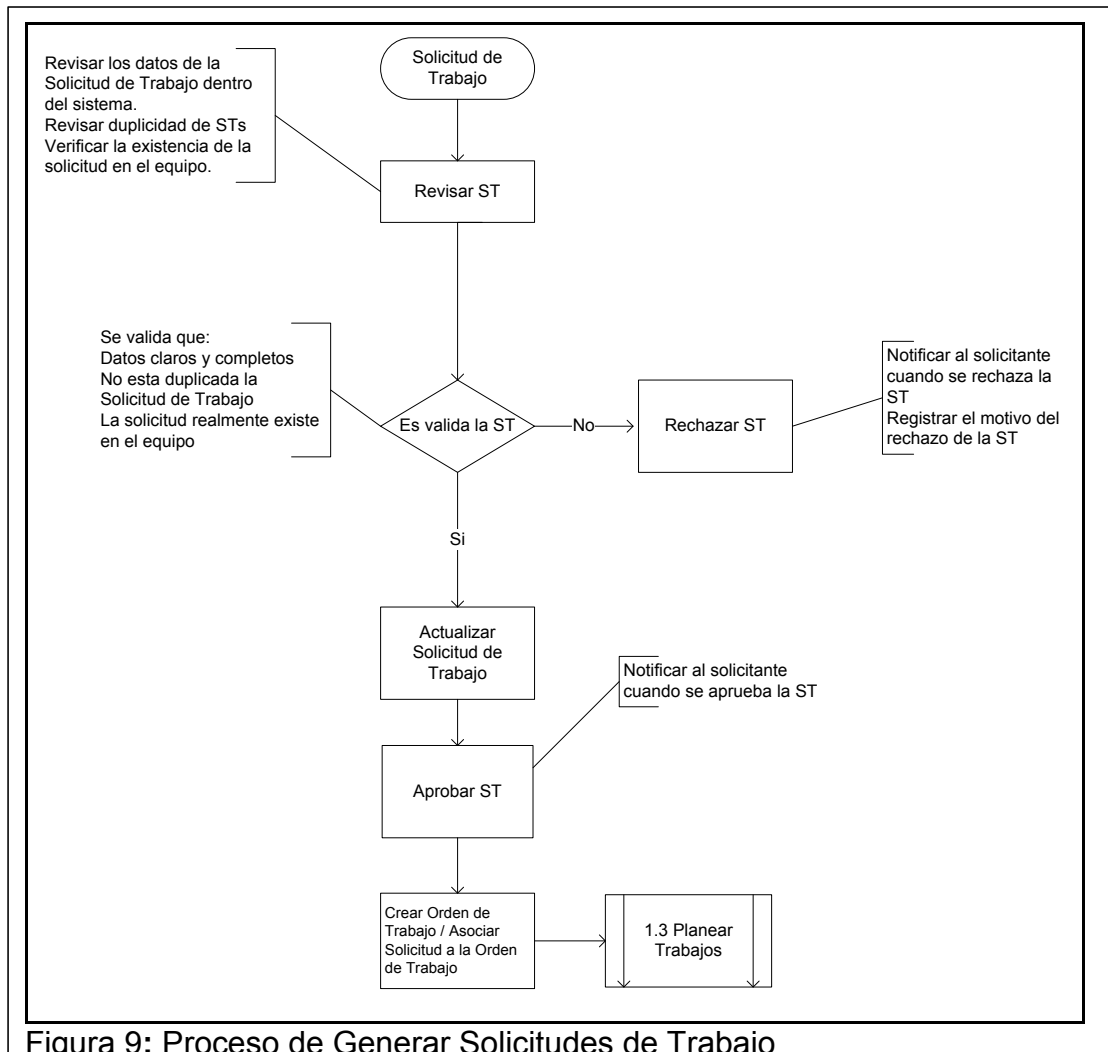


Figura 9: Proceso de Generar Solicitudes de Trabajo

Fuente: La empresa Gestionar Solicitudes de Trabajos

## b. Trabajos Inmediatos

Son las actividades que debe seguir un trabajo que se necesita ejecutar en el momento obviando la planificación y programación de trabajos. En la Figura 10 se muestra las actividades del proceso Trabajos Inmediatos.

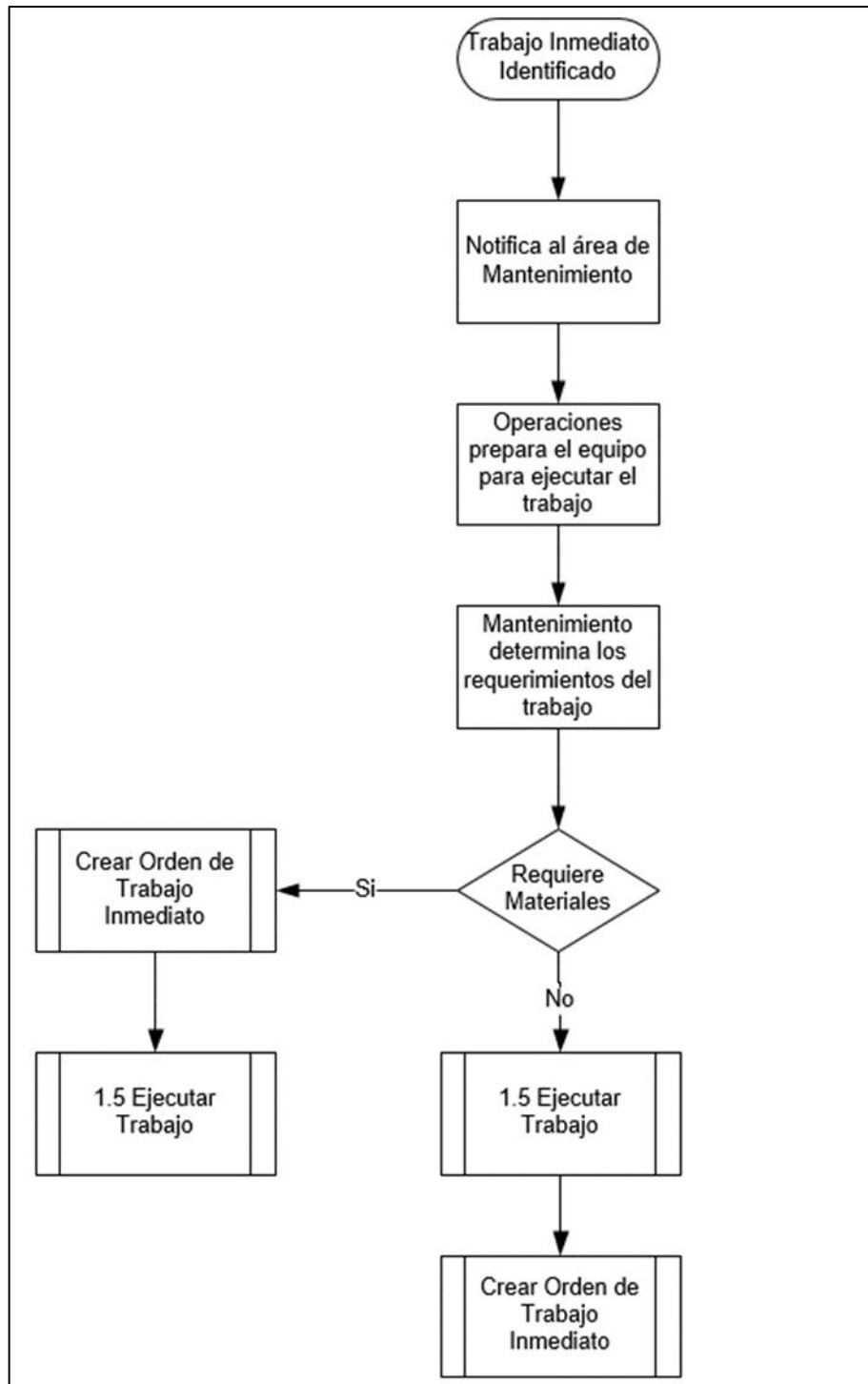


Figura 10: Proceso de Trabajos Inmediatos  
Fuente: La empresa

### c. Planificar Trabajos

Planea los materiales, recursos, checklists de tareas y de seguridad para la ejecución de un trabajo. En la Figura 11 se muestra el detalle de los sub-procesos y actividades del proceso de Planificar Trabajos.

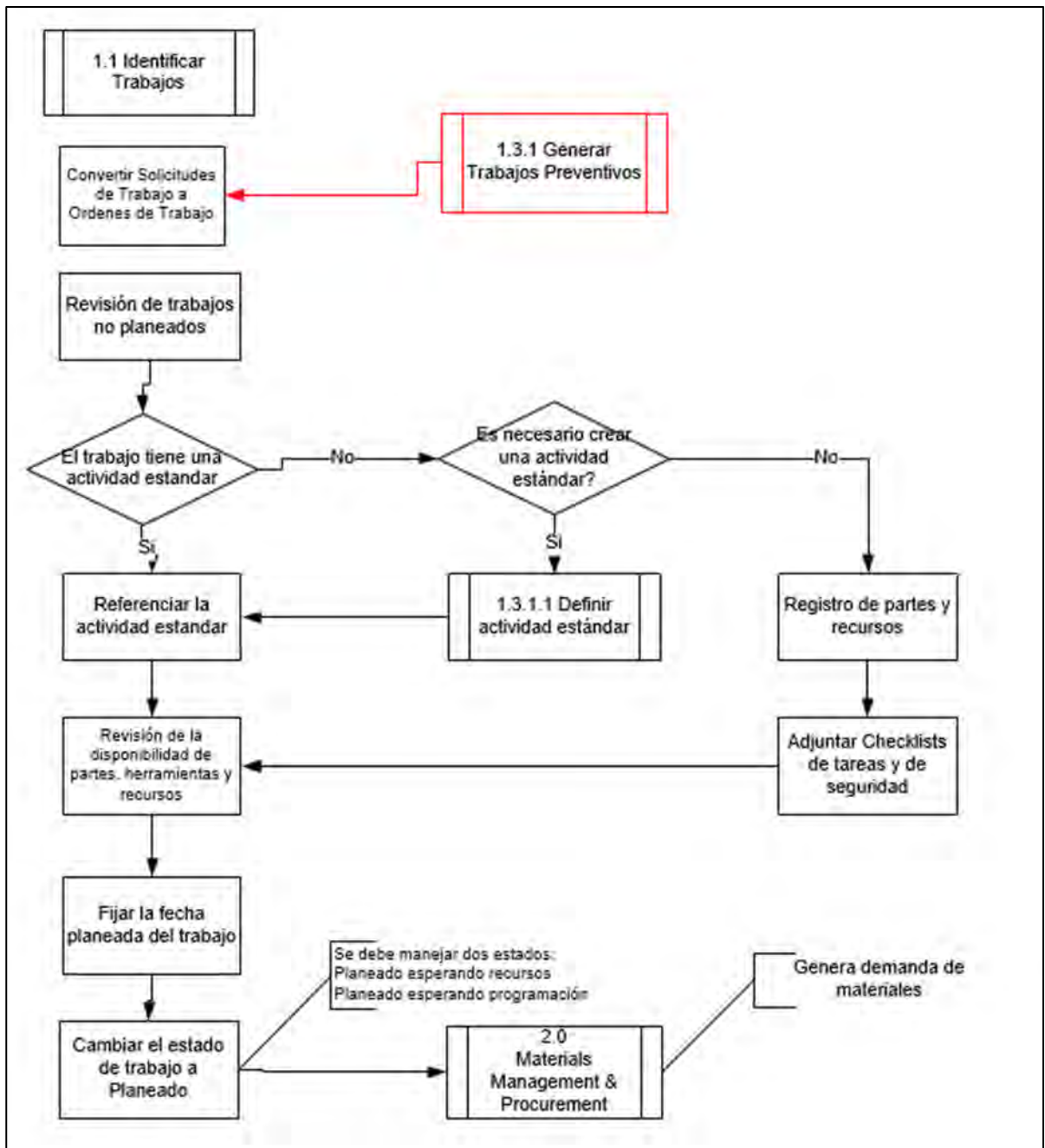
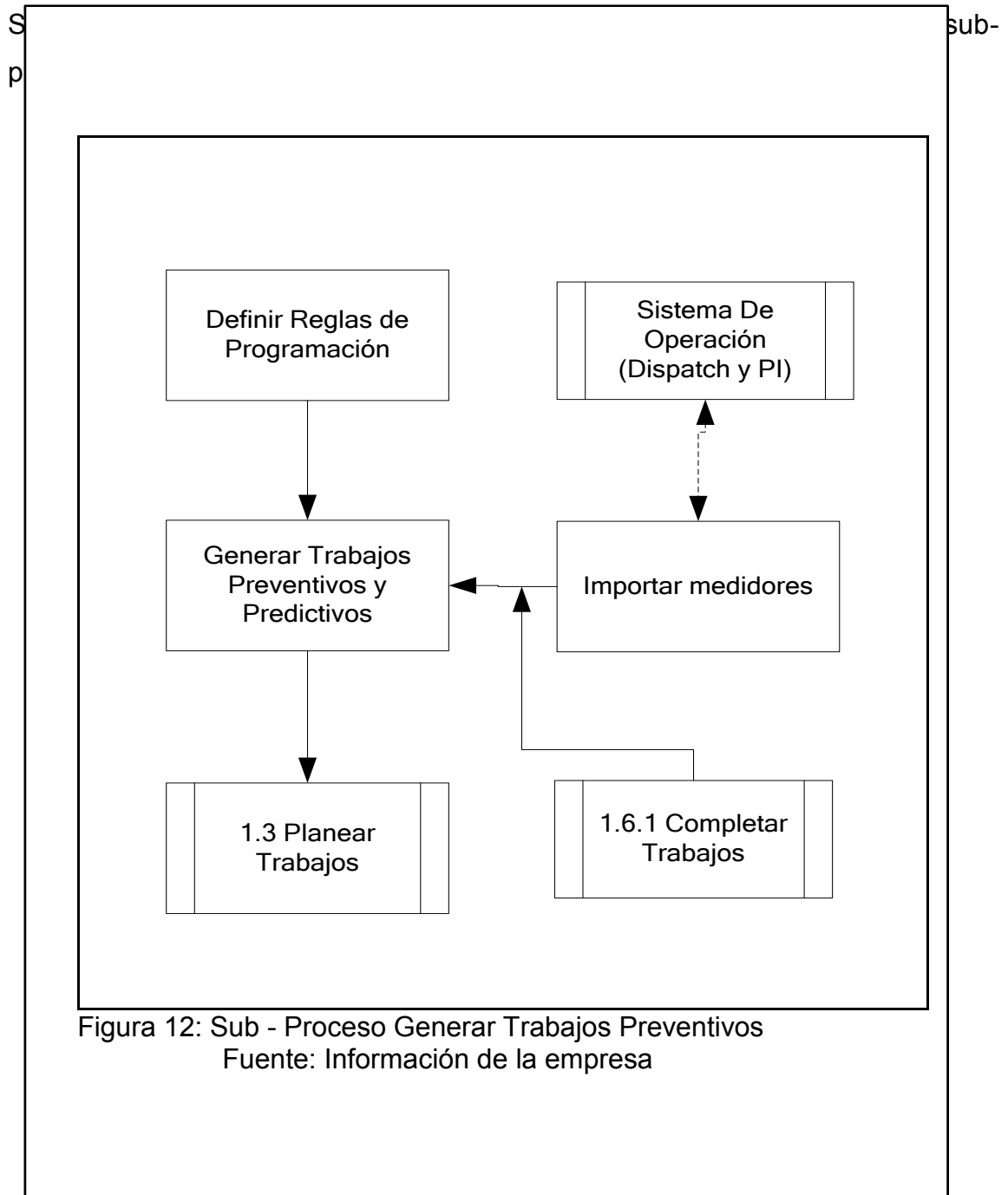


Figura 11: Proceso de Planificar Trabajos  
Fuente: Información de la empresa

Este proceso tiene el sub-proceso **Generar Trabajos Preventivos** que genera automáticamente trabajos en función a la regla de programación definidos en el



### 1.3.1 Generar Trabajos Preventivos

#### d. Programar Trabajos

Son las actividades necesarias que se deben realizar para obtener los programas de trabajo de mantenimiento. En la Figura 13 se muestra las actividades de este proceso.

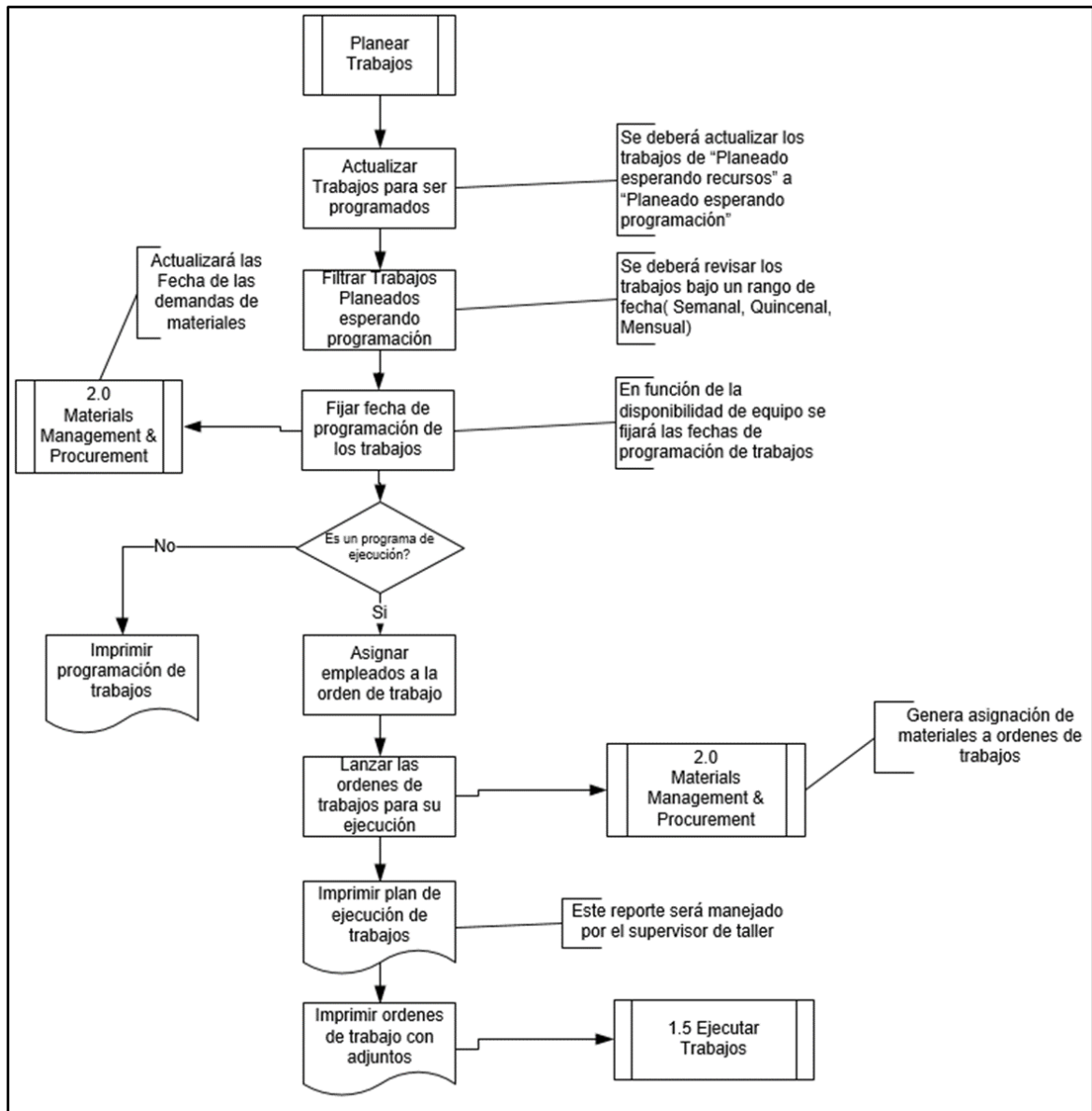


Figura 13: Proceso Programar Trabajos  
Fuente: Información de la empresa

### e. Ejecutar Trabajos

Son las actividades que se debe seguir durante la realización de trabajos de Mantenimiento. En la Figura 14 se muestra las actividades de este proceso.

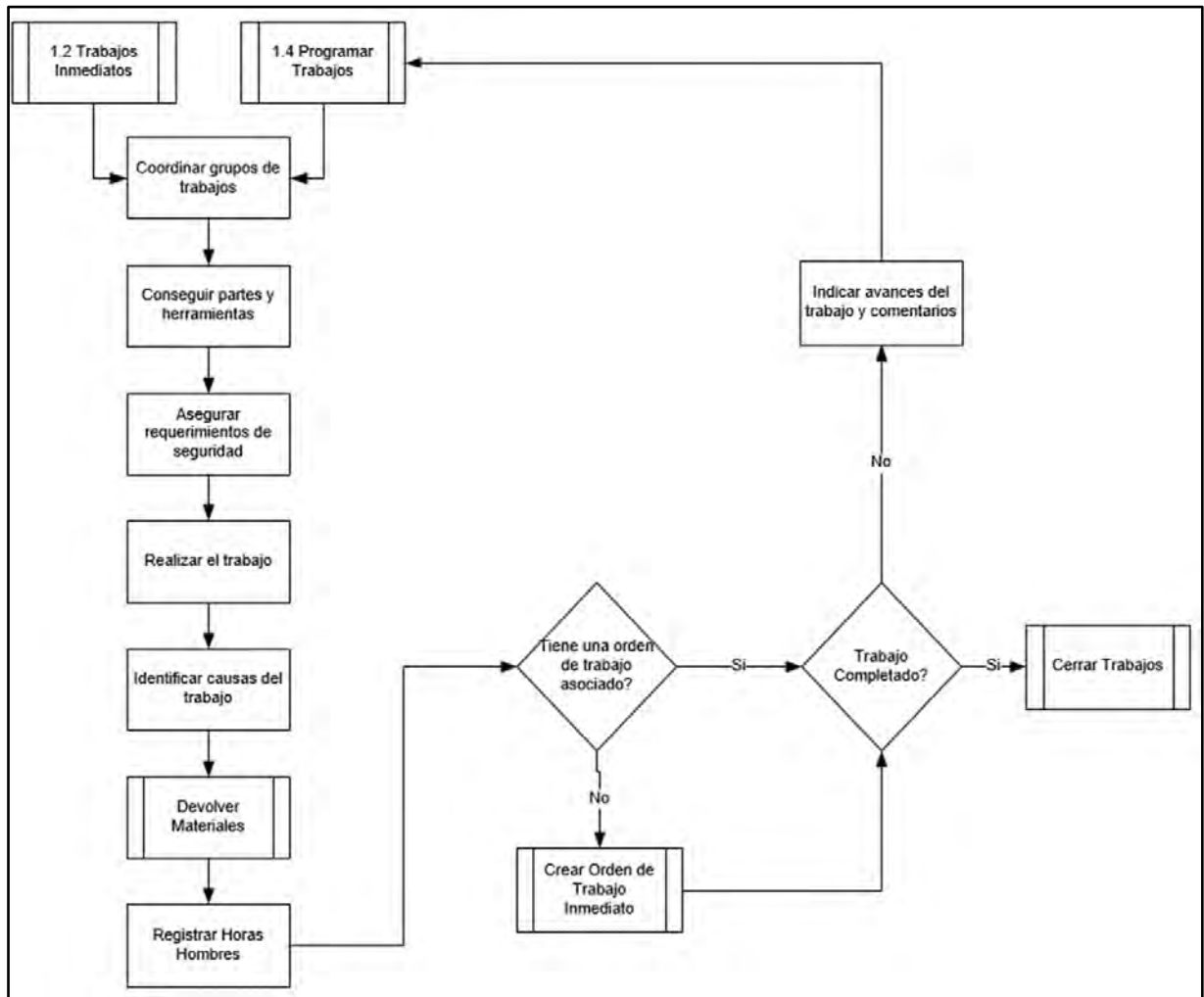


Figura 14: Proceso Ejecutar Trabajos  
Fuente: Información de la empresa



## f. Completar Trabajos

El proceso Completar Trabajos muestra las principales actividades para capturar los datos de los trabajos y la creación de nuevos trabajos identificados durante la realización del trabajo. En la Figura 15 se muestra las actividades del proceso de Completar Trabajos.

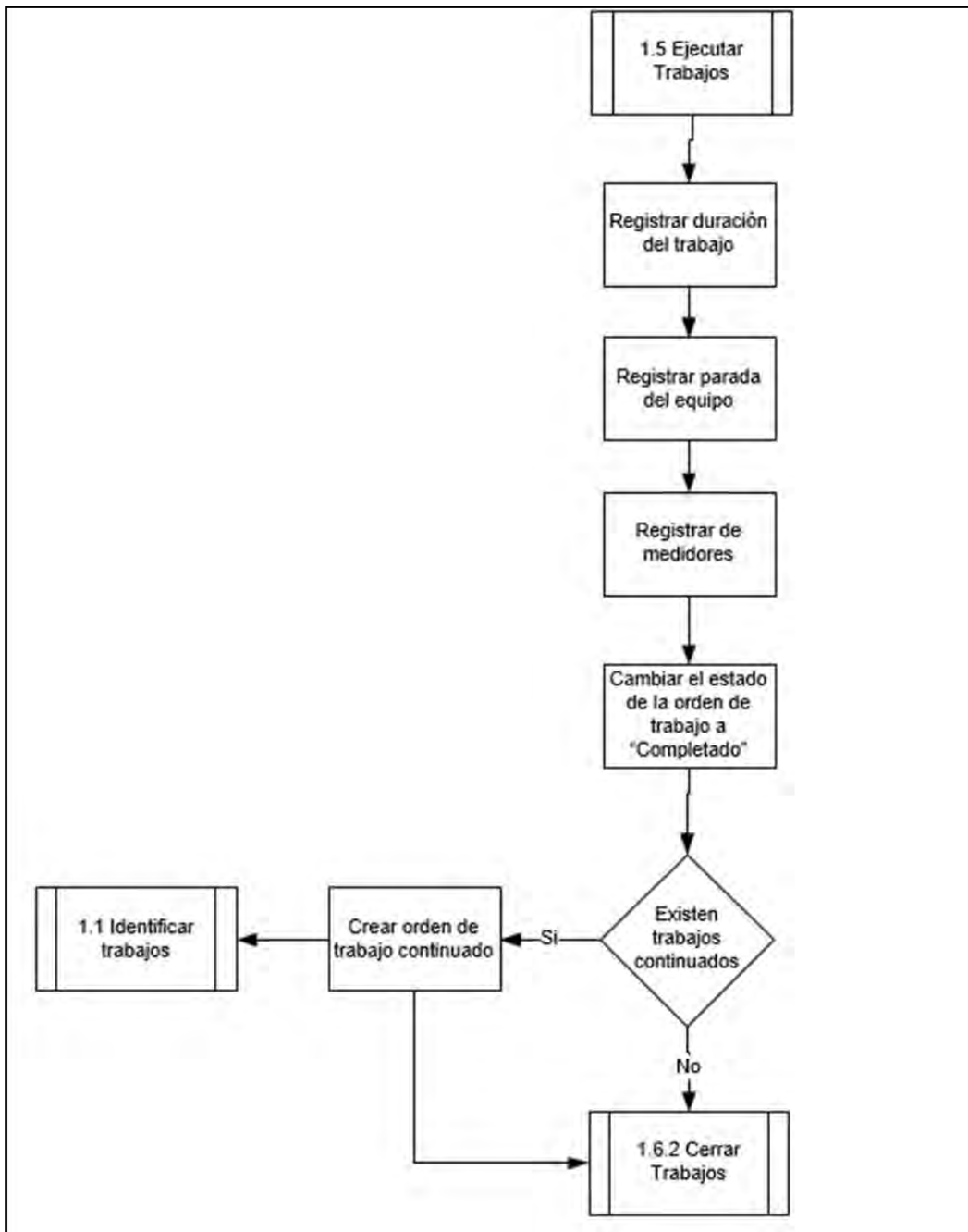


Figura 15: Proceso Completar Trabajos  
Fuente: Información de la empresa

### g. Cerrar Trabajos

Proceso donde se captura la información de los trabajos ejecutados. También se cierran las órdenes de trabajo para terminar el ciclo de los trabajos. En la Figura 16 se muestra el detalle de este proceso.

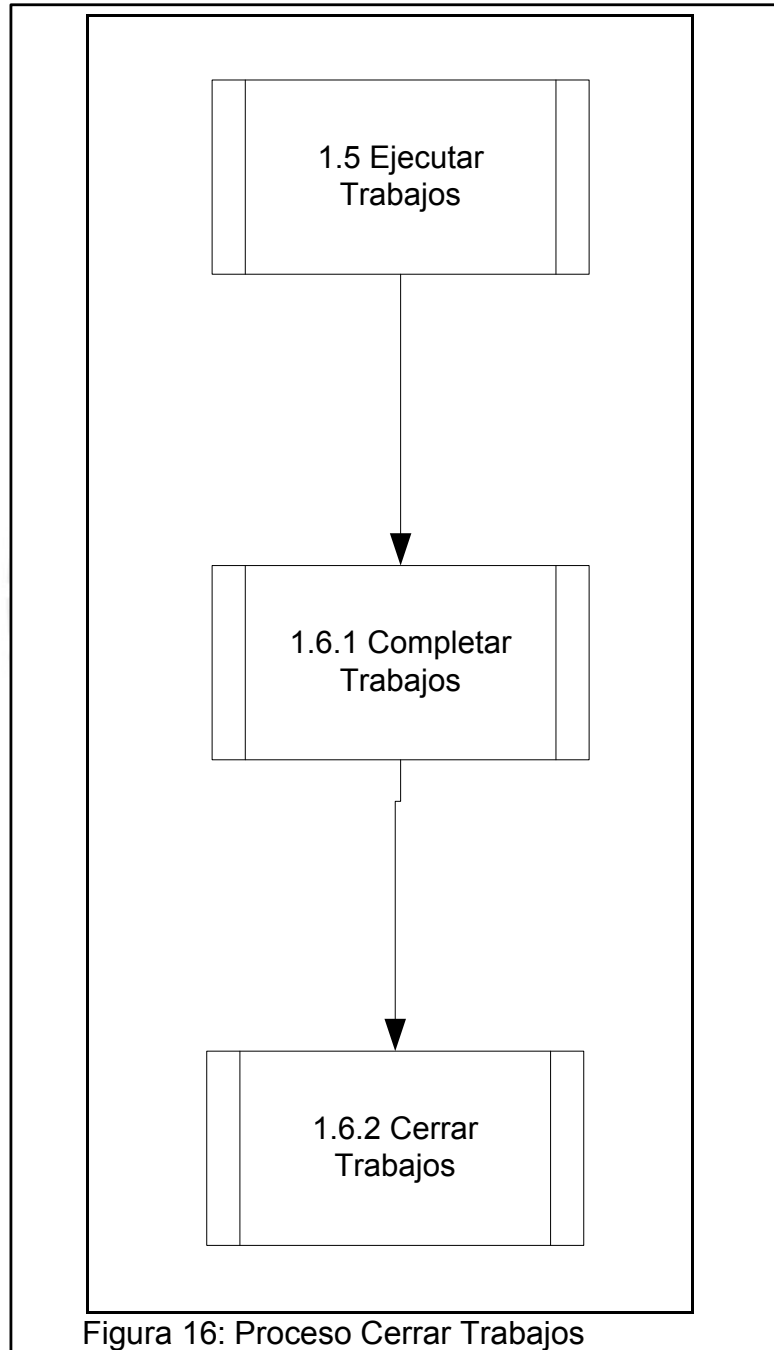


Figura 16: Proceso Cerrar Trabajos

Fuente: Información de la empresa

1.6 Cerrar Trabajos

## h. Elaborar Presupuesto de Mantenimiento

El proceso Elaborar presupuesto de mantenimiento contiene las actividades que se debe seguir para obtener el Presupuesto de mantenimiento. En la Figura 17 se muestra el detalle de este proceso.

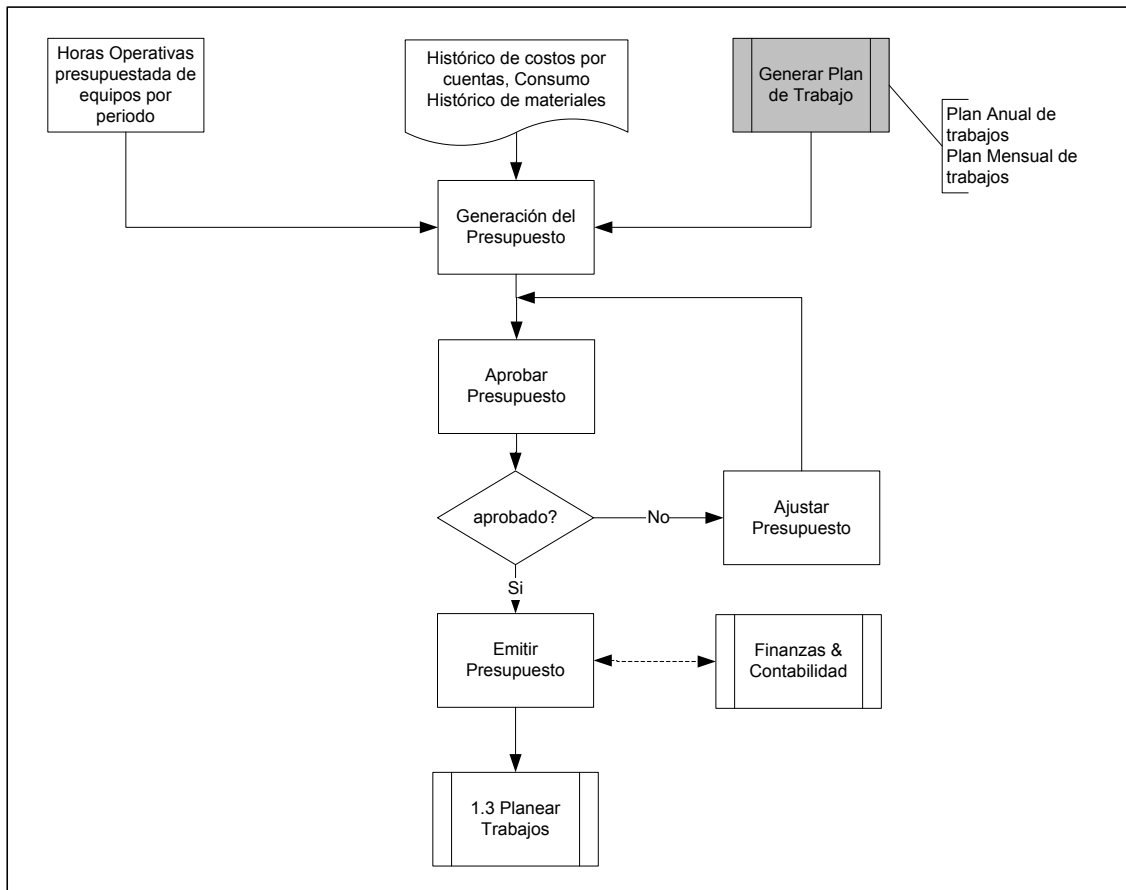


Figura 17: Proceso Elaborar Presupuesto de Mantenimiento  
Fuente: Información de la empresa

1.7 Elaborar presupuesto de mantenimiento

V 1.1

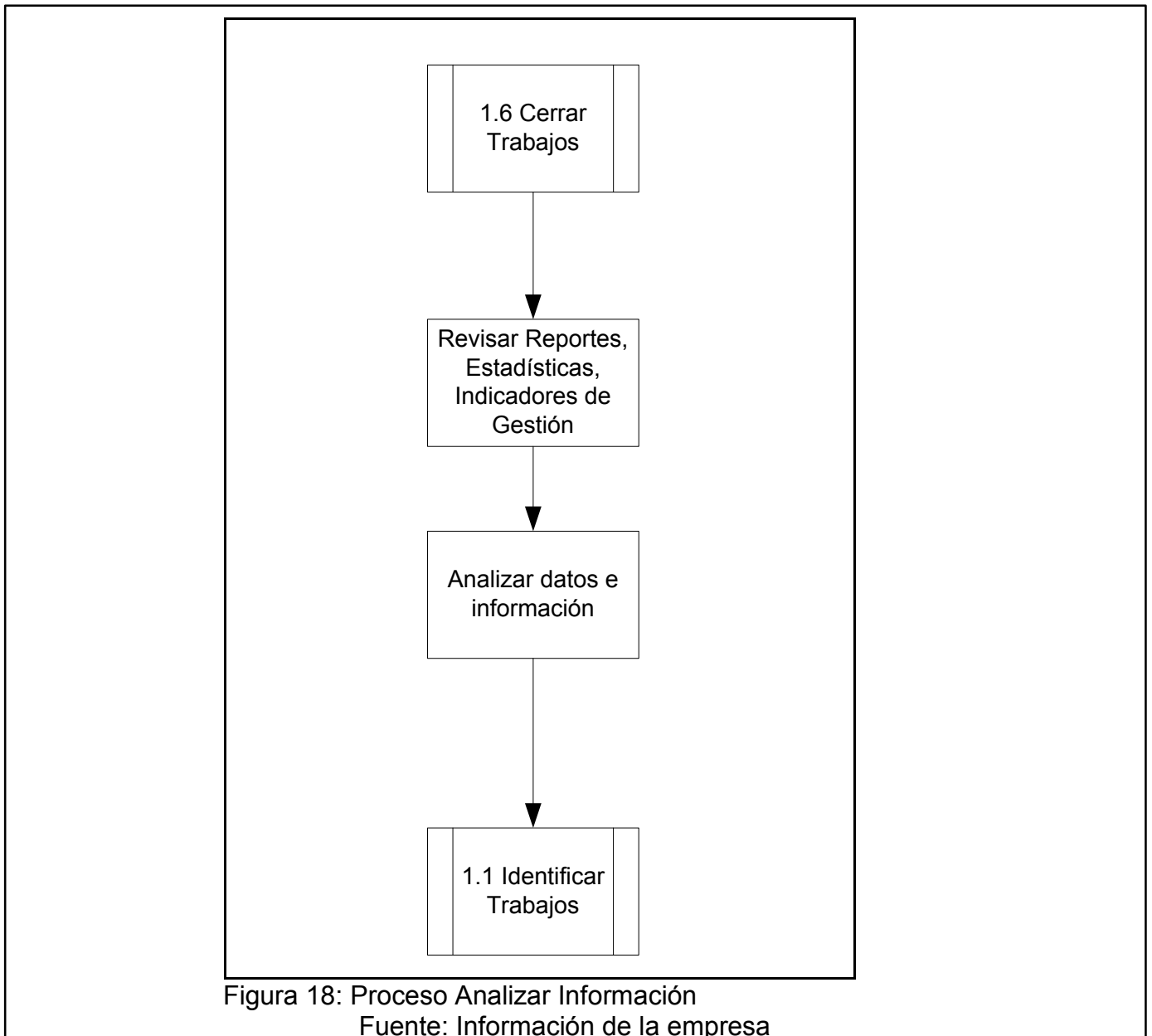
Mapa de Procesos Región Sudamérica - Mantenimiento

18/05/2007

Nivel 2

### i. Analizar la Información

Proceso que cierra el Ciclo de Mantenimiento dando soporte a los principales procesos y actividades de Mantenimiento. En la Figura 18 se muestra las actividades de este proceso.



### 1.8 Analizar Información

### 2.2.2.2 Procesos de Logística

Los procesos de la gestión de la Cadena de Suministros son los siguientes:

- Planificación de la Demanda
- Adquisiciones
- Expediting (Aceleración)
- Gestión de Inventarios
- Gestión de los proveedores

La relación de estos procesos se muestra en la Figura 19.

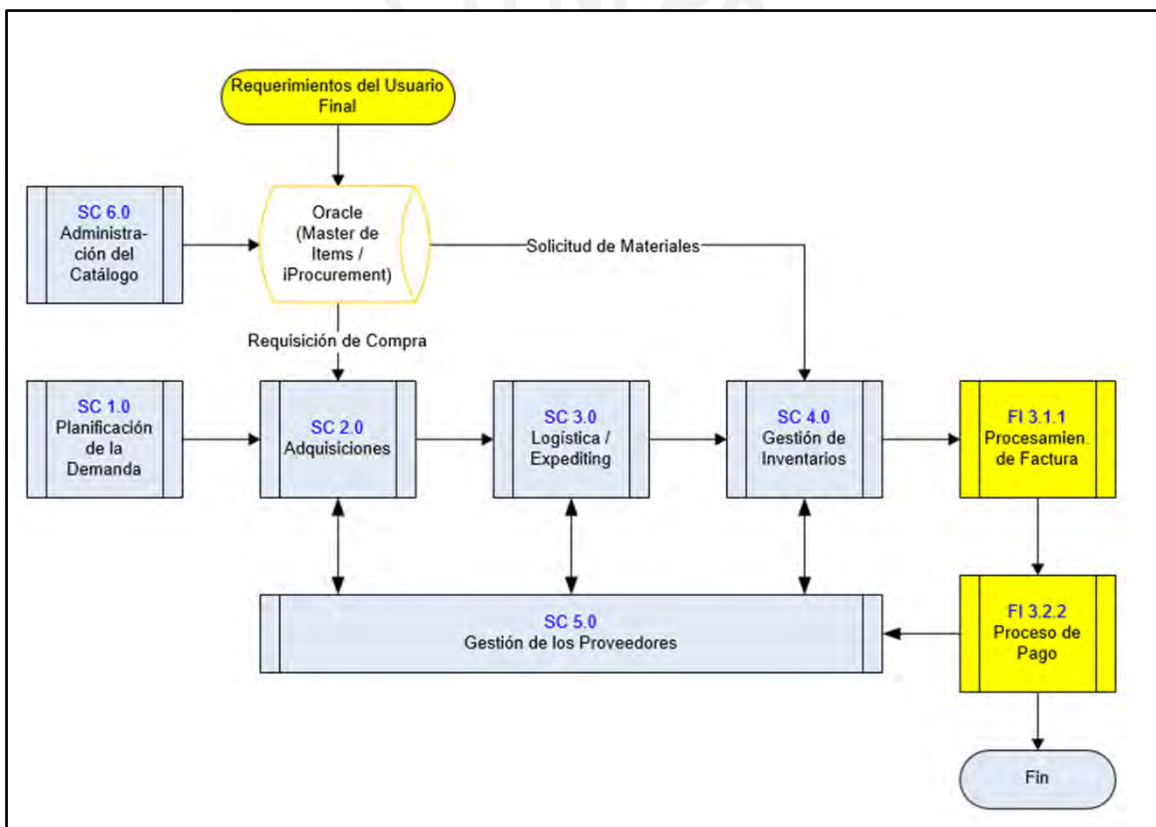


Figura 19: Procesos de Logística  
Fuente: Información de la empresa

#### **a. Planificación de la demanda**

Proceso que gestiona la demanda de materiales y servicios proporcionados por los usuarios finales (Operaciones mina, Mantenimiento, Proyectos, Otros). En la Figura 20 se muestra la relación de actividades del proceso de la Planificación de demanda.

#### **b. Adquisiciones**

Proceso que gestiona las compras de bienes y servicios identificados por los usuarios finales. En la Figura 21 se muestra la relación de las actividades del proceso de Adquisiciones.

#### **c. Expediting**

Proceso que se encarga de acelerar la adquisición de bienes y servicios con el apoyo de los consolidadores. En la Figura 22 se detalla las actividades de este proceso.

#### **d. Gestión de Inventarios**

Proceso que administra los ítems de inventarios con el objetivo de mantener los stocks requeridos por la operación. En Figura 23 se muestra los subprocesos con los cuales se interrelaciona.

#### **e. Gestión de los proveedores**

Gestiona el proceso de evaluar y asegurar el rendimiento de los proveedores de la empresa. En la Figura 24 se muestra el detalle de sus actividades.

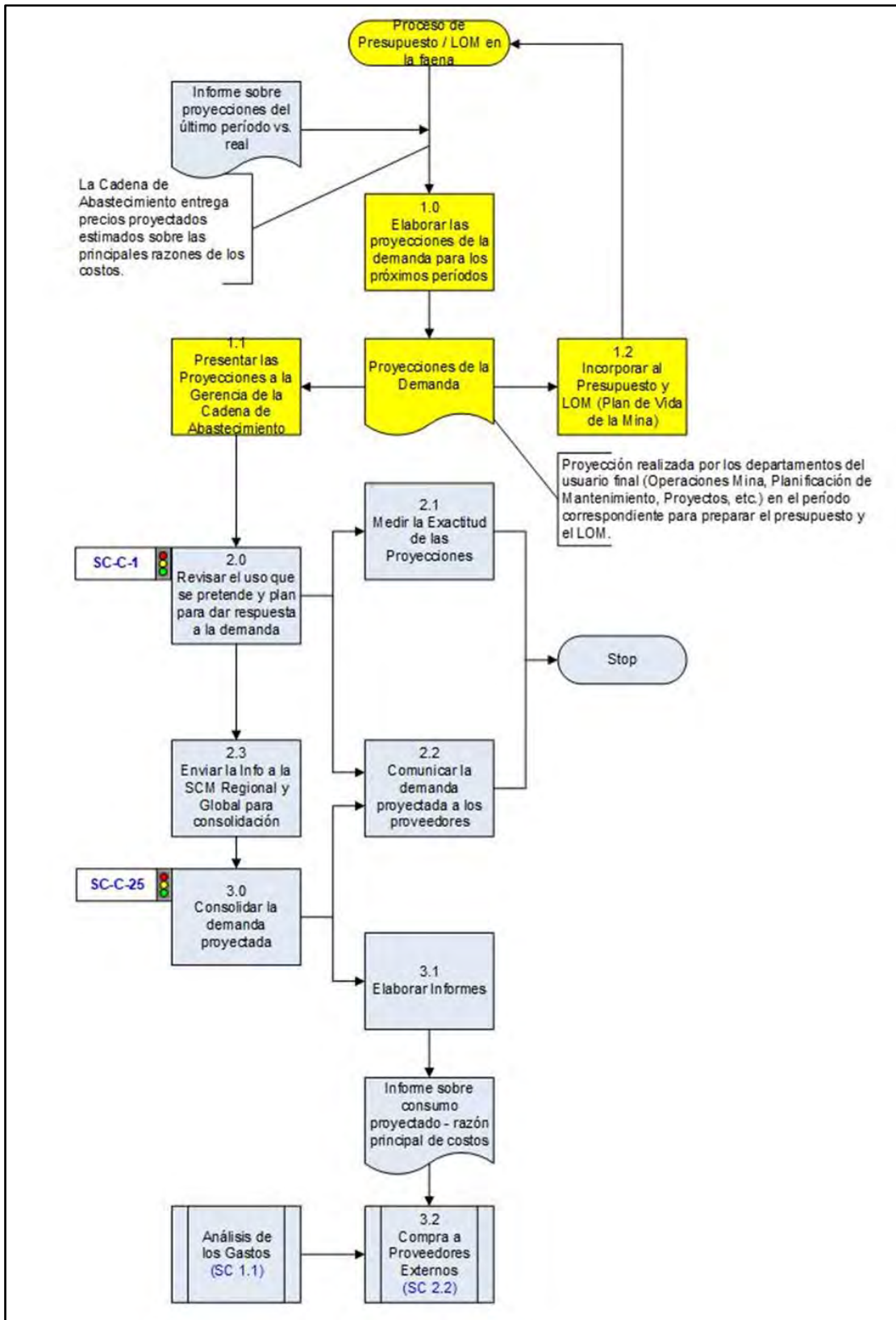


Figura 20: Proceso de la Planificación de la demanda  
Fuente: Información de la empresa

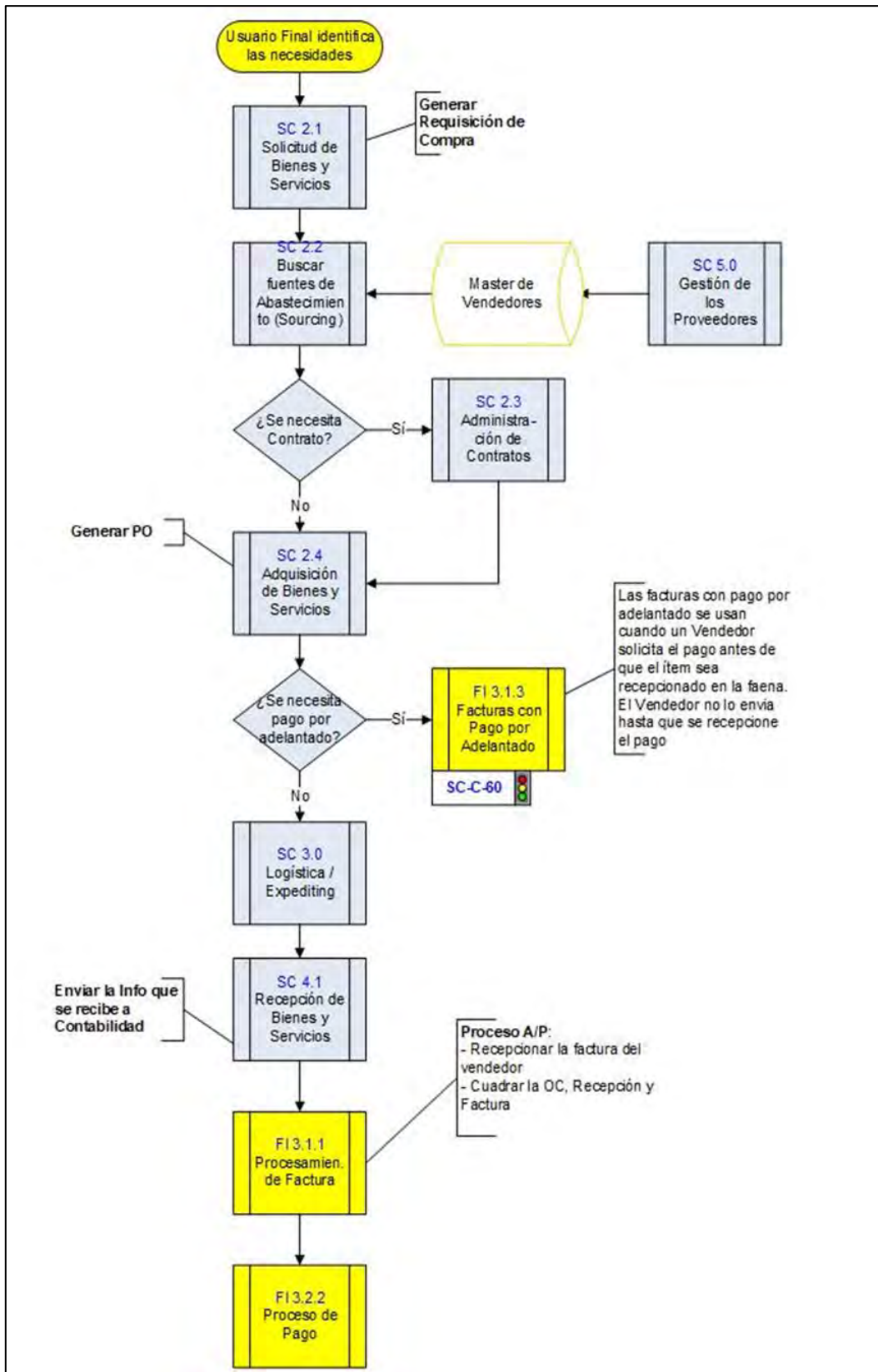


Figura 21: Proceso de Adquisiciones  
 Fuente: Información de la empresa



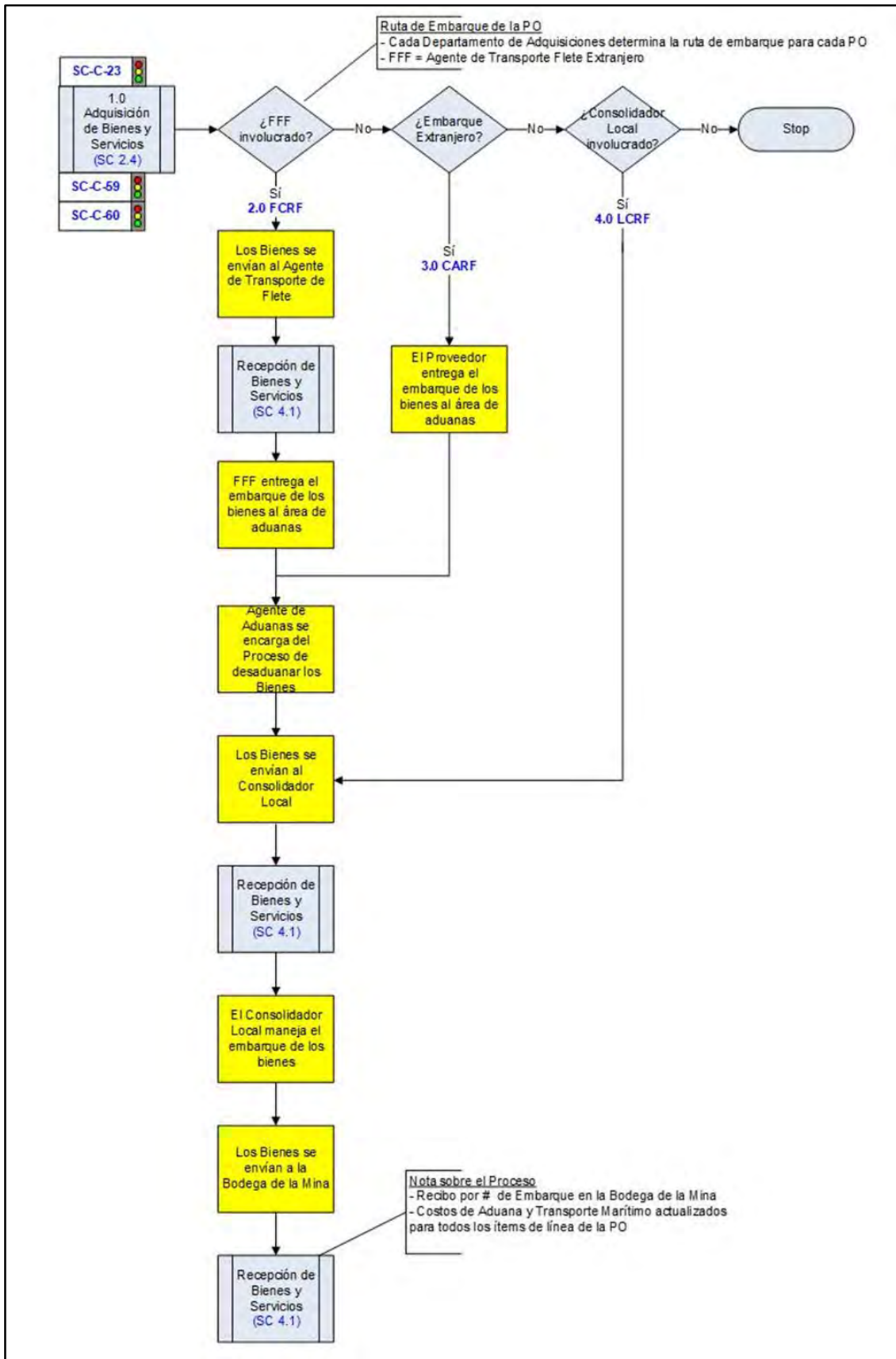


Figura 22: Proceso de Expediting  
 Fuente: Información de la empresa

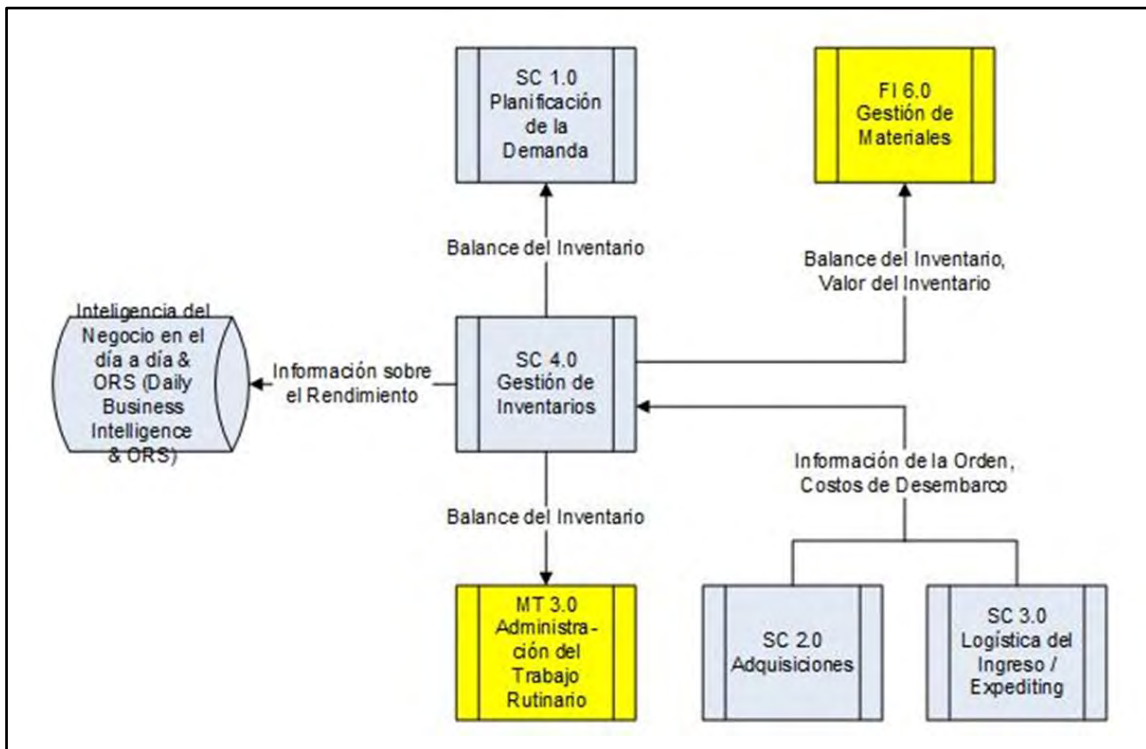


Figura 23: Proceso de Gestión de Inventarios  
Fuente: Información de la empresa

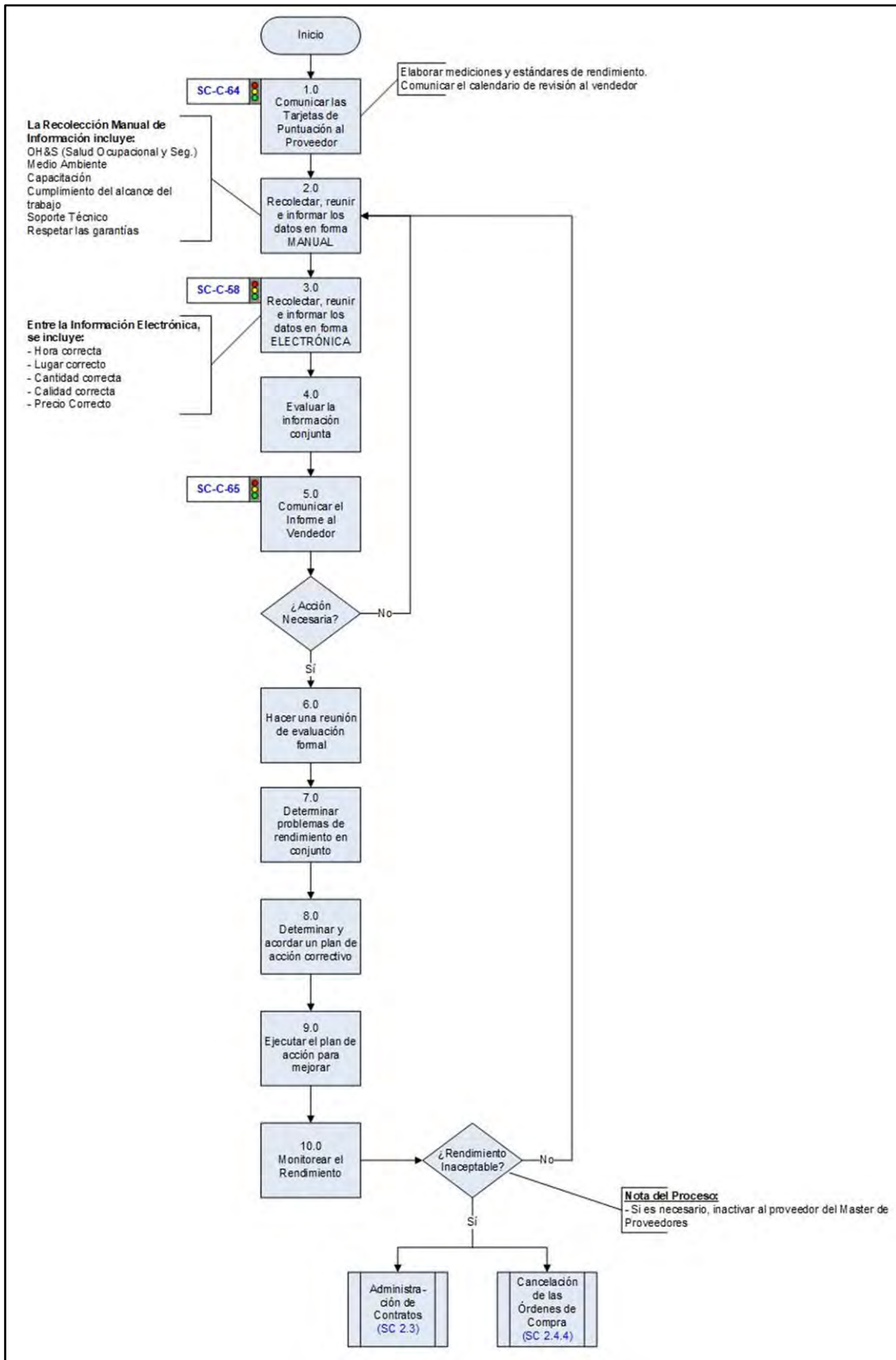


Figura 24: Proceso Gestión de Proveedores  
Fuente: Información de la empresa

### 2.2.3 Análisis de la Gestión de Inventarios y de Mantenimiento

En esta sección se analizarán los resultados de las entrevistas, la información obtenida de la empresa de los procesos de negocios (Mantenimiento y Logística) e indicadores de gestión que involucra al área de Mantenimiento y Logística.

#### a. Análisis y consolidación de los resultados de las entrevistas

El análisis consolidado de las entrevistas se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Análisis consolidado de entrevistas

Proposición: No existe gestión basada en procesos para las áreas de Mantenimiento y Logística	
Pregunta	Análisis consolidado
1. ¿Existen procesos definidos para la Gestión de Logística y de Mantenimiento	Si, los procesos se encuentran documentados en ambas áreas.
2. ¿Se tiene identificado los responsables de los procesos y sus actividades?	No, los procesos y actividades no tienen responsables definidos con claridad.
3. ¿Los supervisores y la jefatura de Logística y Mantenimiento entienden los procesos y lo aplican dentro de sus áreas de trabajo?	No, solo algunos supervisores tienen acceso a la documentación de los procesos y pudieron explicarlo con claridad.
Proposición: No existe una adecuada planificación de la demanda de materiales.	
Pregunta	Comentarios consolidados
4. ¿Las demandas de materiales se llevan a cabo a través de órdenes de trabajo con sus respectivas prioridades y fechas de necesidad?	No, No en todos los casos Mantenimiento genera la demanda de materiales a través de órdenes de trabajo, existen oportunidades donde la demanda de materiales se lleva a cabo por correo electrónico.
5. ¿Logística visualiza y ejecuta el proceso de compra de las demandas de materiales de Mantenimiento considerando las prioridades y las fechas de necesidad?	No, Logística solo visualiza los ítems demandados y sus cantidades sin embargo no tienen el detalle de la orden de trabajo, sus prioridades y fechas de necesidad.
6. ¿Cuándo los materiales demandados por Mantenimiento se reciben en el almacén estas se pueden identificar y agrupar por su respectiva orden de trabajo que los demandó?	No, Logística no consolida los materiales de las órdenes de trabajo. Los pedidos directos los entrega sin considerar si la orden de trabajo tiene sus materiales completos.

Proposición: No están correctamente clasificados los ítems de Inventarios de Mantenimiento y no se actualizan periódicamente.	
Pregunta	Comentarios consolidados
7. ¿Logística clasifica los ítems de acuerdo a su impacto en el negocio?	No, la clasificación de ítems es de acuerdo al valor de inventario del ítem y su nivel de rotación sin embargo no considera el impacto del negocio.
8. ¿Logística considera la criticidad de los equipos y las estrategias de Mantenimiento para clasificar los ítems?	No considera la criticidad de los equipos y las estrategias de Mantenimiento.
9. ¿Se actualizan la clasificación de los ítems? ¿Con qué frecuencia?	No se ha actualizado la clasificación de ítems en los últimos 3 años.
Proposición: Falta definir los procesos y sub-procesos de integración de Mantenimiento y Logística	
Pregunta	Comentarios consolidados
10. ¿Existe integración entre los procesos Logísticos y de Mantenimiento?	No, los datos completos relacionados a las demandas de Mantenimiento no son visualizados por el área de Logística.
12. ¿Qué información recibe el proceso de Logística de parte del proceso de Mantenimiento y viceversa?	Recibe el código del material, descripción del material, las cantidades solicitadas y la fecha de creación de la demanda.
13. ¿Se discuten las desviaciones de la calidad de la información que recibe el área Logística por parte de Mantenimiento y viceversa?	Solo cuando el efecto de no tener un material en stock se discute la calidad de la información.
Proposición: Los roles y responsabilidades requieren una revisión para gestionar adecuadamente los procesos de integración entre Mantenimiento y Logística.	
Pregunta	Comentarios consolidados
14. ¿Quién es el responsable de validar la calidad de la información de la demanda de materiales suministrada a Logística?	No existe un proceso en el cual se valide la calidad de la información de la demanda de materiales.
15. ¿Quién es el responsable de asegurar que las demandas de materiales son atendidas en forma oportuna y precisa?	Logística solo asegura que los materiales sean atendidos en forma oportuna y precisa cuando se les enfatiza que una es urgente y crítica. Esta notificación se hace por e-mail o a través del teléfono.
16. ¿Quién es el responsable de medir los indicadores de gestión que aseguran la integración entre Logística y Mantenimiento?	No existen indicadores de gestión para los puntos de contacto entre Mantenimiento y Logística.

## b. Análisis de la disponibilidad de equipos

En la Figura 24 se muestra las disponibilidades de la flota principal de Octubre 2016 a Marzo 2017.

Las disponibilidades promedio de la flota pesada son las siguientes:

Cargadores 62.4% < 80% (Disponibilidad meta)

Camiones 75.2% < 85% (Disponibilidad meta)

Tractores 70.7% < 75% (Disponibilidad meta)

De este análisis se puede afirmar que las disponibilidades de los equipos no son las que requiere el proceso productivo.

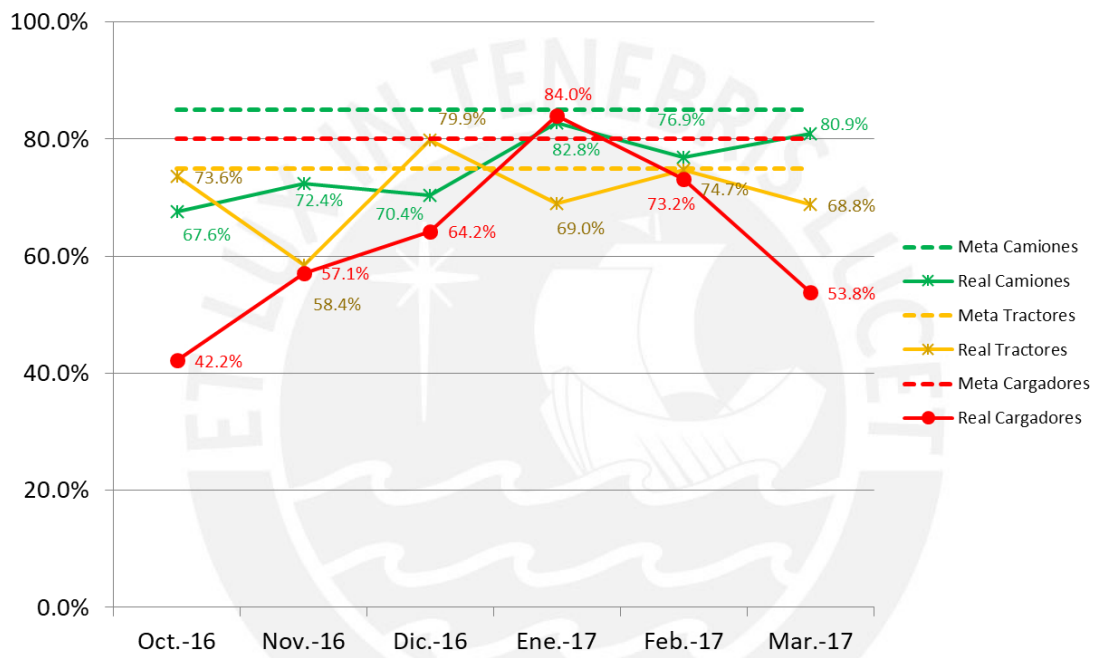


Figura 25: Disponibilidad de Equipos  
Fuente: Información de la empresa

### c. Análisis de horas de parada de equipos

En la figura 25 se muestra los 10 motivos principales de parada de los equipos mina del periodo Octubre 2016 a Marzo 2017.

Se observa que el motivo principal de las bajas disponibilidades es la espera de repuestos que representa aproximadamente el 35% del total de paradas de los equipos mina.

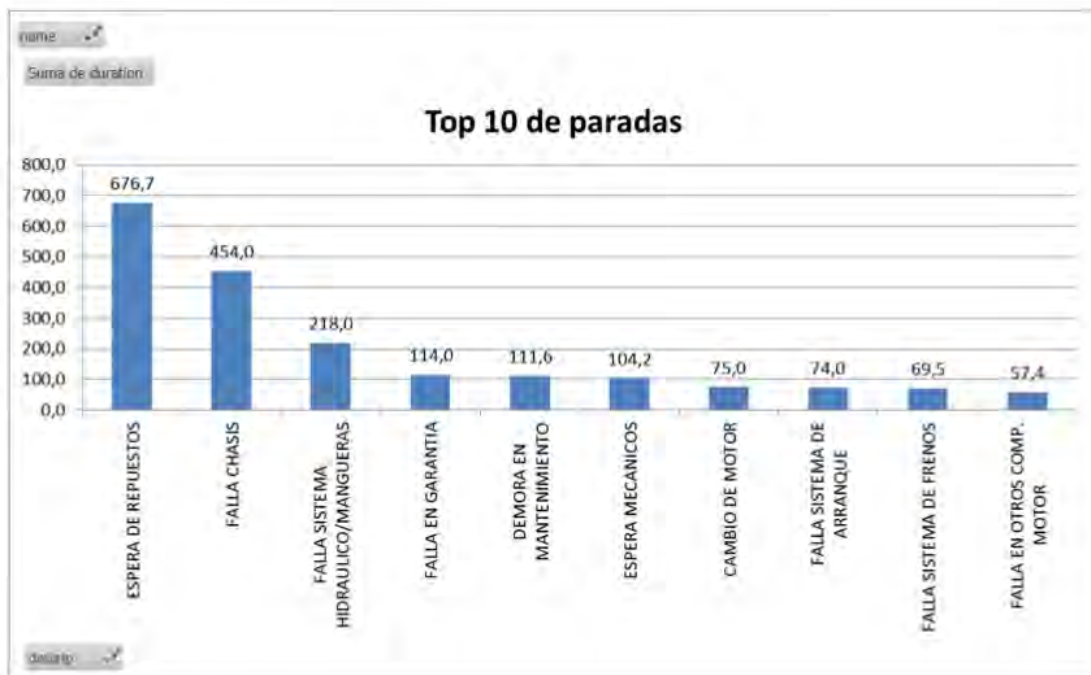


Figura 26: Top 10 de paradas de equipos mina  
Fuente: Información de la empresa



#### d. Análisis de la Gestión de órdenes de trabajo

En la tabla N° 5 se muestra los estados de las órdenes de trabajos ejecutadas en el taller del periodo Octubre 2016 a Marzo 2017.

Se observa que no se cierran las órdenes de trabajo lo cual conlleva no liberar reservas de materiales que no fueron usados en el proceso de ejecución de los trabajos. Esto genera distorsión en la información del proceso de demanda de materiales.

Por otro lado se observa que hay gran cantidad de órdenes de trabajo canceladas, muchas de las demandas asociadas a estas ordenes de trabajo ya tiene órdenes de compra aprobadas y por consiguiente arribarán a mina para no ser usados.

El proceso de cancelar órdenes de trabajo debe ser aprobado por la jefatura o superintendencia de Mantenimiento. En el caso del cierre de órdenes de trabajo la superintendencia debe exigir que se cumpla en estricto rigor para no generar distorsión en la información de la demanda de materiales.

Tabla 5: Reporte de los estados de órdenes de trabajo

Estado	Total	Porcentaje
Cancelado	1715	28%
Cerrado	1	0%
Pendiente de cierre	4161	68%
Pendiente de completar	287	5%
Grand Total	6164	

Fuente: Información de la empresa



### e. Análisis del índice de trabajos planificados

En la figura 26 se muestra el porcentaje de Trabajos Planificados de Q2-2016 a Q1-2017.

El índice de trabajos planificados (39% en promedio) está por debajo de lo exigido por los estándares de empresas de clase mundial (75% en promedio).

No planificar los trabajos implica no dar el tiempo suficiente para que Logística analice, consolide, priorice y compre las demandas de materiales provocando errores en el proceso de compra y la entrega de materiales en forma oportuna para las órdenes de trabajo.

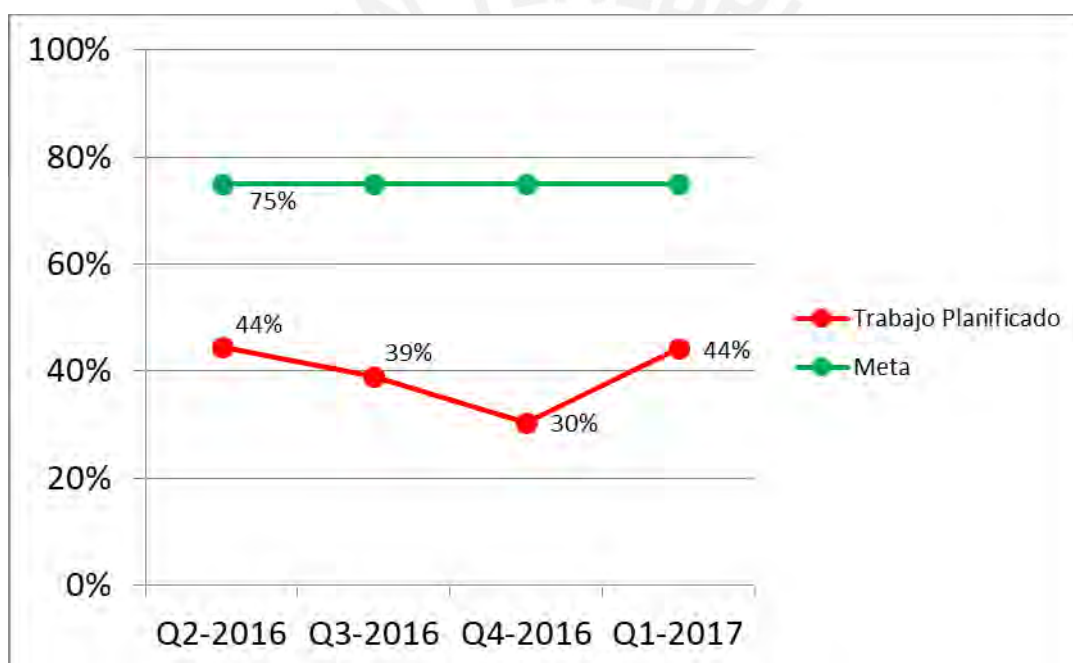


Figura 27: Porcentaje de Trabajos Planificados  
Fuente: Información de la empresa

## f. Análisis del uso de la demanda de materiales

En la Figura 27 se muestra el porcentaje del uso de la demanda de materiales.

En promedio solo un 52% de los materiales comprados por Logística son usados en la ejecución de órdenes de trabajo, un 48% se queda en el almacén donde posteriormente pasarían a la lista ítems obsoletos.

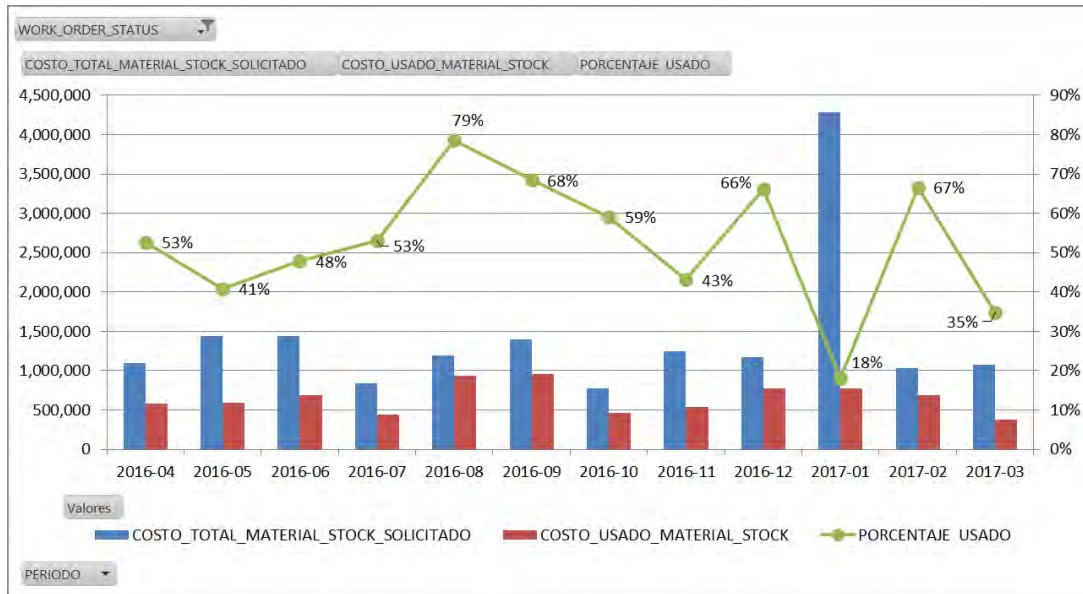


Figura 28: Uso de la demanda de materiales  
Fuente: Información de la empresa

## g. Clasificación actual de los ítems del inventario

La actual clasificación de los ítems de inventarios solo se focaliza en la pérdida de producción que provocaría un stock out de los ítems. Esta clasificación se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Clasificación de ítems del inventario

Categoría	Definición
Criticidad Alta	La no disponibilidad del ítem tiene como efecto una reducción en la producción por más del 5%.
Criticidad Normal	Ítems requeridos para la producción y la continuidad de la operación.
Criticidad Baja	La no disponibilidad del ítem tiene como efecto una reducción en la producción por menos del 5%.

Fuente: Información de la empresa

## h. Análisis del Valor del Inventario de Mantenimiento

En la Tabla N° 7 se observa que el valor actual del inventario de Mantenimiento es de \$ 12.3 M que representa el 71% del valor total de inventario de la mina en estudio.

Existe \$ 2.2 M que potencialmente se podría reducir del inventario, en este monto no se consideran los ítems de seguridad.

Tabla 7: Valor del Inventario por categoría

Categorías de Inventario	Activo	Sin Movimiento	Obsoleto	Totales
Combustibles y Lubricantes	\$ 0.1M	\$ -	\$ -	\$ 0.1M
Explosivos	\$ 0.3M	\$ -	\$ -	\$ 0.3M
Llantas / Neumáticos	\$ 1.7M	\$ 0.1M	\$ -	\$ 1.8M
Reactivos y Químicos	\$ 1.4M	\$ -	\$ -	\$ 1.4M
Otros	\$ 1.2M	\$ 0.2M	\$ 0.1M	\$ 1.4M
<b>Suministros y Partes de Mantenimiento</b>	<b>\$ 10.1M</b>	<b>\$ 1.9M</b>	<b>\$ 0.3M</b>	<b>\$ 12.3M</b>
<b>Total</b>	<b>\$ 14.8M</b>	<b>\$ 2.2M</b>	<b>\$ 0.4M</b>	<b>\$ 17.4M</b>

Fuente: Empresa analizada (2017)



Figura 29: Distribución del inventario por categoría  
Fuente: Información de la empresa analizada

### i. Análisis del Inventario de Mantenimiento asociado a tácticas de Mantenimiento

En la Tabla N° 8 se muestra el inventario asociado a tácticas de Mantenimiento, \$ 7.5 M son ítems de mantenimiento que no tienen asociado una táctica de Mantenimiento; de estos \$ 2M son ítems sin movimiento y obsoletos.

Tabla 8: Inventario asociado a tácticas de Mantenimiento

Ítem asociado a una táctica de mantenimiento	Activo (Ingreso o salida del almacén < 2 años)	Sin Movimiento (Ingreso o salida del almacén > 2 años)	Obsoleto (Estado transitorio para dar de baja el ítem)
Si	\$ 2.6M	\$ 0.1 M	\$ 0M
No	\$ 7.5M	\$ 1.7 M	\$ 0.3M
	\$ 10.1M	\$ 1.9M	\$ 0.3M

Fuente: Empresa analizada (2017)



Figura 30: Valor del inventario asociado a tácticas de Mantenimiento  
Fuente: Empresa analizada (2017)

### j. Análisis de interrelación de los procesos de Mantenimiento y Logística

En la Figura 31 se observa una referencia de integración entre los procesos de Mantenimiento y Logística.

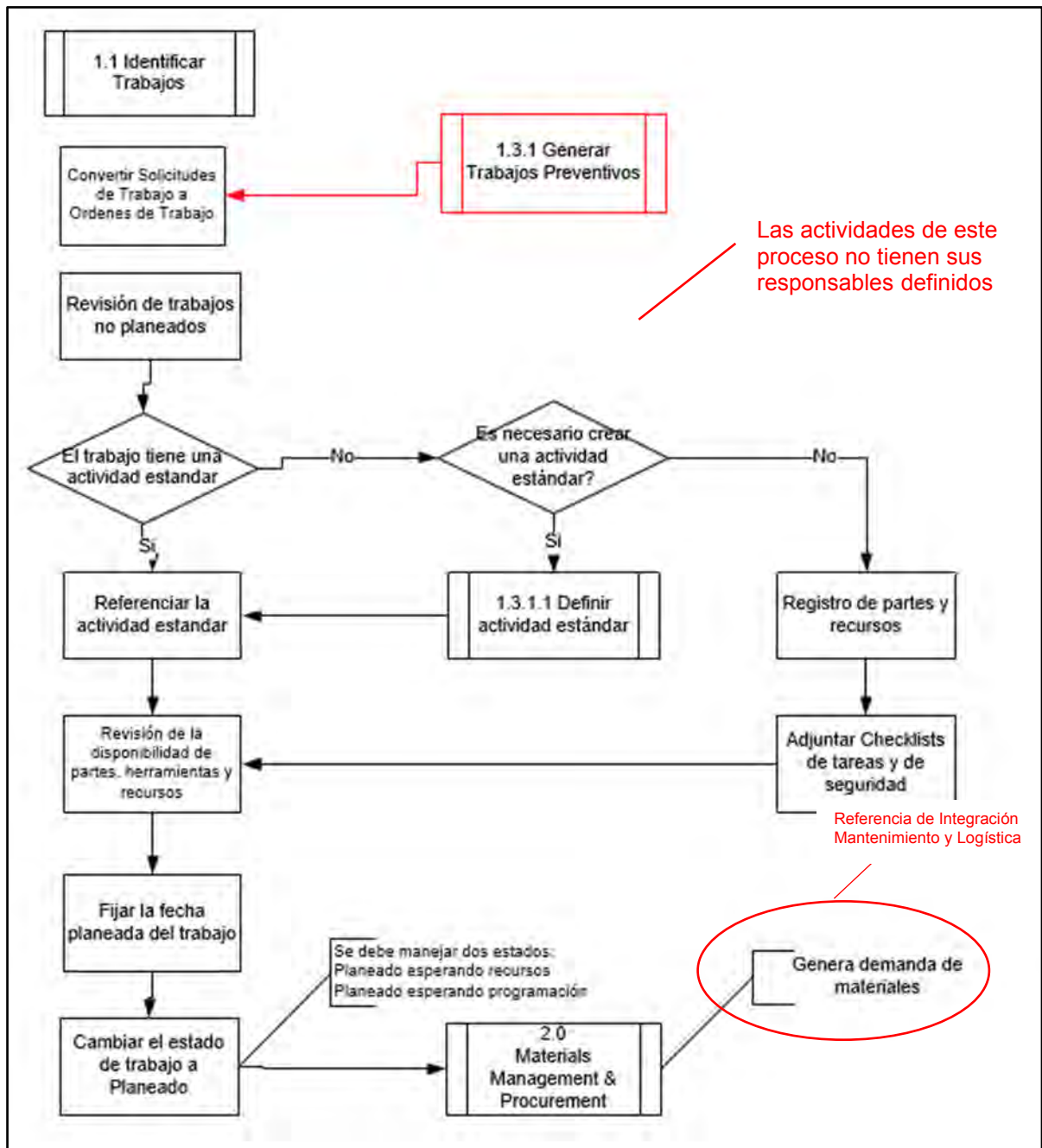


Figura 31: Referencia de Integración entre Mantenimiento y Logística

Fuente: Información de la empresa y edición del autor

Sin embargo en la Figura N° 32 se observa que el proceso de las Proyecciones de los requerimientos de materiales de Mantenimiento se realiza en forma manual dejando de lado la información de la demanda proveniente de las órdenes de trabajo, la prioridad del trabajo y la fecha de necesidad del material.

Se observa en las Figuras 31 y 32 que los procesos no tienen identificado sus responsables para cada una de sus actividades. Este hallazgo también se aprecia en los demás procesos de Mantenimiento y Logística.

Por otro lado en la Figura 33 se observa que la creación de órdenes de trabajo se lleva a cabo sin definir su prioridad de ejecución; dependiendo de la prioridad la orden de trabajo debería direccionarse al proceso de ejecución, programación o planificación.



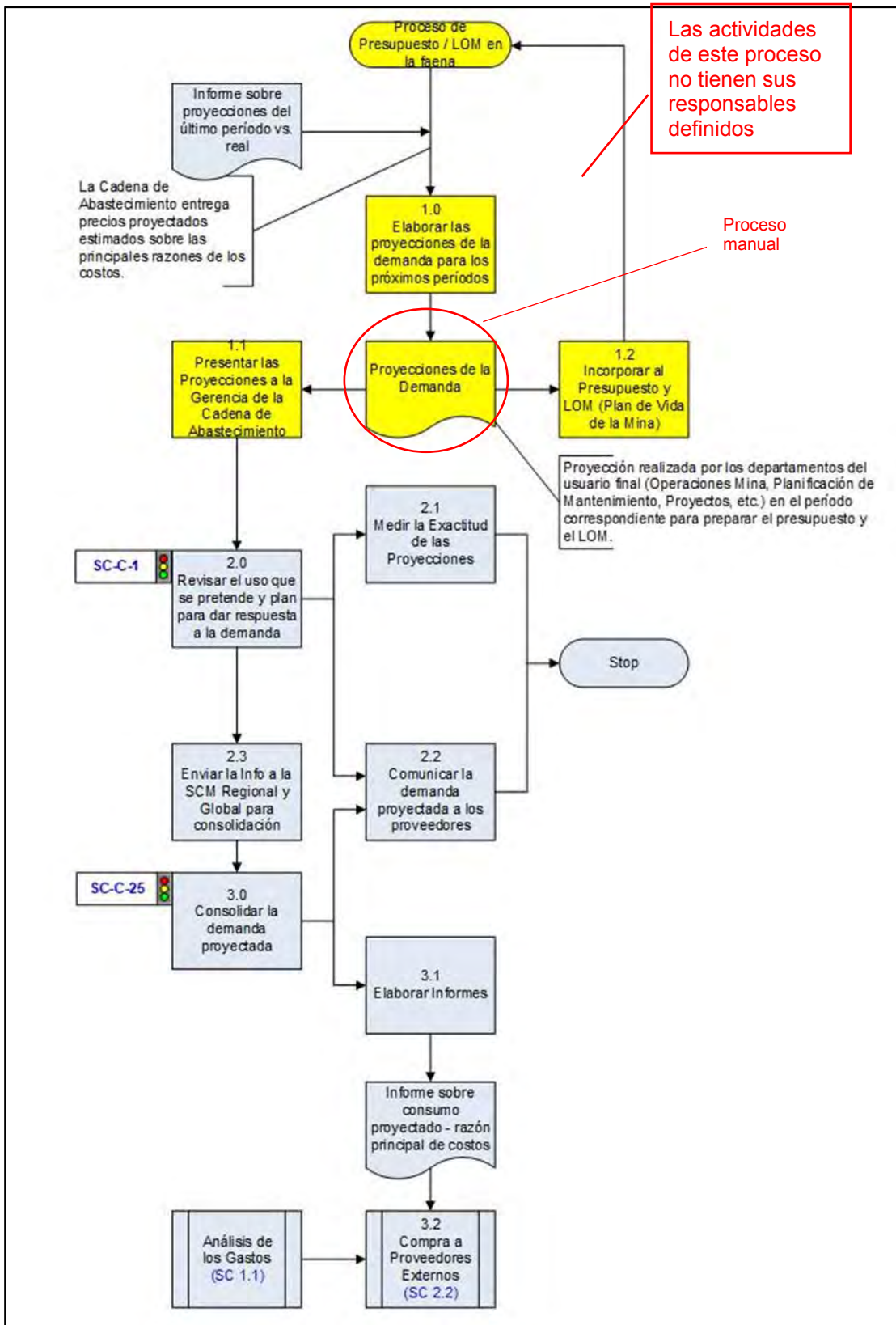


Figura 32: Proceso Manual de la Gestión de la Demanda  
Fuente: Información de la empresa y edición del autor

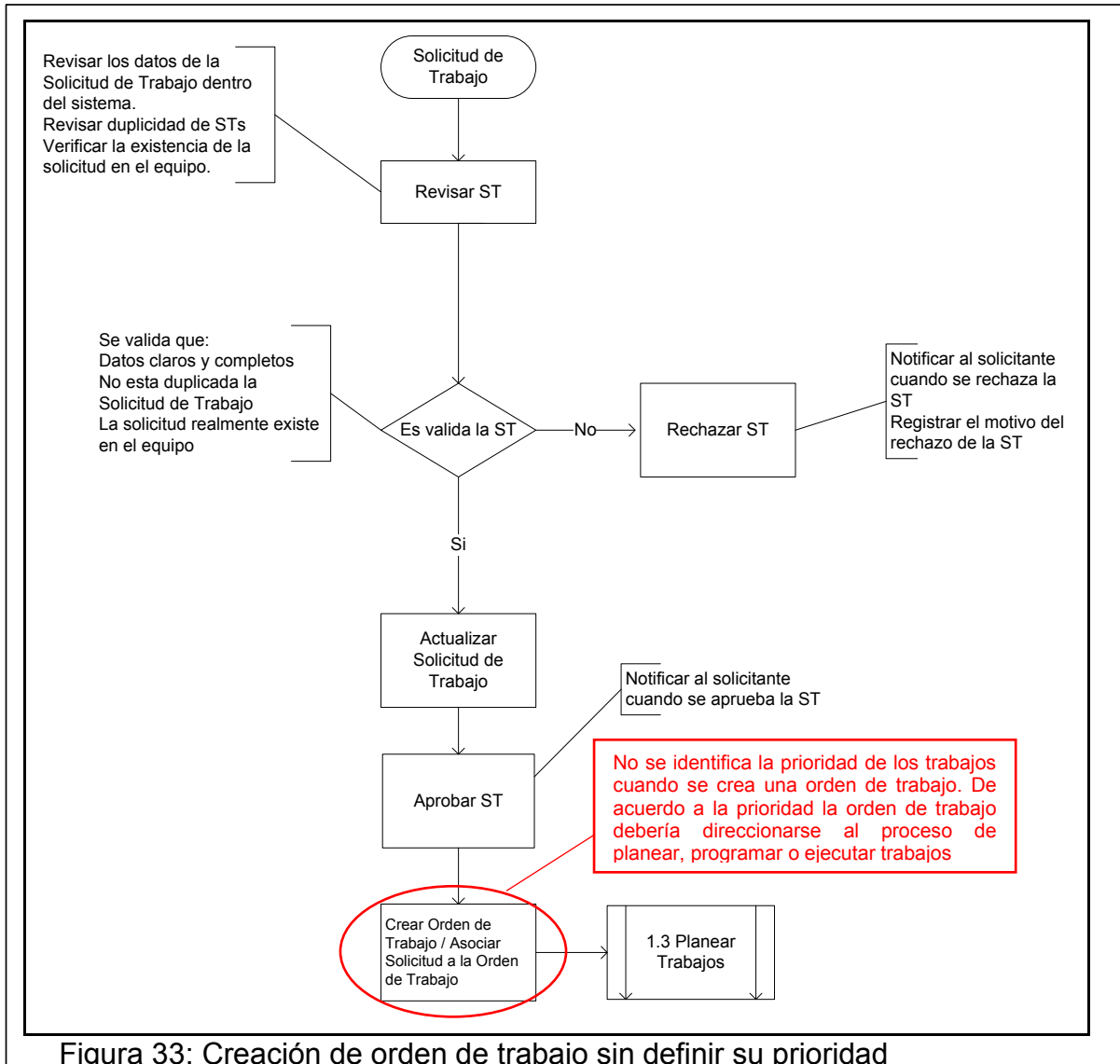


Figura 33: Creación de orden de trabajo sin definir su prioridad

Fuente: Información de la empresa y edición del autor



#### **2.2.4 Discusión de resultados**

La situación actual de la empresa indica que las disponibilidades de los equipos están por debajo de las metas propuestas. Es frecuente encontrar equipos inoperativos esperando repuestos y componentes mayores para iniciar los trabajos de reparación; este es uno de los factores por el cual las disponibilidades no alcanzan sus metas.

Según las estadísticas el motivo principal por el cual los equipos se encuentran inoperativos es la falta de repuestos el cual representa aproximadamente el 35% de las horas totales de parada de los equipos mina.

A pesar de que no se usa 48% de los ítems comprados del proceso de demanda de materiales existen equipos esperando materiales. Este es un índice de que los ítems no llegan a tiempo y no se agrupan los pedidos por órdenes de trabajo. Por ejemplo existen órdenes de trabajo que requieren 10 ítems y en el caso falte solo 1 ítem esta orden de trabajo no se puede ejecutar perdiendo de este modo la oportunidad de 9 ítems que si existen en almacén.

El alto porcentaje de órdenes de trabajo pendiente de cierre (68%) y órdenes de trabajo canceladas (28%) nos indica que no existe disciplina para gestionar las órdenes de trabajo desde su creación, su planificación, su programación, su ejecución y su cierre respectivo dentro del Sistema Informático de Mantenimiento.

Existe confusión en la forma como se debe solicitar los materiales. No todas las solicitudes de materiales son pedidos a través de órdenes de trabajo.

Existe una ventana de oportunidad de reducir \$ 2.2 M de inventarios. En el caso se lleve a cabo esta reducción se tendría la oportunidad de permitir el ingreso de nuevos ítems que si son necesarios para la operatividad de los equipos.

La actual clasificación de ítems solo se focaliza en la pérdida de producción (que es una percepción subjetiva) sin considerar factores objetivos tales como la

criticidad del equipo (que tiene per se el impacto a la producción), si el ítem está relacionado a una táctica de Mantenimiento entre otros factores a evaluar.

Si bien es cierto que los procesos de Mantenimiento hacen referencia a los procesos de logística, los procesos de Logística no hacen referencia este proceso confirmando de este modo que no existe interrelación entre ambos procesos.

Se observa que los procesos de Mantenimiento y Logística no tienen sus responsables identificados y por consiguiente no es posible poner en práctica las actividades de los procesos de ambas áreas.

De acuerdo los resultados de las entrevistas y el análisis de información concluimos que todas las proposiciones con válidas a excepción de la primera, tal como se aprecia en la Tabla N° 9. A continuación se explica cada una de las proposiciones.

- En base a este análisis se concluye que existen tanto los procesos de mantenimiento y de logística sin embargo éstas no tienen definido sus responsables para cada una de sus actividades, el nivel de entendimiento de estos procesos por parte de los empleados no es el óptimo y no existen indicadores de gestión que permitan controlar cada uno estos procesos.
- La planificación de la demanda de materiales muchas veces se inicia con pedidos a través de e-mails obviando la generación de una orden de trabajo en el sistema ERP de mantenimiento. Para las demandas que vienen con órdenes de trabajo el área logística no visualiza información relevante que se maneja en el departamento de Mantenimiento, tales como la prioridad de la orden de trabajo y las fechas de necesidad de los materiales, por otro lado Logística no consolida los materiales asociados a las órdenes de trabajo entregando materiales incompletos para la ejecución de trabajos de mantenimiento.

- La clasificación de los ítems no considera factores que impactan directamente a la producción del mineral, por ejemplo no se considera la relación de un ítem y la criticidad de los equipos mineros.
- Los procesos de mantenimiento y logística no están integrados y por consiguiente no toda la información que contiene una orden de trabajo es visualizada desde el módulo logístico (prioridades del pedido, fechas de necesidad, número de orden de trabajo de las demandas, entre otros).
- Los responsables de las actividades de los procesos no se encuentran definidos dentro de la documentación de los procesos de Mantenimiento y Logística. Por otro lado la integración entre los procesos de Logística y Mantenimiento no se encuentra definido, por consiguiente es necesario llevar a cabo una revisión de los roles y responsabilidades de los procesos de Mantenimiento y Logística así como también la integración que existe entre ambos procesos.

Tabla 9: Validación de Proposiciones

<b>Proposición</b>	<b>Conclusión</b>
No existe gestión basada en procesos para las áreas de Mantenimiento y Logística.	FALSO
No existe una adecuada planificación de la demanda de materiales.	VERDADERO
No están correctamente clasificados los ítems de Inventarios de Mantenimiento y no se actualizan periódicamente.	VERDADERO
Falta definir los procesos y sub-procesos de integración de Mantenimiento y Logística.	VERDADERO
Los roles y responsabilidades requieren una revisión para gestionar adecuadamente los procesos de integración entre Mantenimiento y Logística.	VERDADERO

### **3. Propuesta de mejora de la gestión de inventario de mantenimiento**

Con la finalidad de Optimizar los niveles de Inventario donde solo se tengan los ítems necesarios para la Gestión del Mantenimiento de la flota mina y a su vez levantar los hallazgos encontrados en la sección de “Discusión de Resultados” se proponen las mejoras que se detallan a continuación:

#### **3.1 Mejora en la interrelación de los procesos de logística y mantenimiento**

Es necesario establecer un proceso que interrelacione los procesos de gestión de mantenimiento y procesos de la gestión de materiales en donde logística gestione la demanda de los materiales considerando la prioridad y la fecha de necesidad de la orden de trabajo. Por otro lado logística entrega todos los materiales por orden de trabajo, para ello logística previamente a empaquetado la lista de materiales asociado a la orden de trabajo.

Cuando los materiales llegan al almacén estas deben ser comunicadas a mantenimiento en el proceso de programación de trabajos con la finalidad de asignar una fecha de ejecución del trabajo cuando los ítems se encuentran mina.

La Figura 34 es una propuesta para interrelacionar los procesos de logística y de mantenimiento.

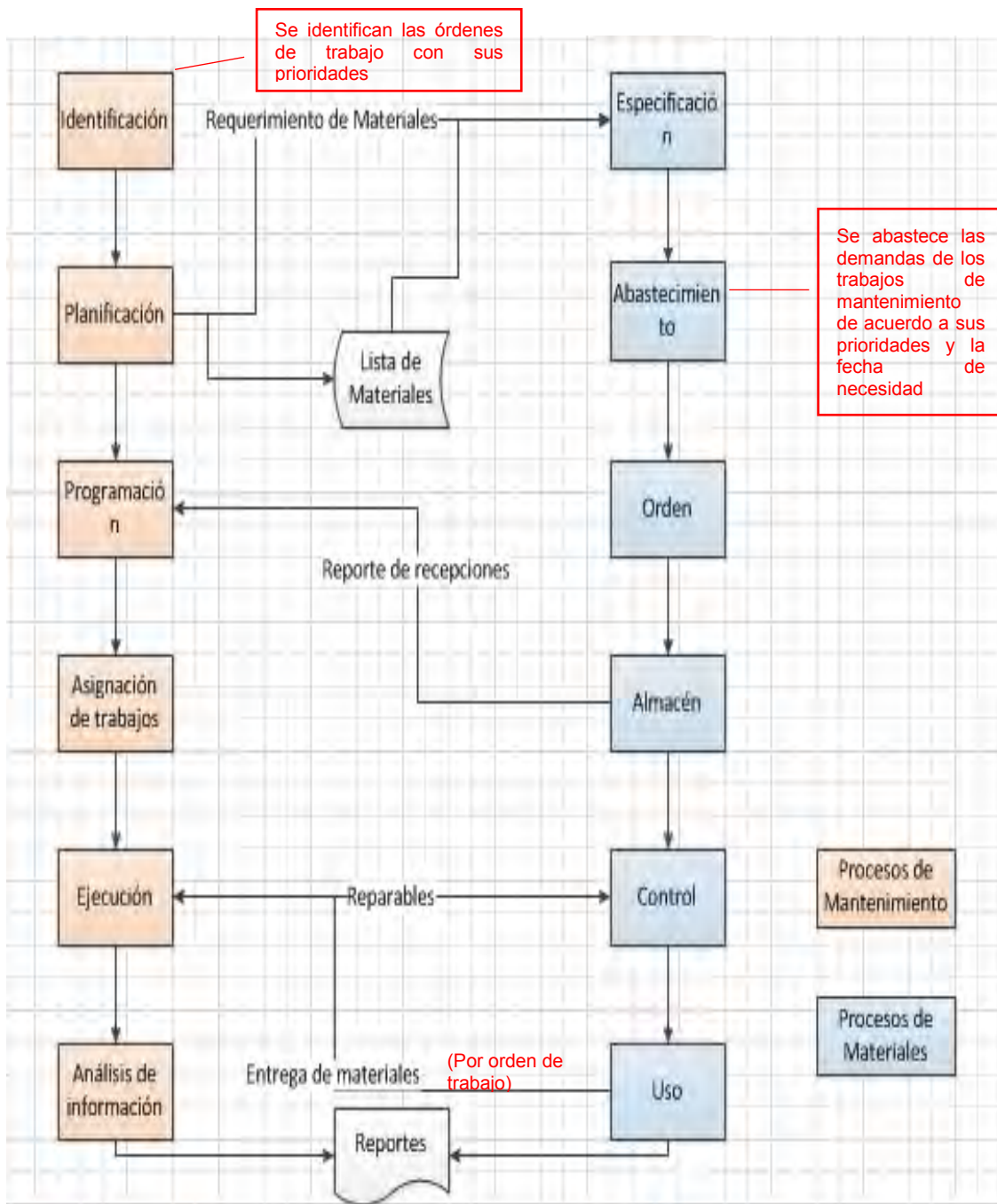


Figura 34: Interrelación de los Procesos de Mantenimiento y Logística  
Elaboración Propia

### 3.2 Mejora en la matriz de clasificación de inventarios de mantenimiento

Se debe definir una nueva clasificación de inventarios donde se incluyan factores objetivos y que tengan relación directa con los ítems del almacén. La tabla N° 10 muestra una propuesta para clasificar los ítems de inventarios.

Uno de los factores que compone la matriz de clasificación de ítems es la Criticidad del equipo que a su vez tiene relación con Seguridad & Salud, Medioambiente, Producción y Costo de la unidad minera. En el Anexo A se detalla la metodología para determinar la criticidad del equipo que usa la empresa y es una de los factores a considerar dentro de la propuesta de clasificación de ítems.

Tabla 10: Propuesta para clasificar ítems de inventarios

Factores	Valoración			Peso
	1	5	10	
Criticidad del equipo	Criticidad=1,2	Criticidad=3,4	Criticidad=5	<b>0.6</b>
Táctica del Mantenimiento	Mantenimiento Preventivo	Basado en condición	Corre a la falla	<b>0.2</b>
Ítems alternativos	Ítem genérico	Parte específica con alternativas disponibles	Parte específica sin alternativas disponibles	<b>0.2</b>

Fuente: Elaboración Propia (2017)

Rango de valores:

Si la Suma (Valoración Factor  $i$  x Peso Factor  $i$ )  $\geq 7$  el ítem será crítico, caso contrario será no crítico. En el Anexo B se muestra la aplicación de la matriz de clasificación de ítems.

A continuación se describe 2 ejemplos de clasificación de ítems considerando los factores, la valoración y sus pesos correspondientes.

### Ejemplo 1

En este ejemplo el ítem pertenece a camión 730E con criticidad 3 para el negocio, está asociado a un mantenimiento preventivo y tiene alternativas específicas. Aplicando la matriz el resultado obtenido es 4 (menor a 7) y por consiguiente se determina que el ítem es No Crítico.



*P/N FS19763, FLEETGUARD,  
FILTER, FUEL  
Proveedor alternativo: Si  
Táctica: PM*

Equipo al cual pertenece



*Camión Komatsu 730E  
Criticidad del Equipo: 3*

Ítem	Descripción	Criticidad del equipo	Táctica	Ítems alternativos	Valor	Criticidad
1152766	P/N FS19763, FLEETGUARD, FILTER, FUEL	3x(0.6)	1x(0.2)	5x(0.2)	4<7	No Crítico

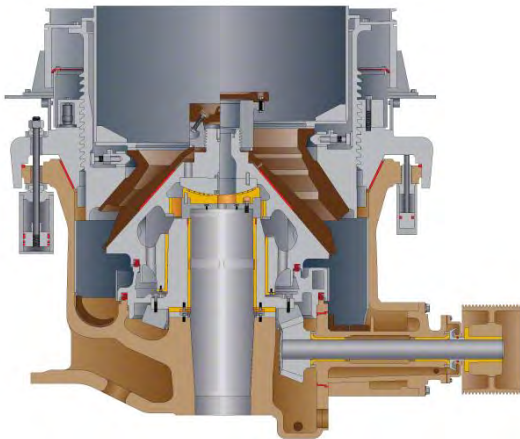
## Ejemplo 2

En este ejemplo el ítem pertenece a chancadora cónica con criticidad 5 para el negocio, está asociado a un mantenimiento basado a condición y tiene alternativas específicas. Aplicando la matriz el resultado obtenido es 8 (mayor a 7) y por consiguiente se determina que el ítem es Crítico.



*P/N FS19763, FLEETGUARD,  
FILTER, FUEL  
Proveedor alternativo: Si  
Táctica: PM*

Equipo al cual pertenece



*Chancadora Cónica METSO MP800  
Criticidad del Equipo: 5*

Ítem	Descripción	Criticidad del equipo	Táctica	Ítems alternativos	Valor	Criticidad
1000433	P/N 1026889928, METSO, FLEXIBLE COUPLING FOR SIEMENS CLOCKS HA FT	10x(0.6)	5x(0.2)	5x(0.2)	8<7	Crítico



### 3.3 Definir una política de manejo de inventarios de mantenimiento

En función a la criticidad del ítem definir una política de inventario que permita definir la estrategia de reposición y la obsolescencia de los ítems del almacén. En Tabla 11 se adjunta la política para manejar los inventarios, en esta se observa que los ítems críticos tienen una estrategia de reposición Min/Max y los No Críticos a través de demanda de órdenes de trabajo.

Tabla 11: Política para manejar inventarios

Tipo de ítem	Tipo de estrategia de reposición	Obsolescencia
Crítico	Min/Max	No
No crítico	Por demanda de órdenes de trabajo	Si (Después de 2 años de inactividad)

Elaboración Propia

A continuación se muestra dos ejemplos de la aplicación de la política de inventarios considerando los ítems clasificados previamente.

Ítem	Descripción	Criticidad	Estrategia de reposición	Obsolescencia
1152766	P/N FS19763, FLEETGUARD, FILTER, FUEL	No Crítico	Por demanda de órdenes de trabajo	Sí (después de 2 años de inactividad)
1000433	P/N 1026889928, METSO, FLEXIBLE COUPLING FOR SIEMENS CLOCKSHAFT	Crítico	Min/Max	No

### 3.4 Definición de prioridades de órdenes de trabajo

En el sub-proceso de Gestión de solicitudes de trabajo (que pertenece al proceso de Identificación de trabajos) se deben definir en las órdenes de trabajo sus respectivas prioridades, dependiendo de la prioridad asignada a la orden de trabajo debe direccionarse a los procesos de planificación, programación, trabajos inmediatos o ejecución. En la tabla 12 se define un modelo para manejar las prioridades de las órdenes de trabajo.

En este modelo se definen 5 niveles de prioridades, donde la prioridad 0 (emergencia) tiene la máxima prioridad porque afecta a la seguridad en el trabajo o la producción de la empresa en forma significativa. En esta prioridad la orden de trabajo debe ser direccionado al proceso de trabajos inmediatos.

Los trabajos de prioridad 0 deben ser aprobados por la gerencia de mantenimiento.

Los trabajadores de prioridad 1 (urgente) podrían afectar a la seguridad y a la producción en forma significativa. En esta prioridad la orden de trabajo debe ser direccionado al proceso de ejecución de trabajos.

Los trabajos con esta prioridad deben ser aprobados por la superintendencia de mantenimiento.

Los trabajos de prioridad 2 afecta (< 14 días) afectan o podrían afectar moderadamente la seguridad y producción. Trabajos con esta prioridad son direccionados al proceso de programación de trabajos.

Los trabajos con prioridad 2 no requieren aprobación por parte de la gerencia y superintendencia.

Los trabajos de prioridad 3 (< 30 días) afectan o podrían afectar levemente la seguridad y producción de la empresa. Trabajos con esta prioridad son direccionados al proceso de planificación de trabajos.

Los trabajos con prioridad 3 no requieren aprobación por parte de la gerencia y superintendencia.

Los trabajos de prioridad 4 (> 30 días) son trabajos que son planificados con un horizonte mayor a 30 días. Trabajos con esta prioridad son direccionados al proceso de planificación de trabajos.

Los trabajos con prioridad 4 no requieren aprobación por parte de la gerencia y superintendencia. El objetivo del área de mantenimiento debe ser tener la mayor cantidad de trabajos de prioridad 4 para que el área de Logística tenga la opción de planificar los pedidos de materiales con anticipación, negociar los mejores precios, consolide mercadería y asegure la entrega oportuna al área de mantenimiento.

Tabla 12: Modelo para manejar las prioridades de las órdenes de trabajo

Código	Prioridad	Descripción	Nivel de aprobación	Acción recomendada
0	Emergencia – inmediatamente	<p>El equipo <b>ha fallado</b> y origina lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fatalidades o efectos a la salud resultantes en enfermedades o inhabilitación</li> <li>Impactos medioambientales graves, o violaciones a la reglamentación con suspensión de la operación, el cierre se ve severamente impactado</li> <li>Variación de la Producción de &gt;5%</li> <li>Variación del costo de &gt; 5%</li> </ul>	Gerente de Mantenimiento	<p>Interrumpir el trabajo actual (programado o no programado) y atender el trabajo inmediatamente.</p> <p>El trabajo se realiza inmediatamente y se documenta.</p> <p>El Gerente de Mantenimiento debe revisar, validar y <u>aprobar</u> el trabajo de emergencia a ser realizado.</p>
1	Urgente – realizar dentro del turno	<p>El equipo <b>tiene una probabilidad alta de que falle</b>. Esto puede originar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fatalidades o efectos a la salud resultantes en enfermedades o inhabilitación</li> <li>Impactos medioambientales graves, o violaciones a la reglamentación con suspensión de la operación, el cierre se ve severamente impactado</li> <li>Variación de la Producción de &gt;5%</li> <li>Variación del costo de &gt; 5%</li> </ul>	Superintendente o Jefe General del área	<p>Atender la solicitud de trabajo dentro del actual programa semanal.</p> <p>Insertar la orden de trabajo dentro del Programa Semanal para ejecutar este trabajo.</p> <p>El Superintendente o Jefe General del área debe ser informado del trabajo a ser realizado en calidad de urgencia.</p>
2	En un plazo < 14 días	<p>El equipo <b>falló o tiene una probabilidad alta de que falle</b>. Esto puede originar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lesión/enfermedad con tiempo perdido o efecto severo, reversible a la salud resultante de la exposición aguda o de una condición crónica progresiva, enfermedad infecciosa</li> <li>Impactos medioambientales moderados más allá de los límites, violaciones a la reglamentación con multas</li> <li>Variación de la Producción de 2% a 5%</li> <li>Variación del costo de 2 a 5%</li> </ul>	Según proceso estándar de Mantenimiento	<p>Programar en el trabajo para ser realizado dentro del siguiente periodo o programa semanal.</p> <p>El Programador es responsable de que el programa semanal sea revisado y validado formalmente por Operaciones y el Supervisor de Mantenimiento, distribuyéndolo con tiempo para su ejecución.</p>
3	En un plazo < 30 días	<p>El equipo <b>falló o tiene una probabilidad alta de que falle</b>. Esto puede originar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Casos de tratamiento médico o efectos reversibles a la salud no preocupantes, no limitantes</li> <li>Impacto medioambiental menor a la operación, se debe informar a los legisladores.</li> <li>Variación de la Producción de &lt;2%</li> <li>Variación del costo de &lt;2%</li> </ul>	Según proceso estándar de Mantenimiento	<p>La orden de trabajo será programada, planificada y ejecutada en una fecha “razonable” de acuerdo a las necesidades del equipo.</p> <p>Este trabajo debe ser planificado y programado dentro de las siguientes 2 a 4 semanas.</p>
4	En un plazo > 30 días o según plan de mantenimiento	El trabajo debe ser apropiadamente planificado.	Según proceso estándar de Mantenimiento	<p>La orden de trabajo será planificada y programada como corresponde para cumplir las fechas o tiempos definidos de acuerdo a la estrategia de mantenimiento del equipo. Esto es programación a largo plazo.</p> <p>Este trabajo debe ser planificado con más de 30 días de anticipación.</p>

Elaboración Propia

### **3.5 Mejoras en los procesos de mantenimiento y logística**

- Se debe actualizar los procesos de Mantenimiento y Logística en donde se refleje para cada una de sus actividades sus respectivos responsables.
- Dentro del proceso de “Despacho de Ítems del Inventario” incluir la directriz de que el pedido sea a través de órdenes de trabajo (no por línea de pedido del material) y almacén empaque y despache todos los materiales asociados a una orden de trabajo.
- Dentro de los procesos de “Planificación de trabajos”, “Programación de trabajos” y “Ejecución de trabajos” se debe restringir que la solicitud de materiales sea a través de órdenes de trabajo.
- Incluir indicadores de gestión a nivel de cada uno de los procesos de mantenimiento y logística con la finalidad de asegurar su puesta en práctica en la mina. Algunos ejemplos de indicadores a nivel del proceso de planificación de trabajo es “% de Trabajos Planificados” y “Cumplimiento del plan de trabajos”, a nivel del proceso cierre de trabajos es “% de Trabajos Cerrados” y “% de trabajos completados esperando cierre”. Estos son solo algunos ejemplos de indicadores a nivel de procesos, es necesario identificar indicadores adicionales para los demás procesos de mantenimiento y logística.

## **4. Evaluación económica**

En este capítulo se determinarán los costos de inversión que implica realizar la propuesta de mejora, los cuales incluyen los costos de los especialistas en procesos de gestión de procesos, especialistas en SAP, gerente del proyecto, capacitaciones y sesiones de revisión de las criticidades de ítems de almacén y criticidad de activos.

Por otro lado se determinarán los ahorros y ganancias que se obtendrán después de aplicar la propuesta de mejora de la gestión de inventario.

A partir de los costos de inversión, los ahorros y las ganancias se desarrollarán el flujo de caja para determinar la factibilidad económica de la implementación de la propuesta de mejora de la gestión de inventario.

Cabe mencionar que en la implementación de esta iniciativa no es necesario incrementar personal operativo dentro de las áreas de Mantenimiento y Logística.

### **4.1 Costos de inversión**

En esta sección se determinarán los costos que se deben incurrir para llevar a cabo la implementación de la propuesta de mejora de inventarios de mantenimiento. En la Tabla 13 se presentan los costos que se necesitan invertir para la implementación de esta iniciativa.

Para llevar a cabo esta propuesta de mejora es necesario contratar por el primer año a personal especializado para liderar este proyecto de mejora.

También es necesario llevar a cabo actualizaciones anuales de las criticidades de equipos y de los ítems de inventarios.

Por último es necesario capacitar anualmente al personal de mantenimiento y logística en sus procesos de negocio y el sistema SAP en los módulos de Mantenimiento (PM) y Logística (MM) respectivamente; esto con la finalidad de asegurar que la propuesta de mejora aplicada se mantenga en el tiempo.

Tabla 13: Costos de inversión para implementar la propuesta de mejora

Descripción	Especialista	Cantidad	Costo mensual (Soles)	Costo anual (Soles)	Costo total (Soles)
Contratación temporal de personal especializado	Especialista en procesos de negocio de Mantenimiento de equipos	1	10,000	120,000	600,000
	Especialista en procesos de negocios de Logística	1	8,000	96,000	
	Especialista en SAP (Módulo de Mantenimiento Planta)	1	10,000	120,000	
	Especialista en SAP (Módulo de Administración de Materiales)	1	10,000	120,000	
	Project Manager	1	12,000	144,000	
Evaluación/ Capacitación	Evaluación de criticidad de ítems	1		100,000	350,000
	Evaluación de criticidad de activos	1		50,000	
	En gestión de procesos de Mantenimiento y uso del SAP PM	1		100,000	
	En gestión de procesos de Logística y uso del SAP MM	1		100,000	
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>950,000</b>

## 4.2 Ahorro y ganancias

Con la propuesta de mejora implementada se logrará reducir los ítems inactivos y obsoletos; por otro lado también permitirá mejorar las horas disponibles de los equipos mina.

De la Tabla 8 se observa que el potencial ahorro es de 2.2 M USD por año. Para efectos de fijarnos una meta realista consideramos que reduciremos este monto en un 20%.

Por otro lado de la Figura 26 se observa que es posible reducir 676 horas de parada de equipos mina debido a la falta de materiales en stock. Consideraremos que se va a reducir un 20% de las horas de parada de los equipo por falta de ítems de mantenimiento.

En la Tabla 14 se muestra el ahorro y las ganancias de implementar la propuesta de mejora en la gestión de inventarios de mantenimiento.

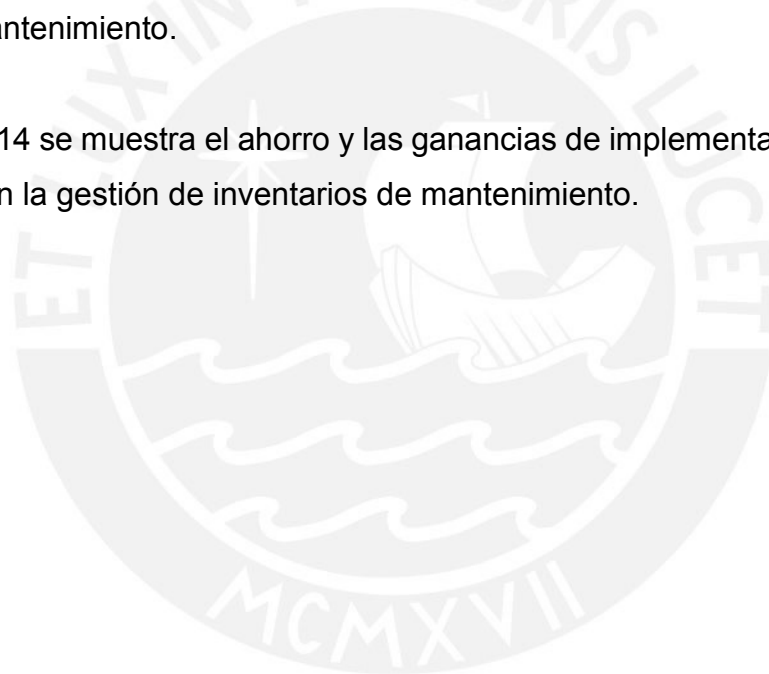


Tabla 14: Ahorro y ganancias esperadas

<b>Ahorro</b>	<b>Costo de inventario de ítems sin movimiento (USD)</b>	<b>Costo de inventario obsoleto (USD)</b>	<b>Costo total de ítem sin movimiento y obsoleto (USD)</b>	<b>Ahorro anual esperado (USD) - 20%</b>	<b>Total ahorro anual (USD)</b>	<b>Total ahorro anual (Soles)</b>
Reducción de ítems inactivos y obsoletos	1,900,000	300,000	2,200,000	440,000	440,000	1,425,600
<b>Ganancias</b>	<b>Horas de parada por falta de materiales (USD)</b>	<b>Costo de alquiler por hora del equipo (USD)</b>	<b>Costo total de alquiler (USD)</b>	<b>Ganancia anual esperada (USD) - 20%</b>	<b>Total ganancia anual (USD)</b>	<b>Total ganancia anual (soles)</b>
Ganancia por mejora de disponibilidades en cargadores	71	100	85,389	17,078	81,120	262,829
Ganancia por mejora de disponibilidades en camiones	427	50	256,168	51,234		
Ganancia por mejora de disponibilidades en tractores	178	30	64,042	12,808		
<b>TOTAL AHORRO + GANANCIAS</b>					<b>521,120</b>	<b>1,688,429</b>



### 4.3 Flujo de caja

En la tabla 15 se detalla el flujo de caja con los costos de inversión, el ahorro y las ganancias que trae consigo la implementación de la propuesta de mejora en la gestión de inventarios de mantenimiento. La tasa (i) que se considera en este ejercicio es 15%, esta tasa es la que considera la empresa para llevar a cabo las evaluaciones económicas de sus proyectos.

Se observa que el VAN es  $2.4M > 0$  y el TIR es  $136\% > 15\%$  por consiguiente se concluye que la implementación de la propuesta de mejora de la gestión de inventarios de mantenimiento es viable desde el punto de vista económico.



Tabla 15: Flujo de caja de la implementación de la propuesta de mejora

<b>Año</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Ahorro y ganancias	Ahorro (Soles)		1,425,600	1,425,600	1,425,600	1,425,600
	Ganancia en mejora de disponibilidades (Soles)		262,829	262,829	262,829	262,829
Inversión	Equipo implementador (Soles)	600,000				
	Capacitación anual (Soles)	350,000	350,000	350,000	350,000	350,000
<b>Flujo neto económico (Soles)</b>		-950,000	1,338,429	1,338,429	1,338,429	1,338,429
<b>VAN (Soles)</b>		2,496,683				
<b>TIR</b>		136%				

## 5. Conclusiones

- Para encontrar hallazgos en problemas complejos es necesario combinar métodos de investigación sociales y métodos de análisis de datos con la finalidad de lograr resultados confiables.
- Las actividades de los procesos deben tener sus responsables visibles para que aseguren el cumplimiento de los procesos en situaciones reales.
- La interrelación entre los procesos de Mantenimiento y Logística es un factor clave para asegurar que el proceso de la demanda de materiales funcione adecuadamente asegurando que los repuestos para el mantenimiento de los equipos se encuentren en stock cuando se necesiten.
- Los trabajos planificados juegan un papel importante en la Gestión de los inventarios debido a que permite tiempos largos para la compra de repuestos y de este modo se asegura que los materiales lleguen en forma oportuna.
- Los repuestos asociados a una orden de trabajo deben ser agrupados en una canasta y ser entregados en su totalidad para la ejecución del trabajo.
- Es necesario que la clasificación de inventarios de mantenimiento considere factores de la criticidad del activo y la relación con las tácticas de mantenimiento con la finalidad de asegurar que los ítems críticos se alineen con la Gestión del Mantenimiento.
- Para optimizar los inventarios de Mantenimiento es necesario definir la criticidad de los ítems y a las mismas asignarles una estrategia de reposición en donde los críticos tienen una estrategia de reposición de mínimo/máximo y los no críticos en función a demandas planificadas a través de órdenes de trabajo.

## Referencias Bibliográficas

Arata, Adolfo (2009). Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Chile: RIL Editores.

Campbell, John; Reyes-Picknell, James (2006). Uptime - Strategies for Excellence in Maintenance Management. USA: CRC Press.

Flores, Benito (1988). Know your ABC. Management Decision, 26 (3), 20-24.

John Moubray (2000). Mantenimiento centrado en confiabilidad. USA: Edwards Brothers Lillington

Krajewski, Ritzman, Malhotra (2013). Administración de Operaciones. México: Pearson.

Mather, Daryl (2003). A timesaving Implementations Process. USA: CRC Press.

Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Jhonston, Robert (2010). Operations Management. England: Pearson Education Limited.  
"Operations Management"

Silver, Edward; Pyke, David; Peterson, Rein (1998). Inventory management and production planning and scheduling. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Yim, Robert (2009). Case Study Research. USA: SAGE Publications.

Zein, Mohammed (1990). Inventory Management Strategy: Malaysia Airlines 1989-1993. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 20 (9), 32-42.

## **Anexos**

### **Anexo A: Evaluación de la criticidad de equipos**

En este anexo se muestra la evaluación de la criticidad de equipos que usa la empresa, este criterio de evaluación es usado dentro la propuesta de clasificación evaluación de ítems de inventarios de mantenimiento.

#### **1. La Intención**

La intención de este estándar es proporcionar una metodología para definir la criticidad de los equipos.

#### **2. El Propósito**

El propósito de una evaluación de la criticidad de los equipos es clasificar los activos en una escala de "1" a "5" en base a la consecuencia de la falla.

El puntaje de criticidad se puede utilizar entonces para:

- priorizar el desarrollo de estrategias de mantenimiento
- ingresar la identificación de repuestos críticos
- priorizar el trabajo de mantenimiento

Los Principios Guías

- No complique innecesariamente el proceso – el objetivo principal es establecer un listado priorizado de equipos, desde el más crítico al menos crítico.
- Tómese el tiempo para definir la matriz de clasificación de criticidad (consultar la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad”) – esto facilitará la asignación de una clasificación de criticidad y proceso avanzará más rápido.
- Revise la criticidad de los equipos cada dos años o cuando haya habido un cambio significativo en los equipos de la flota minera o de la planta de procesos.

### **3. La Clasificación de la Criticidad de los Equipos**

Un equipo se clasifica con un puntaje de „1“ a „5“, en base a las consecuencias de la falla, donde „1“ es la consecuencia más baja y „5“ la más alta.

Las consecuencias de una falla se evalúan tomando en consideración el impacto de ésta en cuatro dimensiones; la seguridad, el medioambiente, la producción y el costo. Esto está alineado con la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad”.

La faena deberá definir claramente su matriz de criticidad en base sus propios criterios, como una manera de dejar claro que significa cada puntaje. (Tomar como referencia la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad”).

El puntaje final del riesgo (un entero entre 1 y 5) se debe registrar en el Sistema ERP-Mantenimiento en el nivel apropiado de la jerarquía de equipos de acuerdo con la taxonomía estándar definida en la empresa.

### **4. La Metodología**

Consiga un listado amplio de equipos. Mientras revisa el listado, use el “Diagrama de flujo para determinar la criticidad de un equipo” en conjunto con la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad” para determinar la criticidad de cada equipo. La evaluación de criticidad deberá ser idealmente elaborada por un equipo multifuncional que incluya representantes de operaciones, mantenimiento, salud, seguridad, medioambiente, etc.

#### **4.1 La Determinación del Puntaje de Criticidad sobre la Seguridad**

Cuando los equipos de minería y de procesamiento de mineral fallan, las consecuencias a la seguridad pueden ser graves. Sin embargo, gran parte de nuestros equipos, aunque tienen el propósito de ser seguros, no están inicialmente diseñados con una función de seguridad en mente, por lo tanto, podría ser confuso intentar decidir respecto de las consecuencias de la falla sobre la seguridad.

Es posible pensar en muchas circunstancias extremas de fallas de equipos que culminan en consecuencias graves para la seguridad, llegando incluso al grado de que cada equipo de la mina podría alcanzar el puntaje más alto de criticidad para seguridad. Sin embargo, la mayoría de las consecuencias de esas fallas no son reales, y clasificar todo con puntajes altos no es útil al tratar de definir nuestras prioridades.

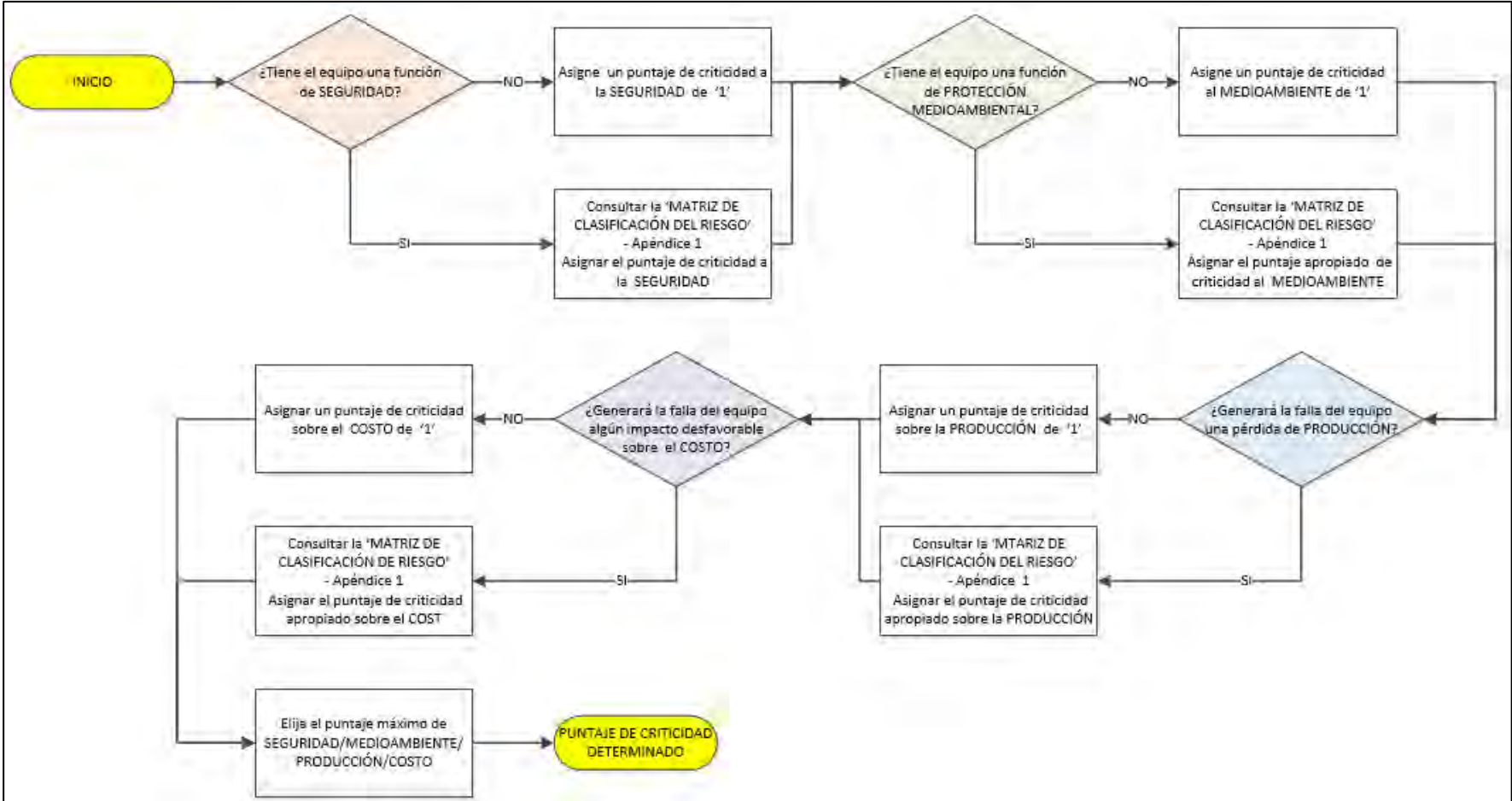
Por lo tanto al evaluar la criticidad de la seguridad se recomienda usar la pregunta:

“¿Tiene este equipo un función de seguridad como una de sus funciones primarias?”

Si la respuesta es “Sí”, entonces se debería clasificar con el puntaje de criticidad de seguridad apropiado, usando la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad”.

Si la respuesta es “No”, entonces se debería clasificar para seguridad con un puntaje de 1 (la criticidad más baja).

Diagrama de flujo para determinar la criticidad de un equipo





#### 4.2 Determinación de la Clasificación de Criticidad al Medioambiente

Un enfoque similar al tema de la seguridad se debe tomar en cuenta al evaluar la criticidad medioambiental. Al evaluar la seguridad se recomienda usar la pregunta:

“¿Tiene este equipo una función de protección medioambiental como una de sus funciones primarias?”

Si la respuesta es “Sí”, entonces se debería clasificar con el puntaje de criticidad medioambiental apropiado, usando la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad”.

.

Si la respuesta es “No”, entonces se debería clasificar para medioambiente con un puntaje de 1 (de más baja criticidad).

#### 4.3 Determinación de la Clasificación de la Criticidad a la Producción/el Costo

Para determinar la criticidad a la producción/el costo, usar la “Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad”.

Revisar esta tabla y personalizar los criterios para que sean significativos para la unidad minera en cuestión.

En el “Ejemplo de clasificación de criticidad de equipos”, se detalla la valoración de criticidades de una muestra de equipos mineros.

## Matriz Corporativa de Clasificación del Riesgo de Salud y Seguridad

CLASIFICACIÓN	1	2	3	4	5
SEGURIDAD Y SALUD	Lesión Menor -o- efectos menores reversibles a la salud de menor importancia	Caso de Tratamiento Médico -o- efecto reversible a la salud de cuidado, sin discapacidad	Lesión/enfermedad con tiempo perdido -o- grave efecto reversible a la salud, resultante de una exposición aguda de corto plazo -o- condición crónica progresiva, enfermedad contagiosa	Fatalidad única -o- discapacidad permanente -o- exposición resultante en un efecto irreversible para la salud de preocupación	Fatalidades Múltiples -o- efectos a la salud resultantes en enfermedades inhabilitantes múltiples conducentes a una mortandad temprana
MEDIOAMBIENTE	Impacto limitado al medioambiente, sin informe reglamentario, atrasos menores en el cierre de 1-2 años	Impacto medioambiental menor en la faena, con informe al legislador, atrasos en el cierre de 3-6 años	Impactos medioambientales moderados, se extienden más allá de los límites de la faena, violaciones a la legislación con multas, atrasos significativos en el cierre de 6-10 años	Impactos medioambientales graves de mediano plazo, violaciones mayores a la legislación, impactos de largo plazo al cierre de >10 años	Impactos medioambientales de largo plazo graves, severas violaciones a la legislación con suspensiones de la operación, el cierre se ve severamente impactado
PRODUCCIÓN (variación del presupuesto)	< 1 %	1 - 2 %	2 - 5 %	5 - 10 %	> 10 %
COSTO (variación del presupuesto)	< 1 %	1 - 2 %	2 - 5 %	5 - 10 %	> 10 %

Ejemplo de clasificación de criticidad de equipos

Hitachi EX3600 (1) TM11122EXC301 	Atlas Copco ROC L8 (2) TM11121DRL501 TM11121DRL502 	CAT 994F (1) TM11122LOA301 
CAT 789C (5) TM11123TRH401 TM11123TRH402 TM11123TRH403 TM11123TRH404 TM11123TRH405 	CAT 16H (2) TM11124GRA601 TM11124GRA602 	CAT D10N (1) TM11124DOZ501 



NÚMERO DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	FACTORES DE CRITICIDAD				CLASIFICACIÓN DE CRITICIDAD
		SEGURIDAD	MEDIOAMBIENTE	PRODUCCIÓN	COSTO	
TM11121DRL501	Perforadora Atlas Copco ROC L8	1	1	3	2	3
TM11121DRL502	Perforadora Atlas Copco ROC L8	1	1	3	2	3
TM11122EXC301	Excavadora Hitachi EX3600	1	1	4	3	4
TM11122LOA301	Cargador CAT 994F	1	1	4	3	4
TM11123TRH401	Camión de Acarreo CAT 789C	1	1	2	2	2
TM11123TRH402	Camión de Acarreo 789C	1	1	2	2	2
TM11123TRH403	Camión de Acarreo CAT 789C	1	1	2	2	2
TM11123TRH404	Camión de Acarreo CAT 789C	1	1	2	2	2
TM11123TRH405	Camión de Acarreo 789C	1	1	2	2	2
TM11124GRA601	Motoniveladora CAT 16H	1	1	1	2	2
TM11124GRA602	Motoniveladora CAT 16H	1	1	1	2	2
TM11124DOZ501	Bulldózer CAT D10N	1	1	1	2	2