



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

INTEGRACIÓN DE LA LOGÍSTICA COMO UNA ESTRATEGIA EN EL DESEMPEÑO
OPERATIVO DE MINERÍA SUBTERRÁNEA: EL CASO DE MINERA XHJ-21

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
GUADALUPE SALAZAR RANGEL

TUTOR PRINCIPAL
DR. JUAN PABLO ANTÚN CALLABA
INSTITUTO DE INGENIERIA

MÉXICO, D. F. Junio 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Aceves García Ricardo

Secretario: Elizondo Cortés Mayra

Vocal: Antun Callaba Juan Pablo

1^{er}. Suplente: Soler Anguiano Francisca Irene

2^{do}. Suplente: Del Moral Dávila Manuel

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: México, D.F.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Juan Pablo Antun Callaba

Contenido

Resumen	9
Summary	10
Agradecimientos	11
Dedicatoria	12
Objetivo General	13
Objetivo Específico	13
Metas	13
Alcances	13
Marco Teórico	14
Capítulo I: Desarrollo del sector minero	18
1.1 ¿Qué es la minería?	18
1.2 Clasificación de Minerales	18
1.3 Mercados de minerales industriales	19
1.4 Evolución de la minería	21
1.5 Desarrollo de la Minería en México	23
1.6 Elementos de consideración para México y la factibilidad de inversión	32
.....	
1.7 Marco normativo	32
Referencias	35
Capítulo II: Procesos productivos en minería subterránea	38
2.1 Características del sector minero: Industria extractiva	38
2.2 Etapas del ciclo de vida de un proyecto minero	40
2.3 Operaciones unitarias en minería	41
a) Prospección	41
b) Exploración	41

c) Preparación	42
d) Desarrollo	42
e) Extracción	42
f) Transporte y/o manipulo de minerales	42
g) Recepción de minerales	43
h) Concentración o Procesamiento Metalúrgico	43
2.4 Minería Subterránea	44
2.5 Transporte en minería subterránea.....	47
2.6 Clasificación de los equipos de transporte.....	49
2.7 Tecnología en minería	49
Referencias	53
Capítulo III: Estado del arte en mapas de procesos de la industria minera	55
3.1 Importancia de los mapas de procesos.....	55
Capítulo IV: Estudio de caso Minera XHJ-21.....	63
4.1 Antecedentes.....	63
4.2 Evolución de Mining JK Corporation	64
4.3 Minera XHJ-21.....	65
<i>Misión Corporativa</i>	66
<i>Visión Corporativa</i>	67
4.4 Estructura Organizacional General.....	67
4.5 Identificación de procesos logísticos internos en Minera XHJ-21.....	68
4.5.1 Área operativa: Almacén y Compras.....	68
4.5.2 Área operativa: Mina.....	70
4.5.3 Área Operativa: Planta de Beneficio	72
4.6 Análisis del Sistema Logístico Interno	74
Logística de Producción	75
Logística de Entrada	78
Logística de distribución: Acarreo de mineral interno y embarque de producto final	81

Capítulo V: Propuesta para la integración de la logística como estrategia en el desempeño operativo de la minería subterránea	85
5.1 Bases para el desarrollo de una propuesta de integración de la logística a la minería subterránea.	85
5.1.1 Flujo y Gestión de la información.	86
5.1.2 Gestión del Transporte.....	87
5.1.3 Desarrollo, Seguimiento y Evaluación de Proveedores	88
5.1.4 Plan de Mantenimiento Operativo Dirigido.....	89
5.1.5 Medición del desempeño logístico	90
5.2 Propuestas para el caso de XHJ-21	92
5.2.1 Sistema de Información Integral.....	92
5.2.2 Gestión del acarreo de mineral	94
5.2.3 Desarrollo, seguimiento y evaluación de proveedores.....	95
5.2.4 Diseño de un plan de mantenimiento	97
5.2.5 Embarque de Mineral.....	98
Conclusiones	99
Anexo I: Estructura organizacional por área operativa de Minera XHJ-21	103
Anexo 2: Álbum fotográfico de Minera XHJ-21	108

Índice de figuras

Capítulo I

- Fig. 1: Reconstrucción de una antigua operación de lixiviado en pila para la obtención de cobre, en Chipre hacia el siglo II D.C.
- Fig.2: Mapa de los yacimientos de clase mundial presentes en México
- Fig. 3: Mapa metal genético de la República Mexicana

Capítulo II

- Fig. 1: Involucrados en la cadena de valor del sector minero-metalúrgico
- Fig. 2: Operaciones unitarias en un proceso minero-metalúrgico
- Fig. 3: Etapas del proceso de Beneficio de Minerales
- Fig.4: LHD cargando mineral
- Fig.5: Ejemplo de un sistema de corte y relleno en minería subterránea
- Fig.6: Infraestructura básica en minería subterránea
- Fig.7: Ciudad del Oro
- Fig.8: Túnel en la mina Tau Tona
- Fig.9: Robot para exploración, perforación, carga y descarga de mineral
- Fig.10: Radio DTR 620 MOTOROLA

Capítulo III

- Fig.1: Diagrama de flujo de control de componentes
- Fig.2: Diagrama de flujo para el mantenimiento electrónico
- Fig.3: Diagrama de flujo para el despacho de aceite
- Fig.4: Diagrama de flujo para la entrega de materiales de emergencia
- Fig.5: Diagrama de flujo para el mantenimiento por el proveedor interno
- Fig.6: Diagrama de flujo para el mantenimiento del proveedor externo
- Fig.7: Diagrama de flujo para el control de llantas

Capítulo IV

- Fig. 1. Unidades operativas mineras de Mining JK Corporation
- Fig. 2: Ubicación geográfica de la unidad operativa Minera XHJ-21
- Fig. 3: Organigrama de Minera XHJ-21
- Fig. 4: Concepción logística: Almacén y compras

- Fig. 5: Concepción logística para el área de Mina en relación con la Planta de Beneficio
- Fig. 6: Concepción logística para el área de Mina en relación con su cliente
- Fig. 7: Sistema Logístico de Minera XHJ-21
- Fig. 8: Rubros y parámetros de medición de Minera XHJ-21
- Fig. 9: Organigrama del Departamento de Almacén y Compras
- Fig. 10: Organigrama del Área de Mina
- Fig. 11: Organigrama de la Planta de Beneficio
- Fig. 12: Organigrama de Mantenimiento
- Fig. 13: Organigrama de Geología y Exploración
- Fig. 14: Organigrama de Contraloría
- Fig. 15: Organigrama de Relaciones Industriales
- Fig. 16: Organigrama de Seguridad y Ecología
- Fig. 17: Organigrama de Planeación
- Fig. 18: Ejemplo del uso del software Mantenimiento PM

Capítulo V

- Fig. 1: Elementos fundamentales en el desempeño operativo de minería subterránea.
- Fig. 2: Áreas de oportunidad de Minera XHJ-21

Índice de Gráficas

Capítulo I

- Gráfica 1: Divisas generadas de los principales sectores 2011/2010
- Gráfica 2: Evolución de los empleos generados en el sector minero-metalúrgico
- Gráfica 3: Evolución de la inversión en México en el sector minero metalúrgico
- Gráfica 4: Porcentaje de la producción mundial en México y lugar que ocupa a nivel mundial de metales seleccionados en 2011

Capítulo IV

- Gráfica 1: Problemas de operación identificados en la Planta de Beneficio de Minera XHJ-21

Índice de Cuadros

Capítulo I

- Cuadro 1: Principales empresas operando en México por metal
- Cuadro 2: Principales proyectos mineros

Capítulo II

- Cuadro 1: Elementos de consideración fundamentales en minería subterránea
- Cuadro 2: Descripción de los factores para la elección de acarreo de mineral

Capítulo IV

- Cuadro 1: Comparativa que muestra el valor de la empresa con respecto a otras empresas del mercado
- Cuadro 2: Cotejo realizado para el número de acarreos entre la Planta de Beneficio vs Mina
- Cuadro 3: Elementos operativos medidos en el área de Mina
- Cuadro 4: Elementos operativos medidos en la Planta de Beneficio

Capítulo V

- Cuadro 1: Elementos de mejora para el acarreo interno de mineral de Minera XHJ-21.
- Cuadro 2: Elementos de consideración para la selección de proveedores de Minera XHJ-21.

Resumen

El proyecto de tesis, consiste en la integración de la logística como una estrategia en el desempeño operativo de minería subterránea, a través del diagnóstico y la identificación de las áreas de oportunidad dentro del sistema logístico de estudio: Minera XHJ-21.

Se caracterizaron los procesos logísticos clave y de soporte y se vincularon en tres áreas de la corporación: Almacén y Compras, Mina y Planta de Beneficio, donde se identificaron los elementos fundamentales para la mejora de los procesos operativos: i) Flujo y Gestión de la información ii) Gestión del transporte interno, iii) Desarrollo, Seguimiento y Evaluación de Proveedores, iv) Plan de Mantenimiento Dirigido y v) Medición del Desempeño Logístico.

La integración de la logística como una visión estratégica, en minería subterránea permitirá no sólo optimizar los recursos disponibles, si no también, incrementar los márgenes de utilidad.

Summary

The thesis project is the integration of logistics and operational performance strategy in underground mining, through diagnosis and identifying areas of opportunity within the logistics system study of Minera XHJ-21

We characterized key logistics processes and linked support in three areas of the corporation: Warehouse and Purchasing, Mine and processing plant, which identified key elements for improving business processes: i) Cash and Management information ii) internal transport management, iii) development, monitoring and evaluation of suppliers, iv) Maintenance Plan Aimed v) Logistics Performance Measurement.

The integration of logistics as a strategic vision, underground mining will not only optimize the available resources, but also, increase profit margins

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser una institución que permite el desarrollo y crecimiento de profesores y alumnos así como una educación integral.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado apoyo económico durante la realización del proyecto de maestría así como por fomentar la preparación académica en diferentes rubros académicos.

Al Dr. Juan Pablo Antún Callaba, que durante dos años guió de forma paciente y dedicada el proyecto de investigación, no sólo aportando ideas para el desarrollo del mismo, sino también, fomentando el crecimiento de los alumnos en diversas áreas de la logística, también por su ejemplo de amor y dedicación al trabajo y por las enseñanzas de vida que son invaluable.

Al M. C Manuel del Moral Dávila, por ser un ejemplo de profesional, por la exigencia e interés que siempre mostró para con los alumnos.

A la M. C Francisca Soler Anguiano, a quien agradezco el apoyo estos dos años, a través del conocimiento transmitido y de las experiencias de vida compartidas, por ser un ejemplo de profesional y por el interés mostrado en el aprendizaje de los alumnos.

A la Empresa Minera XHJ-21 quien permitió realizar la estancia que contribuyó a desarrollar el estudio de caso presentado y a los integrantes de la corporación por la paciencia y el tiempo brindado y lograr que me integrara al mundo de la minería subterránea.

A mis padres por apoyarme en todo momento y en cada decisión que me he visto envuelta.

A mis amigos del alma, Laura, Bet, Moni, Dulce, Mary, Fer, Ale, Moi, Fabys, Chelini, Gus, Sofi, Elo, Karen, Karlita, Fabiola y Daniel, ale y alita.

Dedicatoria

A mis padres Yolanda y Bonifacio por su apoyo, comprensión y trabajo arduo día a día.

Objetivo General

Integrar a la logística como una estrategia en el desempeño operativo de minería subterránea

Objetivo Específico

Desarrollar una propuesta de mejora en las áreas de oportunidad del sistema logístico interno del Caso de Minera XHJ-21

Metas

- a) Describir el funcionamiento operativo de las áreas: i) Almacén y Compras, ii) Planta de Beneficio y iii) Mina.
- b) Identificar los procesos logísticos clave y de soporte.
- c) Identificar áreas de oportunidad en los procesos logísticos identificados.
- d) Identificar fortalezas y debilidades.
- e) Proponer indicadores de desempeño logístico.

Alcances

Formular bases para el desarrollo de estrategias y acciones que mejoren el desempeño del sistema logístico interno en minería subterránea:

- ✓ Difundir la importancia de concebir e incluir a la logística como estrategia en el desarrollo y crecimiento del sector minero.
- ✓ Identificar los procesos logísticos e integrarlos en un sistema logístico interno en la minería subterránea.
- ✓ Aplicar los conceptos anteriores al Caso de Minera XHJ-21:
 - Desarrollar un conjunto de acciones integral en las áreas de oportunidad de Minera XHJ-21 para su sistema logístico interno.
 - Identificar aquellas áreas que requieren de un análisis específico pero relevante para el crecimiento de Minera XHJ-21.

Marco Teórico

El enfoque sistémico, considerando la teoría general de sistemas, se centra en los sistemas como un todo y no en sus partes por separado.

Éste enfoque no sólo integra todos los elementos de estudio, también identifica las relaciones que se establecen y los eventos que provocan una alteración negativa, esto permite visualizar nuevas formas de relacionarlos y optimizar los recursos disponibles.

La logística se concibe como un sistema donde existe un flujo de materiales y de información entre el área de producción y un cliente o consumidor final, el enfoque de sistemas aplicado a la comprensión de la circulación conduce a la aplicación de los conocimientos generados en el campo de la logística bajo una visión integradora y sistémica.

La palabra logística proviene del término francés *logistique* y era utilizada en la ciencia militar como el área que estudiaba modos, formas y técnicas para lograr el eficiente suministro a las tropas, su inclusión en el mundo empresarial se dio a mitad de la década de los años 50 después de la segunda guerra mundial, cuando la demanda de bienes y servicios en los países industrializados creció y la capacidad de distribución era inferior a la venta y producción.

El departamento de mercadeo de las corporaciones optó por vender los artículos en el lugar donde les fuera posible y los canales de comercialización terminaron por ser poco eficientes. Los directivos comenzaron a detectar que la distribución física tenía que ser eficiente y rentable y las acciones al respecto dentro de la corporación, provocaron modificaciones en las formas de distribuir y comercializar.

En la década de los años 60 la comprensión de una reducción de los inventarios y las cuentas por cobrar derivaron en una visión donde el flujo de efectivo y la rentabilidad aumentaba considerando una planeación correcta de las operaciones específicamente de distribución.

Surgen conceptos como la gestión de materiales y a finales de la década de los 70 las corporaciones consideran a la logística elemento esencial de la corporación.

La logística empresarial puede definirse como el conjunto de procesos que tienen por objetivo, la colocación, al menor costo de una cantidad de producto en el lugar y tiempo donde una demanda existe.¹

La logística integral es, “El proceso de manejar estratégicamente la procuración movimiento y almacenamiento de materiales, partes de inventarios, producto terminado (con los flujos de información relacionados) a través de la organización y sus canales de mercadotecnia en una forma que se maximice la rentabilidad presente y futura a través de un cumplimiento de las órdenes que sea efectivo en costo².”

La variedad de visiones alrededor de las definiciones de logística no impiden identificarla dentro de la firma como una visión estratégica planteada por la necesidad de optimizar los recursos disponibles que permite mantener el flujo de materiales que satisfagan una necesidad.

La optimación de los recursos en cualquier corporación requiere de un conocimiento integral de las áreas operativas y de la identificación de aquellos procesos sujetos a mejora.

La logística permite la integración de las áreas, pues ésta, se encuentra en contacto con otras lo que genera un conocimiento integral de la firma.

Los sistemas logísticos de las corporaciones, ejecutan procesos operativos que están integrados como procesos logísticos clave y procesos logísticos de soporte.

- **Procesos logísticos clave**
 - ✓ Servicio al cliente
 - ✓ Procesamiento de pedidos
 - ✓ Gestión de inventarios
 - ✓ Transporte
- **Procesos logístico de soporte**
 - ✓ Almacenamiento
 - ✓ Manejo de mercancías
 - ✓ Diseño del empaque, envase y embalaje

¹Antun J P Logística estratégica: Una maniobra estratégica para la competitividad, Instituto de Ingeniería UNAM. p 2

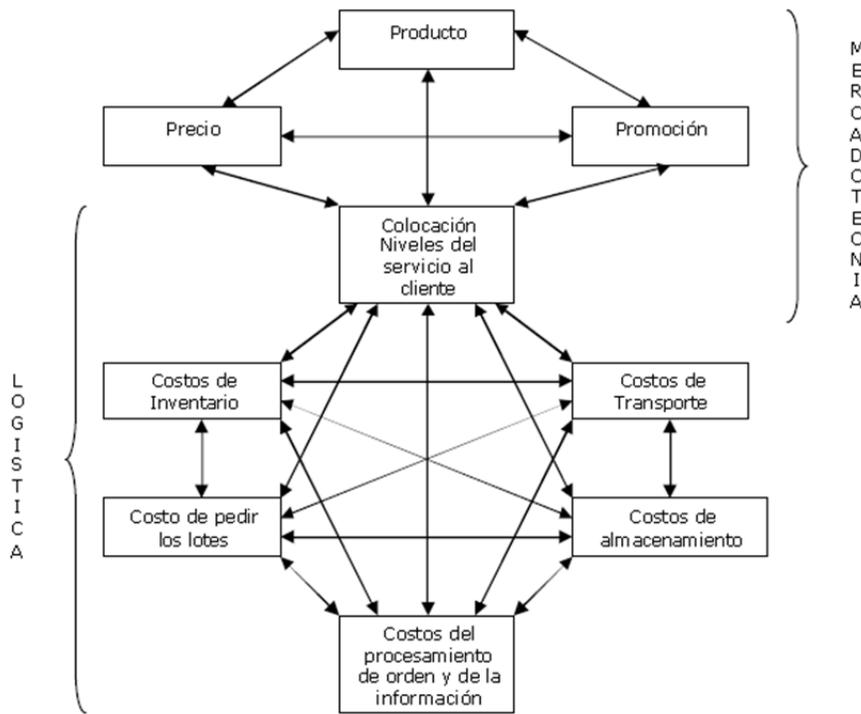
² Martin Christopher, profesor emérito de Marketing & Logística en la escuela de negocios de Cranfield.

- ✓ Gestión de la información asociada a la mercancía.

El desarrollo y la integración de la logística han sido impulsados por el cambio en los patrones de consumo, novedosos productos y servicios, formas de acceder al cliente, uso de tecnologías que permiten monitorear procesos en tiempo real y como consecuencia, la toma decisiones estratégicas ante cambios inesperados.

Los sectores industriales tienen presente la integración de la logística como un estrategia que proporcionará una ventaja competitiva para la empresa, en particular la minería es una actividad de elevado riesgo no sólo por la inversión económica que requiere, sino también, por los riesgos asociados a la operación del día a día y las condiciones extremas que es posible ubicar en las unidades operativas.

Los costos asociados a la operación son un elemento de sumo interés y en particular los costos logísticos.



Estructura de los costos logísticos

Los costos asociados a una deficiente gestión de los recursos son un elemento fundamental para la integración de estrategias desarrolladas en el campo de la logística y de la cadena de suministro.

El flujo de información entre áreas operativas es de suma relevancia para mantener una capacidad de respuesta en situaciones de emergencia pero también para monitorear el avance de las operaciones productivas conforme un plan de producción

Los métodos de acceso al mineral de interés económico, requieren de operar con personal capacitado en diferentes áreas como lo es la ingeniería minera, la química, la geología y de interés estratégico, especialistas en logística y cadena de suministro que permitan generar un valor agregado al producto final, ya que el sector minero metalúrgico se caracteriza por desarrollarse en regiones geográficamente alejadas de las ciudades, donde la infraestructura es escasa, las poblaciones carecen de fuentes de empleo y se desarrollan en condiciones de pobreza y marginación, la logística es esencial para lograr una eficiencia en el uso de los recursos disponibles.

Capítulo I: Desarrollo del sector minero

Resumen

Este capítulo presenta una síntesis general sobre el desarrollo de la minería en México, se describe la importancia del sector, señalando la relevancia en el país en términos de inversión, regiones actuales de explotación, valor de la producción minero metalúrgica y se describe el impacto social, cultural y ambiental que actualmente representa esta actividad productiva en el país.

1.1 ¿Qué es la minería?

La minería es una actividad productiva que se basa en la extracción de minerales que se encuentran en la corteza terrestre y que tienen algún valor económico generado a través de aplicar diferentes métodos y procesos fisicoquímicos al mineral.

1.2 Clasificación de Minerales

Los minerales³ son compuestos químicos inorgánicos que se encuentran en la superficie o en las capas de la corteza terrestre y cuya explotación ofrece interés para su industrialización y comercialización.

Los minerales se clasifican en tres categorías: i) minerales metálicos, ii) minerales no metálicos y iii) rocas de aplicación.

- i) Minerales metálicos:** Minerales que después de someterlos a diferentes procesos fisicoquímicos se obtienen metales: Ej. Hematita (Obtención de Hierro), Bauxita (Obtención de Aluminio), Galena (Obtención de Plomo), Calcopirita (Obtención de Cobre) y Acanita (Obtención de Plata).
- ii) Minerales no metálicos:** Minerales de los cuales no se extraen metales y que se utilizan en diversos ramos industriales. Ej. Arcillas, sal común, Yeso, Azufre, Talco y Fluorita (Uso como fundente en la fundición de Hierro y acero).

³Industrias I-2012 (2012) *Minerales de Uso Industrial*[En línea] en http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/03_Apunte%20Minerales.pdf, Consultado [26-02-2013]

- iii) **Rocas de aplicación.** Son aquellos que se utilizan para la construcción y diversas obras de ingeniería. Ej. Mármol, Piedra caliza, Dolomita y Granito.

1.3 Mercados de minerales industriales

El uso de minerales en los sectores industriales es tan diverso como la producción de bienes y de servicios, los usos y aplicaciones están en función de las propiedades fisicoquímicas del mineral y de las funciones que se pretende tengan en el producto final.

Mercado de la construcción

Se divide en 5 sectores

- i) Industria de materiales de construcción: Ej. Uso de granitos y arcillas para la construcción de concretos y bloques.
- ii) Industria del cemento: Ej. Uso de caliza y arcilla como fuente de alúmina.
- iii) Industria de materiales aislantes. Ej. Las fibras de vidrio sintéticas hechas a partir de la fusión de *batches* de sílice, caolín, colemanita, y otros minerales, son un ejemplo de la sustitución de fibras minerales naturales por productos sintéticos.
- iv) Industria de paneles de yeso (Tabla roca): Ej. Uso del yeso calcinado.
- v) Industria de los estucos y adhesivos: Ej. Se fabrican mezclas cementosas para el frisado de muros y paredes y la instalación de pisos y recubrimientos cerámicos; sus ingredientes básicos son carbonato de calcio (calcita) molido o arena de sílice con distribuciones granulométricas controladas.

Mercado metalúrgico

Se divide en 7 sectores

- i) Industria de aleaciones ferrosas y no ferrosas. Los más comunes que se utilizan son el óxido de antimonio derivado de estibinita, alúmina obtenida de bauxitas, cromita, óxido de hierro y sílice/cuarzo.
- ii) Industria de los refractarios: Ej. Uso de bauxita, dolomita, magnesita, cuarzo, grafito y pirofilita se utilizan para la fabricación de ladrillos refractarios para el recubrimiento de hornos de quemado para la cerámica, hornos para la fabricación de vidrio, kilns para la fabricación de cemento y

cal, y hornos metalúrgicos para la producción de acero y aluminio, entre otros.

- iii) Industria de la fundición: Ej. La bentonita es utilizada como aglutinante en fundiciones de moldeo en verde.
- iv) Industria de la soldadura: Ej. Minerales que se utilizan como agentes fundentes en la fabricación de soldaduras son compuestos de boro, fluorita, magnesita-magnesia
- v) Industria de los abrasivos: Ej. Minerales sintéticos como el carburo de silicio y alúmina.
- vi) Industria de los lubricantes: Ej. El mineral industrial que por excelencia es usado en este mercado es el grafito.
- vii) Industria de los materiales antifricción: Ej. En la fabricación de las pastas para balatas y embragues automotrices utilizan uno o varios de los siguientes minerales, alúmina, grafito, pirofilita y wollastonita.

Mercado químico

Los minerales industriales naturales son usados como materia prima para la manufactura de compuestos químicos ejemplo de esto son los explosivos, pirotecnia, colorantes-decolorantes, retardadores de fuego, catalizadores, limpiadores, detergentes, etc.

Mercado Farmacéutico

Los minerales utilizados en este sector exigen una alta pureza, libres de metales pesados como Plomo, Mercurio y Cadmio, y generalmente se utilizan como excipiente en la manufactura de cosméticos, productos farmacéuticos y alimentos. Ej. Carbonato precipitado y sílice precipitada.

Mercado Agropecuario

En el mercado de los fertilizantes se utilizan fosfatos, potasa y nitratos como nutrientes primarios para los sembradíos; como micronutrientes o correctores de suelos se utilizan, boratos, dolomita, yeso, caliza, magnesita, minerales de manganeso, sulfato de sodio y azufre.

Mercado Energético

El mercado de la exploración y producción petrolera utiliza diversos minerales industriales, como barita, diatomita, bauxita y alúmina para la manufactura de lodos de perforación también se utilizan varios cortes gruesos de arenas de sílice muy redondeadas que son utilizadas para la facturación de yacimientos.

En el caso de la manufactura de pilas secas el dióxido de manganeso y el grafito son ingredientes básicos.

Mercado de pigmentos

El mercado pigmentos para papel, plásticos, pinturas, selladores y adhesivos utiliza minerales micronizados y por lo tanto de alto valor. Además, propiedades como blancura, brillantez, absorción de aceite, área específica superficial y, pH, entre otras, son características invaluable en estos minerales.

1.4 Evolución de la minería

Descubrimientos arqueológicos señalan la práctica de la minería desde la época prehistórica al extraer el pedernal que era principalmente utilizado para elaborar cuchillos y lanzas junto con la extracción del cobre y la plata⁴

La historia económica, cultural y social de diferentes pueblos alrededor del mundo se encuentra ligada a la minería, el hombre minero siempre ha existido.

Hacia el año 3000 A.C, ya se habían descubierto minas de cobre en la Península del Sinaí, la extracción del hierro hacia el año 2800 A.C. era practicada por los egipcios, diferentes etapas históricas han marcado el curso de la minería:

- Era de Piedra (Paleolítico, Mesolítico y Neolítico).
- Era del Cobre 6000 A.C. (inicio)
- Era del Bronce 2500 A.C. (inicio)
- Era del Hierro 1000 A.C. (inicio)
- Era del Carbón 1600 D.C. (inicio)

⁴ Estudios Mineros del Perú, SAC (09/05/2012) *Manual de Minería* [En línea] http://proesmin.com/ManualMineria/Manual_Mineria.pdf Consultado [12-05-2012]

- Revolución industrial 1700 (inicio)
- Era del petróleo 1850 D.C. (inicio)
- Era eléctrica 1875 D.C. (inicio)
- Era atómica 1945 D.C. (inicio)

En la antigüedad el uso de herramientas de hueso o piedra y sin duda la inserción del fuego y grasa animal fueron elementos que en conjunto dieron el inicio de lo que hoy es y representa, el sector minero-metalúrgico. Las explotaciones mineras estaban limitadas por la profundidad y la presencia de agua.

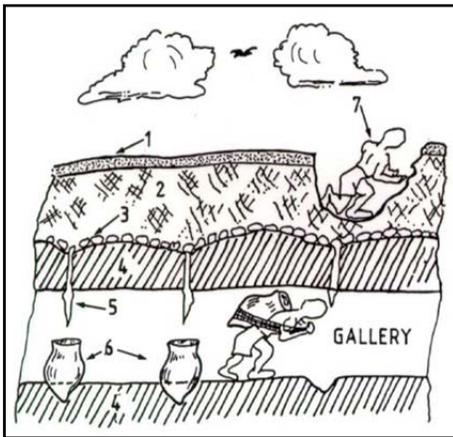


Fig. 1: Reconstrucción de una antigua operación de lixiviado en pila para la obtención de cobre, en Chipre hacia el siglo II D.C.

1. Cubierta impermeable
2. Pila de rocas mineralizadas fragmentadas
3. Capa de guijarros (permeables)
4. Techo y base de la galería de material no mineralizado impermeable
5. Estalactitas de vitriolo (CuSO_4)
6. Ánforas para recolectar las soluciones percolantes
7. Minerales

Referencia: Oyarzun R. (n.d.) Historia de la Minería: Antecedentes generales [En línea] http://www.ucm.es/info/crismine/Geologia_Minas/Historia_Mineria.htm , Consultado [Mayo 2011]

En las pinturas rupestres se utilizaron óxidos de hierro, en la decoración de cerámica que era recubierta de almagra para su cocción, la galena y malaquita tenían uso cosmético como sombra para ojos y polvo facial, cubos de pirita servían de espejo.

El inicio de los procesos metalúrgicos se vio marcado por la obtención del cobre lo que dio inicio a la etapa conocida como “Edad del Cobre”, posterior a ese período se obtuvo la aleación que dio nombre a la Edad del Bronce (aleación de cobre y estaño) ya que éste presenta un menor punto de fusión sus aplicaciones son más amplias, estos eventos marcaron el inicio de la Edad del Hierro.

En cuanto a los métodos de prospección minera, en la prehistoria, la observación llevaba a indicios indirectos sobre presencia de minerales de interés.

La máquina de vapor inventada por James Watt durante la Revolución Industrial, contribuyó a evitar inundaciones en las minas ya que esta máquina se utilizó como bomba de extracción de agua, los avances en iluminación favorecieron la actividad pues remplazaron las velas por lámparas de aceite alimentadas por queroseno, posteriormente utilizaron lámparas de acetileno flamable (el cual podía ser encendido con pedernal) con la invención de las lámparas de batería la actividad se vio favorecida ya que éstas iluminaban con mayor intensidad.

El desarrollo de nuevos métodos e instrumentos han marcado el progreso de este sector, ejemplo de esto es el uso de explosivos, los cuales son elaborados a base de nitrato de amonio (NH_4NO_3) y gasolina, estos son introducidos en pequeños orificios de 400 mm que se expanden hasta 7.5 m en la explosión y permiten fragmentar el mineral para facilitar la extracción y su posterior tratamiento, la invención de grúas, palas y camiones eléctricos han facilitado el transporte en sus diferentes fases dentro de las operaciones mineras, los taladros eléctricos con la punta de acero o tungsteno facilitan el barrenado.

La gestión de estos avances técnicos y tecnológicos se refleja en la reducción de costos y tiempo dentro de los procesos realizados en cada etapa de los procesos minero-metalúrgicos.

1.5 Desarrollo de la Minería en México

La minería es una actividad que siempre ha estado presente en el proceso histórico de México. Su importancia socio-económica requiere de la comprensión de los factores que regulan y de los problemas que la aquejan, por ello se hace necesario conocer su historia, su geografía y sus técnicas de explotación y beneficio.

Para lograr una adecuada comprensión de su desarrollo necesitamos conocer su historia, para lograr una adecuada planeación es útil conocer su geografía y se requiere dominar los avances tecnológicos que permitan aprovechar al máximo su productos en forma racional y económica⁵.

⁵Sariego Rodríguez Juan Luis (n.d.) *Minería y territorio en México: Tres modelos de implantación socio espacial*.

La explotación de mercurio en la región del Fuerte de las Ranas, ubicado en las cercanías de San Joaquín, en el Estado de Querétaro y la de estaño en la zona de Taxco ubicada en Guerrero son ejemplos de zonas con actividad extractiva, la técnica que permitía la extracción es conocida como torrefacción, consistía en el calentamiento de la roca a un punto máximo e inmediatamente se fragmentaba al ser enfriada de forma súbita en agua, esto se llevó a cabo hasta el año de 1560 cuando se introdujo por primera vez la pólvora en México.

La identificación de las zonas con yacimientos minerales comenzaba con la observación que ahora ha evolucionado a técnicas analíticas que en conjunto pertenecen a la Geoquímica.

Existen tres periodos de auge que sentaron las bases para la situación actual de la industria minero-metalúrgica en el país, estos son: **i) El Porfiriato**, periodo en el que se definieron los componentes principales para las actividades mineras **ii) El Movimiento Revolucionario de 1910 y la Constitución de 1917**, que establecieron las bases jurídicas que darían la orientación de la minería durante ese siglo y **iii) La Crisis de 1929**, que afectó severamente la minería mexicana y que puso en evidencia la necesidad de contar con instituciones e instrumentos para desarrollar una política nacionalista de fomento a esta actividad.

Durante el periodo de 1880-1910 el capital estuvo dirigido por capitales extranjeros, principalmente americano, con un claro objetivo colonizador hacia la parte del norte del país, fue así como surgieron comunidades mineras las cuales eran llamadas coloquialmente “minerales”. Los minerales, constituyeron verdaderas regiones de comunidades del más variado origen étnico con actividades secundarias en agricultura, explotación de bosques y formación de latifundios ganaderos, estas regiones mantenían un diseño urbano específico que permitía la prolongación laboral.

En ese periodo la agricultura y el ferrocarril representaban una seria competencia en mano de obra, durante 1900 la minería representaba el 75 % de la inversión americana, aportaba el 70 % del valor de la producción minera del país y ocupaba casi el 60 % de la mano de obra minera a quienes ofrecía casi dos veces el salario con respecto a las regiones mineras del centro del país.

Monopolizado el suelo, las compañías extranjeras “urbanizaban” la región de forma segmentada considerando el origen étnico de los pobladores y administrando los servicios básicos como el agua potable.

La construcción de calles, plazas, mercados, teatros, colonias, viviendas, escuelas, comercios, tiendas de raya, hospitales, clínicas, cines, teatros, clubes, campos deportivos y centros de ocio, todos ellos erigidos por iniciativa patronal, sirvieron para separar a directivos y mandos superiores extranjeros de los trabajadores nacionales, esto era el reflejo del puesto laboral que produjo un *modus vivendi* especialmente identificado del resto de la población circundante.

El surgimiento de sindicatos mineros, trajo consigo una serie de cuestionamientos hacia las corporaciones con respecto a la prerrogativas que el capital extranjero detentaba, el beneficio inmediato en esa época fue la regulación del monopolio en la gestión de los minerales, como ejemplo de estas regiones se conocen Cananea en Sonora, Nueva Rosita en Coahuila y Santa Rosalía en Baja California.

Condiciones geográficas así como la poca inversión en ella, son las que han interrumpido el desarrollo económico de las regiones mineras, esto generalmente sucede a nivel de la minería a pequeña escala como es llamada.

La Sierra Madre es un claro ejemplo de ello, misma que tiene una elevación de más de 3000 msnm en algunas regiones y con desniveles sobre la planicie costera entre 1500 y 2500m, así como barrancas con afluentes fluviales, estas regiones se ubican en los estados de Sonora, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco y Nayarit, con objetivo de explotación minera, La Sierra Gorda es atractiva debido a sus yacimientos en oro y plata.

Las condiciones poco desarrolladas en acceso, estas regiones han servido para albergar comunidades indígenas (tarahumaras, guarojíos, pimas, ópatas, tepehuanes huicholes entre otros) igual que estas comunidades, otros grupos han encontrado refugio, siendo el siglo pasado región de bandolerismo y narcotráfico.

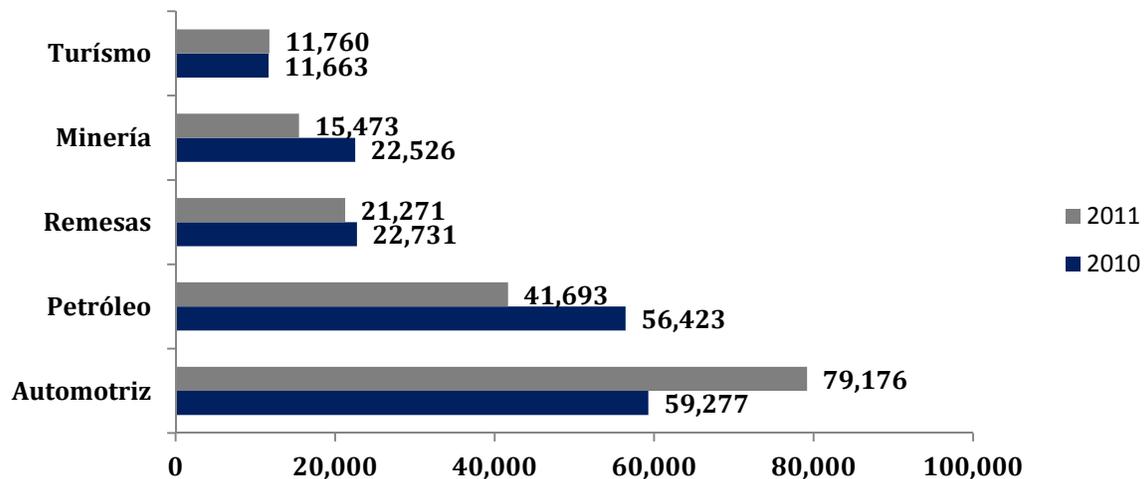
El periodo de la Revolución mexicana (1910-1920) y la caída en el precio de los metales durante la depresión de 1929-1932 agravaron el sector minero en México, ya que los mineros serranos fueron despedidos y el control que ejercían los orozquistas y villistas sobre estas regiones, originó el cierre masivo de minas así como el éxodo de comunidades, la crisis mundial de 1929 frenó el resurgimiento de la minería en el país; sin embargo, la minería continuó siendo una de las industrias más importantes

del país, generaba el 10 por ciento del PNB (Producto Nacional Bruto) y constituía la principal industria de exportación, consumía el 26 por ciento de la energía eléctrica producida y representaba la tercera parte de la carga de los ferrocarriles.

Si bien las actividades de exploración comenzaron con la conquista, la ambición de riquezas de los españoles motivaron el auge para descubrir nuevos territorios ricos en metales, posterior al descubrimiento de América, comenzó la explotación de minerales y metales en México, iniciándose la búsqueda y descubrimiento de depósitos metalíferos y minas que dieron fama mundial a la corona española, en ese período histórico abundaban los depósitos auríferos y argentíferos.

Después del periodo de conquista española se desarrolló un periodo llamado **Minería Colonial** la cual se destacó por la comercialización de la plata, el trabajo forzado en las minas, el auge de la explotación de plata y cobre así como levantamientos de campesinos.

El apogeo de la minería se desarrolló a finales del siglo XIX y principios del XX, varias empresas extranjeras de explotación emigraron al país introduciendo tecnología para la extracción y refinación, los estados de Pachuca, Guanajuato, Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Santa Bárbara y Chihuahua eran los estados donde se realizaba la mayor



Gráfica 1: Divisas generadas de los principales sectores 2011/2010

*Fuente: Elaboración propia con datos de la CAMIMEX

*Millones de dólares

a) Generación de empleo

La inversión en este sector generó más de 40 mil fuentes de empleo del 2009 al cierre del 2011 con una generación de 26 mil durante ese mismo año, con base en el reporte del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) durante este lapso fueron registrados un total 309 mil 722 trabajadores en este sector lo que representó un aumento del 9% en relación al 2010.

El salario promedio diario que percibe un trabajador del sector minero-metalúrgico en 2011 fue de 331.40 pesos, 4.3% superior al 2010 y 35% superior al promedio nacional. Las ramas de productores de minerales metálicos y de la sal rebasaron los 400 pesos en promedio.

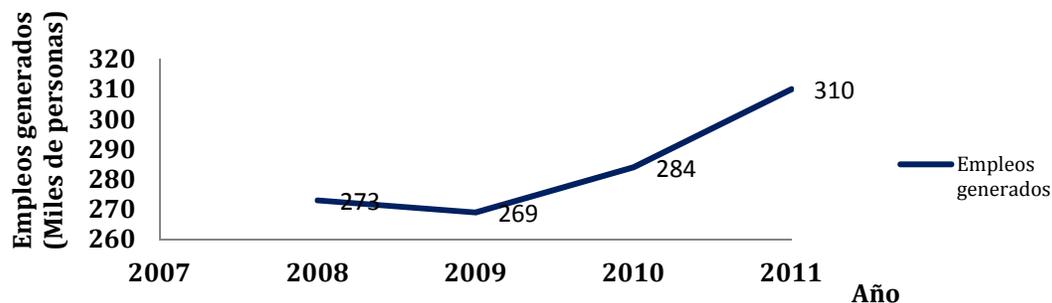


Gráfico 2: Evolución de los empleos generados en el sector minero-metalúrgico 2008-2011

*Fuente: Elaboración propia con datos de la CAMIMEX

*Miles de empleos

b) Exploración

Tras la caída registrada en 2009 para gastos de exploración minera a causa de la crisis económica mundial, la industria se recuperó de forma rápida. En el 2010 los gastos incrementaron en un 44% y en el 2011 aumentaron un 50%, de los 121 países que recibieron exploración durante el 2011, México ocupó la cuarta posición mundial, únicamente por debajo de Canadá, Australia y Estados Unidos. En Latinoamérica, el país se mantiene como el destino más seguro para los inversionistas mineros.

El país tiene localizados 23 yacimientos clasificados como gigantes (World Class) y seis más etiquetados como supergigantes (Fig. 2).



Fig. 2: Mapa de los yacimientos de clase mundial presentes en México

*Fuente: Perspectivas de la Minería Mexicana 2009

Con el respaldo de los buenos precios de los metales, el capital de riesgo para financiar la actividad de exploración al cierre de 2011 se concentraba en cerca de 320 empresas, que trabajaban en 763 proyectos a lo largo del territorio nacional, el Servicio Geológico Mexicano (SGM) provee un mapa conocido como Mapa Metalogénico el cual señala las regiones de diferentes minerales metálicos y no metálicos, en el cual se puede observar que el 70 por ciento del territorio es susceptible de exploración y producción minero-metalúrgica (Fig. 3).

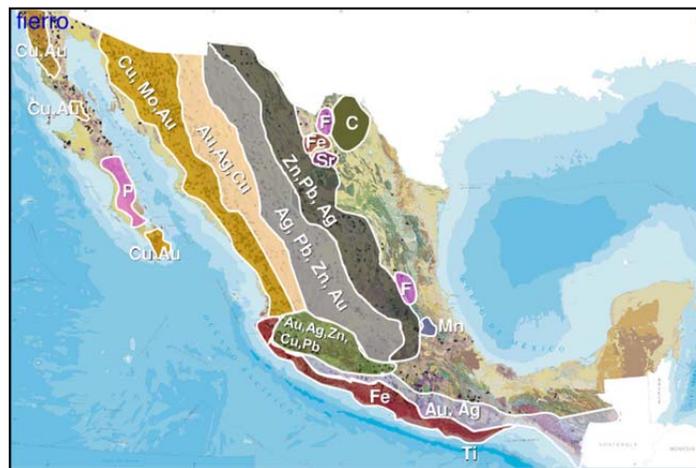
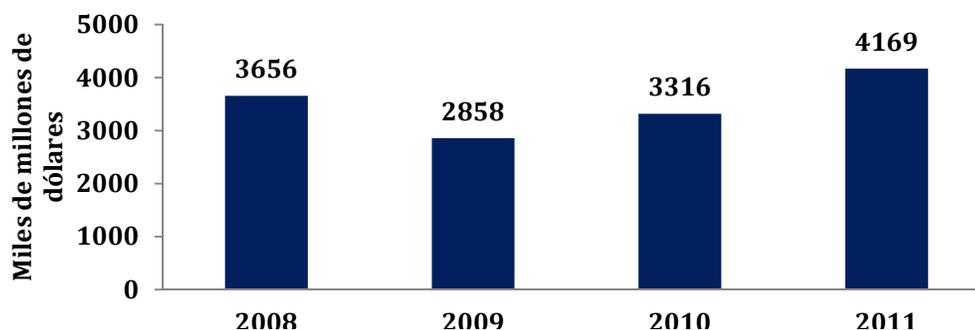


Fig. 3.: Mapa metalogénico de la República Mexicana

*Fuente: Servicio Geológico Mexicano

c) Inversión

El sector minero-metalúrgico en México para el cierre del 2011 recibió una inversión \$4160 millones de dólares con un incremento porcentual del 20.46% (Gráfica 3).



Gráfica 3: Evolución de la inversión en México en el sector minero metalúrgico

*Fuente: Elaboración propia con datos de la CAMIMEX

Empresas afiliadas a la Cámara Minera de México (CAMIMEX) señalaron un compromiso con una inversión de 7 mil 647 millones de dólares adicionales para el año 2012 y con ello superar los 25 mil 200 millones de dólares en el periodo 2007-2012.

d) Capital extranjero

El capital extranjero se concentra principalmente en metales preciosos, las principales compañías son (Cuadro1):

Metal	Principales empresas productoras
Oro	Goldcorp (Can), Frisco (Mex), Fresnillo (Mex), Alamos Gold (Can)
Plata	Fresnillo (Mex), Goldcorp (Can), Panamerican Silver (Can), Grupo México (Mex)
Cobre	Grupo México (Mex), Peñoles (Mex), Capstone (Can)
Zinc	Goldcorp (Can), Grupo México (Mex), Peñoles (Mex), Frisco (Mex)
Plomo	Goldcorp (Can), Peñoles (Mex), Grupo México (Mex)
Mineral de Hierro	GAN (Mex), Terminium (Arg), Arcelomital (India)
Carbón	GAN (Mex), MINSA (Mex)
Acero	AcelorMittal (Ind), AHMSA (Mex), Ternium (Arg)

Cuadro 1: Principales empresas operando en México por metal

*Fuente: Informe Anual 2011 Cámara Minera de México (CAMIMEX)

Principales proyectos en las etapas de exploración o pre factibilidad o exploración (Cuadro 2)

Proyecto	Estado	Empresa	Mineral
Noche Buena	Sonora	Fresnillo	Au
Mercedes	Sonora	Yamana Gold	Au
Camino Rojo	Zacatecas	Goldcorp	Au
Cerro del Gallo	Guanajuato	Cerro Resources	Au
Saucito	Zacatecas	Fresnillo	Au, Ag
Mulatos	Sonora	Alamos Gold	Au, Ag
El Gallo	Sinaloa	US Gold	Au, Ag
Caballo Blanco	Veracruz	Gold Group	Au, Ag
Conchero	Chihuahua	Frisco	Au, Ag
El Toro	Zacatecas	First Majstic	Au, Ag
La Bolsa	Sonora	Minefinders	Au, Ag
Guadalupe y Calvo	Chihuahua	Gammon Gold	Au, Ag
Metates	Durango	Chesapeake Gold	Au, Ag
Bahuarachi	Chihuahua	Tyler	Cu, Mo, Au, Ag
El Arco	Baja California	Grupo México	Cu, Au, Ag
El Boleo	Baja California Sur	Baja Mining	Cu, Co, Zn

Cuadro 2: Principales proyectos mineros

*Fuente: Informe Anual 2011 Cámara Minera de México (CAMIMEX)

México es uno de los líderes mundiales en el sector minero-metalúrgico y un sector clave del país con futuro promisorio.

El liderazgo del sector se debe a la inversión de capital mexicano y en su mayoría del proveniente de empresas extranjeras debido al ambiente normativo que ofrece condiciones favorables para realizar negocios.

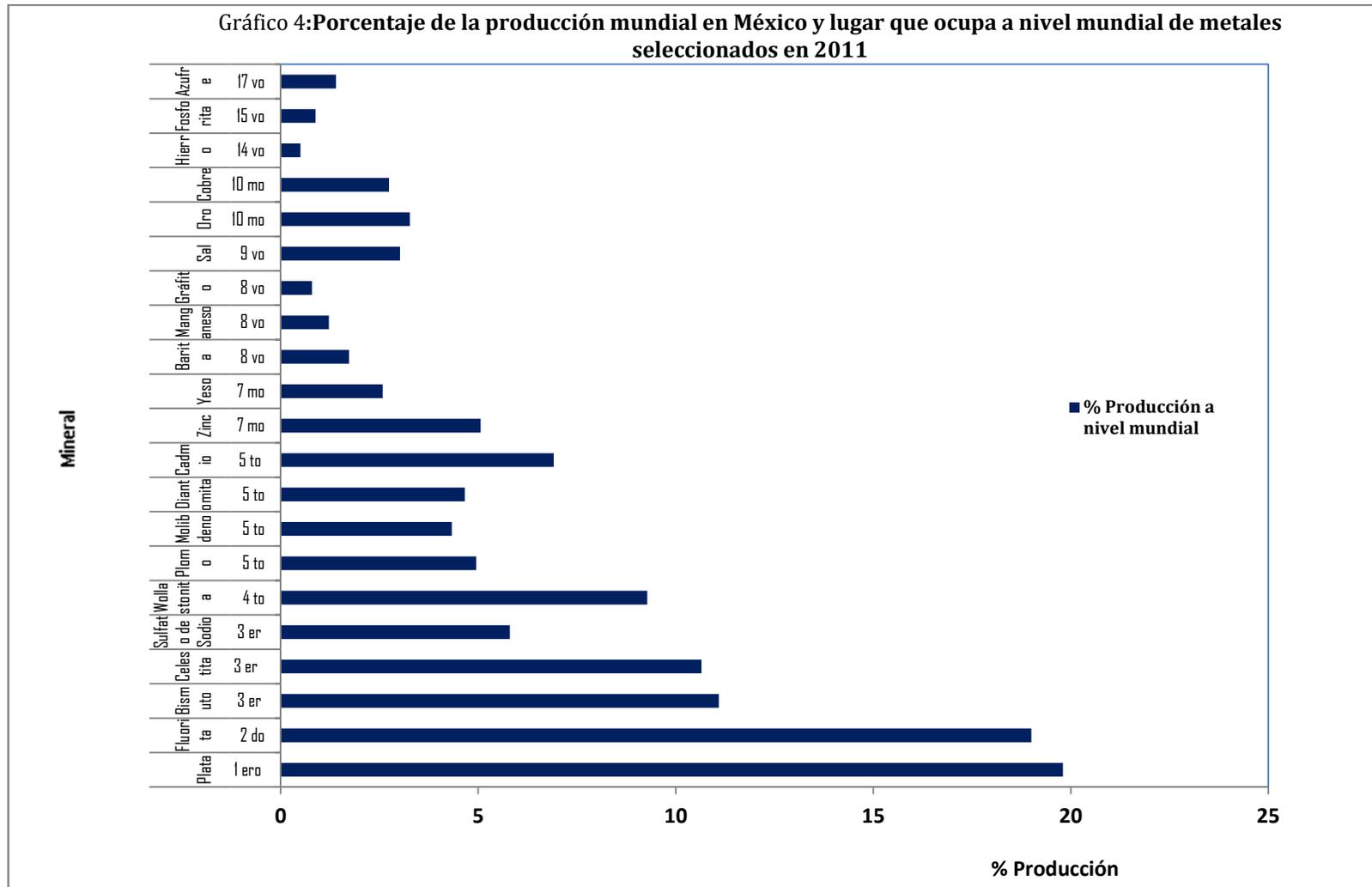
El valor de la producción total minero-metalúrgico al cierre del 2011 fue de 214, \$485,482.00 mil millones de pesos, de los cuales 53, 422, 028.00 mil millones de pesos fueron provenientes de la extracción de plata equivalentes a \$4, 150,347 kg de Ag, cabe señalar que México ocupó el primer lugar en producción de plata a nivel mundial con una aportación del 19 %.

En cuanto a la extracción y producción de oro (Au) el valor de la producción fue de \$58, 422, 038.00 millones de pesos, equivalentes a 84,118 kg.

Con respecto a los principales metales no ferrosos la producción de Plomo (Pb) fue de 182,202 Ton con un valor de \$5, 402, 521.7 mil millones de pesos, Cobre (Cu) con 237,609 Ton con un valor de \$43, 614, 949.5 mil millones de pesos, Zinc (Zn) con una producción de 71 Ton equivalentes a \$12, 150, 963.9 mil millones de pesos y finalmente, Hierro (Fe) con una producción de 7, 931, 194 Ton equivalentes a \$ 8, 004,983.8 mil millones de pesos⁶.

El gráfico 4 muestra el porcentaje de producción y el lugar que ocupó México a nivel mundial en el 2011 para algunos minerales seleccionados.

⁶Datos tomados del Reporte anual 2011 de la Cámara Minera de México (CAMIMEX)



*Fuente: Informe Anual 2011 Cámara Minera de México (CAMIMEX)

Las exportaciones de la industria minero-metalúrgica en 2011 alcanzaron los 22 mil 526 millones de dólares con un incremento del 45 % con respecto al año anterior, mientras que las compras al exterior ascendieron a 9 mil 880 millones de dólares de los cuales el 67 % corresponde a minerales industriales.

e) Factores que favorecen la inversión en México

En el período 2011-2012 el Índice de Potencial de Políticas (IPP) que mide un conjunto de variables las cuales tienen como objetivo reflejar cual atractivo es el conjunto de políticas que rigen en un país orientadas a favorecer el sector minero. Bowswana en África ocupó el primer lugar, en América Latina, el mejor ubicado fue Chile y para ese mismo año, México retrocedió seis posiciones y se colocó en el lugar 21

1.6 Elementos de consideración para México y la factibilidad de inversión

- **Ubicación estratégica;** cerca de la principal economía del mundo.
- Dentro de la dificultad del sector minera, México es el cuarto lugar entre los países con **menor riesgo a la inversión minera** (sólo detrás de Canadá, Australia y Chile)⁷
- Relativa **facilidad de apertura de nuevas minas;** en promedio se han abierto cuatro minas de tamaño importante al año (incluyendo 7 en el 2010)
- Importante **afinidad cultural** tanto con empresas de prácticamente todo el mundo
- Acceso a **mano de obra** barata.
- Gran cantidad de **tratados de libre comercio.**

1.7 Marco normativo

En México, la estructura del sector minero comprende una Coordinación General de Minería, la Dirección General de Minas, la Dirección General de Promoción Minera, el Fideicomiso de Fomento Minero y el Servicio Geológico Mexicano cada una de estas instituciones tienen funciones que son primordiales para el desarrollo de la minería en México, algunas de estas son señaladas a continuación:

⁷2011 Ranking of Countries for Mining Investment (2011) [En línea]
<http://www.dolbear.com/news-resources/documents>> Consultado el 12 de Mayo 2012

- a) **Secretaría de Economía (SE).** Órgano centralizado donde se realizan los trámites para obtener concesiones mineras.
- b) **Dirección General de Promoción Minera (DGPM):** Realiza actividades de promoción y apoyo a la inversión a través de procurar que las políticas públicas contribuyan a su desarrollo, así como identificar oportunidades de negocio y facilitar inversiones.
- c) **Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI):** Fomenta el desarrollo de la minería nacional, la generación de empleo e inversión mediante apoyos de capacitación, asistencia técnica y financiamiento a personas físicas y morales. Con un máximo de hasta 5 millones de dólares o su equivalente en pesos de apoyo.
- d) **Dirección General de Minas (DGM):** Proporciona la infraestructura administrativa adecuada para garantizar la tramitación de los asuntos mineros que establece la Ley Minera y su Reglamento, otorgando de esta forma seguridad jurídica a las resoluciones emitidas
- e) **Servicio Geológico Mexicano (SGM):** Fomenta la inversión y aprovechamiento de los recursos y actualmente ofrece proyectos para la explotación de minerales por estado con información y asesoría técnica.

Las actividades que se realizan dentro del sector minero-metalúrgico requieren de regulación jurídica y normativa tal que se permita generar beneficios para todos los involucrados, considerando desde el obrero de la comunidad minera hasta el empresario que invierte su capital, es por ello que en México se tienen diferentes instrumentos legales que regulan esta actividad, a continuación se mencionan y se describen de forma breve y general.

a) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

- I. **Artículo 27 Constitucional:** *Corresponde a la Nación el dominio directo [...] de todos los minerales o substancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizadas como fertilizantes; los combustibles minerales sólidos; [...] sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional⁸.*

⁸Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

- II. Ley minera Publicada en el Diario Oficial de la Federación Última reforma publicada DOF 26-06-2006.**
- III. Reglamento de la Ley Minera Publicada en el Diario Oficial de la Federación 15 de febrero de 19.**
- IV. Reglamento de la Ley Minera en Materia de Gas Asociado a los Yacimientos de Carbón Mineral Publicada en el Diario Oficial de la Federación Martes 16 de Diciembre de 2008.**
- V. NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.**
- VI. PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006, Publicada en el Diario Oficial de la Federación, Martes 4 de julio 2006.**
- VII. NOM-141-SEMARNAT-2003 Publicada en el Diario Oficial de la Federación, Lunes 13 de Septiembre del 2004.**
- VIII. NOM-120-SEMARNAT-1997 Publicada en el Diario Oficial de la Federación 23 de Abril del 2003.**
- IX. NOM-155-SEMARNAT-2007 Publicada en el Diario Oficial de la Federación 18 de Enero del 2010.**
- X. NOM-032-STPS-2008 Seguridad para minas subterráneas de carbón. Publicada en el Diario Oficial de la Federación Martes 23 de Diciembre del 2008.**
- XI. NOM-023-STPS-2003 Trabajos en minas Condiciones de seguridad y salud en el trabajo Publicada en el Diario Oficial de la Federación**

En la actualidad la industria minero-metalúrgica mexicana, se mantiene como motor de desarrollo económico sobresaliente en regiones del territorio donde las operaciones mineras son fundamentales para la generación de empleo de calidad, generación de impuestos locales y federales, así como el establecimiento de servicios sociales a favor de las comunidades.

Así, la industria debe ser vista como un sector estratégico para el crecimiento del país e impulsar su desarrollo y consolidación económica.

Referencias

1. Cámara Minera de México (2009), La industria minera de México: retos y oportunidades [En Línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en <http://www.camimex.org.mx/>
2. Cámara Minera de México (2011) Informe Anual 2011, [En línea], Consultado el 16 de abril del 2013 en <http://www.camimex.org.mx/files/1713/5409/1184/2011.pdf> pp. 49-53.
3. Coordinación General de Minería (n.d.) Minería [En Línea] Consultado el 22 de enero en http://sustainabledevelopment.un.org/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/mexico/Mineria.pdf
4. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2012) Artículo 27[En Línea] Consultado el 4 de abril del 2013 en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/articulos/27.pdf>
5. G. Ibarra Darío (1995) Minería durante el siglo XVIII ¿Auge o decadencia [En Línea] Consultado el 4 de abril del 2013 en http://biblioteca.itam.mx/estudios/estudio/letras42/notas5/sec_1.h ml
6. Grupo México (2012, Febrero 24) Desarrollo del Sector minero en México y perspectiva empresarial [En línea] Consultado el 10 de Marzo del 2012 en http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/v_congreso/geologia/ing_xavier_garcia_de_quevedo-desarrollo_del_sector_minero.pdf
7. Latinoamérica (2008) El régimen de la minería en México, [En línea] Consultado el 2 de enero del 2012 en <http://www.noalamina.org/mineria-latinoamerica/mineria-mexico/el-regimen-de-la-mineria-en-mexico>.
8. Milenio (2012, Junio 28) Entorno Fiscal Beneficia al Sector Minero, [En línea] Consultado el 10 de septiembre del 2012 en <http://laguna.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/dbd1ce87b7901fd6e2aa1bc5f78bc0d5>

9. Morales Roberto (2012, Julio 25) El Economista, México logró duplicar su producción minera en tres años, [En línea] Consultado el 10 de septiembre del 2012 en <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/07/25/inversiones-sector-minero-creceran-362-2012>.
10. Ministerio de Minas y Energía y Dirección General de Minería (2006) Glosario de Términos Mineros, [En línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/4_Glosario_Minero_2006.pdf
11. Ramírez Ramírez Calixto (2007, Septiembre) Minerales industriales: su importancia económica, [En línea] Consultado el 20 de enero del 2012 en <http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/coloquios/3/Minerales%20Industriales%20su%20Importancia%20Economic.pdf>
12. Rosagel Shaila (2011, Octubre) Minería Mexicana Carente de Tecnología, [En línea] Consultado el 2 enero de 2012 en <http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/10/03/mineria-mexicana-carente-de-tecnologia>.
13. Sariego Rodríguez José Luis (n.d.) Minería y territorio en México: Tres modelos históricos de implantación social [En línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/EQ266TVRNAR4GFVYXUFTJIDGYKUV9NU.pdf
14. Secretaria de Economía (2006) Diagnóstico de las empresas con capital extranjero en la industria minera mexicana, [En línea] Consultado el 2 de enero de 2012 en http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/diagnostico_minas.pdf
15. Secretaria de Economía (2009, Abril) Perspectivas de la minería mexicana, [En Línea] Consultado el 11 de septiembre del 2012 en <http://www.docstoc.com/docs/68139141/Abrir-archivo---Diapositiva-1>

- 16.**Secretaría de Economía y Dirección General de Promoción Minera (2011, Julio), Cadenas Productivas del Sector Minero: Una guía Metodológica [En Línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/guia_metodo_cadenas_prod_sector_minero.pdf

- 17.**Secretaría de Economía (2011, Septiembre) Panorama minero del estado de Querétaro [En Línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/QUERETARO.pdf>.

- 18.**Secretaría de Economía (2012, 10 de Septiembre), Reporte coyuntural de la minería nacional [En Línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en <http://www.economia.gob.mx/>

Capítulo II: Procesos productivos en minería subterránea

Resumen

Este capítulo describe de forma general las operaciones unitarias en el sector minero que son básicas y fundamentales para obtener el producto final de interés y que puede ser desde el mineral en bruto, concentrados metálicos o incluso lingotes de metales como plata y oro disponibles para su venta.

Dentro de las operaciones unitarias y a través de los procesos, es necesario el uso, manejo y gestión de la información, procesos de transporte internos como lo es el acarreo y externos como el embarque de mineral, son fundamentales en el desempeño de las corporaciones mineras, el suministro de los requerimientos para la operación y la adecuada gestión del inventario, garantizan la existencia de materia prima para la continuidad de la producción día a día.

2.1 Características del sector minero: Industria extractiva

Cuando se extraen los recursos minerales estos no se renuevan, por esa razón, el objetivo de las empresas es obtener de forma óptima las reservas de minerales con el mayor beneficio económico y con la máxima seguridad en operación.

Importante característica que distingue al sector minero de otros sectores industriales es la **localización**, el empresario no elige las condiciones geográficas del sitio ni donde ubicar el yacimiento de interés, esto hace que la minería se convierta en una actividad de elevado riesgo económico pero también, generadora de oportunidades y empleo en zonas rurales caracterizadas por pobreza y marginación.

La extracción de recursos de la corteza terrestre no siempre implica explotar un mineral con elevado valor económico, esto implica que durante todo el proceso se generen cantidades de mineral no valioso en comparación con el mineral de interés por lo que la relación entre desperdicio/ producto es elevada, esto origina necesariamente un proceso de disposición de residuos que depende del proceso productivo realizado.

Generación y manejo de residuos así como los métodos de mitigación de zonas explotadas son actualmente un tema central en la cadena productiva del sector minero-metalúrgico.

Este sector industrial mantiene relación con diferentes instituciones educativas, gubernamentales y corporativas que influyen a lo largo de la cadena de valor y contribuyen con el desarrollo de proyectos mineros. (Fig. 1)

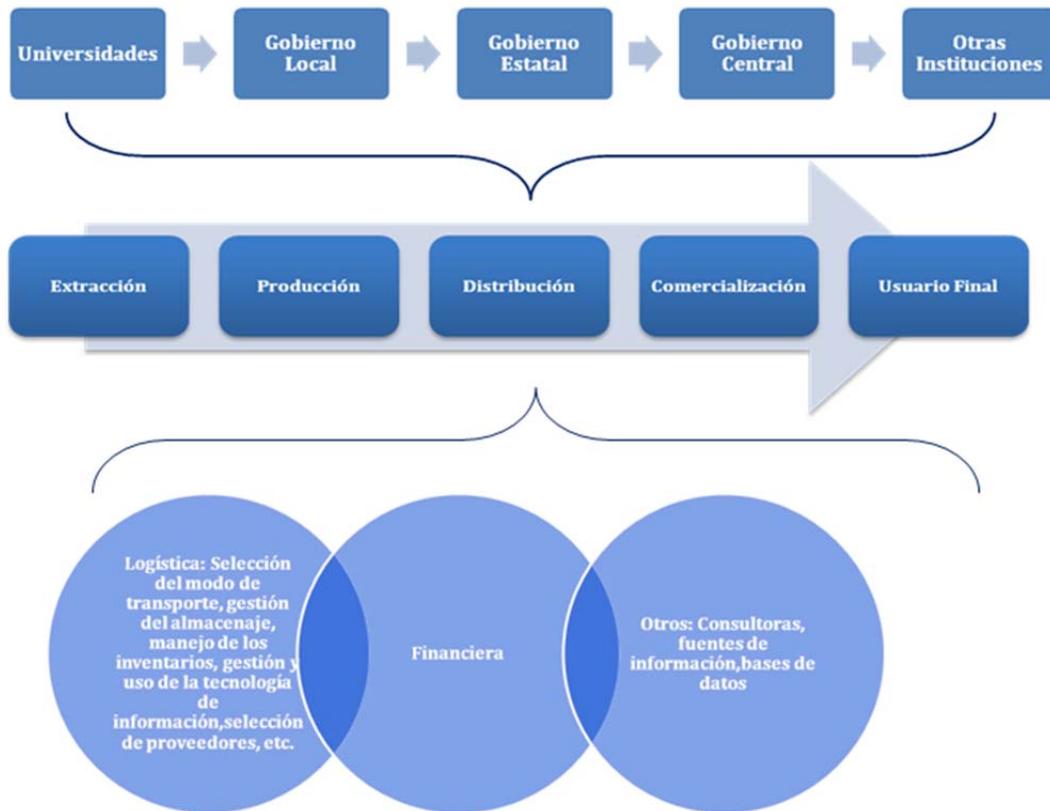


Fig. 1: Involucrados en la cadena de valor del sector minero-metalúrgico

*Fuente: Elaboración propia con base en http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/informacion_sectorial/mineria/GuiaMetodologicaCadenasProductivasdelSectorMinero.pdf

Las instituciones educativas fomentan la orientación para la formación de capital humano en las áreas de ciencias de la tierra, con el objetivo de generar profesionales en diferentes rubros de los que requiere este sector y satisfacer la demanda de personal capacitado.

Las instancias gubernamentales, tienen como objetivo el establecer el marco normativo y jurídico que permita generar ventajas para todos los involucrados, desde el empresario que decide invertir su capital hasta el obrero de la comunidad donde se desarrolle el proyecto minero, considerando seguridad en operaciones, desarrollo económico de las regiones, cuidado y protección del medio ambiente entre otros.

2.2 Etapas del ciclo de vida de un proyecto minero

La minería puede visualizarse convenientemente como un proceso de suministro por el cual los minerales se convierten desde recursos geológicos hasta productos negociables o vendibles. La existencia geológica de minerales constituye el recurso básico que fluye a través de una serie de procesos que involucran múltiples etapas para la demanda de metales minerales (Fig. 2)

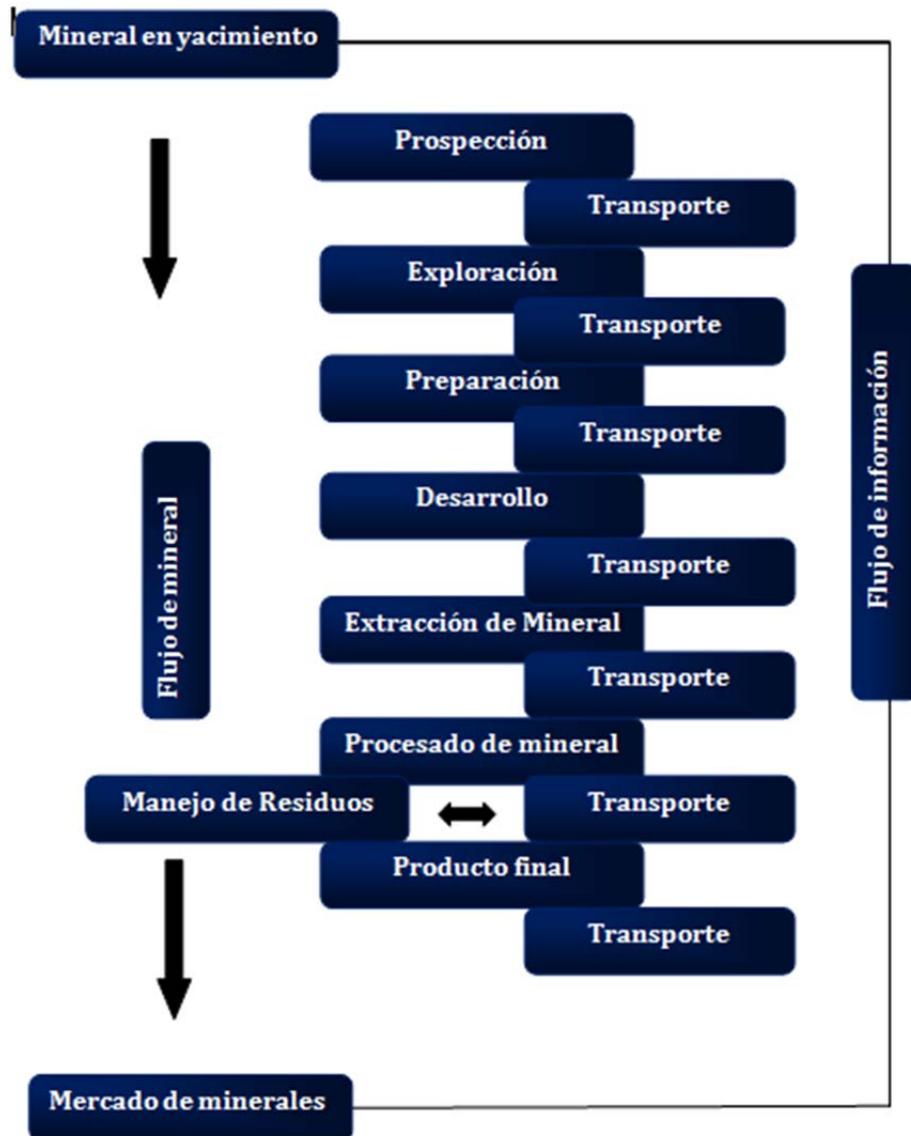


Fig. 2: Operaciones unitarias en un proceso minero-metalúrgico

*Fuente: Elaboración propia

2.3 Operaciones unitarias en minería

a) Prospección

Es la actividad que consiste en ubicar las anomalías geológicas en la corteza terrestre, en donde posiblemente puedan existir depósitos o yacimientos minerales. La tecnología actual, provee de diversas herramientas para ubicar posibles depósitos minerales mediante fotos aéreas, interpretación de datos de satelitales y el uso de la prospección geo-química y física.

Para la detección de los recursos minerales, se recurre en la actualidad a la interpretación de imágenes creadas por energía radiante y captadas por percepción remota de satélites; a la aerofotografía, para ubicar las estructuras favorables; y a la geoquímica, que permite detectar la presencia o no de minerales deseables al comparar el análisis de la corteza terrestre de zonas seleccionadas y referirlos al promedio general que presenta la zona escogida de estudio.

La geofísica es otro gran auxiliar apoyados en ella y en las diferentes propiedades físicas de los materiales se han desarrollado sofisticados procesos para la detección de minerales empleando las siguientes técnicas.

- **Magnetismo:** La distorsión del campo magnético de la tierra por la presencia de rocas con propiedades electromagnéticas es medida por magnetómetros que registran la variación de la intensidad magnética.
- **Eléctricas:** El diferente comportamiento de los metales frente al paso de la corriente eléctrica es conocido como conductividad. La forma variable en que es efectuada tal transmisión por los diferentes tipos de rocas, puede ser medida si aplicamos a las rocas una fuente controlada de energía eléctrica.
- **Sísmicas:** La diferencia de velocidad de propagación de las ondas sísmicas depende de los distintos materiales presentes en el terreno. La generación de cortos impulsos de energía sísmica por el impacto de cargas explosivas son registradas por sismógrafos que miden el intervalo entre el momento de la explosión y la llegada de las ondas a distancias preestablecidas.
- **Gravimétricas:** Se determina la distribución desigual de la fuerza de gravedad entre las rocas y minerales más pesados.
- **Radiométricas:** Se detectan y miden los rayos gamma emitidos por elementos radioactivos.

b) Exploración

Es la actividad que consiste en la determinación de la cantidad (reservas) y de la calidad (ley promedio) del mineral de un depósito.

Es una etapa secuencial de inversión para la obtención de información. En la exploración básica o primaria, inicialmente se seleccionan áreas geográficas potencialmente favorables dentro de un ambiente geológico de interés, estas sujetas a una serie de estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos. Si la exploración es exitosa entonces resultará en el descubrimiento de yacimientos de minerales con valor económicamente atractivo.

Este trabajo implica contar con los más recientes conocimientos científicos y tecnológicos para reducir el alto riesgo económico característico de esta etapa de la minería. Cuando se han realizado suficientes trabajos de delimitación (Ej. muestreos sistemáticos de sondajes, trincheras y labores mineras) se debe tomar una decisión respecto si el depósito mineral debe o no ser desarrollado para producción. Si las características del depósito mineral delimitado justifican económicamente el desarrollo minero, éste constituye formalmente un yacimiento y es el producto final de la exploración minera.

La ubicación de nuevos yacimientos genera una serie de expectativas económicas y financieras para la corporación y para las poblaciones donde se llevará a cabo el proyecto de explotación.

c) Preparación

Corresponde a esta actividad, la preparación de las zonas o secciones de trabajo para hacer posible su explotación generalmente se preparan tolvas, chimeneas de relleno y ventilación, entre otras labores.

Cuando el proyecto es una mina subterránea, se realizan trabajos de desarrollo para llegar hasta el mineral mediante galerías (túneles horizontales), chimeneas (túneles verticales o inclinados que no se comunican a superficie), piques (túneles verticales que salen a la superficie) y rampas (túneles en forma de espiral), etc.

d) Desarrollo

Localizados los bloques de mineral, se realizan labores mineras para determinar el tonelaje y las leyes del mismo, es decir, clasificar en mena, mineral marginal y submarginal; se construyen los accesos e instalaciones que hagan posible la explotación y se desarrollan las galerías, los cruceros, chimeneas de ventilación y rampas o rieles para carros mineros,

e) Extracción

Localizadas las zonas mineralizadas (vetas o cuerpos de mineral de valor económico) y considerando las evaluaciones técnicas y económicas, se realizan perforaciones de túneles y socavones para posibilitar la extracción del mineral.

f) Transporte y/o manipulo de minerales

El mineral es extraído desde el punto de explotación hacia el exterior de la mina, esta operación consiste en remover el mineral y dependiendo la zona, colocarlo en carros de carguío o trenes para su posterior tratamiento.

g) Recepción de minerales

El mineral extraído es directamente colocado en el siguiente proceso de la cadena productiva que es la molienda o es resguardado en patios que permiten clasificarlo y posteriormente tratarlo.

h) Concentración o Procesamiento Metalúrgico

El mineral que se extrae del yacimiento, generalmente no se puede comercializar sin un tratamiento posterior (Ej. Beneficio de minerales e Hidrometalurgia), por lo que hay que someterlo a procesos fisicoquímicos que permiten incrementar su valor económico a través de elevar su contenido metálico o ley en ocasiones prepararlo para el proceso posterior de fundición y refinación.

Las etapas del proceso de beneficio de minerales son detalladas a continuación.



Fig. 3: Etapas del proceso de Beneficio de Minerales

*Fuente: Elaboración propia

I.h Trituración

El mineral es reducido de tamaño y pueden existir las siguientes sub-etapas.

- **Trituración primaria:** Reducción a un tamaño de 3 a 4 pulgadas.
- **Trituración secundaria:** Reducción a un tamaño de 1.5 a 2 pulgadas
- **Trituración terciaria:** Reducción a un tamaño de 3/8 pulgadas

II.h Molienda

El mineral triturado es procesado con agua en equipos conocidos como molinos de bolas o barras; se tiene como objetivo reducir a polvo el tamaño de las partículas, en esta etapa del proceso se mezcla el mineral con reactivos químicos que permiten la posterior separación del mineral de valor del que no lo es.

En la molienda existen varias etapas que permiten obtener el tamaño de partícula necesario, clasificando el mineral como fino (adecuado tamaño de partícula) y mineral grueso (tamaño no adecuado de partícula).

El mineral clasificado como fino, se somete al proceso de flotación.

III.h Flotación

El mineral molido, mezclado con agua, cal y reactivos (a esta mezcla se le conoce como pulpa) es bombeado a las celdas de flotación. En estas celdas un agitador de paletas hace girar la pulpa a la vez que una corriente de aire que sale de la parte inferior de la celda, forma una especie de burbujas que sale a la superficie llevando consigo partículas de sulfuros de mineral (el mineral de interés), formando una espuma o nata que rebasa las celdas de flotación. Esa espuma es recogida para ser espesada o sedimentada y filtrada para obtener el concentrado final. Cuando se procesan dos o más tipos de concentrados, el proceso de flotación pasa por tantos procesos como tipos de concentrados se deseen obtener.

IV.h Espesamiento, filtrado, secado y manipuleo de concentrados

La pulpa resultante del proceso de flotación es recogida a través de canaletas y conducida mediante agua a los tanques espesadores, de donde se traslada al proceso de filtrado y secado.

V.h Desagüe, disposición de relaves y recuperación de agua

El material que se descarta de las celdas de flotación se denomina relave y esto se conduce según sea el caso a la planta de recuperación de agua o directamente a lugares de almacenamiento acondicionados especialmente para tal fin. Cuando la planta de concentración está ubicada en lugares donde hay escasez de agua, suele haber una planta de recuperación de agua.

VI.h Disposición de relaves

Los desechos (relaves), tanto del proceso de flotación como de la planta de recuperación de agua, son trasladados a un espacio que confina estos desechos conocido como presa de jales donde se almacenan bajo condiciones establecidas de acuerdo con las disposiciones sobre el control ambiental.

2.4 Minería Subterránea

Se entiende como minería subterránea a la que se realiza por medio de obras y trabajos en el interior de la tierra tales como pozos, galerías, cámaras, túneles, socavones y planos para acceder al mineral de interés, sin tener que mover los estériles o materiales que recubren el yacimiento.

El método de explotación conocido como minería subterránea, es utilizado cuando las zonas, vetas o cuerpos de interés económico, son angostos y profundos, por lo que la evaluación técnica y económica justifica la perforación de túneles y socavones para posibilitar la extracción del mineral. (Fig.: 4)



Fig.4: LHD cargando mineral

Los sistemas y servicios de explotación específicos de la minería subterránea difieren ligeramente de los de cielo abierto, si bien esencialmente es extraer el mineral, la forma de extraerlo de su lugar de formación y su transporte hacia el exterior hacen una diferencia sustancial en el manejo del mineral.

Los elementos de consideración en minería subterránea y su elección son relevantes en la optimización de los recursos.

Factor	Infraestructura
Sostenimiento y fortificación de los taludes	Cuadros, mallas, pletinas, chapas, etc. – Bulones, cables y pernos Relleno u hormigonado Posteo de madera Mampostas metálicas
Carga y desescombro de mineral	Sistemas discontinuos (Cargadoras, volquetes y transportadores) Sistemas continuos (Minadores, rozadoras)
Movimiento interno de mineral	Sistemas discontinuos o mixtos (L.H.D ¹), Volquetes y trenes Sistemas continuos (Cintas, Panzers, tuberías.)
Acarreo de mineral al exterior de la mina	Pozos de extracción vertical Planos inclinados con bandas Rampas para camiones o volquetes Sistemas hidráulicos de transporte
Servicios	Ventilación y aire acondicionado Desagüe y drenaje Mantenimiento y talleres Iluminación Almacenes y polvorines Oficinas y vestuarios Guardería y control de seguridad Impacto ambiental Viviendas y hábitat minero

Cuadro 1: Elementos de consideración fundamentales en minería subterránea

*Fuente: Elaboración propia con base en

<http://www.ct.ufrgs.br/laprom/Underground%20Mining%20Methods.pdf>

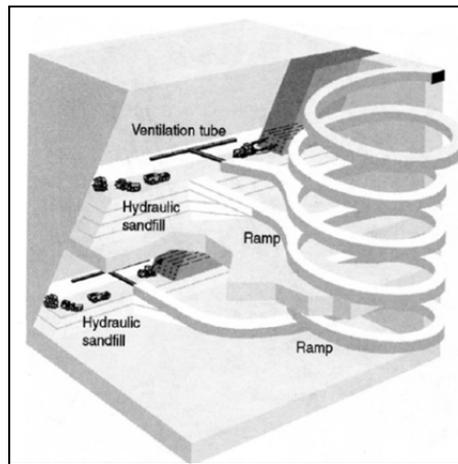


Fig.5 Ejemplo de un sistema de corte y relleno en minería subterránea

*Fuente: Underground Mining Methods and Applications [En línea]
<http://www.ct.ufrgs.br/laprom/Underground%20Mining%20Methods.pdf>

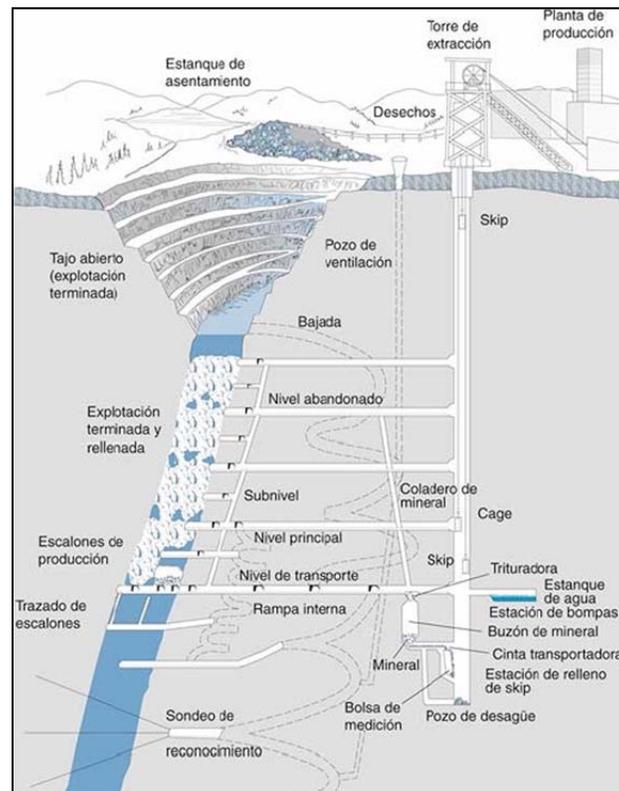


Fig.6: Infraestructura básica en minería subterránea

*Fuente: Underground Mining Methods and Applications [En línea]
<http://www.ct.ufrgs.br/laprom/Underground%20Mining%20Methods.pdf>

2.5 Transporte en minería subterránea

La localización de los yacimientos de interés, las formas irregulares de acceso a los mismos y el ingenio de llegar a ellos con el costo más bajo y obtener la mayor utilidad posible, hace que la minería subterránea sea un sistema en continuo cambio.

El transporte al interior de la mina es crucial y tiene principalmente dos funciones: i) remover el mineral al interior de la mina y ii) transportar el mineral hacia el exterior de la mina para ser procesado.

La elección del sistema de transporte, personal, tipo de maquinaria, diseño de rutas y accesos, necesariamente tienen que ser evaluados considerando el costo económico así como la seguridad que este brinda para el personal a diario.

Los sistemas de transporte en minería pueden ser clasificados en dos categorías:

- a. Minas poco profundas con niveles de carreteras o gradientes.
- b. Mina subterránea con ejes verticales o largos e inclinadas pendientes.

Las minas subterráneas requieren sistemas de transporte específico entre la superficie y el nivel de profundidad al que se esté explotando el yacimiento. Cabe señalar que la minería poco profunda se puede igualar casi en sistemas de transporte a la minería a cielo abierto o superficial y se considera que el sistema de acarreo es directo.

El sistema de transporte⁹ de la minería subterránea es tan diverso que puede tener seccionadas sus ruta, personal o equipo, esto depende de la naturaleza, profundidad y método de minado, así como de la relación entre la ganancia económica y el costo de realizar ese tipo de obras de infraestructura al interior de la mina.

Los factores que se deben de considerar para la elección del sistema de transporte interno en mina subterránea son: (Tabla 1)

1. Cantidad y peso del material y maquinaria a transportar.
2. Acceso al lugar de destino.
3. Características del camino como altura y ancho.
4. Distancia de recorrido y puntos internos de traslado
5. Condiciones del camino (pendiente vibraciones, tipo de suelo, estabilidad del talud etc.)
6. Transporte para el personal.

⁹K. Matsui. Underground Mining Transportations Systems, Civil Engineering. 2007. Vol. II [En línea] Consultado el 2 de agosto del 2012 en <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C05/E6-37-06-07.pdf>

7. Las vibraciones que genera el transporte dentro de la mina son de consideración importante, algunas de estas pueden ser suavizadas en el proceso de construcción para el modo de transporte.

Factor de elección	Descripción
Producción	<p>Tasa de producción diaria: Considerando proyección de ventas, reservas disponibles, contratos y actividades alternas de la compañía.</p> <p>La tasa de producción diaria se verá afectada por el porcentaje de recuperación, ley del mineral y la razón de sobrecarga.</p> <p>Las tasas de producción de carguío y transporte, deben considerar el mineral de interés y la cantidad de mineral estéril que es necesario remover.</p>
Alcance y recorridos de transporte	<p>Alcance: Equipos de base fija que cargan en un punto y luego giran sobre su eje para descargar en otro punto. La máxima distancia horizontal sobre la cual el equipo puede cargar o descargar se define como el alcance.</p> <p>Recorrido: Distancias y pendientes que deben de recorrer los equipos de transporte, considerando no solo los que transportan el mineral sino las que combinan carguío y transporte.</p> <p>Mina subterránea la configuración de las excavaciones determinará la distancia total a recorrer.</p>
Tiempo de ciclo	<p>Intervalos de tiempo fijo: Virar, cambiar de posición, cargar y descargar.</p> <p>Intervalos de tiempo variables: Distancia al punto de cargado del mineral.</p>
Capacidad	<p>Tasa de producción</p> $\frac{\text{Capacidad} * (\text{Ciclos})}{\text{Unidad de tiempo}}$
Iteración	<p>Calcular la disponibilidad de equipos de una flota para satisfacer la producción y con base en ello calcular las modificaciones necesarias en selección y número de equipo.</p>

Cuadro 2: Descripción de los factores para la elección de acarreo de mineral

*Fuente: Elaboración propia

2.6 Clasificación de los equipos de transporte

El equipo de transporte en minería se clasifica con base en su función y ésta puede ser: i) equipo de acarreo y ii) equipo de transporte mixto.

- a. **Equipo de acarreo:** La función principal de estos equipos, es remover el mineral desde el punto de explotación hacia donde generalmente se procesa el mineral. El transporte puede seguir una ruta fija, un ejemplo de esto son los trenes que requieren una línea férrea o bien pueden desplazarse libremente por caminos ya construidos, este es el caso de los camiones de carga.

También son de uso las bandas transportadoras que tienen la capacidad de soportar mineral de granulometría elevada dentro de la mina.

- b. **Equipo de transporte mixto.** Realizan en una sola operación el carguío y el transporte del mineral. Ejemplo de ello es el equipo LHD, que consta de una pala de bajo perfil para minería subterránea, que tiene autonomía de realizar eficientemente traslados de 300 m de distancia.

2.7 Tecnología en minería

La mina con mayor profundidad a nivel mundial es la que se ubica en “**La ciudad de oro**”, se encuentra en Sudáfrica en la ciudad de Carletonville, **a 70 kilómetros de Johannesburgo y su nombre es Tau Tona (Gran León en africano).**

La profundidad de Tau Tona¹⁰ es de 3.6 km. y la minera tiene interés en llegar a 4 km, tiene alrededor de 5600 trabajadores y más de 800 km de galerías, desde la entrada hasta la veta más alejada el viaje puede durar 4 horas de ida y de vuelta.



Fig.7: Ciudad del Oro

*Fuente:<http://www.planetacurioso.com/2012/11/21/la-mina-mas-profunda-del-mundo-tautona-sudafrica/>

¹⁰ Planeta Curioso (2012, Noviembre) La mina más profunda del mundo: Tau Tona, Sudáfrica, [En línea] Consultado el 3 de enero del 2012 en <http://www.planetacurioso.com/2012/11/21/la-mina-mas-profunda-del-mundo-tautona-sudafrica/>



Fig. 8: Túnel en la mina Tau Tona

*Fuente:<http://www.planetacurioso.com/2012/11/21/la-mina-mas-profunda-del-mundo-tautona-sudafrica/>

Las temperaturas al interior de la mina no suelen bajar de los 20°C y considerando que la roca viva alcanza los 55 °C, se logra mantener la temperatura con sistemas de refrigeración.

En promedio por año, la minera reporta 5 muertos y todo ello para lograr la producción de 1600 kg de oro al mes, que se extraen aproximadamente de 140,000 t de tierra y roca.

Ante estas condiciones laborales, los trabajadores exigen mayor seguridad a los empresarios y estos se ven obligados a introducir tecnología que permita generar seguridad en la operación diaria pero también a incrementar el margen de utilidad.

Para lograr satisfacer esas necesidades actualmente compañías mineras e instituciones educativas están colaborando para desarrollar tecnología que permita realizar exploración a niveles de mayor profundidad.

✓ **Perforación y exploración**

El Instituto Coreano de Maquinaria y Materiales y la compañía Korea Coal Corp. (KOCOAL) desarrollaron un robot inteligente que trabaja en explotaciones mineras de carbón dentro del complejo de Daejon.

El robot puede cargar y descargar carbón para su transporte, realizar perforaciones y exploración, la operación del mismo es de forma remota con un escáner tridimensional que se sitúa en la parte posterior del robot. (Fig. 8)

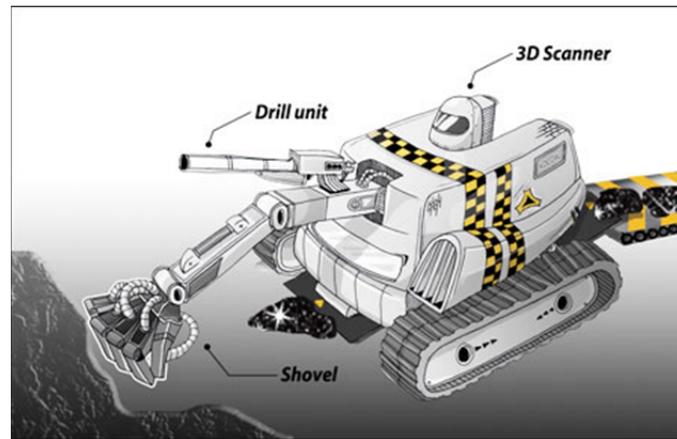


Fig.9: Robot para exploración, perforación, carga y descarga de mineral

*Fuente:<http://www.ideasgeek.net/2009/08/27/robots-coreanos-realizaran-trabajos-en-explotaciones-mineras-para-reducir-los-riesgos-laborales/>

La Universidad de Sídney, ha desarrollado una generación de robots que tendrán aplicación para el sector minero, la agricultura, la arqueología y la investigación biológica

✓ **Comunicación**

Al interior de una mina subterránea y dependiendo su profundidad, lograr la comunicación es un tarea difícil y fundamental.

Las condiciones de infraestructura y la operación, influyen en el flujo de la información, la tecnología que se selecciona para la operación del día a día es un elemento crítico y es que al interior de la mina el ruido abunda, la iluminación llega a ser escasa y la distancia entre los yacimientos crean un ambiente donde la tecnología enlaza a los grupos de operarios.

Para realizar una detonación y explotar un yacimiento, es necesario que las áreas estén despejadas, para esto debe de existir un sistema de aviso o alarma que envíe la señal y mantenga alerta a los operarios de la operación que se va a realizar.

La detonación produce un stock de mineral listo para ser acarreado y procesado, entonces debe transmitirse el mensaje para que el área de transporte de inicio a esta operación.

La selección y el ritmo de avance para la explotación de los yacimientos, debe de estar en continua supervisión, esto mismo requiere comunicación entre supervisores y los superintendentes ya que suelen existir complicaciones que retrasan o impiden la operación. Las áreas operativas que involucran a la explotación y procesamiento de minerales, deben de estar en continua comunicación, uno de los retos está relacionado al manejo eficiente de la información, la cual debe de estar disponible donde y cuando sea necesario.

a. Radiocomunicación

La radiocomunicación¹¹ es importante debido a que permite el flujo de información en tiempo real, monitorear las unidades operativas, flotas de transporte, carga y descarga de mineral de forma más eficiente.

Radios digitales de dos vías, permiten la comunicación de forma grupal, esta tecnología ha sido desarrollada por Motorola Solutions que actualmente ofrece equipos para el sector y que cumplen con especificaciones para operar en condiciones extremas de temperatura, presión, altura etc., un ejemplo de esto es el radio DTR 620 que tiene una operación continua de 19 horas por carga y cobertura de 350,000 pies con una extensa antena plegable, pantalla completa, cuando recibe una llamada el usuario de radio puede responder de forma privada a cada participante de la llamada grupal con un máximo de 150 canales y compatible con mensajería de texto SMS



Fig. 10: Radio DTR 620 MOTOROLA

*Fuente:[http://www.motorola.com/Business/XL-](http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Productos+y+Servicios+para+Empresas/Radios+de+Dos+Vias+para+Empresas/Radios+Portatiles/Pequeñas+y+Medianas+Empresas+PyMEs/DTR620_Loc:XL-ES)

[ES/Productos+y+Servicios+para+Empresas/Radios+de+Dos+Vias+para+Empresas/Radios+Portatiles/Pequeñas+y+Medianas+Empresas+PyMEs/DTR620_Loc:XL-ES](http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Productos+y+Servicios+para+Empresas/Radios+de+Dos+Vias+para+Empresas/Radios+Portatiles/Pequeñas+y+Medianas+Empresas+PyMEs/DTR620_Loc:XL-ES)

Para realizar las operaciones necesarias de forma continua que permitan extraer el mineral del yacimiento, la comunicación, los medios de transporte y la exploración deben ser realizados con la optimización de los recursos disponibles, garantizando la seguridad de quien labora y evitando el mayor daño posible al medio ambiente, y obtener el mayor margen de utilidades posible.

Los retos que enfrenta el sector minero-metalúrgico se centran en: i) costos más elevados, ii) fusión y adquisiciones de empresas, iii) marcos normativos y jurídicos que coadyuvan a la corrupción, iv) seguridad en operaciones, v) mitigación de daños al medio ambiente y vi) diseño e integración de una cadena de suministro que permita incrementar márgenes.

¹¹ http://motorola-latinamerica.hosted.jivesoftware.com/community/tecnologia_blogs/movilidad_empresarial/blog/2012/09/07/optimizaci%C3%B3n-en-operaciones-mineras-a-trav%C3%A9s-de-sistemas-de-radiocomunicaci%C3%B3n

Referencias

1. Boletín de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de Colombia. 2008 n° 25: Logística esbelta aplicada al transporte en el sector minero pp., ISSN 0120-3630 [En línea] Consultado el 26 marzo del pp. 121-136 2013 en <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=169516255006>
2. Boletín de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de Colombia. 2008 n° 25, Cadena de suministro en el sector minero como estrategia para su productividad pp.93-101, ISSN 0120-3630 [En línea] Consultado el 26 marzo del 2013
<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=169516255009>
3. Boletín de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de Colombia. 2009 n° 26, Análisis de oportunidades de implementación de tecnologías de la información y comunicaciones (TIC's) logísticas en la cadena de suministro del oro en el Tolima, pp.93-101, ISSN 0120-3630 [En línea] Consultado el 26 marzo del 2013
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/16591>
4. Cárdenas, C., y Escárte, S. 2005. Con organización y responsabilidad construiremos nuestro futuro. Sistematización de la experiencia de explotación minera de Bella Rica y Guananche Tres de Mayo.[En línea]
<http://web.idrc.ca/uploads/user-S/11284500141ceda.pdf>
5. Estudios Mineros del Perú (n.d). Manual de Minería [En línea] Consultado 26 de marzo http://ingenierosdeminas.org/biblioteca_digital/libros/Manual_Mineria.pdf
6. Henry John Luna Córdova (2011, Marco) Minería subterránea y superficial y beneficio de minerales en Congreso: Expo Minas 2011 (IV Perú, Ministerio de Energía) [En línea en]
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/PRESENTACIONES/2011/EXPOMINA%20ECUADOR/MINERIA%20SUBTERRANEA%20Y%20SUPERFICIAL%20EN%20EL%20PERU.pdf>
7. Juan Herrera Herbert (2002) Los métodos de minería subterránea, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid, Fundamentos de Laboreo de Minas Cap. XXIII.

- 8.** Muñoz del Pino Erik (2012, Abril) Riesgos en la Minería Subterránea, Servicio Nacional de Geología Minera, Gobierno de Chile [En línea] Consultado el 26 de marzo del 2012 en
http://intrawww.ing.puc.cl/siding/public/ingcursos/cursos_pub/descarga.phtml?id_curso_ic=1781&id_archivo=69286
- 9.** Secretaria de Economía (2008, Noviembre) Guía de trámites mineros, [En línea] Consultado el 16 de abril del 2013 en
http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/GuiadeTramitesMineros.pdf
- 10.** Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, (2008), Explotación de Minas: Carguío y Transporte [En Línea], Consultado el 16 de abril del 2013 en
https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/MI57E/1/material_docente/
- 11.** Centro de Estudios del Cobre y Minería (2012), Tendencias de la exploración mundial 2012,
<http://www.metalseconomics.com/sites/default/files/uploads/PDFs/wet2012spanish.pdf>

Capítulo III: Estado del arte en mapas de procesos de la industria minera

Resumen

En este capítulo se describen y presentan una serie de ejemplos de mapas de procesos en el sector minero, específicamente del área de mantenimiento.

El mapeo de procesos y su utilización dentro de la corporación, son fundamentales en el seguimiento de personal y actividades así como para la detección de área de oportunidad.

3.1 Importancia de los mapas de procesos

En cualquier proceso productivo o administrativo es necesario conocer al detalle las operaciones y actividades a ejecutar que permiten se genere el producto o servicio deseado.

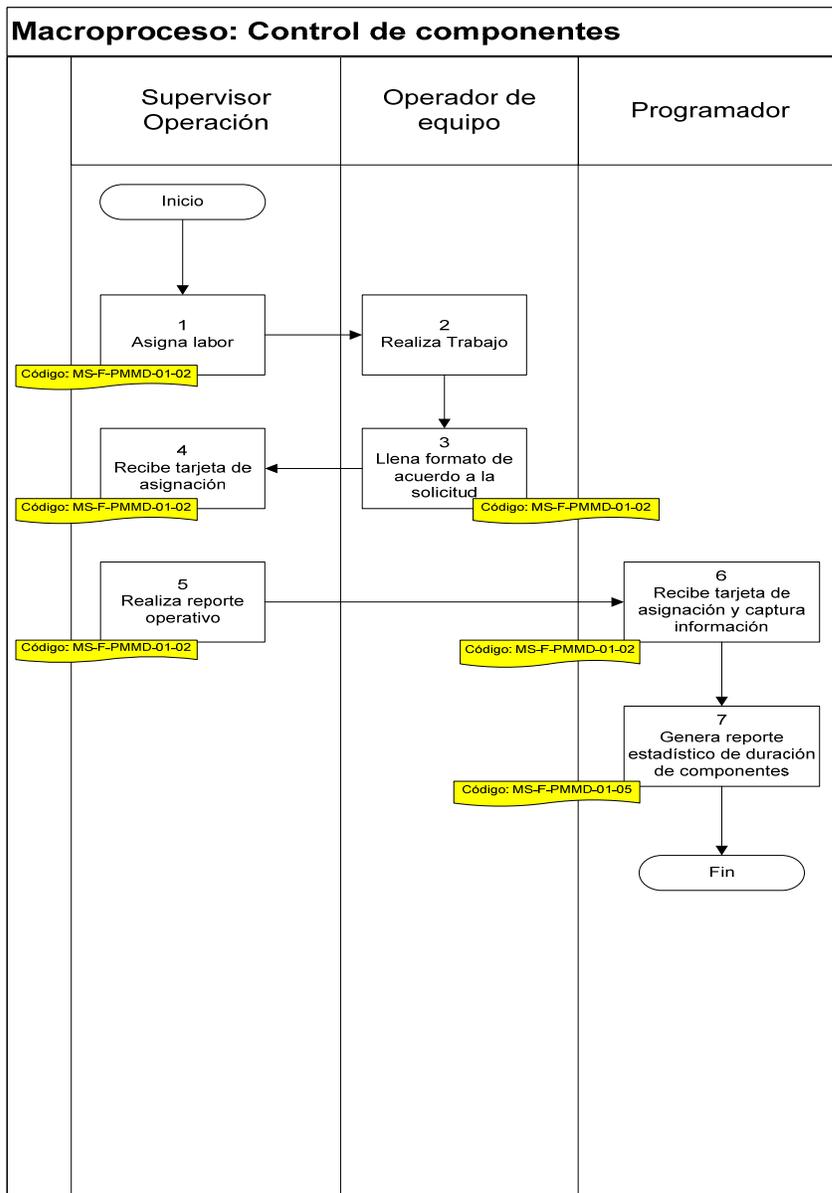
Una herramienta de gran uso y difusión es el mapeo de procesos, estos son fundamentales en la identificación de actividades, responsables y detección de las áreas de oportunidad.

Un mapa de procesos es una representación gráfica que de forma inmediata, permite conocer el proceso, responsables, funciones y relaciones de los diferentes departamentos que integran la corporación.

Cada integrante del cuerpo operativo y administrativo no sólo requiere conocer sus funciones y actividades por realizar, también, identificar las actividades y operaciones que dependen de su área, es decir conocer el funcionamiento de la firma para mantener la continuidad.

.La minería en un sector industrial donde el flujo de información y la gestión de la misma son estratégicos para incrementar la eficiencia de los procesos

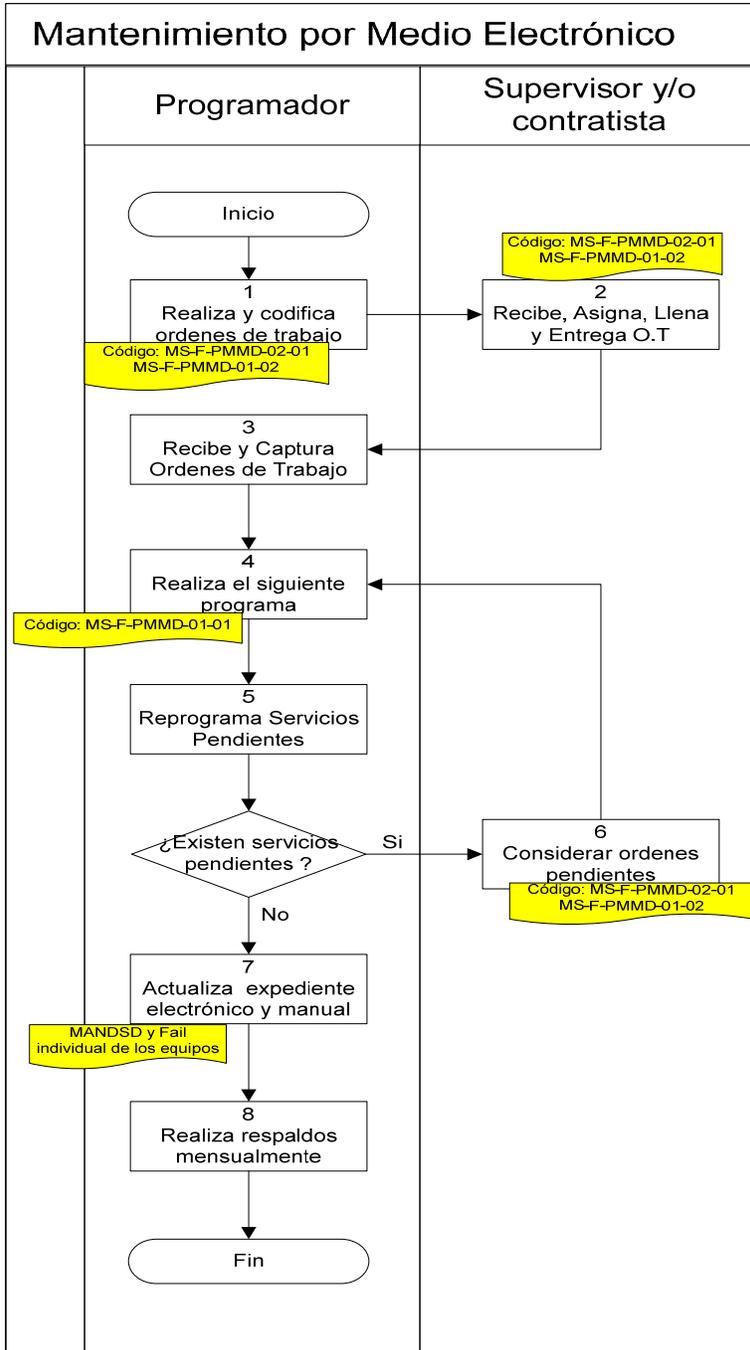
La asignación de responsabilidades dentro de cada área operativa así como la identificación del personal a cargo es de suma importancia, a continuación se muestran ejemplos de mapas de procesos que se realizan en minería y que son de interés para la continuidad de la producción.



La solicitud de un componente dentro de la operación día a día, requiere de la coordinación entre el departamento de Compras y Almacén (éste garantiza un inventario de requerimientos), Área de sistemas (Gestiona un sistema informático que permite monitorear información en cuanto al avance del inventario) y el área de operación que solicita requerimientos. El control de los componentes es crucial para la operación continua.

Fig.1:Diagrama de flujo de control de componentes

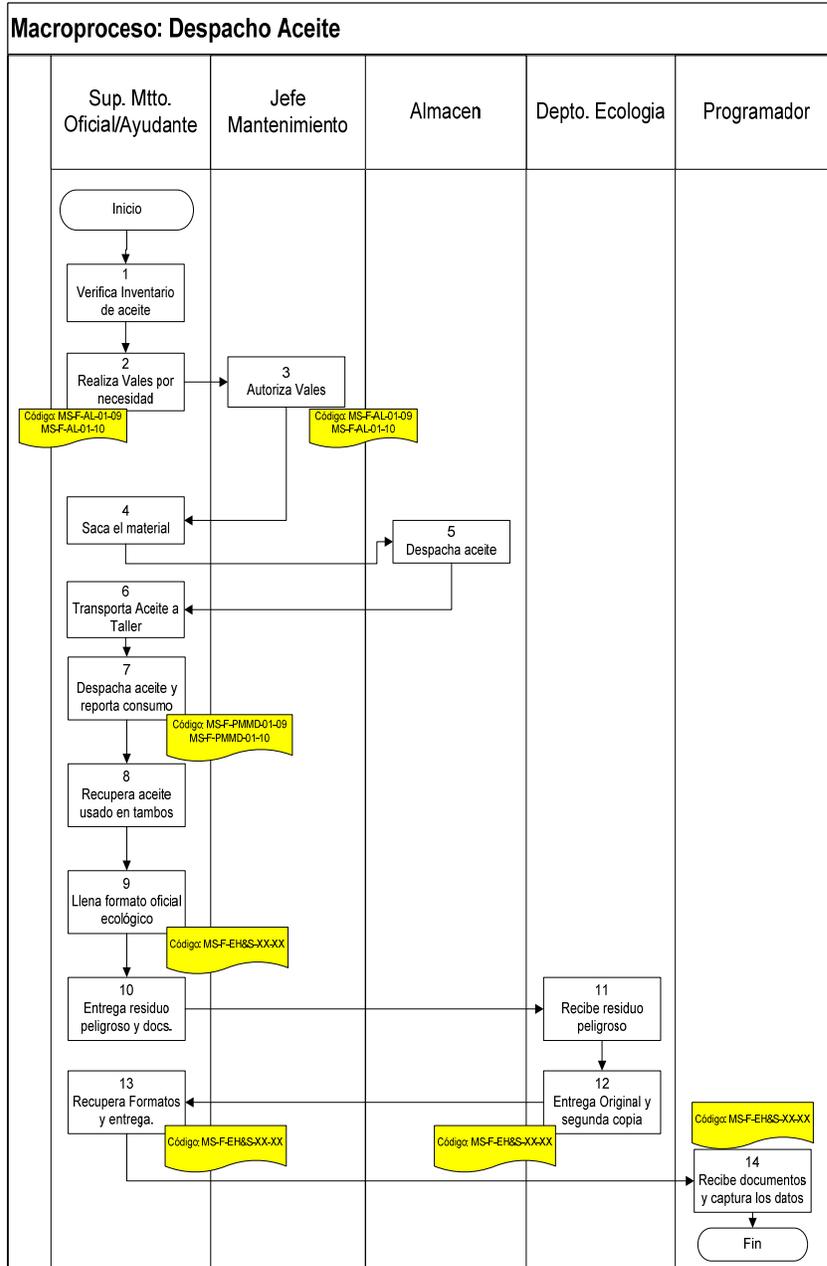
*Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio



La actualización de la información a través de la captura manual de la información considerando el uso de tecnología de la información resulta innecesaria y puede ser causa de fallas por datos no registrados correctamente

Fig.2: Diagrama de flujo para el mantenimiento electrónico

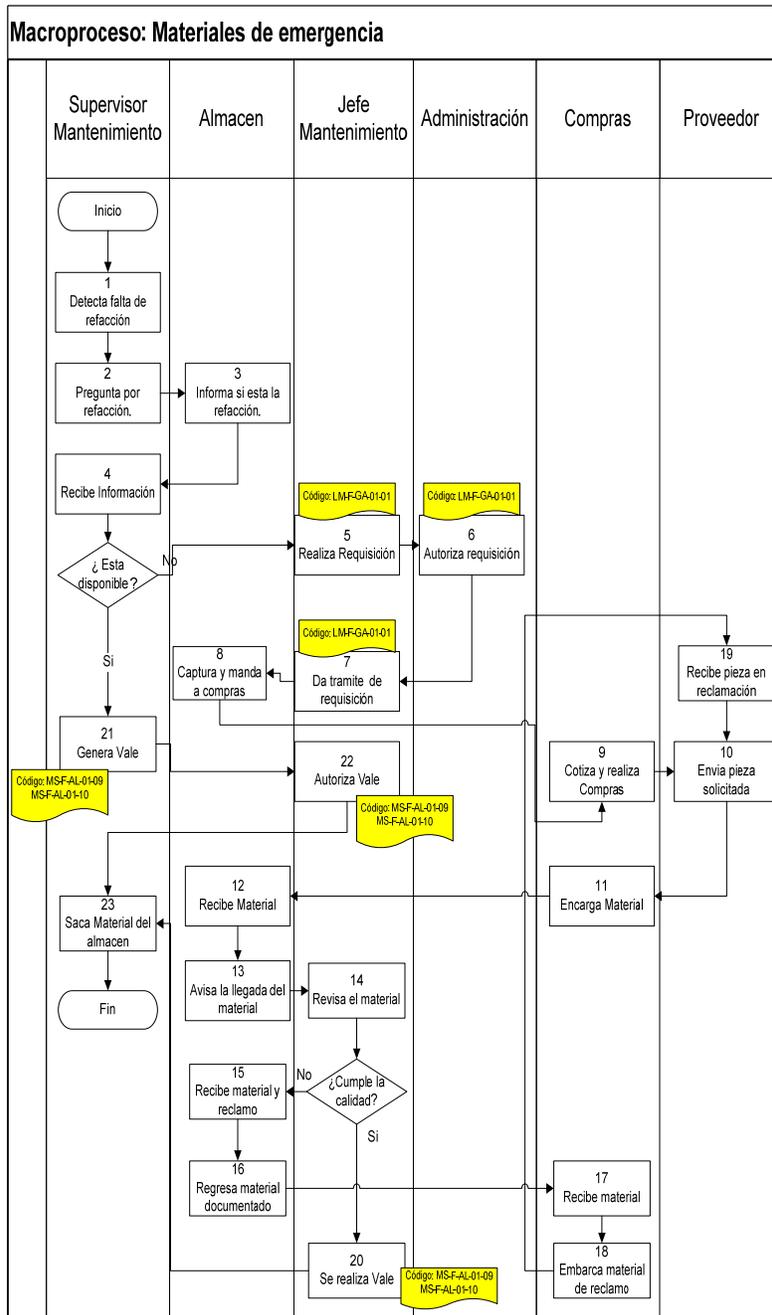
*Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio



El uso de vales que autorizan la solicitud o entrega de requerimientos de parte de las áreas operativas, impide un flujo continuo de la información.

Fig.3. Diagrama de flujo para el despacho de aceite

*Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio

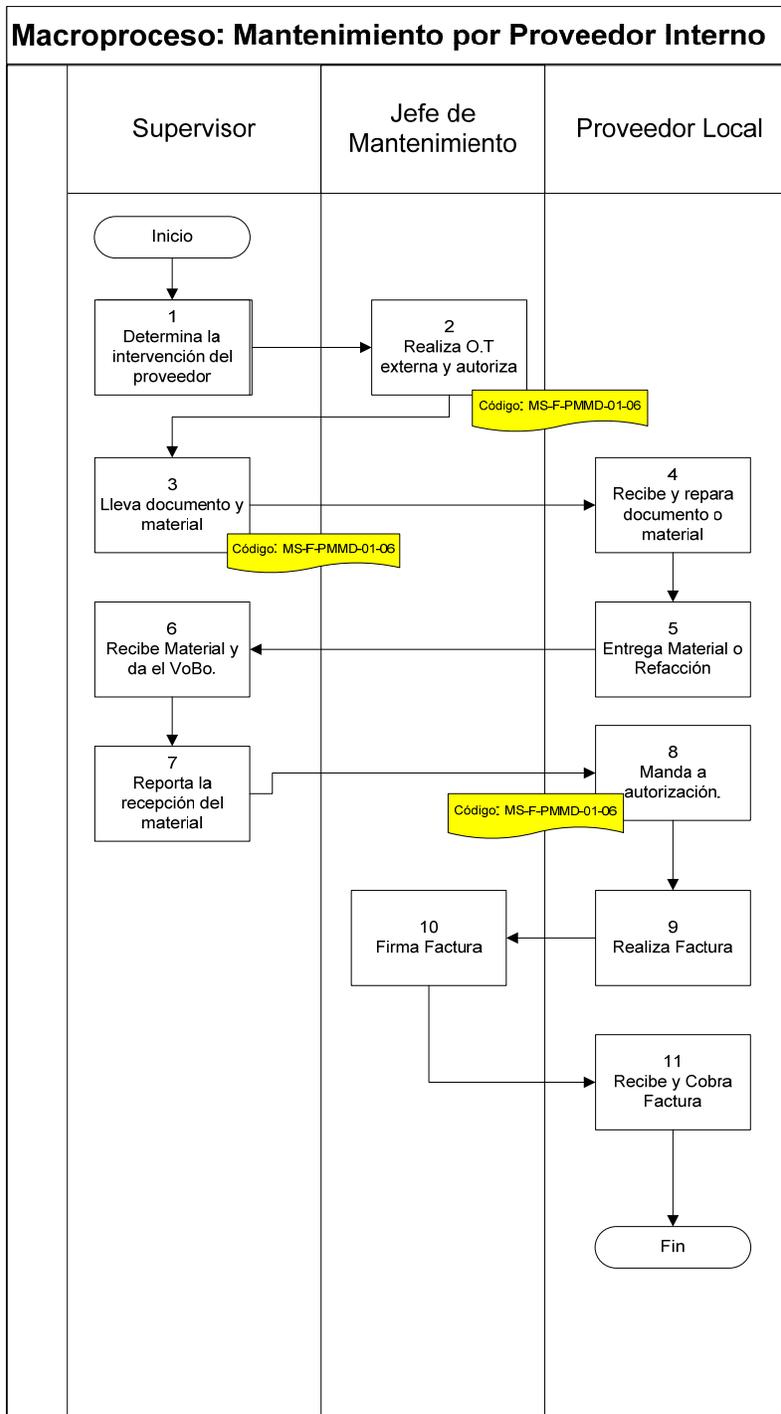


Las emergencias de algún requerimiento en operación son una cuestión recurrente, ante este escenario, la compra de emergencia debe de considerar:

- Tiempo de respuesta desde que se genera la orden hasta que se tiene listo para su uso.
- Evaluación de de proveedores y actualización de cotizaciones de forma continua.
- Sistema informático para el seguimiento del inventario que permita identificar de forma inmediata la existencia o no del requerimiento.

El proceso mostrado no contempla tiempos de ejecución ni plantea acciones ante un rechazo del requerimiento, esto coloca en riesgo a la corporación y la continuidad de la operación

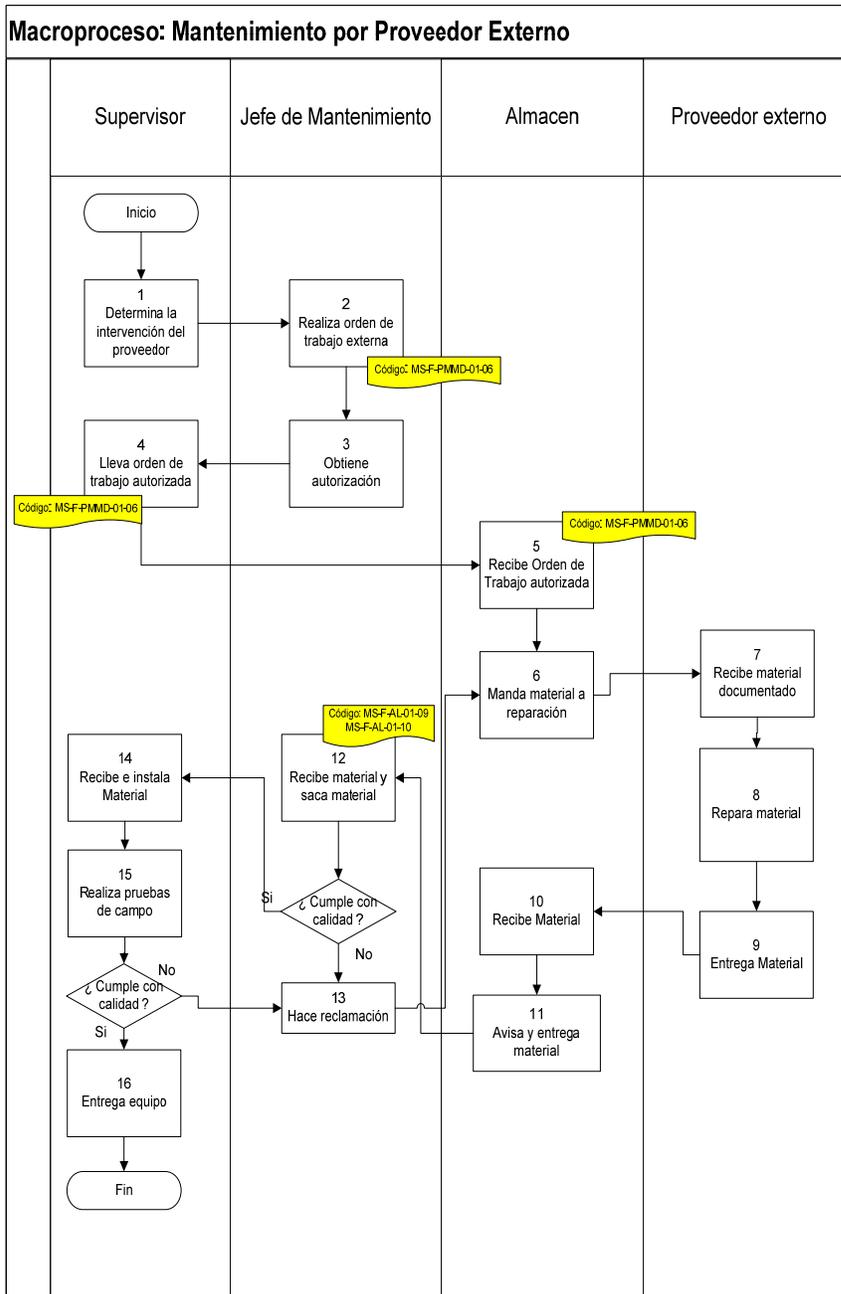
Fig.4. Diagrama de flujo para la entrega de materiales de emergencia
 *Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio



El mantenimiento interno en minería es fundamental para la continuidad de la operación, características del mapa de proceso para el mantenimiento interno señalan una reparación de documento o material, el lenguaje resulta confuso y los términos asociados en el, no mantienen una secuencia de ejecución. La firma de la factura puede ser de forma electrónica evitando pérdida de tiempo. La gestión del mantenimiento y la evaluación para la elección del mismo debe ser realizada por el área de mantenimiento interna y no por el supervisor de turno de operación.

Fig.5: Diagrama de flujo para la entrega de materiales de emergencia

*Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio



La autorización de cada actividad elimina la posibilidad de ejecutar de forma inmediata las acciones de corrección necesarias en el momento necesario.

Fig.6: Diagrama de flujo para la entrega de materiales de emergencia

*Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio

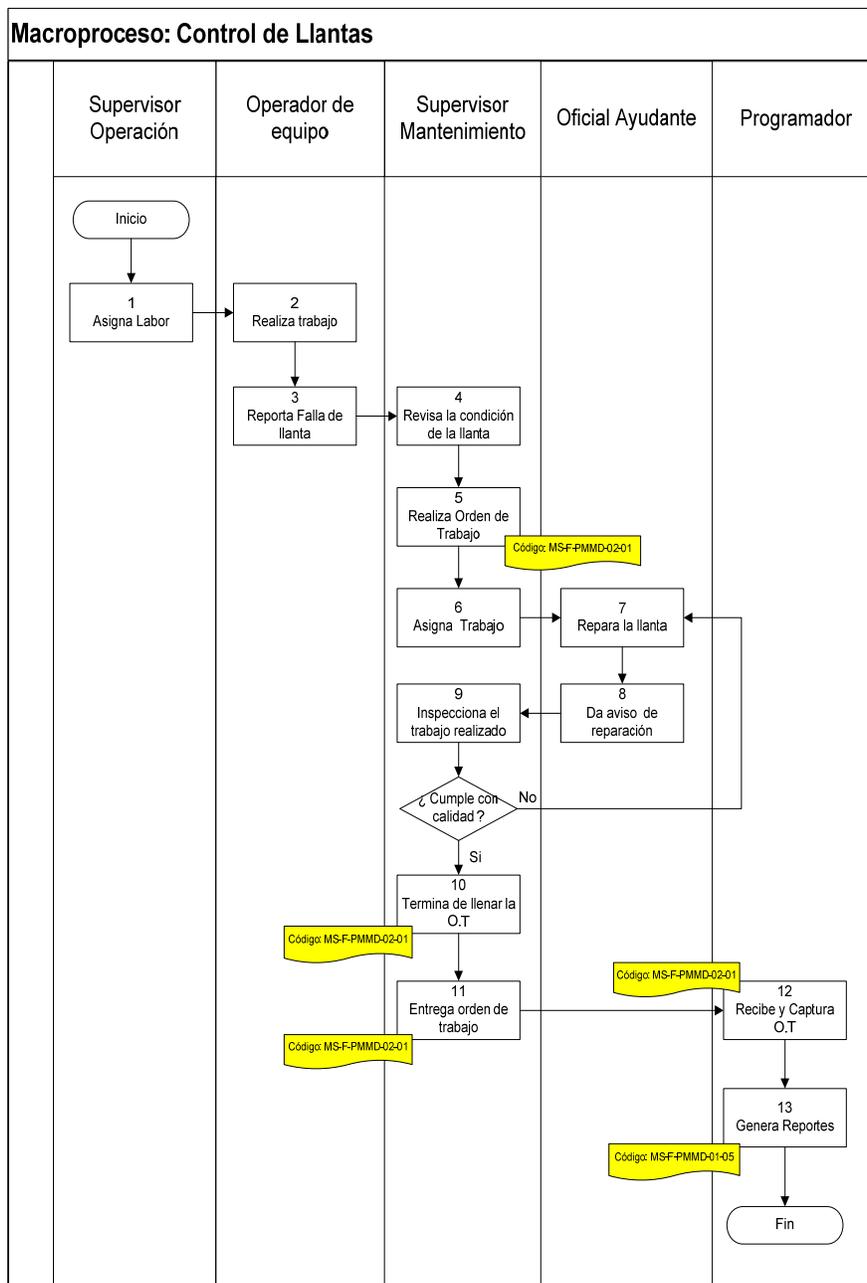


Fig.7:Diagrama de flujo para el control de llantas

*Fuente: Información proporcionada por personal operativo de la empresa de estudio

Capítulo IV: Estudio de caso MineraxHJ-21

Resumen

En este capítulo se desarrolla el Estudio de Caso de la empresa, Minera XHJ-21, compañía que pertenece al sector minero. Ésta explota yacimientos de plata-plomo, cobre y zinc en el estado de Querétaro y de la cual, el objeto de estudio son los procesos logísticos clave y de soporte que se desarrollan en las áreas operativas: i) La Planta de Beneficio, ii) Mina y iii) El Departamento de Almacén y compras.

4.1 Antecedentes

La unidad XHJ-21 que se dedica a la exploración, desarrollo y operación de propiedades mineras y pertenece a una compañía de origen canadiense nombrada MINING JK CORPORATION¹².

La empresa *Mining JK Corporation* explota y procesa yacimientos para obtener concentrados de plata y sulfuros de plata-plomo, cobre y zinc, actualmente opera con dos unidades localizadas i) México, en el estado de Querétaro con la empresa XHJ-21y ii) en Estados Unidos, con la unidad XHJ-22 en Texas. (Fig. 1)

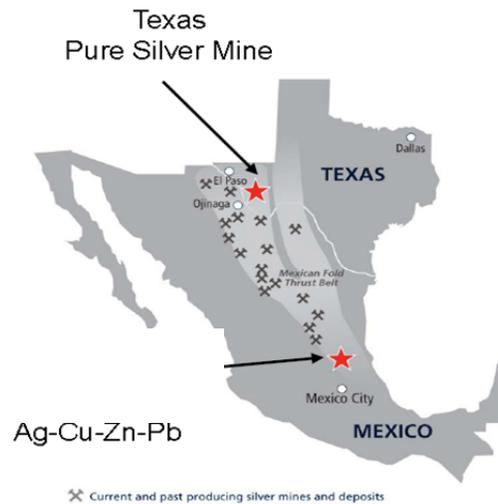


Fig. 1.: Unidades operativas mineras de Mining JK Corporation

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por XHJ-21

¹²La empresa de estudio solicitó total discreción de la información, es por eso que se ha colocado un nombre ficticio para efectos de publicación del presente documento.

Company	Share Price	Market Cap.	Enterprise Value	Ag Eq. ⁽¹⁾	EV / Ag Eq. Resource ⁽¹⁾
	(US\$)	(US\$mm)	(US\$mm)	(mm oz)	(US\$/oz)
Fresnillo	\$26.29	\$18,855	\$18,688	2,517	\$7.42
Silver Wheaton	\$34.81	\$12,498	\$13,697	1,778	\$7.71
Pan American	\$17.47	\$2,668	\$2,177	1,736	\$1.25
Hochschild	\$6.70	\$2,391	\$2,004	1,160	\$1.73
First Majestic	\$18.27	\$2,199	\$2,061	374	\$5.51
Coeur	\$21.70	\$1,973	\$1,890	833	\$2.27
Hecla	\$5.25	\$1,616	\$1,325	503	\$2.63
Silver Standard	\$12.06	\$973	\$533	1,762	\$0.30
Silvercorp	\$4.36	\$748	\$648	241	\$2.69
Endeavour	\$6.86	\$704	\$669	163	\$4.11
Fortuna	\$4.17	\$540	\$469	117	\$4.00
Silvercrest	\$2.59	\$291	\$235	159	\$1.48
Alexco Resource	\$4.26	\$265	\$230	48	\$4.84
Great Panther	\$1.51	\$210	\$183	27	\$6.85
Scorpio	\$0.99	\$201	\$169	90	\$1.89
Excellon	\$0.50	\$138	\$127	19	\$6.57
Average		\$2,892	\$2,819	720	\$3.83
XHJ-21	\$0.87	\$464	\$423	218	\$1.94

Source: Public Disclosure, Bloomberg, Factset
 Note: As of December 31, 2012
 (1) Long term street consensus prices (US\$24.50/oz Ag and US\$1,350 Au) excludes base metals

Cuadro 1: Comparativa que muestra el valor de la empresa con respecto a otras empresas del mercado

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

4.2 Evolución de Mining JK Corporation

- **Mayo 2006** Cierra negociaciones con Minera Peñoles y da inicio el desarrollo del proyecto de XHJ-21.
- **Mayo 2007** Comienza a operar la unidad Minera XHJ-21 en México.
- **Junio de 2007** XHJ-21 procesa 1000 t/día.
- **Julio 2008** Adquiere la unidad minera XHJ-22 en Texas.
- **Junio 2010** Se incrementa la capacidad de producción a 1500 t/día.

- **Enero 2011** Dan inicio los trabajos de construcción para comenzar la producción de plata en Texas proyectadas para mayo 2012.
- **Mayo 2011** Incremento a 2000 t/día, con expectativas de expansión en marzo del 2012 a 3000 t/día
- **Noviembre 2011** Minera XHJ-22 obtiene la autorización para dar inicio con la operación y producción en Texas.
- **Febrero 2012**, Mining JK Corporation adquiere el 99% del total de la empresa XHJ-22.
- **Marzo 2012** Se presenta a la comisión operativa de XHJ-22 y el programa de incremento de expansión de Minera XHJ-21a más de 2000 t/día.
- **Junio 2012** Dan inicio las operaciones oficialmente en la unidad Minera XHJ-22
- **Agosto 2012.** Incremento a 3000 t/día de mineral procesado en Minera XHJ-21

4.3 Minera XHJ-21

Minera XHJ-21¹³ se encuentra ubicada en el Estado de Querétaro, a una altura de 1700 msnm, el municipio donde opera, ofrece los servicios de atención médica asistidos por el Seguro Social, servicios básicos de agua, luz y drenaje, la educación consta de nivel primaria y secundaria.

La extracción del mineral es llevada a cabo por el método de minería subterránea, la mina en operación tiene aproximadamente 28 depósitos minerales y la profundidad de operación llega alcanzar los 400 m, la mina se encuentra a una distancia de 500 m del lugar de procesado o Planta de Beneficio.

El mineral extraído, es procesado por medio del beneficio de minerales, la Planta de Beneficio actualmente procesa 3000 t/día de mineral, obteniendo como producto final, **sulfuros de plomo-plata, cobre y zinc, se han localizado cuerpos de oro aptos para la explotación¹⁴.**

¹³Ver Anexo 2: Unidad Operativa Minera XHJ-21

¹⁴Ver Anexo 2: Sulfuro de Cobre uno de los productos de Minera XHJ-21

Ubicación Geográfica

Fig. 2: Ubicación geográfica de la unidad operativa Minera XHJ-21



A: Planta de Beneficio

B: Entrada a la mina subterránea

C: Presa de Jales

Ruta para el acarreo del mineral desde la salida de la mina hacia la Planta de Beneficio (500 m).

D: Unidad Administrativa y de Planeación

Camino de acceso a la unidad operativa

E: Laboratorio Metalúrgico

La infraestructura terrestre para acceder a la unidad minera es un camino de un solo carril que se encuentra sin pavimentación y sin señalización alguna. Por éste llegan los operarios, tráileres de embarque y suministros solicitados. No existe otra ruta.

Misión Corporativa

“Somos una empresa comprometida que trabaja día a día para satisfacer a nuestros proveedores, clientes y a la comunidad donde operamos, contamos con importantes reservas minerales que constantemente trabajamos y desarrollamos en condiciones seguras bajo una filosofía de mejora continua, así mismo optimizando nuestros costos de operación”.

Visión Corporativa

Ser una compañía líder presente en el mercado nacional en la industria minera.

Elevar y mantener los mejores índices de competitividad, eficiencia, seguridad, productividad y rentabilidad en la industria minero metalúrgico.

Consolidarse a nivel nacional y en el ramo minero-metalúrgico, como una opción de trabajo competitiva y atractiva para sus trabajadores, técnicos, profesionales y directivos.

Generar el mayor valor para los accionistas, clientes, personal y proveedores.

Contar con el más amplio reconocimiento de las autoridades y con la plena aceptación de la comunidad que interactúa en nuestro ambiente, en base a un ejemplar esfuerzo para seguir logrando que nuestras actividades sean consistentemente compatibles con la preservación del equilibrio ecológico y con el mayor respeto al medio ambiente.

Que la explotación de las reservas minerales sea mediante el uso de la mejor tecnología disponible.

4.4 Estructura Organizacional General

Minera XHJ-21 opera con una estructura descentralizada desde la dirección de operaciones y mandos superiores al nivel operativo, la empresa opera con 4 niveles jerárquicos los cuales son: i) **Director de Operaciones**, ii) **Superintendente de Operaciones**, iii) **Superintendente de Área Operativa** y iv) **Supervisor de área**.

Esquema X: Organigrama de minera XHJ-21

XHJ-21¹⁵ operativamente se divide en:

- **Almacén y Compras**
- **Mina**
- **Planta de Beneficio**
- **Mantenimiento**
- **Geología y Exploración**
- **Contraloría**
- **Relaciones Industriales**
- **Seguridad y Ecología**

¹⁵ Anexo 3: División organizacional por área operativa de minera XHJ-21

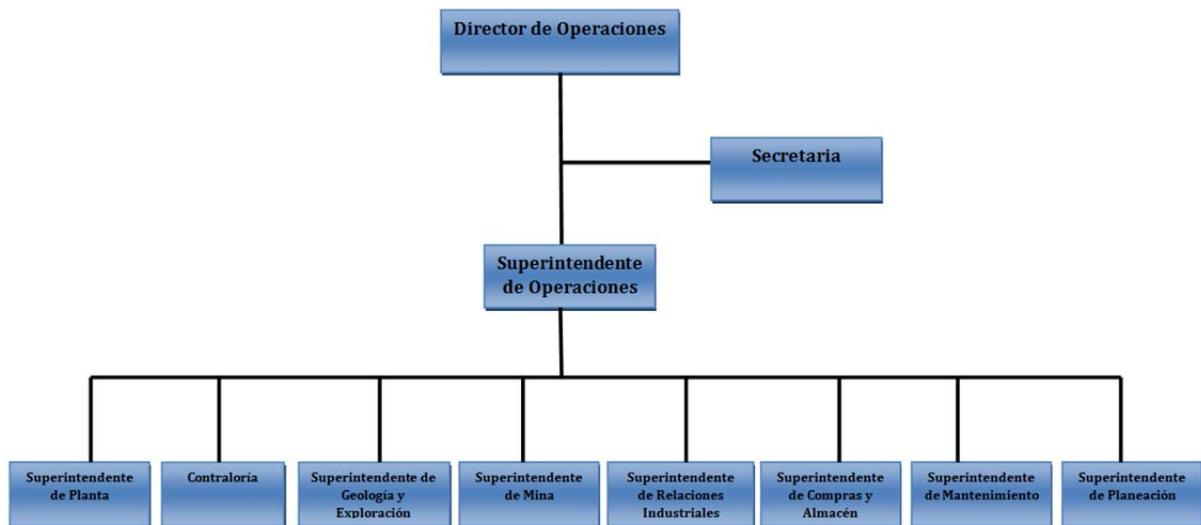


Fig. 2: Organigrama de Minera XHJ-21

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

4.5 Identificación de procesos logísticos internos en Minera XHJ-21

4.5.1 Área operativa: Almacén y Compras

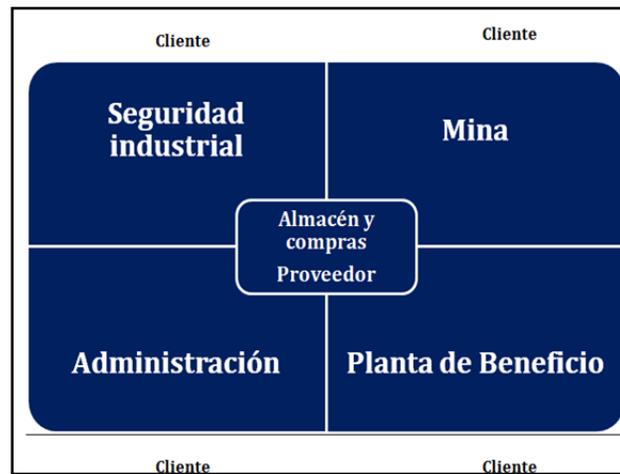


Fig.4: Concepción logística: Almacén y compras

*Fuente: Elaboración propia

Procesos clave

- **Servicio al cliente**
Se entrega la requisición en cuanto se tenga disponible en la zona de entrega del almacén.
- **Procesamiento de pedidos**
 - a) Para entregar un pedido o requisición es necesario presentar un vale de almacén firmado por el superintendente del área que solicita el material.
 - b) Si la requisición fue surtida, entonces el encargado de turno del almacén firma el vale y entrega una copia al que solicita el pedido¹⁶.
- **Gestión de inventarios**
 - a) Se hace uso de una libreta donde se registran los pedidos o requisiciones no entregadas de forma manual, las que son de carácter urgente se envían directamente a una central ubicada en la capital de Querétaro por medio del correo electrónico o por teléfono se comunica.
 - b) Se hace uso de una hoja de Excel para llevar el control del inventario.
 - c) Los anaqueles de uso para acomodo de material son identificados con etiquetas que contienen la clave o categoría del producto.
- **Transporte**
 - a) Las compras realizadas por Almacén y compras se hacen llegar a la unidad minera en una camioneta que viene de la oficina central ubicada en Querétaro.
 - b) Se reciben tanto los pedidos de urgencia como los planeados del mes.

Procesos de soporte

- **Almacenamiento**
 - a) El almacén se divide en anaqueles que están etiquetados por categoría de insumos.
 - b) El muelle de carga y descarga del almacén tiene espacio suficiente para la camioneta que realiza la función de entrega de requerimientos.
- **Gestión de información**
 - a) No se tiene seguimiento de los insumos durante el traslado de la central de Querétaro hasta que llega a las instalaciones operativas.

¹⁶El vale es una forma de mantener el presupuesto asignado anualmente para cada área operativa.

4.5.2 Área operativa: Mina

Procesos clave



Fig.5: **Concepción logística para el área de Mina en relación con la Planta de Beneficio**

*Fuente: Elaboración propia

- **Servicio al cliente**

El área de Mina se comunica con la Planta de Beneficio por medio de una red telefónica interna para obtener información sobre:

- ✓ Requerimientos de mineral para el turno laboral en curso. (Toneladas requeridas para la producción)
- ✓ El inicio de acarreo conforme el supervisor en turno de la Planta de Beneficio lo solicite.
- ✓ Ley del mineral reportada del turno laboral anterior.

Durante la operación, existe la posibilidad de mantener comunicación entre estas dos áreas operativas; sin embargo, ésta no es efectiva ya que localizar a los supervisores es complicado y transmitir el mensaje es tardado.

- **Procesamiento de pedidos**

El supervisor en turno de Mina, realiza el cálculo sobre el número de acarreos necesarios para cubrir la demanda requerida por la Planta de Beneficio y envía la información al coordinador de acarreo del mineral a través del uso de un radio.

El coordinador de acarreo organiza al personal, asigna y distribuye el sistema de transporte para cubrir las necesidades.

El mineral es enviado en carros de volteo con capacidad de 20 t aproximadamente.

- **Gestión de inventarios**

Diariamente se registra en una bitácora (Hoja de cálculo de Excel): i) La cantidad y uso de combustible, ii) La cantidad, tipo y uso de piezas de refacción para los equipos de mina.

- **Transporte (Acarreo de mineral)**

El acarreo de mineral lo realiza una compañía comunitaria del pueblo donde para la empresa, el servicio es proporcionado con 6 camiones de volteo.

- a) El acarreo inicia en promedio a las 9 a.m., y se operan tres turnos laborales.
- b) Los operarios de camión reciben la indicación del lugar de inicio de acarreo, el conductor se dirige al lugar señalado, llega, se estaciona y espera a que sea cargado con mineral, posteriormente se dirige al lugar de descarga que puede ser: i) *Quebradora de la Planta de Beneficio*, ii) *stock del patio* y iii) *stock de mineral para relleno*.
- c) Antes de partir el camión al lugar de descarga, el conductor recibe un ticket que indica el número de viaje a realizar y el destino de carga próximo.
- d) Al llegar al lugar de descarga, el conductor realiza ésta operación y retorna al lugar indicado de cargado.

El acarreo de mineral se realiza de forma continua en cada turno laboral hasta concluir el mismo o hasta que los requerimientos sean cubiertos.

Procesos de soporte

- **Almacenamiento**

Existen áreas que son de conocimiento común que se utilizan para el almacenaje de refacciones, material de explotación (explosivos) y desechos.

- **Manejo de material y producto terminado**

El mineral en bruto explotado se clasifica en dos categorías: a) mineral para la Planta de Beneficio y b) mineral sin valor económico.

- a) **Mineral para la Planta de Beneficio:** El mineral se consolida en el área de explotación para que sea posible su extracción a través del uso de equipo de bajo perfil (scooptram)¹⁷ que cargan con mineral los camiones de volteo.
- b) **Mineral sin valor económico.** Se utiliza principalmente como material de relleno o para la construcción de taludes en la Presa de Jales.

¹⁷ Ver Álbum Fotográfico: Scooptram cargando de mineral un camión de volteo dentro de la mina subterránea

- **Gestión de la información**

- a) **Acarreo de mineral.**

Diariamente se llenan hojas de control de forma manual con información de: i) Número de viajes realizados por turno laboral, ii) Toneladas acarreadas, iii) destino del mineral, iv) número de camiones utilizados y v) origen del mineral (por yacimiento de explotación).

- b) **Información con respecto a la explotación de mineral.**

Diariamente se llenan hojas de control de forma manual con información de: i) Yacimiento de explotación, ii) Nombre del operador y ayudante, iii) Equipo utilizado, iv) Cantidad de material utilizado (bombillos, noneles, cordón).

4.5.3 Área Operativa: Planta de Beneficio

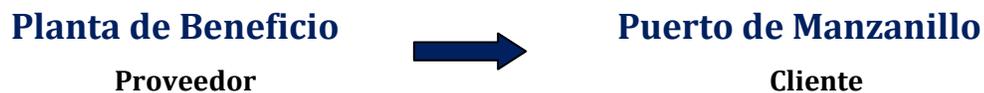


Fig.6: **Concepción logística para el área de Mina en relación con su cliente**

*Fuente: Elaboración propia

Procesos clave

- **Servicio al cliente¹⁸**

Se envía con los requerimientos técnicos del producto final verificando concentración metálica, grado de humedad y toneladas al puerto de Manzanillo.

- **Gestión de inventarios**

El inventario de la Planta de Beneficio se concentra en mineral de reserva e insumos necesarios para la operación en la planta (material de oficina, limpieza y reactivos para el procesamiento de mineral).

- a. **Material de oficina:** Lo administra la superintendencia de la Planta de Beneficio y se compra conforme el presupuesto y las necesidades pronosticadas realizadas anualmente.

¹⁸ El cliente de XHJ-21 es Glencor

Ver Anexo 3: Patio donde se realiza el embarque de mineral para el Puerto de Manzanillo

- b. Material de limpieza:** Lo administra la superintendencia de Planta de Beneficio y se compra conforme el presupuesto realizado anualmente.
- c. Mineral y reactivos de proceso:** Lo administra el supervisor en turno laboral conforme las necesidades de molienda y problemas de relacionados a la operación.

- **Transporte**

El embarque de mineral se realiza entre una y tres veces por semana, en promedio se embarcan a la semana de 200 a 250 t de sulfuro de cobre, de sulfuro plomo-plata alrededor de 70 t y de 250 a 300 t de sulfuro de zinc con el uso de 8 camiones con una capacidad de 30 toneladas cada uno. Cabe señalar que la capacidad de los camiones es de 40 toneladas pero en la vía carretera se multa si llevan más de 30 toneladas.

Procesos de soporte

- **Almacenamiento**

- a) Producto final.** Se tiene un patio donde se descarga directamente el producto final (sulfuros de plata-plomo, cobre y zinc) se extiende por secciones procurando no mezclarlo y se deja en reposo para que termine de secar al grado de humedad requerido.
- b) Materia prima.** El almacenamiento de mineral es de horas. Su retiro depende de que la Planta de Beneficio esté en condiciones operativas para procesar el mineral en cuanto llegue al patio de recibo y también se considera mineral que garantice la operación continua en planta.

- **Manejo de producto final**

- a)** El mineral se remueve con una John Deere esto con el fin de que los sulfuros sequen por completo para cumplir con las especificaciones del producto final.
- b)** Se verifican los parámetros técnicos del producto final.
- c)** Antes de colocar el mineral en el camión de embarque, éste se inspecciona.
- d)** Para conocer la cantidad de mineral enviada se pesa el camión antes y después de ser cargado¹⁹.

¹⁹La balanza con la cual se pesa el producto final no se encuentra calibrada.

- **Embalaje**

- a) El producto final (sulfuros de plata-plomo, cobre y zinc) seco, se deposita en los camiones de embarque y se protege con una lona durante todo el trayecto al Puerto de Manzanillo.

- **Gestión de la información**

- a) Se tiene información del producto final hasta que llega a puerto.

4.6 Análisis del Sistema Logístico Interno

La logística es una visión que permite integrar procesos, áreas operativas, acciones y objetivos.

Minera XHJ-21, debe ser concebida como un sistema por el cual fluyen materiales para ser transformados e información que permite tomar decisiones estratégicas para lograr los objetivos de la corporación con la optimización de los recursos disponibles.

Con base en la identificación de los procesos logísticos dentro de las áreas operativas de estudio, se conciben los siguientes enfoques *i) Logística de Abastecimiento, ii) Logística de Producción y iii) Logística de Distribución.*

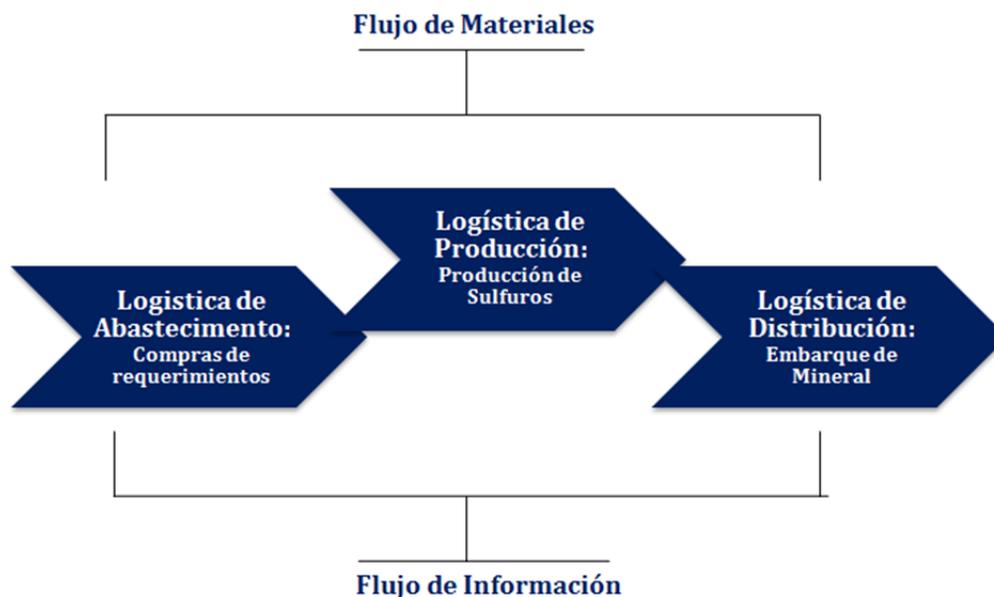


Fig.7: Sistema Logístico de Minera XHJ-21

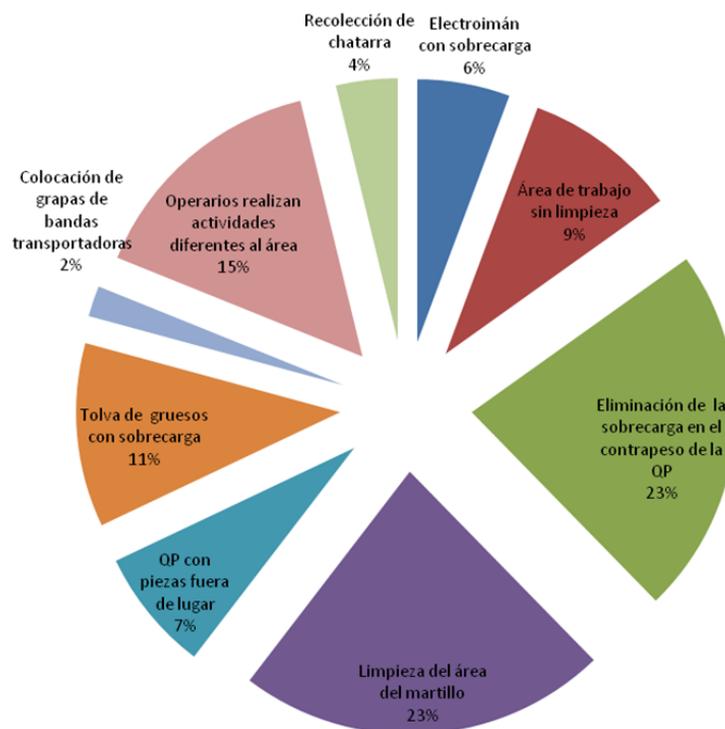
*Fuente: Elaboración Propia

Logística de Producción

Minera XHJ-21 tiene como objetivo procesar 3000 t/día de mineral; para lograrlo se procesan 1000 t por turno laboral, con una operación continua de los equipos considerando un total de 24 horas.

Diariamente el personal de cada área operativa de la Planta de Beneficio reporta el tiempo de operación por equipo y área correspondiente así como los problemas que se presentaron durante la operación.

A continuación se presenta una gráfica que muestra los problemas de mayor incidencia durante la operación y que ocasionaron se detuviera o retrasara la continuidad de producción²⁰.



Gráfica 1: Problemas de operación identificados en la Planta de Beneficio de XHJ-21

*Fuente: Elaboración propia con información recolectada durante el periodo de junio-agosto 2012 en XHJ-21

*QP (Quebradora Primaria)

²⁰ Los datos reportados corresponden al mes de junio-agosto del año 2012 en estancia realizada.

En el nivel de profesionalización en la Gerencia o Superintendencia en la Planta Beneficio es nulo y la experiencia en el ramo, es el punto de referencia para la toma de decisiones, el siguiente nivel que es el de supervisión y operativo, no se encuentra de acuerdo con la situación y como consecuencia inmediata no existen las condiciones que permitan generar un ambiente colaborativo que mejore día a día el desempeño de esta área.

Problemática identificada en la Planta de Beneficio

La Planta de Beneficio de Minera XHJ-21 actualmente presenta problemas que se centran en tres áreas: **i)Flujo, Gestión y Manejo de la información a través de las TICs, ii) Planeación y ejecución de un Programa de Mantenimiento Preventivo, iii)Medición del desempeño y planteamiento de acciones para la mejora continua.**

i. Flujo, Gestión y Manejo de la información a través de las TICs.

La información que fluye a través de las diferentes áreas operativas de la Planta de Beneficio se distribuye por medio del internet y correos electrónicos, esto tiene como consecuencia inmediata:

- Limitado acceso y manejo de la información.
- Los históricos referentes al desempeño, problemas de operación y acciones que han sucedido y ejecutado a lo largo de la operación no se tienen registrados.
- Nulo seguimiento de actividades y responsabilidades.
- Limitada comunicación entre los involucrados.

ii. Planeación y ejecución de un Programa de Mantenimiento Preventivo

El área de Mantenimiento de la Planta realiza mantenimiento correctivo a pesar de que existe una planeación programada que es realizada por medio de un software llamado Mantenimiento Preventivo MP²¹, el cual tiene como objetivo, administrar la gestión de mantenimiento de una manera eficiente , manteniendo toda la información del departamento documentada y

²¹Ver Figura 17, Hoja que presenta el mantenimiento señalado por el software MP

organizada. En el día a día el uso del software es prácticamente nulo. El área de organiza de forma manual la información, la programación en que aplicará acciones y como las ejecutará en situaciones de emergencia, esto tiene como consecuencia:

- El paro de la Planta de Beneficio de forma no programada y no contemplada en el plan de producción anual.
- Probable incumplimiento de los niveles de producción programados.
- Incremento en los costos asociados a paros de producción.
- Incapacidad para responder ante situaciones de emergencia.
- Ejecución de mantenimiento correctivo y no preventivo.
- Nula comunicación entre las áreas involucradas.

iii. **Medición del desempeño y planteamiento de acciones para la mejora continua.**

La Planta de Beneficio mantiene una bitácora de uso exclusivo por el Superintendente de área, los rubros y parámetros que se miden están en la Fig. 8

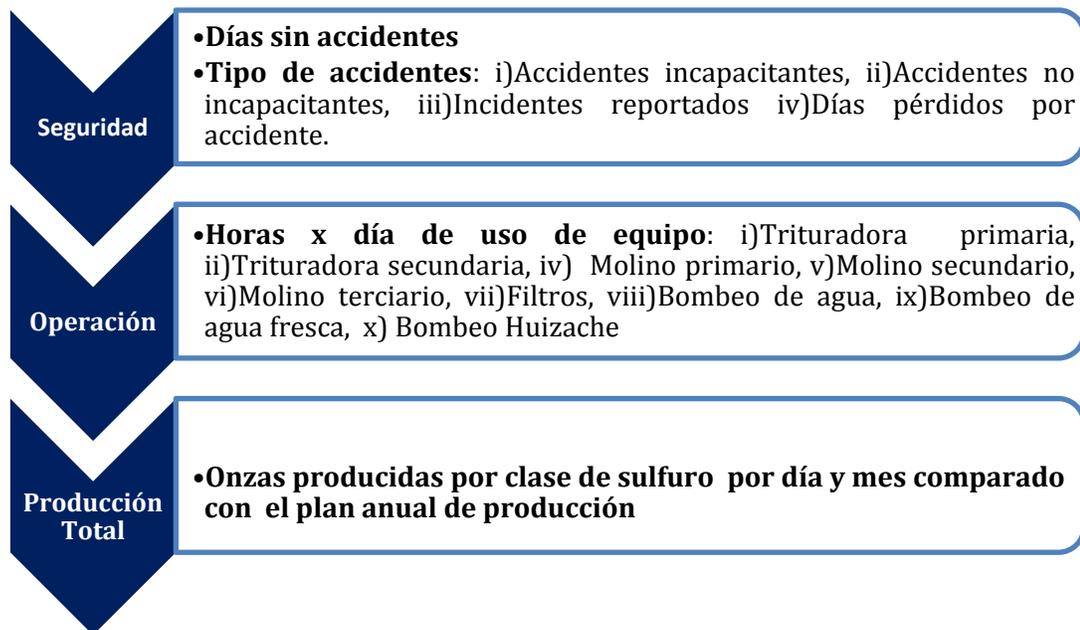


Fig. 8: **Rubros y parámetros de medición de Minera XHJ-21**

*Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que el acceso a la información registrada es restringido incluso para los mismos supervisores de área.

La base de datos que registra los parámetros antes señalados, es concebido como un documento que reporta como resultado final la producción diaria y no concebida como un instrumento que permita mejorar el desempeño del área operativa.

Los parámetros de medición no contemplan los siguientes rubros:

- **Productividad del personal gerencial y operativo.**
El Sindicato de XHJ-21 gestiona cualquier problema, cambio de horario, incremento de sueldo y otras prestaciones para los operarios. Los operarios en promedio trabajan 5 horas de una jornada de 8 horas. A nivel gerencial no existe alguna evaluación que permita medir el desempeño de la dirección.
- **Calidad de los reactivos químicos y materiales**
Se considera fundamental evaluar si los reactivos químicos cumplen con el grado químico pactado ya que si los reactivos tienen un grado diferente ocurre que el consumo y los costos asociados aumentan.
- **Productividad de la maquinaria y equipo**
Evaluación de la productividad de la maquinaria de la Planta de Beneficio y los ajustes necesarios conforme el incremento de la producción.

Logística de Entrada

La gestión que procura el abastecimiento de XHJ-21 es realizada por el Departamento de Almacén y Compras. Con base en un presupuesto que se realiza sobre la producción planeada, se estima y establece el presupuesto para el departamento en cuestión, cabe señalar que la experiencia en las actividades de compra es el referente para realizar tan importante y estratégica función.

Problemática identificada en el Departamento de Almacén y Compras

Los Problemas en el Departamento de Almacén y compras se han clasificado en **i) Flujo, Gestión y Manejo de la información a través de las TICs, ii) Gestión del**

almacén y del inventario, iii) Desarrollo, Evaluación y Seguimiento de proveedores, iv) Pronósticos de Demanda y Planeación de los requerimientos para la producción.

i. Flujo, Gestión y Manejo de la información a través de las TICs.

El control que se tiene para la entrega de requerimientos por parte del área de Almacén y Compras es de forma manual esto conduce a:

- Retrasos en los requerimientos pues no se tiene seguimiento en tiempo real del avance del inventario en existencia.
- La base de datos en la cual se coloca la información mensual es de uso exclusivo de la Superintendencia de Almacén y Compras y no hay un formato o acceso que permita compartir información con el resto de las áreas operativas que permitan identificar requerimientos clave o solicitarlos en caso de ser necesario.
- Incremento del riesgo de generar información incorrecta con el registro manual.
- No se tiene capacidad de respuesta ante una emergencia de requerimientos esto puede generar discontinuidad en la producción.
- La infraestructura para acceder a la unidad minera es de consideración ante una emergencia para solicitar requerimientos.

ii. Gestión del almacén y del inventario

El control del almacén es esporádico y se basa en colocar en los espacios correspondientes las requisiciones recibidas.

- El almacenamiento de los requerimientos a pesar de ser clasificado, impide la localización inmediata de los mismos, este conocimiento lo posee únicamente el despachador de productos.
- Las etiquetas así como las listas que identifican cada anaquel y espacio del mismo, no se han actualizado y algunas de ellas son casi imperceptibles en la información que proporcionan lo que puede ocasionar un acomodo equivocado de los productos o la pérdida de tiempo al intentar ubicarlos.
- El sistema de reaprovisionamiento se base en pedidos de emergencia que ocasionan retrasos o paros de la producción.
- No se tienen establecidos los niveles de requerimientos por material, esto ocasiona excesos o déficits.
- El control del stock es mediante una hoja de Excel que no es de uso exclusivo del superintendente del área, la actualización de la hoja no es de forma continua.

iii. Desarrollo, Evaluación y Seguimiento de proveedores

La actividad de compras en las corporaciones es estratégica y debe ser integrada con el resto de las áreas operativas.

Las actividades en el Departamento de Almacén y Compras en Minera XHJ-21 se centran en la adquisición de los requerimientos sin la evaluación de los proveedores y sin la previsión de productos que pudieran ser necesarios esto deriva en:

- Las especificaciones de las requisiciones no son las solicitadas.
- La selección de proveedores es al azar o en su defecto se compra a los proveedores con los que llevan años trabajando.
- No hay una actualización ni revisión de los precios de mercado de los requerimientos.
- No existe una clasificación de los requerimientos en básicos, estratégicos, no críticos y especiales.
- No hay control de calidad de los requerimientos adquiridos, únicamente se verifica que sea la cantidad correcta.
- No hay comunicación continua entre proveedores y Minera XHJ-21.
- En suministros que surgen de emergencia no se considera el difícil acceso a la unidad minera.
- Nulos elementos de evaluación de proveedores.

iv. Pronósticos de demanda y Planeación de los requerimientos para la producción.

La volatilidad en el precio de los minerales y metales es un elemento de consideración en la planeación de la producción a través de un pronóstico de demanda.

En Minera XHJ-21, se tiene una planeación de la producción; sin embargo, ésta es realizada con base en el número de yacimientos disponibles o ubicados, mientras más se exploten en el menor tiempo posible es mejor, esto origina:

- Incapacidad de la empresa para reacción ante escenarios como: i) caída en el mercado del precio de los minerales y ii) aumento o disminución de la producción.
- Planeación de requerimientos inadecuada al no establecer un nivel de producción mínimo o máximo.
- Pérdidas asociadas a la realización de compras no planeadas e incremento de los costos asociados al comprar de forma inesperada y urgente.
- No se considera la pérdida de producto durante el proceso, ya que no existe una evaluación directa de los residuos minerales ni se tiene establecido los niveles de pérdida máximos.



La Planta de Beneficio no tiene un manual de operaciones y seguridad para el área en cuestión esto amerita una sanción por parte de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, la consecuencia de no operar bajo condiciones establecidas es la no capacitación del personal que labora y el uso inadecuado de las instalaciones, equipo y maquinaria, esto aumenta el riesgo de que los operarios sufran accidentes, dañen el equipo de la Planta de Beneficio por deficiente manejo del mismo y disminuyan las ganancias al ocurrir con incidencia estos eventos.

Logística de distribución: Acarreo de mineral interno y embarque de producto final

La gestión del transporte al interior de una corporación es de suma importancia y se considera un elemento clave en el desempeño de la empresa, en el sector minero el acarreo de mineral es una operación fundamental que permite trasladar el mineral en bruto desde su punto de explotación hasta el lugar de procesado.

Problemática identificada: Acarreo de Mineral interno

El sistema de acarreo de Minera XHJ-21 presenta problemas en los siguientes rubros **i) Flujo, Gestión y Manejo de la información a través de las TICs, ii) Gestión del acarreo y tráfico interno dentro de la mina subterránea.**

i. Flujo, Gestión y Manejo de la información a través de las TICs

El registro del número de acarreos realizados por jornada laboral es manual, considerando que la empresa paga por viaje realizado, los errores en el incorrecto registro de esta operación generarán pérdidas económicas considerables para la corporación.

El número de acarreos enviados por Mina y lo recibido por la Planta de Beneficio debe de coincidir. No existe el medio que permita cotejar estas dos áreas y corroborar el número de acarreos a pagar ya que no se comparte información al respecto.

El Cuadro 2, muestra el cotejo realizado en donde se observa que hay una diferencia de 106 viajes equivalentes en ese mes. Cabe señalar que las toneladas enviadas a la Planta de Beneficio son supuestas conforme la capacidad del camión, esto significa que no se conoce con exactitud la cantidad de mineral enviado a procesamiento por camión.

La contabilidad sobre la cantidad de mineral procesado es causa de errores en la producción planeada y la real.

Fecha	Mina envía	PB registra	Diferencia
01/08/2012	43	42	1
02/08/2012	40	36	4
03/08/2012	41	54	13
04/08/2012	No hubo acarreo		
05/08/2012		52	52
06/08/2012		46	46
07/08/2012	30	35	5
08/08/2012	36	24	12
09/08/2012	32	35	3
10/08/2012	52	24	28
11/08/2012		43	43
12/08/2012	52	60	8
13/08/2012		53	
14/08/2012		43	
15/08/2012	48	32	16
16/08/2012	42	42	0
17/08/2012	54	37	17
18/08/2012	64	64	0
19/08/2012	45	56	11
20/08/2012	63	0	63
21/08/2012	64	33	31
22/08/2012	42	38	4
23/08/2012	39	43	4
24/08/2012	60	67	7
25/08/2012	42	45	3
26/08/2012	61	67	6
27/08/2012	45	40	5
28/08/2012	47	46	1
29/08/2012	58	41	17
30/08/2012	47	57	10
31/08/2012	44	42	2
	1191	1297	106

Cuadro 2: Cotejo realizado para el número de acarreo entre la Planta de Beneficio vs Mina

*Fuente: Información obtenida de las hojas de registro de acarreo del área de Mina y de la Planta de Beneficio durante la estancia realizada Junio-Agosto 2012

Indicadores medidos en XHJ-21

Con base en la información proporcionada por Minera XHJ-21, los indicadores logísticos evaluados se centraron en el área de Mina y Planta de Beneficio clasificándolos en indicadores para: i) transporte (gestión del acarreo) y ii) productividad operativa (operación en la planta de proceso)

Transporte

El transporte es la operación que consume más recursos y esfuerzos, realizar la distribución optimizando los recursos disponibles es el reto día a día y es estratégico en el desempeño y éxito de la empresa.

La actividad de acarreo del mineral dentro de las unidades operativas mineras requiere de la gestión no sólo del mineral, también del tráfico entre máquinas de perforación, excavadoras y camiones del volteo.

Indicadores para la evaluación del acarreo del mineral

Indicador	Resultado %	Observación
$\frac{\text{Peso real cargado por camión}}{\text{Peso estandar por camión}}$	90 %	El conteo de las toneladas acarreadas, se realiza conforme el modelo de camión utilizado, pues se conoce la capacidad de cada uno. En otro caso por el número de cucharones cargados por camión hacen un cálculo aproximado.
$\frac{\text{Número de camiones enviados a proceso}}{\text{Número de camiones registrados en PB}}$	8.12%	El resultado obtenido es la diferencia del cotejo realizado entre Mina vs Planta de Beneficio. La empresa paga por viaje.

Cuadro 3: Elementos operativos medidos en el área de Mina

*Fuente: Información obtenida de las hojas de registro de acarreo del área de Mina y de la Planta de Beneficio durante la estancia realizada Junio-Agosto 2012

Indicadores para la evaluación de la operación de la Planta de Beneficio.

Indicador: Planta	Resultado %	Observación
$\frac{\text{Horas reales trabajo por operador}}{\text{Horas pagadas por operador}}$	52.7	El paro de operación y los acuerdos bajo los cuales el sindicato de trabajadores se rige, coadyuvan a que los operarios no trabajen jornadas completas
$\frac{\text{Toneladas molidas}}{\text{Toneladas teóricas registrdas}}$	58.59	Son procesadas aproximadamente la mitad de toneladas enviadas a mina, este resultado fue obtenido del pesometro de la planta comparado con los registro diarios del área de Mina
$\frac{\text{Toneladas embarcadas por camión}}{\text{Toneladas teóricas por camión}}$	75	Se contrata un servicio que tiene una capacidad superior a la que se utiliza, esto provoca un pago extra por ese espacio no ocupado.

Cuadro 4: Elementos operativos medidos en la Planta de Beneficio

*Fuente: Información obtenida de las hojas de registro de acarreo del área de Mina y de la Planta de Beneficio durante la estancia realizada Junio-Agosto 2012

Los indicadores presentados fueron obtenidos a partir de los registros del área de Mina y de la Planta de Beneficio y estos fueron seleccionados con base en los problemas identificados en las áreas de estudio así como la disponibilidad de información.

Capítulo V: Propuesta para la integración de la logística como estrategia en el desempeño operativo de la minería subterránea

Resumen

El presente capítulo integra a partir del estudio de caso elementos identificados relevantes para lograr un mejor desempeño de la minería subterránea dentro del marco de la logística como una visión estratégica, reconociendo la importancia de integrar las áreas operativas y los procesos que se realizan en estas, sin olvidar que la visión a través de integrar a la logística permite generar acciones para la optimización de los recursos siendo de suma relevancia el colaborar con personal capacitado en ésta y el resto de las áreas con una cultura organizacional que permita la mejora continua.

5.1 Bases para el desarrollo de una propuesta de integración de la logística a la minería subterránea.

El desarrollo de un proyecto minero está basado en la rentabilidad de extraer procesar y comercializar minerales, esto involucra evaluar la disponibilidad del mineral, seleccionar el método de explotación más adecuado, seleccionar el medio de transporte para el acarreo del mineral, elegir el proceso de producción, la maquinaria y equipo para obtener el producto final deseado, garantizar seguridad en las operaciones, elegir proveedores, entablar relaciones que permitan generar esquemas de negociación de conveniencia para los participantes, mantener una operación continua, diseñar un programa de abastecimiento e identificar los parámetros de calidad necesarios en los requerimientos, entre otros aspectos técnicos y operativos, requieren de una visión integradora que logre establecer mecanismos para que la corporación sea vista como un sistema y no como áreas de trabajo independientes.

Con base en el desarrollo del presente proyecto se han identificado cinco áreas que están dentro de las operaciones de un sistema logístico interno enfocado a la minería subterránea, estos son:

- 1. Flujo y Gestión de la información.**
- 2. Gestión del Transporte Interno (Acarreo de mineral y embarque de producto terminado).**
- 3. Desarrollo, Seguimiento y Evaluación de Proveedores.**
- 4. Plan de Mantenimiento Operativo Dirigido**
- 5. Medición del Desempeño Logístico**

Estos elementos no sólo integran los procesos productivos y operativos sino también, la coordinación de áreas administrativas que permiten generar el medio para la detección de las áreas de oportunidad colaborando como un equipo de trabajo con el objetivo de optimizar los recursos disponibles y día a día lograr la satisfacción cliente.

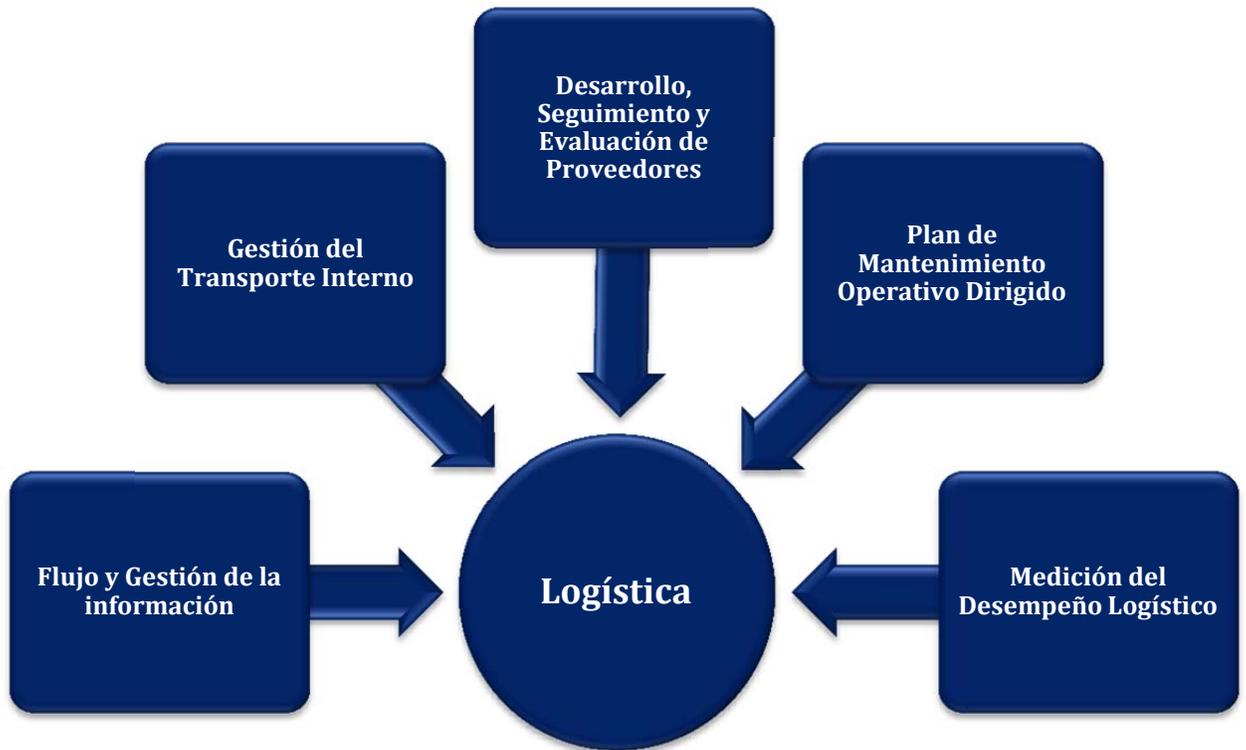


Fig.1: Elementos fundamentales en el desempeño operativo de minería subterránea

*Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Flujo y Gestión de la información.

Hoy en día los procesos productivos y su administración requieren del conocimiento a través de información que se genera en tiempo real, de esto surge la necesidad de contar con Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) que tengan la capacidad no sólo de operar en condiciones extremas, sino también, garantizar la conexión con diferentes equipos de trabajo al mismo tiempo, este es el caso de la minería subterránea.

Personal capacitado que tenga la habilidad de integrar los datos que se están generando, analizarlos y tomar una decisión es fundamental para la operación efectiva del día a día.

El avance en una exploración o la detonación de algún explosivo al interior de la mina, son eventos que suceden continuamente, el uso de tecnología que permita transmitir este tipo de información no sólo generará un proceso más eficiente, también se reducirá el número de accidentes con costo de vidas humanas.

La integración de la información entre las áreas operativas permite establecer un canal de comunicación, esto genera procesos más ágiles, análisis de información que derive en propuestas de mejora para la corporación.

La selección de la información para compartir, debe ser seleccionada de forma estratégica y grupal, esto involucra a personal preparado para el trabajo en equipo con la capacidad decidir en escenarios inesperados a partir del análisis de datos.

La integración de la información a lo largo de la cadena de valor es básica para la identificación y planteamiento de estrategias y acciones que estén en la mejora continua.

5.1.2 Gestión del Transporte

Los Sistemas de Transporte permiten materializar el desplazamiento físico dentro de las cadenas logísticas en el aprovisionamiento, reconstrucción de la producción y distribución física de los productos de las empresas²²

El transporte interno en minería subterránea hace uso de equipos con una capacidad que va de 6.8 t métricas a 20 t métricas en ambientes donde la manipulación y la destreza del conductor juegan un elemento fundamental.

Debido a que los sistemas mineros son cambiantes, el diseño de rutas no es un elemento sencillo; sin embargo, la gestión del tráfico en el acarreo de mineral es fundamental, técnicas de estudio como lo es la Simulación, permiten visualizar de forma interactiva lo que está sucediendo al interior de la mina y es posible identificar cuellos de botella para generar soluciones como la colocación de un semáforo interno o la integración de tecnología que permita localizar la ocupación de un camino subterráneo y evitar retrasos en el acarreo.

La selección del equipo de transporte, la coordinación y la integración de un plan de transporte interno para la minería deben de considerar:

²²Antun, J P (2008) Logística: Una visión sistémica, Instituto de Ingeniería UNAM. Pp. 75-102

- Condiciones geográficas y de operación de la mina (ventilación, rutas de escape, iluminación, sistemas de alarma, estabilidad de los taludes etc.)
- Localización de los yacimientos a explotar y las rutas para acceder a ellos.
- Selección del medio de transporte para el acarreo de mineral y desplazamiento del personal operativo.
- Tecnología asociada a la necesidad de identificar la ubicación de los camiones en los trayectos de recorrido.
- Requerimientos asociados al incremento de mineral explotado.
- Evaluación de proveedores de servicio de transporte y carga.
- Establecimiento de espacios para el tránsito de personal operativo..

5.1.3 Desarrollo, Seguimiento y Evaluación de Proveedores

El suministro de requerimientos es indispensable para mantener la operación continua así como la calidad de las compras.

Los insumos clave que se han identificado para minería primordialmente están centrados en i) reactivos químicos, ii) refacciones para el mantenimiento operativo, iii) equipo de seguridad

El desarrollo de proveedores requiere de una evaluación continua así mismo del planteamiento de acciones y estrategias ante diferentes escenarios, es por ello que se plantea una evaluación en tres niveles los cuales son: i) evaluación general, ii) evaluación específica y iii) evaluación en conjunto (proveedor y cliente).

Evaluación general

- ✓ Evaluación de la situación actual de la compañía.
- ✓ Identificar elementos generales de medición que permitan evaluar el desempeño del proceso de abastecimiento con respecto al desempeño general de la compañía.
- ✓ Identificar áreas que colocan en riesgo a la compañía.
- ✓ Definir metas con base en los elementos identificados.

Evaluación específica

- ✓ Integración de un equipo multidisciplinario.
- ✓ Análisis de las operaciones e identificación de problemas.
- ✓ Identificación de los proveedores.
- ✓ Desarrollo de un conjunto de estrategias y aplicación de herramientas para la solución de los problemas identificados.
- ✓ Establecer indicadores de desempeño que permitan evaluar el desempeño de forma continua.

Evaluación en conjunto (Proveedor y Cliente)

- ✓ Realizar un consenso sobre las áreas de oportunidad y recomendaciones establecidas en la evaluación específica.
- ✓ Establecer una agenda periódica sobre la mejora continua.

Es necesario reconocer la necesidad y las ventajas de invertir tiempo, dinero y esfuerzo en el desarrollo de proveedores no sólo para garantizar la continuidad de la operación, también la satisfacción del cliente.

5.1.4 Plan de Mantenimiento Operativo Dirigido

El mantenimiento de maquinaria y equipo en minería se considera un elemento estratégico dentro del sistema logístico interno de la minería y es que la operación día a día involucra el procesamiento de miles de toneladas.

Una falla en alguna maquinaria o equipo puede generar el paro de la producción, esto se traduciría en pérdidas económicas inmediatas para la empresa y se pone en riesgo la credibilidad al no cumplir con un plan pactado.

Elementos de consideración para el desarrollo del programa de mantenimiento

- ✓ Una selección adecuada de los equipos para obtener la producción programada.
- ✓ Capacitación y generación de incentivos del personal.
- ✓ Coordinación entre los involucrados.
- ✓ Acceso a la información.
- ✓ Establecimiento de indicadores de desempeño.
- ✓ Uso de tecnología para la administración del mantenimiento.

Los elementos necesarios para la programación del mantenimiento operativo son:

- Evaluación del estado del equipo y maquinaria.
- Determinación de las necesidades de mantenimiento del equipo y maquinaria. (Con base en la evaluación realizada se pronosticará la recurrencia de fallas que tendrá).
- Programar el mantenimiento ya sea por equipo o en toda el área de trabajo.
- Evaluar la compra de equipo y maquinaria contra seguir operando con la misma.

5.1.5 Medición del desempeño logístico

En minería subterránea se han identificado actividades que son fundamentales y estratégicas en la operación del día a día estas son: i) Abastecimiento de requerimientos(refacciones, productos químicos y equipo de seguridad),ii) Gestión del transporte interno de mineral y iii) Servicio al cliente

- **Abastecimiento de requerimientos**

La correcta gestión de los abastecimientos considerando tiempos de entrega, calidad, capacidad de respuesta para abastecer el sector minero, promociones y negociaciones y considerando que el acceso a las unidades operativas no es sencillo, requiere de la coordinación de la minera y el proveedor es por eso que a continuación se presenta una propuesta para evaluar a los proveedores considerando los elementos críticos en esta operación.

Indicador	Objetivo	Definición	Cálculo
Certificación de proveedores	Realizar la primer selección de proveedores	Número y porcentaje de proveedores certificados	$\frac{\text{Total de proveedores certificados}}{\text{Total de proveedores}}$
Calidad de los pedidos generados	Clasificar a los proveedores e identificar el o los problemas de origen	Número y porcentaje de compras generadas sin problemas	$\frac{\text{Pedidos generados sin problema}}{\text{Total de pedidos}}$
Entregas perfectas	Asegurar la calidad de los requerimientos	Número y porcentaje de pedidos y productos que no cumplen las especificaciones por proveedor	$\frac{\text{Pedidos rechazados}}{\text{Total de órdenes recibidas}}$
Volumen de compras	Controlar pérdidas económicas asociadas al incumplimiento de un plan de compras	Porcentaje de las compras sobre las ventas totales	$\frac{\text{Valor de las compras totales}}{\text{Ventas totales}}$

Cuadro 1: Conjunto de indicadores propuestos para la evaluación de proveedores en minería subterránea

- **Gestión del transporte interno de mineral**

Indicador	Objetivo	Definición	Cálculo
Costo del acarreo de mineral por yacimiento	Controlar el costo de transporte por yacimiento sobre las ventas totales	Costo de acarreo por yacimiento sobre el valor económico esperado del mismo yacimiento	$\frac{\text{Costo de transporte por yacimiento}}{\text{Valor económico del yacimiento}}$
Costo del acarreo de mineral	Controlar el costo de total de acarreo de mineral	Costo total de acarreo sobre el valor de las ventas totales	$\frac{\text{Costo del acarreo de mineral}}{\text{Ventas totales}}$

Cuadro 2: Conjunto de indicadores propuestos para la evaluación del acarreo interno de mineral en minería subterránea

- **Servicio al cliente**

Indicador	Objetivo	Definición	Cálculo
Entregas perfectas	Identificar el cumplimiento de las especificaciones del cliente	La entrega es completa, en la fecha estipulada, con la documentación requerida, con los parámetros técnicos acordados con el uso de transporte adecuado	$\frac{\text{Pedidos perfecto entregados}}{\text{Total de pedidos}}$

Es importante el reconocimiento de la relación que existe entre los indicadores seleccionados, para el caso del presente trabajo se sugiere iniciar un proceso de medición que considere no solo las áreas operativas sino también los niveles administrativos.

5.2 Propuestas para el caso de XHJ-21

La serie de propuestas que a continuación se presentan, se sugieren como una integración de acciones con base en la situación actual operativa de Minera XHJ-21 conjuntadas dentro del marco de la logística.

Los elementos en la Fig.2 representan las cinco áreas de oportunidad identificadas en Minera XHJ-21

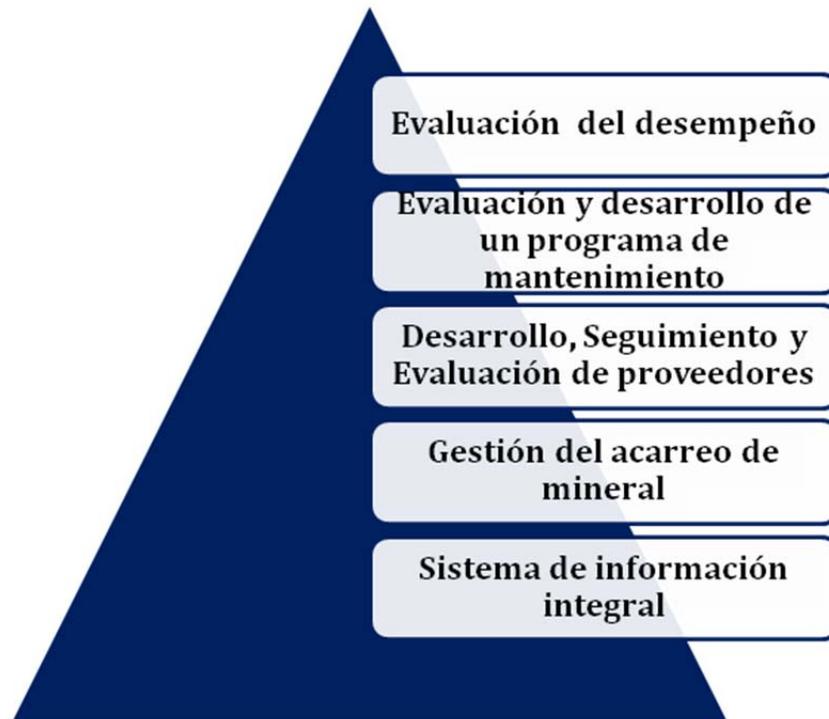


Fig.2: Áreas de oportunidad de Minera XHJ-21

*Fuente: Elaboración propia

5.2.1 Sistema de Información Integral

Propuesta 1: Actualización de la Tecnología de la Información en Operación.

La operación en minería requiere comunicación entre cada una de las áreas operativas como son: planeación, mantenimiento, mina, sistemas de acarreo, producción y seguridad, geología, personal operativo y administrativo entre otros.

El flujo de información efectivo entre los involucrados, es el medio que permite organizar y plantear acciones y esfuerzos integrales para mejorar y optimizar los procesos productivos y administrativos en el momento que se requiera.

La selección de la tecnología de información en Minera XHJ-21 debe de considerar los siguientes elementos:

- ✓ **Movilidad:** Mantener una cobertura o radio de acción a donde el operador se dirija o esté laborando.
- ✓ **Condiciones ambientales de operación .**La tecnología seleccionada debe de soportar condiciones ambientales extremas de humedad, temperatura, y ambientes donde se generan gases, polvo y ruido.
- ✓ **Respuesta en situaciones de emergencia.** Ante accidentes y situaciones de riesgo, la comunicación con el exterior permite actuar de forma rápida y efectiva sin perder tiempo valioso, personas accidentadas, cambio de operación o situaciones de emergencia como explosiones o derrumbes internos deben ser comunicados en el menor tiempo posible.
- ✓ **Comunicación dirigida.** Es importante que la tecnología seleccionada no sólo permita la comunicación con un grupo de trabajo este debe tener la posibilidad de mantener comunicación con todos los equipos de trabajo e inclusive enlazar los al mismo tiempo, esto permitirá ubicar recursos y gestionarlos en el momento que se requiera desde materiales o insumos hasta capital humano.

Opción de tecnología propuesta: Radios de Dos Vías Móviles.

- Tecnología DPL (Digital Private Line) o Línea Privada (PL). Permite trabajar en un canal o combinado.
- Es posible instalar esta tecnología sobre los camiones y configurar el equipo para alertar al operador si este se encuentra fuera del vehículo.
- Programación de los radios con números o líneas específicas para mantener la comunicación de forma dirigida.

Ventajas

- ✓ El cambio de tecnología tendría la capacidad de generar técnicamente el flujo de la información.
- ✓ Se tendría una mayor capacidad de reacción ante situaciones de emergencia o inesperadas.
- ✓ Se evita pérdida de tiempo y recursos en la toma de decisiones.

Propuesta 2: Actualización de la Intranet

El uso de una red interna en la empresa generalmente conocido como sistema **Intranet** es una aplicación de uso exclusivo para los miembros de la corporación.

Elementos de actualización en la red interna de Minera XHJ-21

- ✓ **Contenido:** Es necesario definir el contenido, el objetivo, uso y la cantidad de la información que será compartida por cada departamento de la corporación.
- ✓ **Actualización de la información:** Eliminar archivos obsoletos permitirá hacer un uso más efectivo de la información y eliminará retrasos en la búsqueda.
- ✓ **Seguridad.** Se debe de garantizar la seguridad de acceso a la información de la empresa tal que esta misma no coloque en riesgo a la corporación.
- ✓ **Capacitación:** La capacitación del personal para la navegación de la red intranet y la comunicación de cambios en la misma será fundamental para el uso efectivo de este sistema tecnológico.

Ventajas

- ✓ Facilita la comunicación interna entre los integrantes de empresa.
- ✓ Acceso de la información sin necesidad de un intermediario.
- ✓ Uso de información actualizada.
- ✓ Minimiza costos asociados a publicaciones de información de forma impresa.

5.2.2 Gestión del acarreo de mineral

El sistema de acarreo de mineral interno de Minera XHJ-21 es fundamental para la continuidad de la producción.

Sin mineral extraído, la planta de producción no tiene materia prima para la operación, el sistema de acarreo de mineral de Minera XHJ-21 presenta áreas de oportunidad las cuales se integran a continuación.

Propuesta 2: Elementos y acciones en el transporte interno

Elementos de mejora	Acciones propuestas
<p>✓ Registro del número de acarreo realizados</p>	<p>Cambio de un registro manual en hojas de reporte a un registro en la red de Intranet desarrollada por el área de sistemas. Ventaja: Cotejo para el número de acarreo realizados entre la Planta de Beneficio y el área de Mina de forma inmediata.</p>
<p>✓ Gestión de tráfico vehicular al interior de la mina.</p>	<p>El uso de radios de frecuencia que permitan identificar la posición de los camiones de acarreo en primera instancia disminuirá el tráfico interno y los tiempos de recorrido al conocerse la posición y por decisión del operador decidir el momento de avanzar o detenerse.</p> <p><i>Se señala la importancia de realizar un estudio específico y detallado del funcionamiento interno de transporte que permita identificar zonas de mayor tráfico.</i></p> <p><i>Un estudio con el uso de la microsimulación que permita visualizar el movimiento de los camiones al interior de la mina, permitirá identificar las zonas de mayor tráfico e identificar soluciones viables.</i></p>
<p>✓ Contratación de un sistema de apoyo de acarreo</p>	<p>Considerando el aumento en producción por parte de la minera. Uso de tecnología de la información que permita la comunicación dentro y fuera de la mina.</p>

Cuadro 1: Elementos de mejora para el acarreo interno de mineral de Minera XHJ-21

*Fuente: Elaboración propia

Ventajas

- ✓ Disminución a cero de pérdidas económicas asociadas al registro incorrecto de acarreo de mineral.
- ✓ Disminución de tiempos de ciclo de acarreo.
- ✓ Incremento viable de toneladas procesadas en la Planta de Beneficio.

5.2.3 Desarrollo, seguimiento y evaluación de proveedores

Se han identificado algunos requerimientos clave para la operación, estos son: productos químicos en la Planta de Beneficio, refacciones para el área de mantenimiento y equipo de seguridad en el área de Seguridad.

pág. 95

Propuesta 1: Selección de proveedores

Definir en conjunto (Planta de Beneficio, Mina y Seguridad y Ecología) las necesidades de requerimientos para la operación de cada área.

La selección de proveedores es la segunda etapa y éste proceso implica elegir a los proveedores que satisfagan las demandas de la compañía.

En el caso de Minera XHJ-21 los elementos cruciales son: i) Calidad de los requerimientos, ii) Plazos de entrega, iii) Capacidad de respuesta y iv) Costo.

Elementos de selección	Características de selección
Calidad de los requerimientos. Identificar los parámetros técnicos de los requerimientos por área operativa y definir aquellos que son estratégicos en la continuidad de producción de la unidad minera.	Planta de Beneficio Reactivos químicos e insumos (bolas de molino) y refacciones de maquinaria y equipo Mina Materiales de detonación para explotación de mineral y refacciones de mantenimiento de maquinaria y equipo. Seguridad Equipo apto para las condiciones de trabajo de los operarios.
Plazos de entrega.	Cumplimiento en los plazos de entrega. Capacidad para acceder a las instalaciones de XHJ-21 en el momento que se requiera.
Capacidad de respuesta	El proveedor debe de tener la capacidad satisfacer las demandas.
Costo	Actualización y evaluación de cotizaciones con proveedores alternos.

Cuadro 2: Elementos de consideración para la selección de proveedores de Minera XHJ-21

*Fuente: Elaboración propia

Ventajas

- ✓ Aseguramiento de la calidad de los requerimientos.
- ✓ Disminución de pérdidas económicas asociadas al paro de producción por requerimientos que no cumplen con las especificaciones o retraso de los mismos.
- ✓ Clasificación de los proveedores y ambiente para la negociación.

5.2.4 Diseño de un plan de mantenimiento

El área operativa de Mantenimiento, solamente realiza acciones correctivas, para el diseño de un plan dirigido, es necesario identificar los elementos críticos de operación.

Elementos iniciales de consideración	Soluciones propuestas
Uso y aplicación del software de mantenimiento MP	Diagnosticar: <ul style="list-style-type: none"> ✓ El costo de operar con un software que es de uso nulo en la corporación. ✓ La necesidad de operar con algún paquete de cómputo que permita la planeación del mantenimiento. ✓ Identificar y evaluar los programas de cómputo actuales dedicados a la planeación de mantenimiento operativo.
Estado de la maquinaria y equipo en operación	Diagnosticar: <ul style="list-style-type: none"> ✓ La capacidad del equipo y maquinaria con que se está operando. ✓ Verificar la capacidad utilizada del equipo y maquinaria que se está utilizando.
Uso y operación de la maquinaria y equipo	Evaluar: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso adecuado por parte del personal operativo de la maquinaria y equipo. ✓ Capacitación del personal.
Problemas y su frecuencia	Identificación <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar las fallas recurrentes por máquina y equipo. ✓ Determinar el origen de las fallas.
Comunicación con el resto de las áreas operativas	Programación <ul style="list-style-type: none"> ✓ Itinerario de mantenimiento preventivo

Cuadro 3: Elementos de consideración para la elaboración de un plan de mantenimiento en Minera XHJ-21

*Fuente: Elaboración propia

Ventajas

- ✓ Integración a las áreas de Planta de Beneficio, Mina y Planeación.
- ✓ Identificar los problemas de mayor frecuencia y en los que está involucrado el área de Mantenimiento.
- ✓ Identificar el origen del problema.
- ✓ Identificar las necesidades de requerimientos y los costos asociados a estos.

5.2.5 Embarque de Mineral

Introducir una balanza calibrada que permita cuantificar de forma precisa el mineral embarcado y evitar pérdidas económicas.

Las propuestas presentadas se realizaron con la información proporcionada y recabada durante la estancia realizada en la Unidad Operativa de MineraXHJ-21

La presencia en la unidad, permitió no sólo conocer los procesos operativos de forma presencial, también, identificar áreas de oportunidad que a través de la logística pueden ser abordadas.

Como parte de las actividades asignadas por parte del personal de la empresa se realizó el manual de operaciones de la Planta de Beneficio de la empresa; sin embargo, no es un documento validado por miembros de la empresa ni por la Secretaria del Trabajo que es el órgano encargado de certificar dicho documento.

Se sugiere a la empresa someterlo a revisión y mantenerlo como un documento que permite a los operarios recibir capacitación y hacer un eficiente uso del equipo y maquinaria de trabajo.

Conclusiones

La investigación realizada para esa tesis permite señalar las tres conclusiones siguientes:

Primera

El ***enfoque de sistemas a través de la logística permite*** realizar el estudio de áreas administrativas y operativas a través de entender el sistema como un todo y no en sus partes, de esta forma es posible ***identificar las relaciones*** que mantienen los elementos que componen el sistema e ***identificar aquellas*** relaciones que son ***susceptibles de mejora***.

La integración de la logística al sector minero-metalúrgico ***es una visión estratégica*** que no sólo involucra a todas las áreas operativas, también es el área de oportunidad para la optimización de los recursos disponibles. Las condiciones bajo las cuales se desarrolla éste sector requieren de una visión integral donde el flujo de productos y de información sea realizado mediante una gestión a través de una visión de la mejora continua.

Segunda

Las áreas operativas en el sector minero metalúrgico en especial la Planta de Producción (dependiendo el proceso), Mina (de donde se obtiene la materia prima principal), Almacén y Compras (suministra los requerimientos en tiempo y forma) y el Embarque del producto final(permite la llegada al cliente), deben ser concebidas como un sistema integral operativo donde el flujo de bienes y servicios está en continuo monitoreo y su evaluación es estratégica para la toma de decisiones que permita mejorar los niveles de productividad y servicio y que cumpla con el objetivo primordial de toda empresa, ***incrementar los márgenes de utilidad***.

Tercera

En el marco de la logística como una estrategia en el desempeño operativo de la minería subterránea deben de considerarse las áreas que al optimizarse generarán una ventaja competitiva y la satisfacción del cliente: **i) Flujo y Gestión de la información ii) Gestión del transporte interno, iii) Desarrollo, Seguimiento y Evaluación de Proveedores, iv) Plan de Mantenimiento Dirigido y v) Medición del Desempeño Logístico.**

1. Antun, J.P.; Ojeda L. (2005), Indicadores de desempeño (benchmarking) de procesos logísticos, Serie Docencia, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 108 pp.
2. A PLS Logistic Services White Paper (2012), Logistic Management for Mining Companies, [En línea], Consultado el 17 de abril del 2013 en
3. http://www.logisticsmgmt.com/images/site/Mining_Whitepaper.pdf
4. Ballou, Ronald H. Logística: Administración de la Cadena de Suministro. México: Pearson Education 2004.
5. Council of Supply Chain Management Professionals, www.cscmp.com.
6. Erik Sandberg (2007), Logistics collaboration in supply chains: Practice vs. Theory The International Journal of Logistics Management Vol. 18 No. 2, 2007pp. 274-293Department of Management and Engineering, Institute of Technology, Linköping University, Sweden.
7. Howard L. Hartman, Jan M, Mutmansky (2002) Introductory of Mining Engineering, John Wily & Sons.
8. Instituto de Ingeniería de Minas del Perú (2010, Septiembre), Gasto de transporte en minería representa el 44% del costo logístico, I Congreso Internacional de Gestión Minera, Perú, [En línea], Consultado el 17 de abril del 2013 en <http://www.gestionminera.com.pe/prensa/nota015.pdf>.
9. John A. Parnell (2010). Strategic clarity, business strategy and performance, Journal of Strategy and Management, Vol. 3 No. 4, 2010 pp. 304-324, School of Business Administration, University of North Carolina at Pembroke, Pembroke, North Carolina, USA.
10. Karen Butner (2010). The smarter supply chain of the future, Strategy and Leadership, Vol. 38 No 1, 2010, pp. 22-31.
11. KPMG (2010), Industrias Peñoles: La minera mexicana da vida a Fresnillo y abre camino a Europa abre camino a capital europeo, [En línea] Consultado el 17 de abril del 2013 en <http://www.kpmg.com/MX/es/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/DE2010/HE-Penoles.pdf>

12. Lu Gang, Hai Jiao, Sun Yubo, (2011, Enero), Research on Green Mining Logistics System Model of coalmine, Coll. of logistics, Southwest Jiaotong Univ., Chengdu, China, [En Línea], Consultado el 17 de abril del 2013 en <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5707595>pp 1040-1043.
13. Martha C. Cooper, Douglas M. Lambert and Janus D. Pagh (1997) Supply Chain Management: More than a new name for logistics Vol. 8 No. 1, 1997 pp. 1-14 The Ohio State University
14. Mining Journal On line , www.mining-journal.com
15. Stephen A.W. Drew, Peter A.C. Smith (1998). The new logistics management: Transformation through organization learning, International, Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 28 No. 9/10, 1998,pp. 666-681, MCB University Press.

Anexo I: Estructura organizacional por área operativa de Minera XHJ-21

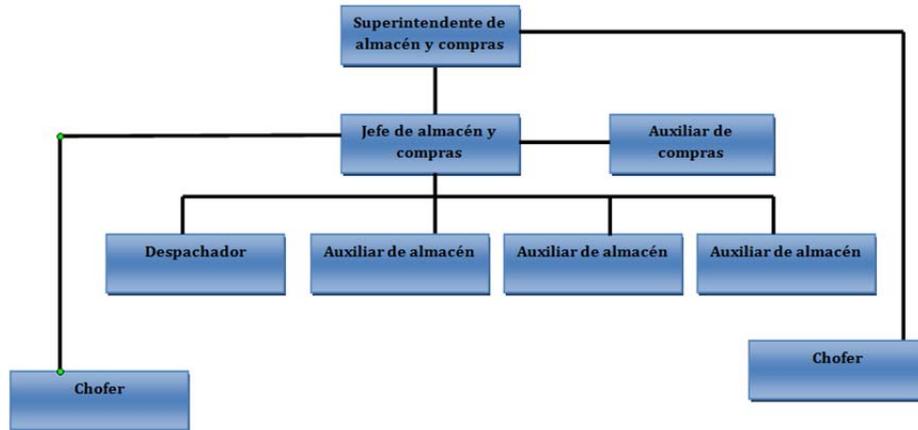


Fig. 9: Organigrama del Departamento de Almacén y Compras²³

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

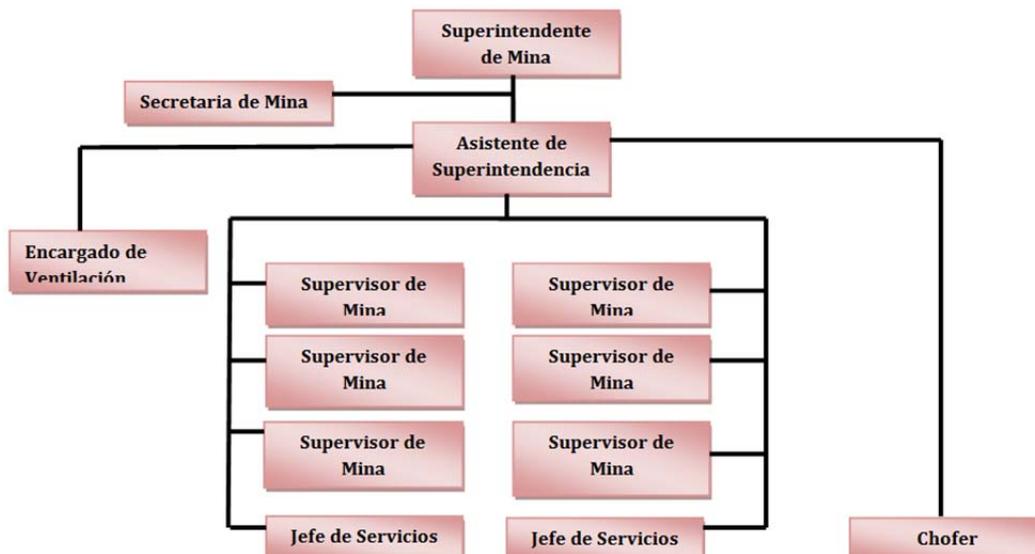


Fig. 10: Organigrama del Área de Mina

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

²³Almacén: Es el espacio físico que se utiliza para acondicionar inventarios en función de lapsos de tiempo en el flujo de insumos para la producción y la distribución final.

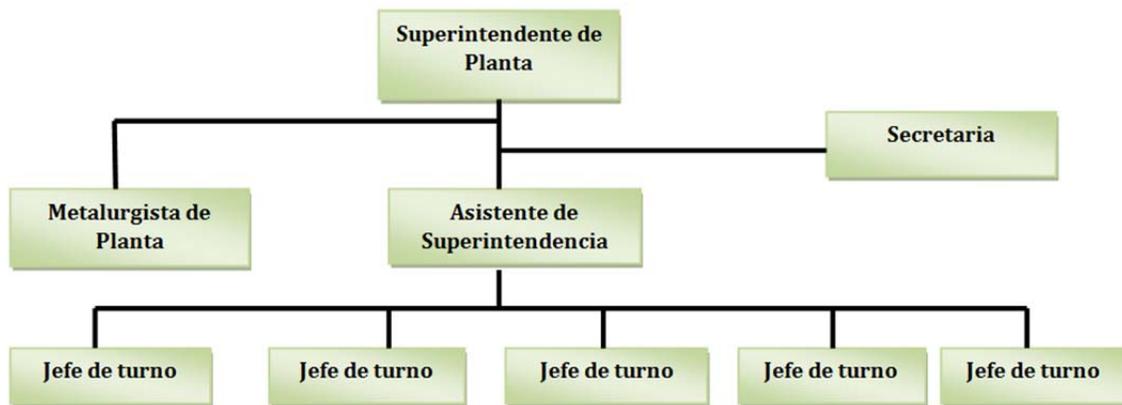


Fig. 11: Organigrama de la Planta de Beneficio

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

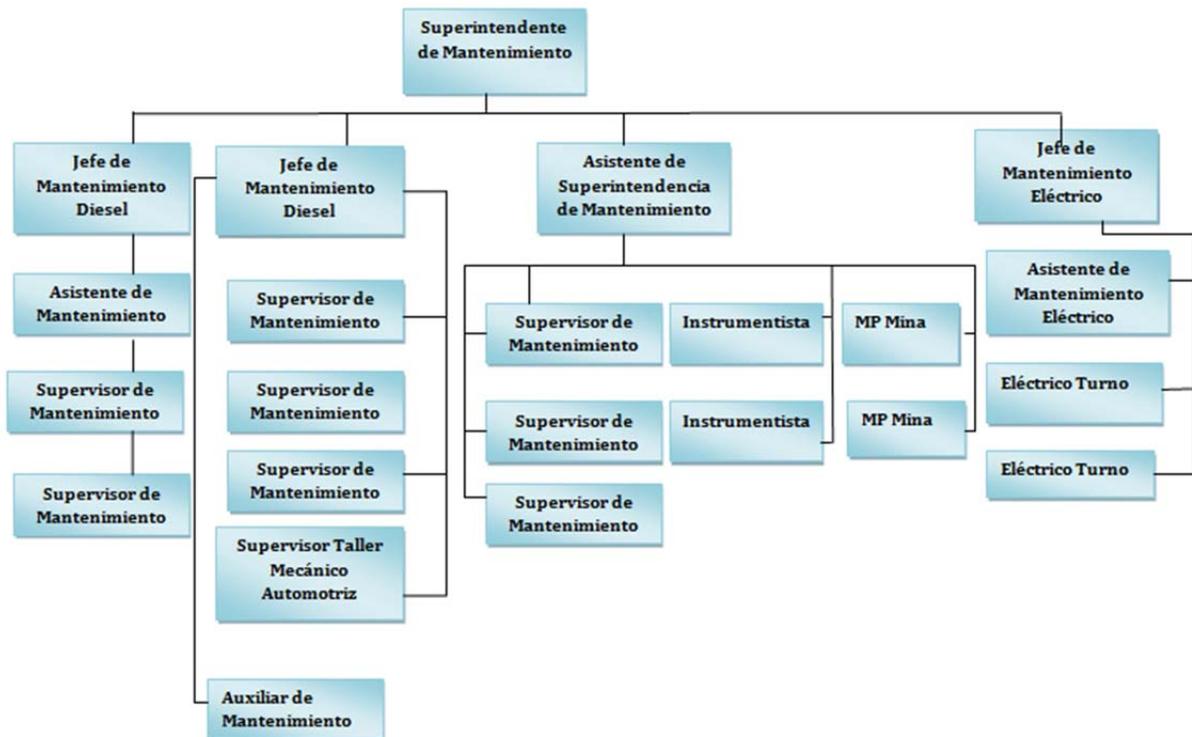


Fig. 12: Organigrama de Mantenimiento

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

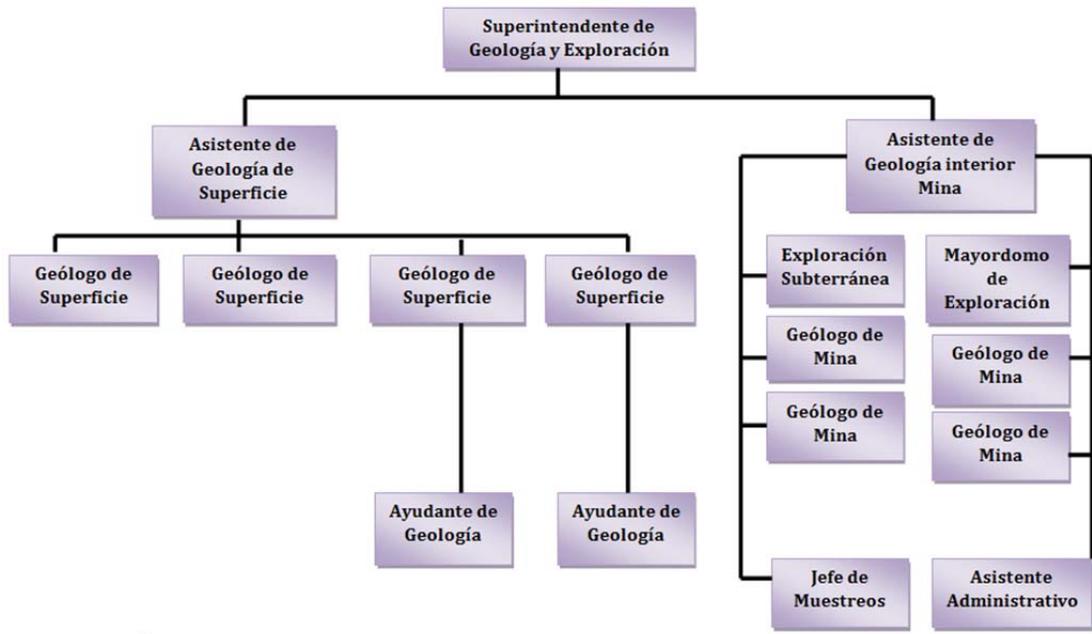


Fig. 13: Organigrama de Geología y Exploración

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21



Fig. 14: Organigrama de Contraloría

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

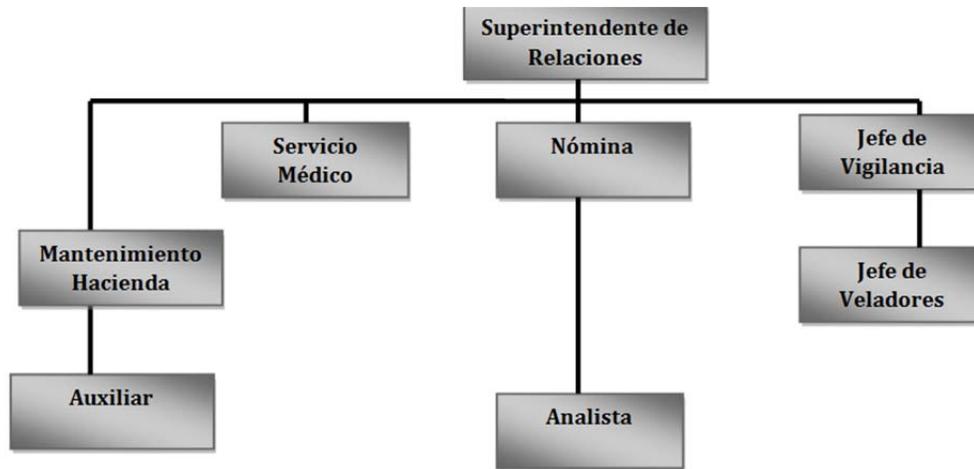


Fig. 15: Organigrama de Relaciones Industriales

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21



Fig. 16: Organigrama de Seguridad y Ecología

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

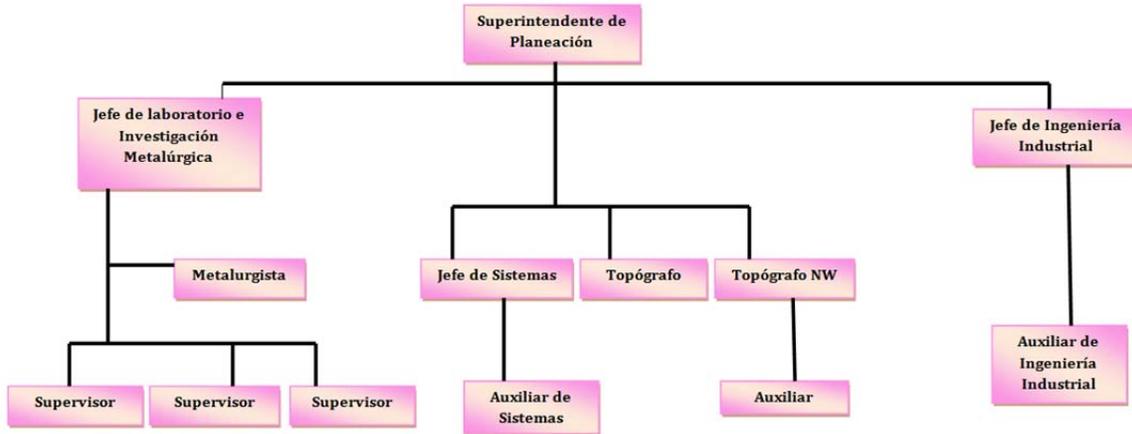


Fig. 17: Organigrama de Planeación

*Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Minera XHJ-21

Minera XHJ-21 (clave ISO-21)
 Nombre del Departamento
 septiembre 22, 2011 11:36 AM
ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVA Folio: MM000233
 Responsable: _____

SCOOP TRAM MTI-19
 Grupo: SCOOP TRAM Centro de Costo: _____
 Actividad del: 18/09/2011 al: 24/09/2011

Actividad	18	19	20	21	22	23	24
Revisar cojines de asiento, suspensión y ope. Cabina	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar cojines de asiento, suspensión y operación de cinturones de seguridad.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar funcionamiento del claxon.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Realizar prueba de frenos registrar resultado.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Realizar prueba de frenos y registrar resultados. (segunda velocidad, acelerador a fondo).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar funcionamiento de freno de servicio.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar funcionamiento de freno de estación.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar ubicación de fugas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar ubicación de fugas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Limpiar unidad a presión.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Limpiar unidad a presión. Quitar todas las cubiertas.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar apariencia general de la máquina.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar apariencia general de la máquina.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Recorrido de prueba.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar estado y montaje de cortadores laterales.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Revisar estado y montaje de cortadores laterales.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Lectura 18/09/2011 449 Lectura 19/09/2011 _____ Lectura 20/09/2011 _____ Lectura 21/09/2011 _____
 Lectura 22/09/2011 _____ Lectura 23/09/2011 _____ Lectura 24/09/2011 _____

Fig.18: Ejemplo del uso del software Mantenimiento PM

*Fuente: Minera XHJ-21

Anexo2: Álbum fotográfico de Minera XHJ-21



Imagen 1: Unidad Operativa Minera XHJ-21

*Fuente:: Proporcionada por la empresa de estudio

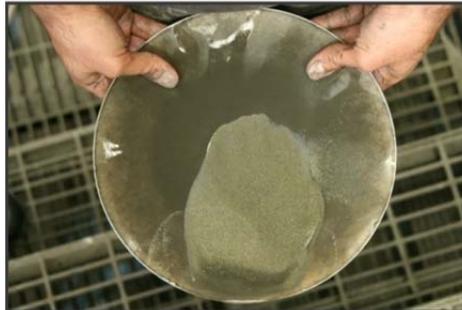


Imagen 2: Sulfuro de Cobre uno de los tres productos finales en Minera XHJ-21

*Fuente:Proporcionada por la empresa de estudio



Imagen3: Ingenieros supervisando una perforación al interior de la mina subterránea

*Fuente:: Proporcionada por la empresa de estudio



Imagen 4: Túnel de entrada a la mina con una longitud aproximada a los 2 km
Fuente:: Proporcionada por la empresa de estudio

Planta de Beneficio de XHJ-21



Imagen 5: Planta de Beneficio de Minerales

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 6: Área que controla el suministro de reactivos químicos para el proceso de beneficio

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 7: Fuga de reactivos químicos para el proceso de beneficio

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 8: Área de preparación de reactivos químicos

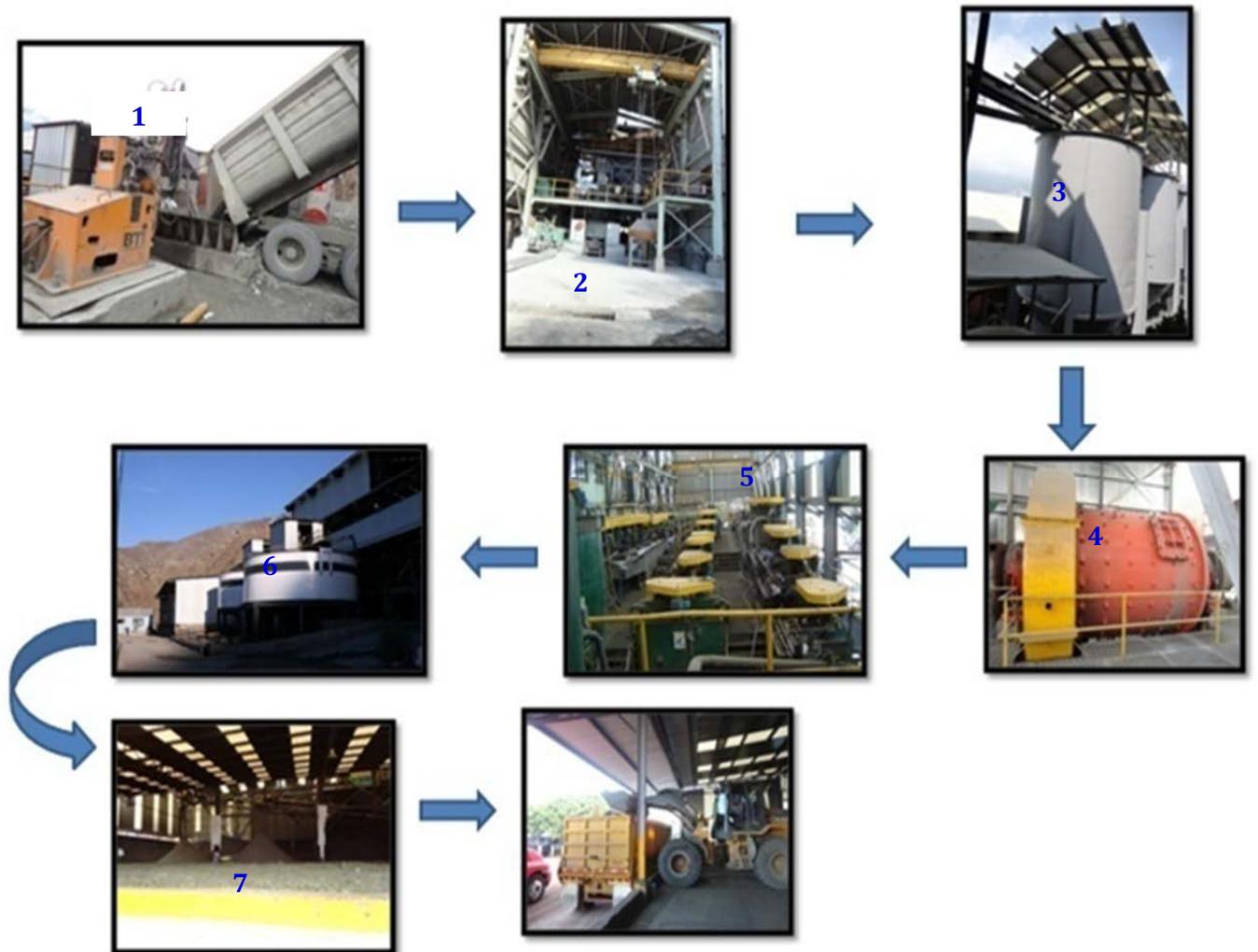
*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 9: Válvulas de control de suministro de reactivos químicos para el proceso de beneficio

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012

Imagen 10: Áreas de la Planta de Beneficio



1. Camión descargando Mineral en Trituración primaria
2. Trituración Primaria y Secundaria
3. Área de Silos: Mineral de reserva para no detener la operación
4. Área de Molienda de mineral
5. Área de flotación de minerales
6. Área de extracción de humedad del producto final
7. Patio de recibo de sulfuros de plata-plomo, cobre y zinc
8. Embarque del producto final

Ejemplos de equipo de transporte y carga utilizado en la Unidad Operativa XHJ-21



Imagen 11: Camión de volteo para el acarreo de mineral

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 12: Jeep para exploración al interior de la mina

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 13: John Deere mini removiendo el producto final para eliminar humedad antes del embarque

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012

Área de almacén y compras de Minera XHJ-21



Imagen 14: Área de recibo de mercancías

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 15: Área para la clasificación de la mercancía

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 16: Anaqueles para acomodación de mercancía

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 17: Etiqueta que identifica cada anaquel del almacén

*Fuente: *Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012

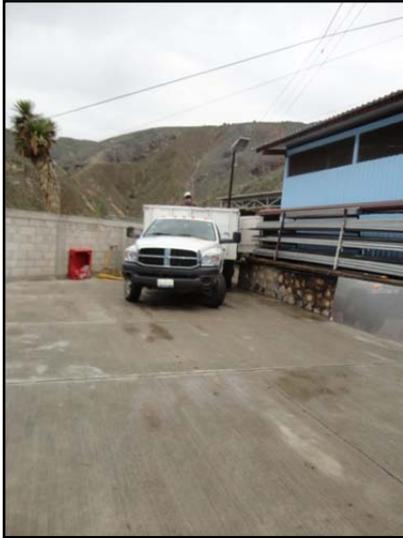


Imagen 18: Camioneta que transporta mercancía hacia la unidad operativa

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 19: Camión de acarreo de mineral dirigiéndose a la Planta de Beneficio

*Fuente: *Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en Minera XHJ-21 Junio-Agosto 2012



Imagen 20: Scooptram cargando de mineral un camión de acarreo

*Fuente: Proporcionada por la empresa de estudio



Imagen 21: Contenedores para el reciclado de material

*Fuente: Fotografía tomada durante la estancia realizada en XHJ-21 Junio-Agosto 2012