

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA
GRAN MINERÍA A TAJO ABIERTO DEL PERÚ: ESTUDIO DE CASOS**

Tesis para optar el grado de Magíster en Gestión y Política de la
Innovación y la Tecnología

Yannick Patrick Carrasco Merma

ASESOR: Domingo González

Lima, Mayo del 2015

Resumen

La minería constituye uno de los principales sectores de la industria peruana. Su considerable aporte tanto al PBI como a la balanza comercial, sus proyectos de exploración y de integración con otros sectores y la gran proyección de su producción a futuro como consecuencia de las reservas minerales descubiertas; determina su atractivo. En particular, la actividad minera que ha aportado mayores beneficios a la balanza comercial ha sido del tipo de extracción a Tajo Abierto, correspondiente al tipo de operación de grandes empresas mineras y que tienen como principales países de destino de sus exportaciones a Suiza y China. Si bien los productos de este sector son *commodities* de bajo valor agregado, como cobre y oro, la explotación minera de este tipo tiene una gran complejidad tecnológica. En este sentido, un elemento importante en la comprensión de este sector es la caracterización de su desarrollo tecnológico, principalmente en el nivel de la incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Sin embargo, existe muy poca información en la literatura sobre el grado de utilización de éstas tecnologías en la actividad minera antedicha. Así, el presente trabajo tiene por objetivo emplear el referencial de la gestión de la innovación y la tecnología en la empresa y del *Computer Integrated Mining* (CIMG) para indagar sobre la difusión de las TIC en la minería de tajo abierto en el Perú. La metodología de la investigación es de carácter descriptiva y cualitativa, basada en un Estudio de Caso sobre cinco empresas del sector minero. La unidad de análisis del estudio es la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico en la gran minería a tajo abierto del Perú.

Las principales preguntas de investigación son: ¿De qué manera se viene aplicando la gestión de la innovación tecnológica, en las grandes unidades mineras de tajo abierto en el Perú? ¿Qué tipos de TIC vienen incorporando las grandes unidades mineras de tajo abierto en el Perú? ¿En qué nivel de madurez del uso del CIMG se encontrarían las grandes unidades mineras de tajo abierto en el Perú? ¿En qué fases de un proyecto minero de tajo abierto, viene siendo beneficiosa la aplicación de Innovaciones Tecnológicas? Las proposiciones del estudio son que las grandes unidades mineras de tajo abierto, incorporan innovaciones tecnológicas con miras a lograr eficiencia operativa (reducción de costos), por otra parte, emplean principalmente Sistemas de Gestión Integrados del tipo ERP, en cuanto al uso de TIC se refiere, respecto al nivel de madurez en cuanto el grado de utilización de CIMG es heterogéneo y finalmente es durante la fase de explotación, en donde resulta beneficioso el incorporar innovaciones tecnológicas en las grandes unidades mineras. La investigación emplea fuentes secundarias y entrevistas semi estructuradas a gerentes de excelencia operacional, tecnologías de información y supervisores de calidad de las cinco empresas. Los resultados indican que el 100% de las empresas en estudio incorporan innovaciones tecnológicas con miras a reducir costos y optimizar tiempo de producción, así como el empleo de sistemas de integración minera y de gestión (ERP). Además, sólo el 60% de éstas han desarrollado un nivel de maduración alto en cuanto el uso de CIMG y son principalmente aquellas que han incursionado en desarrollar diversos proyectos de integración industrial en energía y petróleo.



Se ad sua min temperantiam innovare - Cicerón



A mi padre, gran admirador y fervoroso impulsor de la actividad minera del país.

A mis madres Ruperta †, Carmen. A mi hermana Fátima. A mis hermanas de la Legión de María y a mis amigas. A quienes la Fe, la esperanza y el amor hacia la vida, motivaron mi búsqueda de la excelencia y el afán por hacer de este un mundo mejor; de la mano de ellas.

A todos ellos va dedicado este trabajo.

Índice

Índice	vi
Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas.....	ix
Introducción	1
1. Marco Teórico	3
1.1 Gestión de la Innovación.....	3
1.1.1 Origen y Definición de la Innovación.....	3
1.1.2 Gestión de la Tecnología y la Innovación	9
1.2 Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC).....	15
1.2.1 Origen y Clasificación	15
1.2.2 Aportes de las TIC a la Sociedad y Desarrollo en América Latina	18
1.3 La Gran Minería de Tajo Abierto en el Perú.....	23
1.3.1 Definición y Contexto Actual.....	23
1.3.2 Antecedentes en Innovación y Desarrollo Tecnológico	28
1.4 Computer Integrated Mining (CIMG).....	35
1.4.1 Origen del Término y Vinculación a la Minería	36
1.4.2 Niveles de Maduración del CIMG.....	41
2 Estudio de Casos.....	44
2.1 Metodología	44
2.2 Escenario de Estudio y Empresas Involucradas.....	49
2.3 Ejes de Estudio	60
3 Análisis de Resultados y Discusiones	64
3.1 Levantamiento de Información	64
3.2 Resultados Obtenidos y Discusiones.....	80
4 Conclusiones.....	89

5	Referencias Bibliográficas	93
	Anexos.....	109
	Anexo 1 - Guía de Entrevista	109
	Anexo 2 - Matriz de Consistencia.....	113



Índice de Figuras

<i>Figura 2.1 - Eje de Gestión de la Innovación</i>	61
<i>Figura 2.2 - Eje de TIC y Soporte Tecnológico</i>	62
<i>Figura 2.3 - Eje de Maduración en CIMG</i>	62
<i>Figura 2.4 - Eje de Aplicación de Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial</i>	63



Índice de Tablas

Tabla 3.1 - Gestión de la Innovación	81
Tabla 3.2 - TIC y Soporte Tecnológico.....	82
Tabla 3.3 - Nivel de Madurez en CIMG	83
Tabla 3.4 - Aplicación en Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial	84
Tabla 3.5 - Cuadro Resumen en referencia cruzada.....	85



Introducción

Nuestro país viene gozando del liderazgo en la producción de muchos minerales a nivel de Latinoamérica. Por su parte, el Estado, plantea como uno de sus objetivos para los próximos años, propiciar la atracción y promoción de la inversión en la actividad minera del país.

No obstante el apoyo que se brinde a esta actividad económica y la atención por parte de los diversos agentes económicos del país; es necesario conocer su aporte con el desarrollo tecnológico para la producción y su aplicación innovadora para el bienestar del país.

El presente trabajo, nace como interés por enfocar la gestión de la innovación en una actividad muy poco estudiada dentro del contexto tecnológico de la gran minería nacional. Por otra parte también, dada su importancia como campo de estudio de otras disciplinas ligados a la industria nacional; resaltando su vinculación con el desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación.

La primera parte de este trabajo presenta el marco teórico base, para el entendimiento de la gestión de la innovación en el sector minero en estudio. Por tanto incluye conceptos de gestión de la innovación, tecnologías de información y comunicación y *Computer Integrated Mining*; que caracteriza a la gran minería a tajo abierto como objeto de este estudio.

La segunda parte presenta los estudios de caso, iniciando con la metodología empleada y presentando a las cinco empresas mineras involucradas en la investigación. Finalmente, la tercera parte presenta el análisis de los resultados y las discusiones correspondientes a los ejes de estudio.

Se espera que esta investigación despierte el interés para ampliar los conocimientos de la aplicación de la gestión de la innovación y desarrollo tecnológico en la actividad minera, así como el explorar otros ámbitos ligados al desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación.



1. Marco Teórico

1.1 Gestión de la Innovación

Referirnos a la Gestión de la Innovación no sólo implica repasar sobre los contextos sociales y tecnológicos de nuestra era, sino que también es necesario enfocarla como una actividad estratégica y necesaria en el mundo cambiante.

El presente capítulo incluirá aspectos sobre el origen y definición de la innovación, a través de la perspectiva de diversos autores y por otro lado, referirá algunos alcances sobre la Gestión de la Tecnología y la Innovación; con miras a centrarla a nuestro contexto nacional.

1.1.1 Origen y Definición de la Innovación

En un primer momento, conviene mencionar el conjunto de definiciones inherentes a la innovación y al desarrollo de nuevas tecnologías. Estas pueden agruparse ya sea por su origen o las definiciones propuestas de algunos autores contemporáneos, tal como se citan a continuación.

Teniendo en cuenta al origen del término, se parte brevemente de la referencia etimológica de la palabra innovación, que referida en latín como *innovation – onis*, forma del verbo *innovare*; hacía mención a “renovar”, “restaurar”, “volver a

lo de antes”. De la manera como declaraba Cicerón “Caer nuevamente en la intemperancia”.

Posteriormente, el *Oxford English Dictionary*, por los siglos XVI y XIX hacía referencias a la innovación en contextos negativos como “rebelión” y “situación problemática. Pero no sería hasta la intervención de Schumpeter (1934), quien incorporaría una connotación positiva al referirse a la “destrucción creativa”.

Morin (1985) comienza a aproximar el término de innovación con la tecnología, señalando que la innovación es el arte de saber aplicar, en unas determinadas condiciones y para alcanzar un propósito preciso, las ciencias, técnicas y otras reglas fundamentales que permitan concebir y obtener nuevos productos, procesos, métodos de gestión y sistemas de información en la empresa.

Por su parte, Stevenson y William (1986) sostuvieron que el innovar no sólo implicaba crear un nuevo producto, sino que también podría tratarse de una nueva organización, de una nueva forma de producción o una forma diferente de llevar a cabo una tarea.

Tiempo después el Manual de Frascati validaría la aproximación de Schumpeter, indicando que la innovación es la transformación de una idea en un producto vendible nuevo o mejorado o en un proceso operativo en la industria y en el comercio o en un nuevo método de servicio social. En otros términos, refiere a la innovación como una idea que se vende (OECD, 1992).

Freeman (1995), refiere a la innovación como el proceso de integración de tecnología existente y las invenciones hechas para crear o mejorar un producto,

un proceso o un sistema. Habiéndose identificados aspectos inherentes a la creatividad y la intención de llegar al mercado, Morcillo (1995) añadió que viendo lo que todo el mundo ve, leyendo lo que todo el mundo lee, oyendo lo que todo el mundo oye; innovar es realizar todo lo que nadie ha imaginado, todavía.

Finalmente el Diccionario de La Real Academia de la Lengua Española, define innovación como la creación y modificación de un producto, y su introducción en un mercado; siguiendo también la línea trazada por Schumpeter.

Si bien estas definiciones han venido desarrollándose a lo largo de los años, no es sino hasta la Convención de Oslo en el año 2005, donde se consolidó la definición de innovación como (OECD, 2005b: 56):

La introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores.

Adicional a ello, es necesario referirnos a algunos autores que contribuyeron con el desarrollo de la definición de innovación según diversos campos de aplicación, como se presentan a continuación:

Innovación Tecnológica

La primera definición, corresponde a la Innovación Tecnológica, la cual cuenta con un origen ligado al sector empresarial, que adapta a un conjunto de innovaciones y que se circunscriben dentro de las organizaciones.

Este término fue concebido a mediados de la década de los 90. Escorsa y Vals. (1997), sostenían que la innovación será tecnológica cuando tenga que ver con la ciencia y la tecnología; implicando para la empresa u organización un cambio técnico en los productos o procesos. También puede definirse como el conocimiento involucrado en los componentes, métodos, procesos y técnicas que se combinan en un producto o servicio (Afuah, 1998).

Por su parte Escobar (2000), refiere a la innovación tecnológica a la que comprende los nuevos productos y procesos y los cambios significativos, desde el punto de vista tecnológico, en productos y procesos. Se entiende que se ha aplicado una innovación cuando se ha puesto en el mercado (innovación de productos) o se ha utilizado en un proceso de producción (innovación de procesos).

Por tanto la innovación tecnológica tiene un campo de acción muy amplio, y guarda estrecha relación con la operativa de los negocios, en cuanto los cambios aplicados a las operaciones y que motivarían a la organización a nuevos emprendimientos en el mercado.

Innovaciones Incrementales o Evolutivas

Una segunda definición, corresponde a las Innovaciones Incrementales; término que fuera propuesto por Rothwell y Gardiner (1988) al referirse a los pequeños cambios en el *know how* tecnológico o una mejora. Dewar y Dutton (1986) agregan que dichas actividades consisten en realizar pequeñas modificaciones en los productos, procesos o servicios empleando tecnologías actuales.

Christensen (1997) refiere a la innovación incremental como una innovación de apoyo la cual apunta a la mejora continua del producto o del proceso y que es adoptado por distintas empresas dominantes de la industria. A propósito de la confusión de este término con las innovaciones radicales; Freeman y Soete (1997) establecen algunos paralelos aunque identificándolas como innovaciones relativas.

Escobar (2000), define a las innovaciones incrementales a aquellas que producen cambios en tecnologías ya existentes para mejorarlas, pero sin alterar sus características fundamentales.

En un reciente estudio presentado por Sieber, Valor y Fuentes (2007) aplicado a las industrias, emplea este término para las innovaciones que apuntan al desarrollo de nuevas funcionalidades o prestaciones adicionales al producto.

En conclusión, las innovaciones incrementales se focalizan en las actividades de producción y corresponden a las mejoras de procesos productivos existentes; pero que no obstante son atribuibles al personal encargado de la producción.

Innovaciones Radicales y Disruptivas

La tercera definición, corresponde a las Innovaciones Radicales, las cuales se desarrollan plenamente en ámbitos comerciales, influyen en el comportamiento del consumidor y que avizoran un futuro comercial para las innovaciones.

Si bien, respecto a su origen, este término fue también incluido en la Convención de Oslo, Nieto y Santamaría (2007) hace una distinción particular entre el término de innovaciones incrementales y las radicales, siendo la segunda de estas producidas a través de productos nuevos, totalmente diferentes a los que ya existen y que en buena manera ejercen un impacto en su entorno.

La literatura complementaria, refiere a las innovaciones radicales a aquellas que abren nuevos mercados, nuevas industrias o nuevos campos de actividad en la esfera cultural, en la administración pública o en los servicios (Escobar, 2000).

No obstante, este término involucra necesariamente a los cambios tecnológicos, los cuales vienen siendo evidentes en los últimos años.

Con respecto a la denominación del término “disruptivo”, este fue aportado por Christensen (1997), refiriéndose a las innovaciones que irrumpen en el mercado con una propuesta, aunque sencilla, diferente y de gran impacto comercial.

Sostuvo además que las empresas que ingresan en un mercado con soluciones relativamente simples y directas pueden desplazar a empresas poderosas y líderes en ese mercado.

El mismo autor, llega a clasificar a las innovaciones disruptivas en dos tipos, como son las innovaciones disruptivas de bajo nivel y las innovaciones disruptivas de nuevo mercado, las cuales serán analizadas en el marco de las tecnologías disruptivas por tratarse de la misma naturaleza.

Por otro lado este conjunto de tecnologías, han reformado muchos contextos de mercado y de formas de hacer negocio, impactando en el comportamiento del consumidor y en el ámbito económico, involucrando un máximo esfuerzo empresarial y una ardua planificación; por tanto las innovaciones radicales como refiere Scarone (2005) implican gestionar grandes cuotas de riesgo.

Finalmente, se puede concluir que las innovaciones radicales determinan cambios de paradigma, dada su originalidad y su impacto en los mercados, quedando reflejados en las nuevas experiencias del consumidor y en el impulso de nuevas creaciones tecnológicas que presuponen un nuevo conocimiento adquirido.

1.1.2 Gestión de la Tecnología y la Innovación

Habiendo conocido a guisa de antecedentes y referencias básicas, el término innovación y el conjunto de sus clasificaciones desarrolladas hasta nuestros días, centramos el presente capítulo en el conocimiento y aplicación de la Gestión de la Tecnología y la Innovación.

Para ello es necesario conocer el desarrollo del término, sus principales definiciones y finalmente identificar al conjunto de aplicaciones que viene aportando a la comunidad de Ciencia Tecnología e Innovación (CTeI)

Históricamente, una piedra angular en la definición de la gestión de la innovación, son los recursos tecnológicos, por cuanto se han venido desarrollando paralelamente a la aplicación de las innovaciones propiamente dichas. Morin (1992) le otorga una definición aplicada al contexto empresarial, referido como un conjunto de medios materiales e inmateriales, que la empresa dispone para fabricar, comercializar y facturar sus productos o servicios.

No obstante al hecho de que esta definición responda a objetivos operacionales de la empresa, otros autores prefieren expresar el objeto de la gestión como la tecnología, la innovación, las competencias o el conocimiento, refiriéndola como una utilización eficiente de la tecnología en los procesos de fabricación (Estrada y Sabando 2001).

Partiendo de estas alusiones, se citan algunos conceptos propuestos como son:

Gestión de la Tecnología (*Management of Technology* MOT) - Definido como la combinación de disciplinas científicas, y comerciales para identificar, desarrollar y desplegar las capacidades necesarias para la concepción y realización de objetivos operacionales y estratégico en la empresa (Lowe, 1995)

Estrategia Tecnológica Corporativa – Referida al uso, desarrollo y adopción de tecnologías para maximizar la ventaja competitiva del negocio (diferenciación y liderazgo en costos) y que responden a la pregunta ¿Qué

tecnología desarrollan, qué riesgos asumen, dónde son líderes, dónde son seguidores? (Bueno y Morcillo, 1997).

Gestión de la Innovación – Referida al proceso estratégico de creación y desarrollo de nuevas ideas, cuyo resultado, como mencionan ambos autores, sería por consecuencia una innovación.

Hasta aquí, se puede concluir que en cuanto el origen del término de Gestión de la Innovación, este ha asumido fuertemente el componente de gestión de la tecnología, al punto de que su alusión a la innovación solo se centra en el proceso de la creación y desarrollo de ideas.

En lo que respecta a las definiciones de Gestión de la Tecnología y la Innovación, referimos a las más citadas, como sigue:

Por su parte Tidd y Bessant (2009) la define como un conjunto de procesos enmarcados en la organización y el uso de recursos.

Estos conceptos se enmarcan claramente en el enfoque estratégico de las organizaciones, ante el constante desarrollo tecnológico y aparición de muchos paradigmas de la administración, tanto de recurso humanos como para la comercialización.

Por lo tanto, se puede definir a la gestión de la innovación y la tecnología como al conjunto de procesos orientado a planificar, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos disponibles, tanto humanos como técnicos y económicos, con el objetivo de aumentar la creación de nuevos conocimientos, generar ideas

que permitan obtener nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los existentes.

En lo que respecta a la aplicación de la gestión de la tecnología y la innovación, tenemos cuatro escenarios a referir, en los cuales se precisará sobre sus lineamientos básicos, su equivalencia para el sector tecnológico en el país y su especialización para con diferentes sectores económicos.

En el primer caso, Morín (1992) hace alusión a las funciones de una gestión eficaz de la Innovación y la Tecnología en donde se mencionan tres principales:

Inventariar y evaluar – Referidas a la aplicación de un diagnóstico interno.

Vigilar – Referida a la aplicación de un diagnóstico externo.

Optimizar, enriquecer y evaluar – Referida a la valorización del patrimonio tecnológico de la empresa con respecto a la competencia y al cual se le debe otorgar un lugar privilegiado.

Para un segundo caso, referimos a la gestión de la innovación y la tecnología a partir de la creación y consolidación de una cultura de innovación. En el caso de Arata *et al.* (2011), se propone seis factores críticos para establecer un Modelo de Medición de Innovación, tales como: el cultural, la estructura, estrategia y liderazgo empresarial, el producto y el mercado, los recursos financieros, el entorno de la empresa y la creación de conocimiento.

Por su parte, Arancibia *et al.* (2015) plantea una estructura de factores priorizados que inciden en una cultura de innovación, tales como:

Gestión de la dirección – Refiere la incorporación de un perfiles directivos, el uso de tecnologías y de estrategias de gestión.

Competencias de adaptación a los cambios – Refiere a las actitudes y habilidades que se han de desarrollar.

Gestión del conocimiento – Esta involucra actividades de capacitación, establecer alianzas estratégicas y transferencia de conocimientos.

Vigilancia Tecnológica – Esta involucra la detección e incorporación de nuevas tecnologías, de tecnologías desarrolladas o implementadas por proveedores y de los competidores.

En un tercer caso, al referir a la equivalencia del término para el escenario del país, se puede citar el tratamiento de la gestión de la innovación, partiendo de identificar la manera como se diseñan, organizan y ponen en marcha las propuestas innovadoras como refiere Morales, Barrera y Rodríguez. (2014).

Ello se puede traducir en las múltiples Normas Técnicas nacionales, elaboradas para definir qué y cuáles son los elementos de la gestión de la tecnología, como son los casos de la Norma Técnica peruana, colombiana y española.

Para ilustrar lo anterior, conforme a nuestros propósitos nacionales, se cita a dos normas técnicas: La Norma Técnica Peruana 2009-NTP 732.002: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i y la Norma Técnica Peruana 2011-NTP 732.003: Gestión de la I+D+i.

La primera de estas refiere a un Sistema de Gestión de la I+D+i aunque más enmarcado a la definición, documentación y formulación de proyectos de I+D+i (NTP, 2009):

Para los intereses de este análisis, se toma alusión de la segunda norma al proceso de gestión de la innovación y la tecnología y su orientación al mercado, que mediante actividades adecuadas (vigilancia tecnológica, prospectiva tecnológica, creatividad, etc.), puede identificar una serie de ideas para satisfacer nuevas necesidades del mercado y mejorar productos o procesos ya existentes (NTP, 2011).

Finalmente, por el lado de una definición especializada de la gestión de la tecnología y la innovación, la tenemos en la declaración del Premio Nacional de Tecnología de México (PNT; 2011) el cual alude el proceso de gestión dentro de un sistema propiamente dicho; y el cual goza de importancia en un contexto competitivo al conformar sistemas de gestión del negocio cuyo propósito es administrar la ventaja competitiva de la empresa.

Estos sistemas involucran por su parte la administración de recursos de la organización que mantendrá actualizada su capacidad para la creación de valor. Y como tal sistema involucra un conjunto de procesos y funciones a realizar, y que el autor plantea en un conjunto de líneas de acción para la gestión de la tecnología.

Al no existir un estilo único y validado por todos, en cuanto la forma de gestionar la tecnología y la innovación; es que la presente investigación usará la

definición propuesta por Morín, y que será reflejada en las preguntas dirigidas a los entrevistados y su posterior análisis.

1.2 Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC)

Desde su concepción hasta su auge en cuanto desarrollo evolutivo, los dos últimos siglos han consolidado a las TIC dentro del grupo de las más grandes invenciones en la historia; allende su aporte al desarrollo de la técnica, estas han contribuido también al desarrollo de múltiples sectores económicos.

Este capítulo pretende abordar el marco conceptual de las TIC, partiendo de su origen y clasificación, su importancia en la sociedad y su desarrollo en la región de América Latina.

1.2.1 Origen y Clasificación

La denominada Era Digital, comienza en los años 70, con la aparición de los microprocesadores (INTEL, 2011); forjando su predominio sobre la ciencia y la tecnología. De este acontecimiento surgen las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

Una de las clásicas definiciones se le atribuye a Cabero (1998) y refiere que las TIC gira en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones.

Por otro lado, encontramos que en un Estudio de Las TIC en el Sector Salud, los autores la definen como el conjunto de disciplinas científicas, tecnológicas, de ingeniería y de técnicas de gestión, utilizadas en el manejo y procesamiento de la información mediante el uso de computadoras y aplicaciones, que facilitan la interacción de los hombres con las máquinas, y el acceso a contenidos asociados, de carácter social, económico y cultural (UNESCO, 1982).

Dada su implicancia en la industria, algunos autores la han definido como el conjunto de técnicas que permiten actuar sobre la información, para transformarla, difundirla y comunicarla a través de muchos medios (OSINERGMIN, 2012).

Otros concuerdan en que la clasificación de las Tecnologías de Información y Comunicación se debe enmarcar conforme los sectores de su aplicación, vale decir, aquellos entornos económicos resultantes de su incorporación, comercialización y distribución.

Por su parte la *Organisation for Economic Co-operation and Development* OECD (2005a), clasifica a las TIC en torno a dos sectores: El primero corresponde al de Manufacturas de TIC y agrupa a los siguientes componentes:

- Equipos

Referidos a los dispositivos electrónicos que son creados, patentados y comercializados.

- Cableado

Referido al desarrollo de fibra óptica y cableado de red que se ha tendido en diversos canales de comunicación en todo el mundo.

- Transmisión

Referido al equipamiento adicional al cableado que facilita la comunicación y la interacción en redes.

- Equipo Industrial

Referido a los equipos de grandes volúmenes de procesamiento o de infraestructura, los cuales se aplican en el sector industrial.

Por su parte el segundo sector, correspondiente a los Servicios de TIC involucra a los siguientes componentes:

- Venta de Computadoras

Ámbito de las TIC donde se distribuyen equipos de cómputo a través de canales de venta y postventa.

- Telecomunicaciones

Ámbito de las TIC donde los profesionales prestan servicio en administración de redes e infraestructura de comunicación

- Programación

Ámbito de las TIC donde se prestan servicios de desarrollo de software tanto a medida como paquetes empresariales.

- Alquileres de Equipos
- Ámbito de las TIC donde un grupo de empresas arrienda equipos y dispositivos y son encargados de su mantenimiento o soporte, dependiendo del marco contractual.

1.2.2 Aportes de las TIC a la Sociedad y Desarrollo en América Latina

Las Tecnologías de Información y Comunicación han venido aportando a la sociedad y a muchos de los sectores productivos de las naciones, por sus respectivos campos de aplicación. A continuación se citan algunos de los más significativos; como son el medio ambiente, la salud y la energía.

Medio Ambiente

En el marco del medio ambiente, existen diversas corrientes que promueven el uso responsable de las TIC, ya sea como un conjunto de acciones dentro de un plan de trabajo, una serie de iniciativas y algunas disposiciones de corte mundial.

En el primer caso, tenemos al Plan de Acción Bali, el cual promueve las TIC principalmente para efectos de adaptación, para realizar actividades que mitiguen la emisión de gases de efecto invernadero y en otro aspecto para mitigar el cambio climático (GESI, 2011)

Por otro lado, dentro del conjunto de iniciativas que van dirigidas a desarrollar TIC se encuentra, precisamente definidos el control del cambio climático y la protección del medio ambiente, a esta corriente se le conoce como Green TIC (Scarabino, 2012).

Por su parte la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), establece algunas disposiciones en torno a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), como el aseguramiento de la sostenibilidad ambiental, en donde se propone la creación de grupos de concientización interconectados y con capacidad de investigar (Crespo, 2008).

En conclusión, las Tecnologías de Información y Comunicación, están siendo consideradas en diversas iniciativas en pro del control de los agentes del efecto invernadero y del cambio climático, motivando a algunos organismos internacionales a sentar disposiciones y recomendaciones para afrontar las exigencias de este entorno.

Salud

La contribución de las TIC en el sector salud, pueden resumirse en tres ámbitos principales, en el soporte a la administración, en los orientados al paciente y en las comunicaciones.

En el primer aspecto, se da a través de las aplicaciones y equipos interconectados que facilitan el flujo de información y que puedan dar respaldo a los archivos y repositorios que serán sometidos a cotejos y evaluaciones en

los distintos niveles de profesionales de la salud, sea en aspectos contables, los recursos físicos y tecnológicos (Ciani, 2010).

Las prestaciones de las TIC orientadas al paciente, facilitan el proceso de las prestaciones de salud ya sea en consultas, atenciones e intervenciones y que ameriten que el paciente goce de un trato de calidad y contando con la información que necesite en los distintos servicios donde acuda (Ramos, 2007).

CEPAL (2010 a) por su parte informa los proyectos de atenciones de sistemas clínicos y las experiencias de atención médica remota, los cuales se orientarían entre otros aspectos, a desarrollar las comunicaciones, afianzándolas y reduciendo las distancias de las que muchas pacientes se exponen ante la lejanía o desconocimiento.

El ámbito de la salud, ofrece un conjunto de campos de acción para las TIC, en el sentido de que sus diversos servicios apunten a mejorar la gestión de los centros médicos, la atención del paciente y los canales de comunicación y de las interconexiones que hoy en día son de tanta utilidad.

Energía

Las tecnologías de información aplicadas al sector energético, se vienen desarrollando bajo tres corrientes, la de los volúmenes de datos y fuentes de información, las denominadas impulsoras de la eficiencia energética y no una más evolucionada Green TIC.

La primera de ellas se gesta a partir de la evolución de las instituciones y órganos reguladores del sector energético, que se vieron en la imperiosa necesidad de incluir medios de almacenamiento y repositorios de datos; los cuales se generan constantemente (OSINERGMIN, 2012).

Esto dio pie a la utilización de las tecnologías inherentes a los software de integración de comunicaciones y al *Business Intelligence* (BI).

En el aspecto de la energía, las TIC vienen impulsando el concepto de eficiencia energética, a través de plataformas *Smart Grids* y los medidores inteligentes, los cuales involucran a muchos actores de la cadena de valor del sector energético (TELEFONICA, 2012).

En el caso de las Green TIC, estas corresponden a un conjunto de propuestas tecnológicas que tiene por objetivo lograr la *ecoeficiencia*, permitiendo el ahorro de energía y la correcta disposición de los hogares del suministro eléctrico. (AMETIC, 2012)

Finalmente, se puede concluir que las TIC en el ámbito del sector energético, recae en el conjunto de unidades operativas y en la distribución del suministro eléctrico, de manera que se promueva la *ecoeficiencia*, y asegurando que la energía llegue adecuadamente.

Con respecto al rol de las TIC en el marco de competitividad de los países de América Latina, estas se ciñen a las referencias del CEPAL y del *World Economic Forum*.

Respecto a lo referido por CEPAL (2010 b), el desarrollo de las TIC en América Latina, se ha dado de manera progresiva, no obstante los inconvenientes socio-políticos de algunas de las regiones. Se podría decir que en cuanto los planes de acción a corto plazo, estas han sido consideradas.

Por su parte el *World Economic Forum*, ha situado a América Latina en un ranking visto desde los ámbitos de aplicación de las TIC, así como de una propia clasificación, en donde destacan los índices de competitividad tecnológica (WEF, 2014). En dicho reporte, concluye que los países latinoamericanos continúan afianzando programas para la mejora de la conectividad (acceso a internet) y de la implantación de infraestructura tecnológica (tendido de redes). Países como Chile, Panamá, Uruguay y Colombia, han logrado progresos significativos en este aspecto. No obstante se habla de un débil sistema de innovación, el cual el estudio refiere como el nivel de aprovechamiento de los recursos tecnológicos, tales como el internet y la creación de software y hardware; con miras a incrementar la productividad o desempeño

Finalmente, se puede concluir que las TIC en América Latina vienen concentrando la atención de los agentes políticos, los cuales establecen políticas orientadas al aseguramiento de la conectividad y de la accesibilidad a los recursos proporcionados por Internet, pero que no obstante no se logran aprovechar en el plano de la creación de valor o bien de nuevos productos tecnológicos (sistemas de innovación); limitándose así a un comportamiento de

usuario de TIC, ya sea por la incorporación de manufactura o la prestación de servicios de poca competitividad.

1.3 La Gran Minería de Tajo Abierto en el Perú

A veces citado como un sector industrial u otras veces como actividad productiva, la gran minería a tajo abierto constituye un agente económico vital en cuanto su rol productor e integrador de múltiples campos de conocimiento, como son la geología, la metalurgia, etc. o bien de usuario de aplicaciones industriales como la generación eléctrica y la refinación.

El presente capítulo se concentra en la definición del objeto de estudio de la investigación y de la revisión de su contexto actual, así como de sus antecedentes en cuanto innovación y desarrollo tecnológico se refiere; incluyendo algunas referencias de aplicación en países latinoamericanos.

1.3.1 Definición y Contexto Actual

Esta primera parte repasará algunos conceptos claves referentes a la minería a tajo abierto del país, partiendo del contexto de la minería como actividad productiva y el escenario de la gran minería a tajo abierto dentro de la economía nacional.

Inicialmente, se mencionan algunas referencias al origen de la minería, su consolidación y el apogeo a través de la historia del país, para lo cual se citan

algunas fuentes ligadas a esta actividad, con algunos aportes dignos de destacar.

En su Plan de Minería del Perú, Dammert y Molinelli (2007) plantean un cuadro de Historia legal de la Minería del Perú, en el cual centra el origen de esta actividad a periodos anteriores a la colonia, o Carta de Indias. Se confirma así, que el Perú es un país de amplia tradición en la actividad minera, cuyos orígenes se remontan a la cultura pre-inca y que ha venido desarrollándose progresivamente en diversos escenarios de la historia republicana.

Como revela Acosta (2013), el desarrollo de la minería se ha consolidado durante los últimos siglos; dada la influencia del desarrollo industrial y de los capitales extranjeros que vienen invirtiendo en el país.

En la actualidad, el auge de la minería nacional, estriba en el aumento de las exportaciones, las cuales desde el año 2002 han ido incrementándose sostenidamente en un 20% (PRO INVERSION, 2015).

Por otro lado, en cuanto el mineral extraído, nuestro país ocupa posiciones competitivas con relación al cobre, plata y oro (MINEM, 2013).

Se concluye así que nuestro país, proyecta un buen futuro en cuanto la explotación de los minerales mencionados, asegurando el desarrollo de esta actividad tradicional, que bien goza de la *expertise* de diversos actores económicos, y grupos de interés financiero y de medio ambiente

Con relación al desarrollo de la minería a tajo abierto en el Perú podríamos partir de definirla y mencionar sus aplicaciones principalmente en las exportaciones, los productos con valor agregado, las reservas y los proyectos de exploración minera.

El término de gran Minería, según la Ley 27651, promulgada en 1992, donde refieren a la Gran y Mediana Minería (Orozco, 2010). Al referirnos a la gran minería, a esta se le puede involucrar al grupo de mayores productores que en los últimos años promovieron un aumento en las exportaciones (MEF, 2012).

Por su parte, la alusión al tajo abierto corresponde a un método de minado para la extracción de minerales (conocido como método de explotación), por lo general son aplicados cuando los yacimientos son de gran tamaño, presentan una forma regular y están ubicados en la superficie o cerca de esta (SNMPE, 2011). Un dato a destacar tratándose de los proyectos en operación, es que más del 60% del oro y cobre del Perú se produce bajo el método a tajo abierto, mientras que los metales plata y plomo; destacan en subterránea. (MINERIA 2013).

Volviendo al escenario de las exportaciones, y como se evidencia en el último estudio del Ministerio de Energía y Minas, nuestro país ha venido consolidado importantes acuerdos comerciales como tratados de libre comercio que sumado al impulso del consumo interno, ha motivado la consolidación de la economía nacional (MINEM, 2013).

Sumado a ello y orientándonos a la actividad minera, se ha expandido diversos mercados internacionales, destacando el suizo y el chino los cuales concentran el mayor porcentaje de los productos minerales exportados.

Queda demostrado que el Perú no solo se ha visto beneficiado de una economía saludable, en los últimos años, sino que el mercado de los productos mineros se ha venido expandiendo, y que en metales específicos como el oro y el cobre, se proyecta positivamente su realce comercial.

Otro aspecto importante a rescatar en cuanto la actividad minera el Perú, es el análisis de su oferta a futuro, lo cual puede evidenciarse gracias al potencial geológico, la determinación de las reservas de mineral y la capacidad de producción proyectado en los próximos años.

Dado el potencial geológico, el país conserva una franja de oro en extraíbles como pórfidos disponibles en buen grado (Acosta, 2013).

Si bien se dispone de las reservas del metal, la capacidad de producción ha de adecuarse progresivamente, para lo cual se viene iniciando proyectos de ampliación tanto en capacidad instalada como en recurso (PROMOTORES, 2011).

En conclusión, la disposición de las reservas de minerales en el país, implicará un conjunto de proyectos de ampliación, demandando sofisticación de los procesos, o bien con adquisición o incorporación de tecnologías. Iniciativas que promoverán el aprovechamiento de este metal precioso en esta actividad económica.

Un último aspecto en cuanto escenario de desarrollo pero no menos importante constituye la cartera de proyectos de exploración, en donde involucra a un conjunto de inversionistas, un paquete de inversiones estimadas y las concesiones que se hicieron efectivo en los últimos años.

Para los próximos años se aprobaron alrededor de 54 proyectos de exploración los cuales involucran a un conjunto de empresas e inversionistas junior, de los cuales un gran porcentaje son extranjeros que iniciarían operaciones por primera vez en el país. El monto de las inversiones ascienden a más de US\$ 60 000 millones, de los cuales el 63% corresponde a proyectos de cobre, 16% de oro y un 9% de hierro; siendo las regiones de Arequipa, Cajamarca, Moquegua y Junín las zonas de ejecución de dichos proyectos (MINEM, 2014)

Las concesiones por su parte vienen jugando un papel importante por tratarse en buena parte de ampliaciones por parte de las actuales empresas del país, que vienen operando en algunas regiones del interior del país (EY, 2014).

En conclusión el panorama de los proyectos de exploración es favorable para la actividad minera del país, comprometiendo a un conjunto de nuevos inversionistas y a los actuales a mejorar sus instalaciones y procesos; para lo cual disponen de un considerable paquete de inversiones.

1.3.2 Antecedentes en Innovación y Desarrollo Tecnológico

En este capítulo se pondrá en relieve el conjunto de operaciones relacionadas a la gran minería a tajo abierto, así como la revisión de algunas referencias en torno la innovación y el desarrollo tecnológico aplicadas a esta actividad.

Inicialmente se describe el conjunto de fases de un proyecto minero, al determinar el conjunto de procesos que vinculan el uso de más tecnologías y finalmente se citan las de mayor prospección y realce disruptivo.

Previo a mencionar los principales aportes tecnológicos de la tecnología a la Gran Minería a Tajo Abierto, es preciso repasar sobre los principales procesos que involucra la producción minera (Zeballos, 2013), según su naturaleza:

Procesos Geológicos

Involucra las actividades propias de la extracción y que pueden incluir algunas de estas fases:

- Disposición: Los minerales se encuentran en el interior del cerro.
- Voladura: Corresponde a la explosión por medio del anfo (explosivo muy seguro).
- Concentración: Referidos a los sulfuros que pasan a concentración.

Procesos Mineros

Involucra las actividades propias de exploración, desarrollo del sitio hasta la recuperación y que pueden incluir las siguientes fases:

- Confinamiento: Proceso de confinamiento a través de matrices, para el chancado de minerales o bien para su pulverización a través de molinos (molienda).
- Extracción: Eliminación de metales pesados, a través de técnicas de lavado y excavación y remoción de suelos para ser trasladados a sitios más adecuados y realizar electro remediación.
- Estabilización: Métodos aplicados para la inmovilización de los metales.

Procesos Metalúrgicos

Involucra las actividades propias de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos hasta los no metálicos y que pueden incluir las siguientes fases:

- Flotación: Se emplea agua y reactivos para hacer flotar el concentrado y poder capturarlo.
- Lixiviación: Fase de extracción de disolventes y de retracción, para los óxidos.
- Electrodeposición: Donde los cationes metálicos contenidos en una solución acuosa, se depositan en una capa sobre un objeto conductor.

- **Fundición:** Separación del concentrado de los minerales con respecto a otros y las impurezas; tratada a elevadas temperaturas en hornos especiales.

Por su parte, la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía refirió a los procesos de producción como Ciclos Productivos, caracterizados como etapas a desarrollarse de forma progresiva (SNMPE, 2006). Estas son:

- **Cateo y Prospección:** Referido a los procesos de búsqueda de zonas donde se ubicará el yacimiento, a partir de pruebas geológicas. Finalmente se efectúa una observación con el uso de tecnologías de información, técnicas geofísicas y geoquímicas.
- **Exploración:** En esta fase se determina la magnitud (reserva) y calidad (ley) del mineral que se encuentra en el yacimiento; a partir de estudios más detallados como perforaciones, muestreos y análisis del contenido y tipo de material.
- **Desarrollo y Construcción:** Se culmina la planificación y se ejecutan los trabajos de infraestructura para llevar a cabo la producción.
- **Producción:** Etapa referida a la explotación de los minerales, que al ser extraídos serán sometidos a diversos tratamientos para aumentar su valor comercial.

- Cierre y postcierre: La primera de estas es programada desde antes de su inicio con miras a rehabilitar las áreas donde se desarrolló la actividad minera. La segunda, involucra el monitoreo y el mantenimiento de los alcances del cierre; verificando que hay sido del todo efectivo.

Queda así demostrado que la tecnología aplicada a la minería de tajo abierto concentra, al igual que sus contrapartes industriales, un conjunto de actividades ligadas a la explotación y procesamiento de los minerales; es decir en la producción, principalmente durante los procesos mineros y metalúrgicos.

En lo referente a la innovación y desarrollo tecnológico, se puede referir a las generalidades del uso de tecnología y a las experiencias de otros países en la región latinoamericana.

Si bien en ocasiones la minería es considerada como conservadora, tradicional, resistente al cambio, asociada a baja tecnología y poca capacidad de innovación, al punto de no ir al mismo ritmo del desarrollo de tecnologías de las industrias de manufactura (Bartos, 2007; Townson, 2014); se han dado importantes avances en cuanto la consolidación de sistemas de innovación creados a partir de *clusters*, como refiriera Arata *et al.* (2011), así como de Centros de Investigación y Centros de Excelencia en la región.

A continuación presentamos algunos casos, a manera de experiencias de este sector. En un primer grupo identificamos a corporaciones nacionales y en el otro a multinacionales con operación regional:

Industrias Peñoles (México): Es un grupo minero privado, con operaciones integradas para la extracción, fundición y afinación de metales no ferrosos y la elaboración de productos químicos. Este grupo posee una división de Tecnología e Innovación, la cual ha venido propiciando el desarrollo del grupo tanto en las divisiones mineras, como (siete minas subterráneas y dos de tajo abierto) y dos refinerías (una de zinc y otra de plomo).

Respecto a su marco estratégico, la innovación contribuye a la mejora en los métodos de explotación minera, el uso de tecnología de punta y el desarrollo continuo de productos y especialidades; actuando como un factor clave de competitividad. Asimismo, esta empresa cuenta con un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDT) el cual apoya a diversas áreas operativas como las que integran: Procesos Minerales, Procesos Metalúrgicos y Procesos Químicos (PEÑOLES, 2011).

CODELCO (Chile): Referida así a la Corporación Nacional del Cobre de Chile, es una empresa estatal dedicada a la exploración desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre y subproductos. Posee siete divisiones mineras, una para fundición y otra para refinería.

Como resultado de la implantación de la “Política de Investigación e Innovación Tecnológica de Codelco-Chile” en 1996, esta compañía ha venido impulsando otras iniciativas como la creación del Instituto de Innovación de Minería y Metalurgia en 1998, con alcance nacional y la Superintendencia de Innovación y Desarrollo Tecnológico; de alcance corporativo (IM2, 2015).

Tanto en su objetivo inicial de innovaciones incrementales como en radicales, en la actualidad CODELCO, ha sabido desarrollar innovaciones de procesos (minería, fundición – refinería, *biolixiviación*, automatización y remotización de procesos), incorporación de tecnologías (Soporte Tecnológico), investigaciones para validación industrial de tecnología y desarrollando programas de desarrollo de proveedores de bienes y servicios (para la conformación de *clusters*) (CODELCO, 2013).

Vale - Companhia Vale do Rio Doce (Brasil): Es una empresa multinacional inicialmente conformada por capitales del estado. Esta empresa opera en sectores de minería, logística, energía siderúrgica y petróleo. A la fecha es una multinacional presente en más de treinta países y que cotiza en las bolsas de Sao Paulo, New York, Paris, Hong Kong y Madrid.

La División de Tecnología e Innovación, ha venido trabajando de manera conjunta con el gobierno, las universidades y otras empresas del sector con miras a definir estrategias de índole nacional para la atención de problemas complejos (medio ambiente), investigaciones aplicadas y cooperaciones especializadas (UNB, 2011). Lo anterior pudo propiciar la creación del Instituto de Tecnología Vale cuyas labores están orientadas a las diversas incursiones de la compañía en la industria como son la eléctrica, siderúrgica y logística, en donde vienen desplegando Centros de Excelencia de diversas especialidades.

En el contexto de los grupos internacionales arraigados en filiales latinoamericanas tenemos las experiencias de las siguientes mineras:

Alumbrera - Xtrata Glencore (Argentina): Esta empresa se dedica a la exploración y explotación minera de oro y cobre; los cuales pertenecen a Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio (YMAD). Esta sociedad lo conforman el Gobierno de Catamarca, la Universidad de Tucumán y el Gobierno Nacional; el 50% de acciones lo posee la multinacional suiza Glencore Xtrata.

Según el último informe de sostenibilidad la empresa enmarca a la innovación dentro de los objetivos del Programa de Desarrollo de Proveedores; con miras a consolidar un Desarrollo Estratégico y Ventaja Competitiva (ALUMBRERA, 2013).

Escondida - BHP Milliton (Chile): Esta empresa dedicada a la extracción de cobre, posee entre su infraestructura dos minas a tajo abierto (Los Colorados y Laguna Seca), una planta de electro-obtención, dos minero-ductos y una planta desalinizadora de agua de mar. BHP Billiton posee acciones mayoritarias de esta empresa, con alrededor de 57% de participación.

En el aspecto de Innovación y Desarrollo Tecnológico, Escondida participa en alianza pública- privada con Fundación Chile, en el impulso de los sectores productivos de la economía chilena. En un segundo aspecto, es el desarrollo de Programa de *Cluster*, llamado Programa de Desarrollo de Proveedores de Clase Mundial, del que también forma parte CODELCO; de esta manera se pretende aprovechar la base productiva minera para impulsar el fortalecimiento de una industria de tecnologías y servicios para la minería mundial. En otro convenio establecido con 3M, que será encargada de usar sus metodologías

para acelerar los procesos de innovación, se pretende llegar al 2020 al número de 250 proveedores de clase mundial (ESCONDIDA, 2013)

Queda evidenciado que en Latinoamérica, el desarrollo de la minería a tajo abierto ha sido influenciado por la apuesta en la inversión de centros de investigación y desarrollo tecnológico (Mineras estatales) y el fomento de la innovación para los proveedores en diversos programas (Mineras privadas multinacionales).

1.4 Computer Integrated Mining (CIMG)

Sea por el enfoque de mejoramiento continuo y los paradigmas de gestión de la calidad, las tecnologías de información y su contribución a la optimización y automatización; es que conceptos como el de *Computer Integrated Mining* surgen como un campo de estudio aplicado al desarrollo tecnológico de las grandes empresas mineras a tajo abierto.

El presente capítulo, incluirá los conceptos inherentes de esta corriente tecnológica, su vinculación a la minería; así como los niveles de maduración que presentan las organizaciones según su aplicación.

1.4.1 Origen del Término y Vinculación a la Minería

El concepto de Minería Integrada por Computadora (*Computer Integrated Mining - CIMG*) proviene de un área de conocimiento denominada Manufactura Integrada por Computadora (*Computer Integrated Manufacturing - CIM*), la cual tuvo su origen por la década de los años setenta (Harrington, 1979). El CIM propone la integración y automatización del sistema productivo, empleando equipamientos, máquinas, hardware y software para desarrollar las funciones de diseño y planificación de la ingeniería y la planificación y el control de la producción, de manera conjunta con filosofías modernas de gestión (UNIDO; 1989; Bessant, 1991; Bessant, 1994; Salles Costa y Caulliraux, 1995; Alavudeen y Venkateshwaran, 2008).

Respecto a la aplicación de CIM en los procesos mineros en la denominación CIMG, algunos autores como Dessureault (2003) se refieren a ellos como un conjunto de sistemas interconectados que propician la integración de los procesos claves de la minería.

El mismo autor complementa las ventajas de la incorporación de CIM, con la inclusión de algunas mejoras y beneficios propios del CIMG tales como los siguientes:

- La reducción de los costos y retrasos propios del mantenimiento (a través de mejoras en la planificación y las comunicaciones).

- Mejora en la seguridad (manteniendo un patrón de registros de acciones seguras y de desviaciones a los reglamentos de seguridad por parte de los empleados).

Actualmente el concepto de CIMG referido al ámbito de las tecnologías de aplicación en la minería, viene siendo materia de investigación en China, Estados Unidos y Australia. En el caso particular de China, Xu *et al.* (2010) mencionan de la administración de la información en estos sistemas en tres capas, que incluye a los sistemas del tipo ERP.

Algunas empresas proveedoras de soluciones de TIC han hecho alusión a este término mediante el paquete de servicios de monitoreo e integración de soluciones para las diversas operaciones mineras; es el caso de CMC Ltd. quien presenta una aplicación esquemática de las tecnologías inherentes al CIMG (CMC, 2014).

Los componentes tecnológicos principales al nivel de software que conforman el CIM incluyen tecnologías de asistencia a la gestión de la producción, tecnologías de asistencia a la ingeniería y al diseño de productos y procesos y sistemas de información empresariales (Alavudeen y Venkateshwaran, 2008; Bessant, 1991). Estos componentes que son válidos también para el ambiente de la minería bajo el concepto CIMG se describen a continuación.

Tecnologías de Asistencia a la Gestión de la Producción

Estas tecnologías se encargan de gestionar y controlar el conjunto de procesos inherentes a la producción y que requieren ser coordinados y comunicados a

través del soporte tecnológicos que puedan brindar. Las funciones que involucran estas tecnologías, se tiene:

- Compras de Materiales y Componentes
- Planeamiento de Producción
- Documentación y Certificación
- Gestión de transporte entre los trabajos

Los productos tecnológicos referidos a este conjunto de aplicaciones, son agrupados en el denominado *Computer-Aided Production Management* (CAPM), los cuales realizan tareas de almacenamiento de grandes volúmenes de información, de escalas de tiempo de producción, comunicación, etc. soportados por su gran componente de TIC. Estos sistemas tienen su contraparte en minería en los repositorios de información, sean de mediciones, ubicaciones, planos, etc.

El producto tecnológico derivado del CAPM y que implica la integración de distintos paquetes, conformaron inicialmente al denominado *Material Requirements Planning* (MRP) y posteriormente el sistema *Manufacturing Resource Planning* (MRP II). Estos sistemas permiten la integración de diversos flujos de información provenientes de distintas áreas que procuren el abastecimiento necesario de materiales para su producción y la planificación de los recursos de equipos, máquinas y mano de obra.

Para la aplicación del sistema MRP se requiere como información de entrada el *Master Production Schedule* que indica la programación de la producción que

hay que lograr y también emplea *Bill of Materials* (BOM) cuya estructura reúne las características de los materiales que componen el producto terminado a producir. Estos sistemas tienen su contraparte en minería en los Centros de Control, que se encargan de monitorear y medir el abastecimiento de materiales de los procesos metalúrgicos, así como para las labores de logística y mantenimiento correctivo.

Tecnologías de Ingeniería y Diseño de Productos y Procesos

El aspecto del Diseño es requerido en múltiples procesos productivos de la industria, y es determinante en la creación de los productos y como soporte para la elaboración de prototipos.

El principal referente de las tecnologías de Diseño, corresponde al *Computer-Aided Design* (CAD) que ha venido desarrollándose en diversas aplicaciones informáticas y que incorpora funcionalidades más sofisticadas.

La aplicación del diseño en labores propias de la manufactura, produjeron la versión integrada de diseño y manufactura denominada *Computer-Aided Design and Manufacturing* (CAD/CAM), concentrándose en el mapeo de áreas de manufactura y sus fases del proceso de producción. Por otro lado, para el análisis de ingeniería se dispone de las aplicaciones tecnológicas conocidas como *Computer-Aided Engineering* (CAE).

Sistemas Empresariales

Conocidos también como sistemas integrales de gestión, esta definición se refiere de manera particular o integrada a los software de gestión de negocios tales como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Supply Chain Management* (SCM), *Customer Relationship Management* (CRM) y *E-Procurement* entre otros (Vazifeh y Rahimini, 2011). A continuación se describen estos sistemas.

Los sistemas de ERP son usados para integrar y administrar las funciones de negocios al interior de una organización, incluyendo la planificación y control de las operaciones, el mantenimiento, la gestión comercial, financiera y contable, entre otras (Yang *et al.*, 2007).

Como refiere Tardelli (2004) estos sistemas son los más empleados por las grandes unidades mineras, con prestancia corporativa. Por otro lado, el SCM involucra los procesos de la cadena de abastecimiento, en lo que respecta a materiales y equipamiento. Se tiene también el CRM que concentra los sistemas de fidelización con los clientes y las bases de datos.

Otra aproximación a sistemas empresariales de control, menciona De Weck *et al.* (2013) quien refiere los *Green and Sustainable Manufacturing*, que ayudan a recobrar materiales residuos para evitar contaminación y desperdicio de energía.

Finalmente, el E-Procurement consiste en un sistema de aprovisionamiento electrónico directo y en tiempo real entre compradores y proveedores, de la industria minera (Koen y Townsend, 2004).

Es evidente en este capítulo, que el término CIM, involucra a múltiples y diversas tecnologías que intervienen en las funciones empresariales; no obstante limitadas al componentes de equipos y software. Existe, no obstante, una tendencia para el mejor aprovechamiento e involucramiento de organizaciones y nuevas tecnologías de información y comunicación, a lo que se le conoce como “Manufactura Integrada Total” propuesta por Bessant (1994).

De manera específica en la minería se tienen soluciones análogas como los centros de control que integran toda la cadena de valor de la minería, involucrando las actividades de exploración, operaciones mineras, procesamiento, transporte, despacho y exportación (CMC, 2014).

En conclusión el CIMG, involucra a un conjunto de desarrollos tecnológicos dentro del contexto de la producción minera; con miras a llevar un control de los procesos, planificar las tareas, asignar recursos e integrar a otras áreas complementarias; asegurando los objetivos primordiales de la organización.

1.4.2 Niveles de Maduración del CIMG

Respecto a los niveles de maduración en cuanto la aplicación del CIMG, se analizarán dos aspectos; los referidos a la definición de los ámbitos estratégicos y operacionales y segundo la elección de una escala de niveles de maduración.

Para el primer caso, ACCENTURE (2011) propone un marco de gestión de procesos enfocados en el Planeamiento y la Estrategia, un Modelo de Procesos de Negocio y de Soluciones TIC y finalmente de Analíticas de Desempeño. El

primero de estos se enfatiza en asegurar la comunicación entre las diversas áreas de colaboración, el segundo se encarga de la incorporación de las mejoras prácticas y soluciones tecnológicas provenientes de recursos internos o externos y el tercero en la medición de la confiabilidad y el desempeño de las diversas operaciones.

Para el caso de establecer niveles de maduración, conviene mencionar que existe una distinción, entre niveles de maduración de procesos automatizados en minería con respecto al de los procesos de minería de datos; la confusión estriba en la inclusión de algunas técnicas de modelamiento y análisis de procesos como lo son el *Corporate Performance Management* (CPM), *Continuous Process Improvement* (BPI), *Total Quality Management* (TQM) y el *Six Sigma*; los cuales se enmarcan dentro del ámbito de las técnicas del *Business Process Management* (BPM) propuestos por la IEEE (2011).

Otra aproximación respecto a un modelo de nivel de maduración podría tratarse por la incorporación áreas de automatización (ABB, 2015), el cual involucra tres niveles como se detalla a continuación:

Nivel Financiero: Que involucra funciones de Planificación de Recursos de la Empresa.

Nivel de Planificación: Que involucra funciones de Inteligencia Comercial, Centro de Salud de Activos, Mantenimiento e Inventarios, Soluciones Inteligentes para la Minería y Aplicaciones para el Cliente.

Nivel de Gestión de Procesos: Este nivel contempla la Gestión Integrada de Producción Colaborativa (Monitoreo predictivo de activos, gestión de depósito de existencias, centros de operaciones, optimización de la cadena de valor en tiempo real, optimización empresarial y multi-minas), Aplicaciones de Control y Optimización de Minerales (Monitoreo de activos en tiempo real, ventilación y eliminación de agua, rastreo del mineral, molienda, flotación y programación) y Núcleo del Sistema de Procesos y Control de Energía (Electrificación, comunicación inalámbrica y localización).

Otra aproximación a niveles de maduración, correspondería a los Sistemas de Control Distribuido, los cuales involucran controles de activos propios de una planta como son turbinas, motores, sensores, válvulas de control, etc. (Stout y Williams 1995). Esta aproximación tecnológica constituye un estándar para la tecnología en instrumentación y control remoto de operaciones (SCADA), que viene siendo incorporando por diversas empresas como Honeywell, Metso y ABB.

Finalmente una aproximación en cuanto nivel de maduración, que enlaza a la mayoría de ámbitos mencionados anteriormente (estrategias de comunicación, centros de control de operaciones), corresponde al definido por el Estándar ISA-95, el cual hace una distinción entre los agentes de operaciones mineras y los proveedores, ilustra el ciclo de vida del uso eficiente de las aplicaciones tecnológicas, aporta simplicidad y confiabilidad al proceso de reducción de costos en cada fase de operación, basados en buenas prácticas y la mejora continua (Guifford, 2007).

2 Estudio de Casos

2.1 Metodología

La metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo corresponde a un estudio de casos múltiple con una única unidad de análisis (Yin, 2009).

Esta metodología sigue un proceso iterativo basado en seis actividades a desarrollarse en la investigación, pero que referiremos en líneas generales aplicado al Caso de Estudio.

Planificar: Todo Caso de Estudio es planificado, desde un inicio y responde a los propósitos de la investigación que pueden ser exploratorios, explicativos o descriptivos.

Diseñar: El diseño de un Caso de Estudio sigue una estructura en particular, el cual el autor propone a partir de las preguntas de investigación, las proposiciones, una unidad de análisis, etc. como se referirán posteriormente.

Preparar: La investigación no sólo implica el preparar acertadas preguntas de investigación y definir las posibles limitaciones; sino que requiere preparación previa en manejo de conceptos teóricos y en tener claro los objetivos de por qué se realiza la investigación.

Recopilar: Esta actividad supone, la recolección de los datos a través de distintas fuentes. Para el caso del objeto de estudio en organizaciones, estos

datos provienen de archivos históricos, reportes, entrevistas, observación directa, actitudes y percepciones de sus individuos.

Analizar: Los pasos para analizar la evidencia del Caso de Estudio, involucra examinar los datos, categorizarlos, tabularlos, exponerlos a través de cuadros, probarlos o bien combinar la evidencia cuantitativa y cualitativa.

Compartir: Las conclusiones de la investigación o de alguna de sus fases, tienen un propósito de ser reportadas y difundidas a través de medios narrativos y de cuadros de análisis cruzado, propiciando una fácil interpretación y posterior divulgación de conocimiento.

Como revela Schramm (1971), la esencia central de un Caso de Estudio, es que intenta iluminar una decisión o conjunto de decisiones; por qué fueron tomadas, el cómo fueron implementadas y con qué resultados.

Con respecto al diseño de la investigación, el estudio de caso múltiple considera los componentes propuestos por Yin (2009), los cuales se detallan a continuación:

Preguntas de Estudio

Según corresponde a la metodología, se definen las siguientes preguntas de estudio aplicadas a la investigación:

¿De qué manera la gestión de la Innovación Tecnológica, se viene aplicando en las grandes unidades mineras de tajo abierto en el Perú?

¿Qué tipos de TIC vienen incorporando las grandes unidades mineras de tajo abierto en el Perú?

¿En qué nivel de maduración del uso de Computer Integrated Mining (CIMG) se encontrarían las grandes unidades mineras de tajo abierto en el Perú?

¿En qué fases de un proyecto minero de tajo abierto, viene siendo beneficiosa la aplicación de Innovaciones Tecnológicas?

Proposiciones

Tal cual se presentaron las preguntas de estudio, se proponen a continuación las proposiciones en torno a la revisión de la literatura y son como las que siguen a continuación:

- Las grandes unidades mineras de tajo abierto incorporan innovaciones tecnológicas con miras a lograr eficiencia operativa (reducción de costos).
- Las grandes unidades mineras de tajo abierto emplean principalmente Sistemas de Gestión Integrados (del tipo ERP), en cuanto al uso de TIC se refiere.
- El nivel de maduración en cuanto al uso de *Computer Integrated Mining* (CIMG) es heterogéneo, en las grandes unidades mineras de tajo abierto.
- Durante la fase de explotación, es donde resulta beneficioso el incorporar innovaciones tecnológicas, en las grandes unidades mineras.

Definición de la Unidad de Análisis

Para el caso de esta investigación, el enunciado que define la unidad de análisis, corresponde a:

La Gestión de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en la gran minería a tajo abierto del Perú.

Lógica que Une los Datos a las Proposiciones

El estudio se ha realizado empleando tres estrategias analíticas, descritas a continuación:

- Basada en proposiciones teóricas: A través de las definiciones del Marco Teórico que incluye *papers* especializados en minería y tecnología y publicaciones sobre gestión de la innovación.
- Descripciones de casos: Presentados en el capítulo de Escenario de Estudio y Empresas Involucradas, recopiladas de Memorias Anuales de las empresas mineras y sus Informes de Sustentabilidad.
- Uso de información cualitativa: Recopilada en el sub capítulo Levantamiento de Información, a través de entrevistas a directivos de tecnología e innovación minera y las conferencias magistrales de directivos y/o empresarios mineros.

Así, la literatura general de gestión de la innovación y publicaciones especializadas de minería y tecnología, permitieron la definición de los cinco ejes incluidos en el estudio de caso. Por otro lado, la descripción de los casos utilizando información cualitativa permite aproximarse a las preguntas de

investigación y a las proposiciones. De manera específica, la técnica analítica empleada es la síntesis cruzada de casos.

Con respecto a la información cualitativa esta se obtuvo de documentos públicos sobre las empresas en estudio, como son Memorias Anuales institucionales, Resúmenes del Año provenientes de agentes bursátiles y publicaciones digitales. Por otro lado, se realizó entrevistas a profesionales reconocidos con los siguientes cargos: gerente de excelencia operacional, vicepresidente de desarrollo de negocios, directores de tecnologías de información y jefe de proyectos de calidad; a quienes se contactó durante la fase de levantamiento de información en el presente estudio.

Criterio Para Interpretar los Resultados del Estudio

En este aspecto, los resultados del estudio han sido interpretados sobre la base del *modus operandi*, de las empresas mineras en cuanto la gestión de la innovación y la tecnología corresponde.

Por tal razón, no se concluye el estudio sobre la base de patrones estadísticos; sino sobre el análisis particular de cada empresa en estudio y que se puede apreciar en el sub capítulo Resultados Obtenidos y Discusiones.

Por otro lado, según la naturaleza de la investigación el presente trabajo corresponde a una investigación descriptiva de enfoque cualitativo propuesta por Hernández *et al.* (2010) y está centrada en el estudio global de la gestión de la innovación y el estado del desarrollo tecnológico en el sector de la gran minería a tajo abierto en el Perú.

En este sentido, la investigación comprende el estudio de los cinco casos de empresas mineras siguientes:

- Compañía Minera Antamina
- Sociedad Minera Cerro Verde
- Southern Peru Copper Corporation
- Volcán Compañía Minera
- Compañía Minera Buenaventura.

2.2 Escenario de Estudio y Empresas Involucradas

En esta sección, se presentarán a las cinco empresas mineras, las cuales fueron seleccionadas debido a que son las más representativas del Perú en la operación a tajo abierto, los cuales conforman el próximo escenario de inversión en nuestro país y que se consolidará como el único método de explotación, en el futuro (Meza, 2011).

De la misma manera con que se procedió a estudiar a los casos de aplicación de innovación y desarrollo tecnológico, es que también se mencionan a las empresas mineras; multinacionales con operación en el país o bien nacionales.

Para el primer caso, que nos referimos a las empresas multinacionales, citamos a continuación.

Antamina (Grupo BHPBilliton)

Reseña

Antamina es el nombre de un complejo minero polimetálico. Ubicado en el distrito de San Marcos, provincia de Huari en la Región Ancash; a 4300 msnm. Asimismo cuenta con un puerto de embarque Punta Lobitos, ubicado en Huarmey (ANTAMINA, 2012).

Razón Social

Compañía Minera Antamina S.A.

Inicio de Actividades

Concesión: 30 – 07 – 1996

Producción: 28 - 05 - 2001

Producción

La mina produce principalmente concentrados de cobre, zinc, bismuto y molibdeno; de manera secundaria: plata y plomo.

Accionistas

- BHP Billiton (33.75%) – Australia
- Glencore Xtrata (33.75%) - Suiza
- Teck (22.5%) - Canadá
- Mitsubishi Corporation (10%) – Japón

Composición Laboral

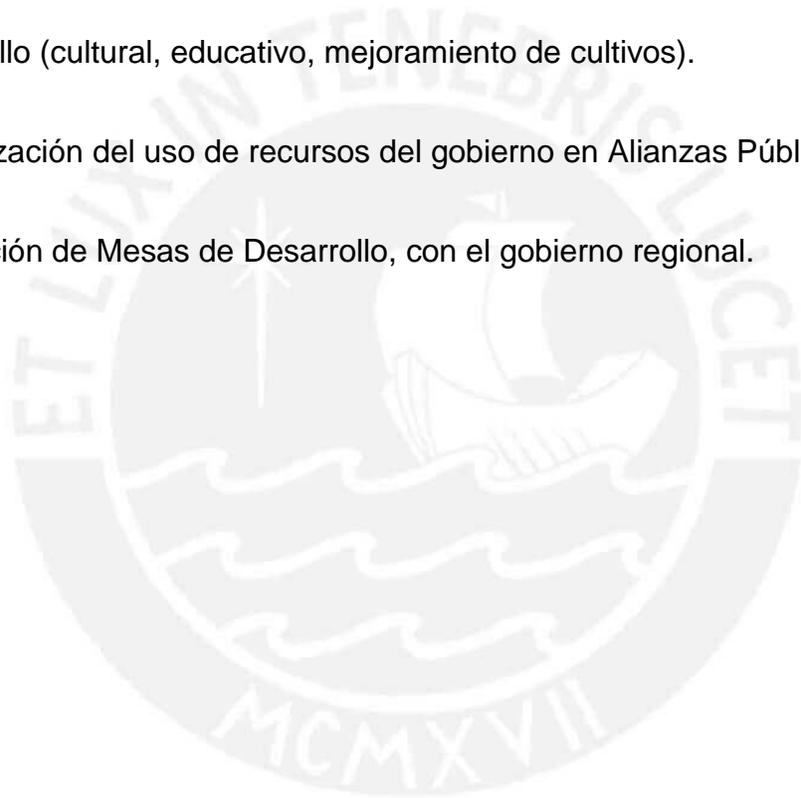
Cuenta con 2997 trabajadores directos. El 44 % de la fuerza laboral pertenece a la zona de influencia. Por otro lado cuenta con más de 3300 trabajadores indirectos.

Responsabilidad Social

Vinculación con el gobierno nacional para la ejecución de proyectos de desarrollo (cultural, educativo, mejoramiento de cultivos).

Maximización del uso de recursos del gobierno en Alianzas Público Privadas.

Promoción de Mesas de Desarrollo, con el gobierno regional.



Cerro Verde (Free Port Mc Moran)

Reseña

Cerro Verde es el nombre de un complejo minero. Se encuentra ubicado en el distrito de Uchumayo, provincia de Arequipa en la Región Arequipa; a 2700 msnm. Actualmente se viene proyectando la ampliación de su planta concentradora principal de 120 000 a 360 000 toneladas métricas por día (CERRO VERDE, 2013).

Razón Social

Sociedad Minero Cerro Verde S.A.A

Inicio de Actividades

Concesión: 20 – 08 - 1993

Producción

La mina produce principalmente concentrados de cobre y molibdeno, operados por una concentradora de sulfuros primarios, a ampliarse próximamente.

Accionistas

- Freeport McMoRan Copper & Gold (53.70%) – USA
- Sumitomo Metal Mining Cerro Verde Netherlands B.V (21%) - Holanda
- Compañía de Minas Buenaventura S.A.A (19.30%) - Perú
- Bolsa de Valores de Lima (6.09%) - Perú

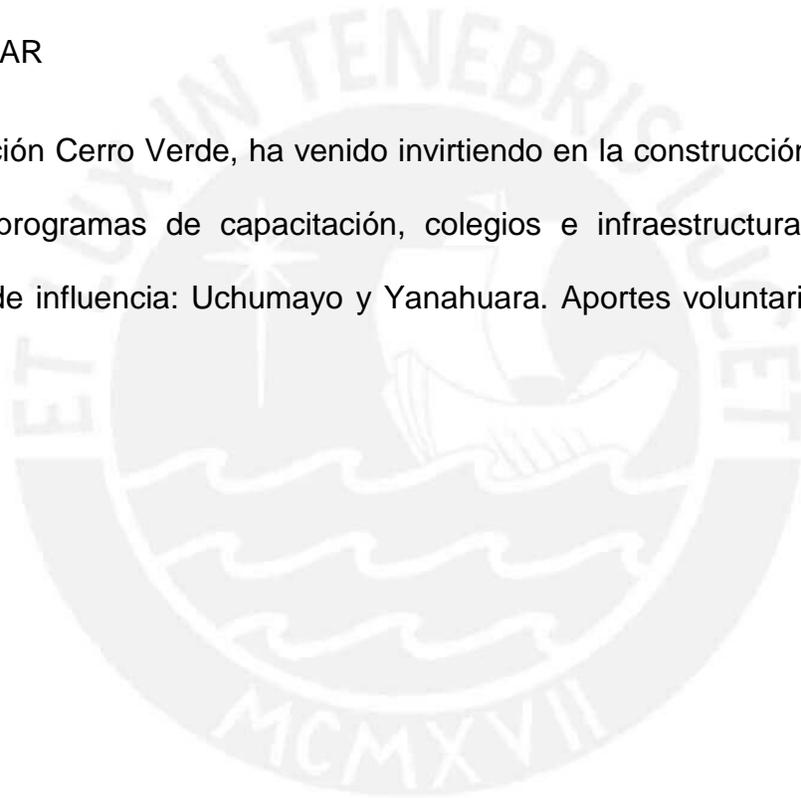
Composición Laboral

Según los últimos reportes el personal propio de la Unidad Minera Cerro Verde, supera los 2500 empleados; mientras que el personal tercero alrededor de 5800 (BVL, 2014 a).

Responsabilidad Social

Cerro Verde es la principal administradora de los Servicios de Agua - SEDAPAR

Asociación Cerro Verde, ha venido invirtiendo en la construcción de puestos de salud, programas de capacitación, colegios e infraestructura básica en las zonas de influencia: Uchumayo y Yanahuara. Aportes voluntarios a proyectos.



Southern Peru Copper Corporation (Grupo México)

Reseña

Southern Peru Copper Corporation, está conformada por dos operaciones mineras Cuajone (ubicada en el departamento de Moquegua) y Toquepala (ubicado en Tacna), planta de fundición y refinería (ubicado en Ilo, departamento de Moquegua). A la fecha se viene iniciando las obras para la construcción de la mina de cobre a tajo abierto llamada Tía María (ubicada en Arequipa).

Razón Social

Southern Peru Copper Corporation - Sucursal del Perú

Inicio de Actividades

Inicio de Operaciones: 06 – 11 - 1954

Producción

La compañía es principal productora y refinadora de metales como: cobre, molibdeno, zinc y plata.

Accionistas

Los propietarios de la minera se presentan de la siguiente manera (BVL, 2014 b):

- Southern Cooper Corporation – Grupo México (80.77) – Mexico
- Cia. Minera los Tolmos S.A (15.11%) - Perú

- Terceros no vinculados (4.12%) - Perú

Composición Laboral

Cuenta con aproximadamente 2100 trabajadores directos. Por otro lado cuenta con alrededor de 2500 trabajadores externos.

Responsabilidad Social

Se vienen ejecutando importantes obras por impuestos en infraestructura (carreteras y accesos). Se trabaja de la mano con el gobierno regional en perfeccionamiento de la enseñanza de matemática en los colegios de Moquegua.

Mediante Aportes Voluntarios, se viene apoyando a los *cluster* textiles, así como a al agro, en el valle de El Algarrobal con la construcción de una bocatoma para el regadío (SOUTHERN PERU, 2012).

Luego de haber presentado a las empresas mineras de tajo abierto asentadas en el país, y de propiedad extranjera, se mencionan a continuación a las nacionales.

Minera Volcan

Reseña

Empresa minera ubicada en la ciudad de Ticlio; poseedora de seis plantas concentradoras, en Cerro de Pasco, Yauli y Chungar. Asimismo, es poseedora de once centrales hidroeléctricas, producto de sus adquisiciones de otras empresas mineras en el centro del país.

Razón Social

Volcan Compañía Minera S.A.A

Inicio de Actividades

Inicio de Operaciones: Año 1943.

Producción

La compañía produce concentrados de los siguientes minerales: Zinc, Plata y Plomo.

Accionistas

La naturaleza accionarial de Minera Volcan es diversificada. La compañía posee tanto acciones del tipo A (con derecho a voto) como B (derecho a distribución preferencial) (BVL, 2014 c).

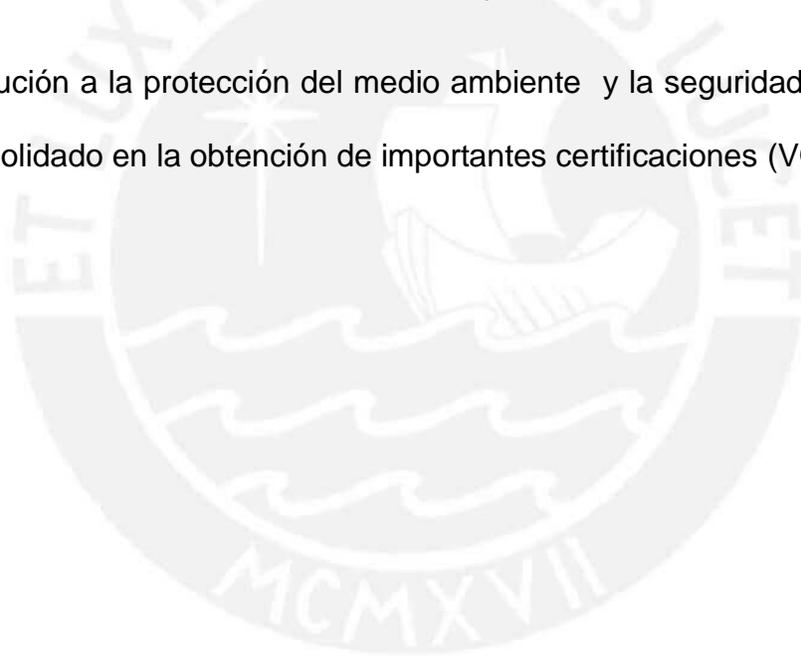
Composición Laboral

Al 31 de diciembre del 2013, el número de colaboradores directos de la compañía era de 2887; mientras que 13 325 lo conformaban colaboradores de empresas especializadas en la operación.

Responsabilidad Social

Minera Volcan viene realizando proyectos sociales en su zona de influencia en torno a contribuir en la mejora agrícola, capacitación a productores y demás sectores relacionados a educación, salud y cultura.

Contribución a la protección del medio ambiente y la seguridad laboral; que se ve consolidado en la obtención de importantes certificaciones (VOLCAN, 2013).



Minera Buenaventura

Reseña

Empresa minera que viene operando en distintas regiones del país; ya sea en exploración, explotación y tratamiento de los minerales referidos.

A la fecha, ha concluido la construcción de una central hidroeléctrica, ubicada en Huanza e incursionará en un importante proyecto en Tambomayo, que producirá concentrados de oro, plomo y zinc.

Razón Social

Compañía de Minas Buenaventura S.A.A

Inicio de Actividades

Inicio de Operaciones: 07 – 08 -1953

Producción

La compañía es productora de concentrados de oro, plata y zinc.

Accionistas

La estructura de acciones de Buenaventura, involucra tanto a los agentes comunes como de inversión (BVL, 2014 d).

Composición Laboral

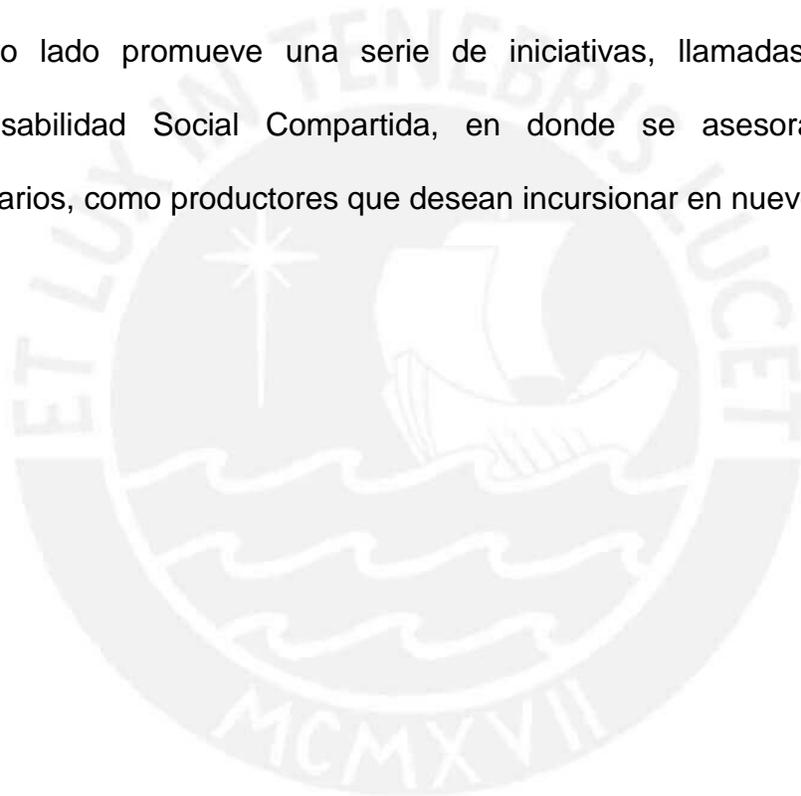
Cuenta con 2569 colaboradores propios. Por otro lado, en cuanto número de personal contrata, corresponde a 8133 trabajadores.

Responsabilidad Social

Vienen aplicando las directivas de sus políticas de Seguridad y Salud Ocupacional, conforme los estándares internacionales.

Mediante Aportes Voluntarios, se viene apoyando desde hace más de diez años, a los productores agrícolas y al cuidado ambiental (BUENAVENTURA, 2011).

Por otro lado promueve una serie de iniciativas, llamadas Programa de Responsabilidad Social Compartida, en donde se asesora a pequeños empresarios, como productores que desean incursionar en nuevos mercados.



2.3 Ejes de Estudio

Esta sección incluirá las reseñas del estudio aplicado en las principales mineras a tajo abierto del país, los cuales provinieron de fuentes primarias (entrevistas, conferencias) así como de secundarias (revistas y memorias descriptivas); en torno a la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico.

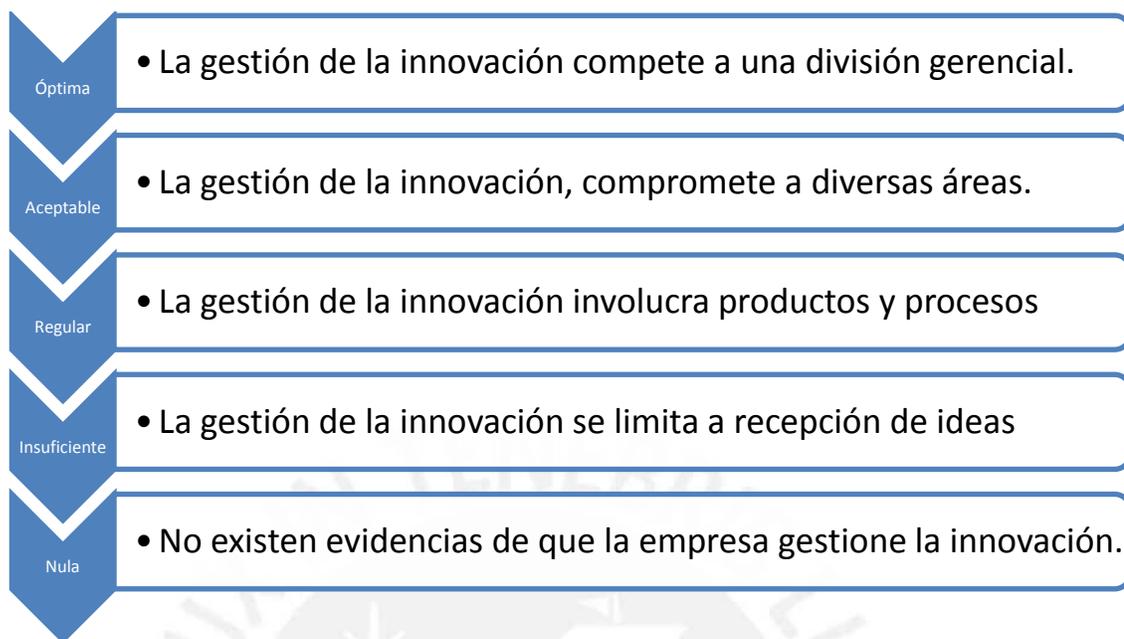
Para la elaboración del sondeo de innovación y desarrollo tecnológico, se ha definido de manera preliminar algunos ejes de estudio, relacionados al soporte tecnológico, la aplicación de CIMG, la innovación, la postura nacional y la postura internacional; en cuanto competitividad. Las preguntas apuntan a dichos ejes, los cuales se detalla a continuación

Eje 1: Gestión de la Innovación

Este eje tiene como objetivo fundamental determinar el nivel de aplicación de la gestión de la innovación.

Este eje tiene cinco características esenciales a determinar (i) nula gestión de la innovación (ii) insuficiente gestión de la innovación (iii) aceptable gestión de la innovación (iv) regular gestión de la innovación y (v) óptima gestión de la innovación; los cuales se detallan en la Figura 2.1

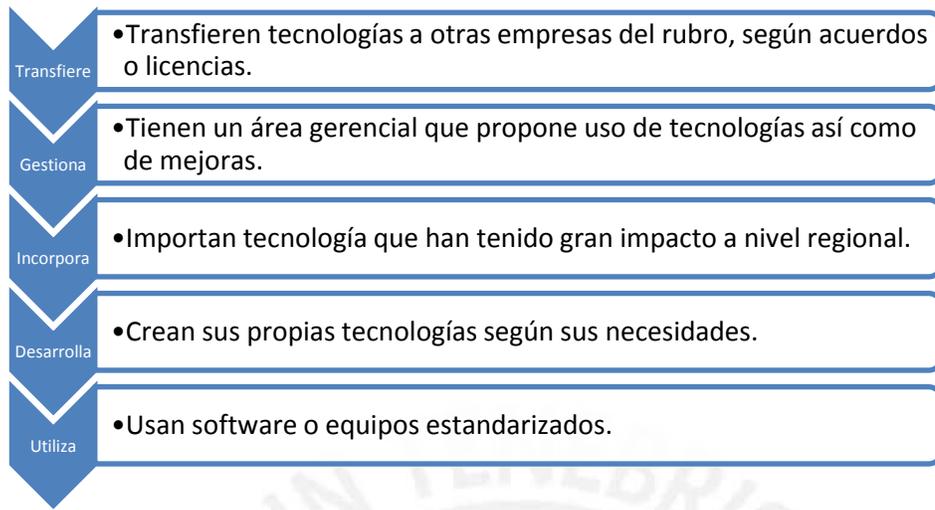
Figura 2.1 - Eje de Gestión de la Innovación



Eje 2: TIC y Soporte Tecnológico

Este eje tiene como objetivo fundamental determinar el nivel de aplicación de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC), dentro de la actividad minera en estudio; así como la incorporación de tecnologías foráneas. Este eje tiene cinco características esenciales a determinar (i) Utiliza TIC para la actividad (ii) Desarrolla TIC para la actividad (iii) Incorpora TIC para la actividad (iv) Gestiona TIC para la actividad y (v) Transfiere TIC para la actividad; los cuales se detallan en la Figura 2.2.

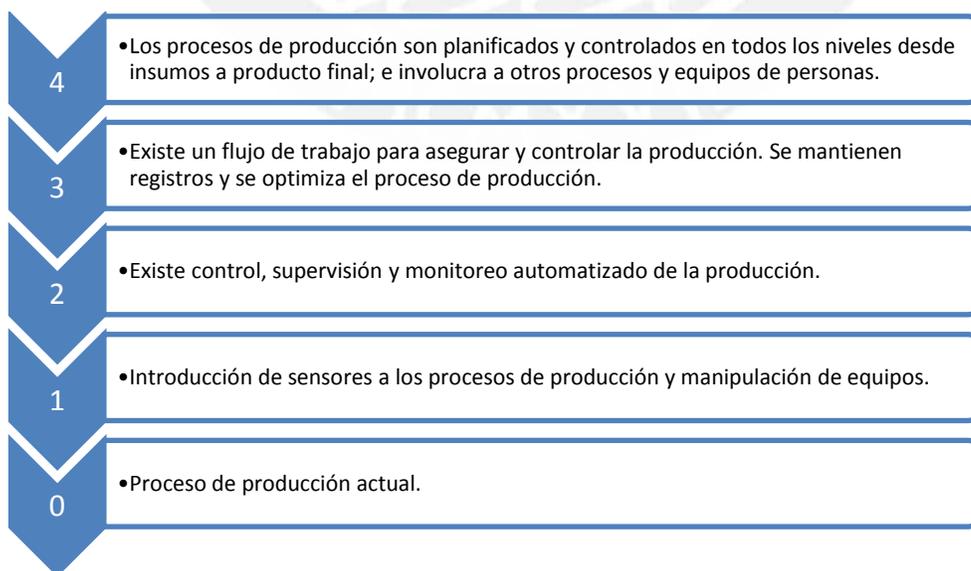
Figura 2.2 - Eje de TIC y Soporte Tecnológico



Eje 3: Madurez en Computer Integrated Mining (CIMG)

Este eje tiene como objetivo fundamental determinar el nivel de madurez en CIMG. Este eje tiene cinco características esenciales a determinar (i) 0 (ii) 1 (iii) 2 (iv) 3 y (v) 4; los cuales se detallan en la Figura 2.3:

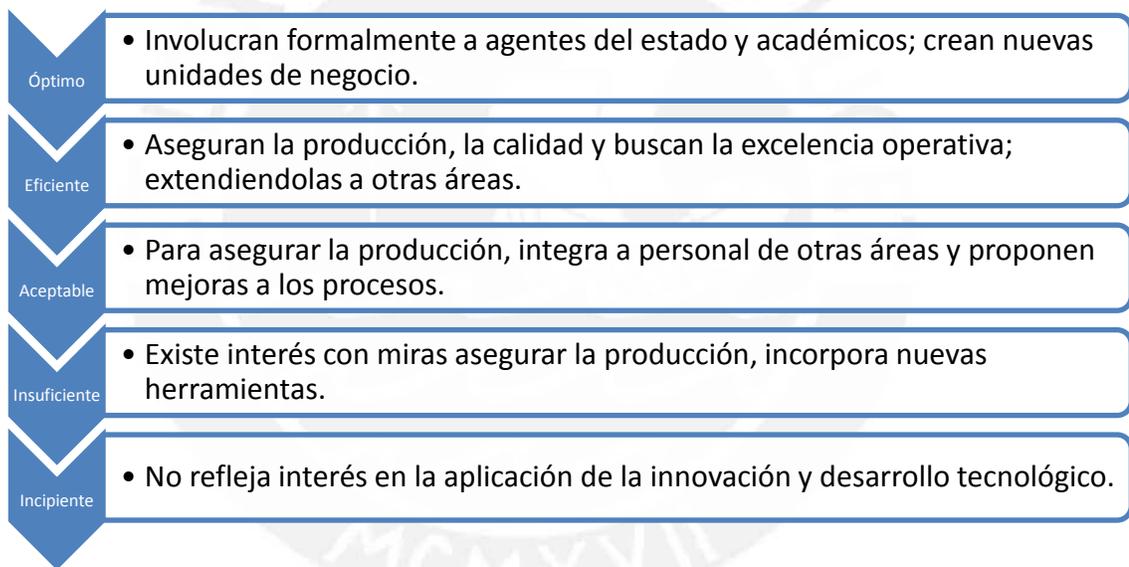
Figura 2.3 - Eje de Maduración en CIMG



Eje 4: Aplicación en Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial

Este eje tiene como objetivo fundamental determinar el nivel de aprovechamiento de la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico dentro de la actividad minera a tajo abierto. Este eje tiene cinco características esenciales a determinar (i) insipiente aprovechamiento (ii) insuficiente aprovechamiento (iii) aceptable aprovechamiento (iv) regular aprovechamiento y (v) óptimo aprovechamiento; los cuales se detallan en la Figura 2.4.

Figura 2.4 - Eje de Aplicación de Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial



3 Análisis de Resultados y Discusiones

3.1 Levantamiento de Información

Parte esencial del levantamiento de información, lo conforman las entrevistas con los directivos y/o funcionarios mineros. Los antedichos con respecto a las empresas fueron: En Cerro Verde, la Jefe de Proyectos de Calidad (Escobar, 2014), en Southern Peru, el Superintendente de Tecnologías de Información (Ugarteche, 2014), en Antamina, el Gerente de Excelencia Operacional y Continuidad de Negocio (Lozano, 2014), en Volcan, el Gerente Corporativo de Tecnologías de Información (Flores, 2014) y en Buenaventura, el Vicepresidente de Desarrollo de Negocios (Benavides, 2015).

Se presenta a continuación el resultado de las entrevistas, de acuerdo al orden anterior:

Gestión de la Innovación

¿Qué actividades realiza en torno a la gestión de la innovación? ¿Cuenta con un área especializada en ello?

Cerro Verde: Las actividades referentes a la innovación recaen en todas las áreas. Se promueve que los equipos de trabajo generen nuevas ideas y documenten sus experiencias o casos de éxito, a través de una plataforma

virtual. Algunas de ellas son derivadas al área de Proyectos de Calidad, enfocada en la mejora de la producción

Southern Peru: El enfoque de innovación de Southern compete a todas las áreas ligadas al desarrollo tecnológico y al desarrollo comunitario; mediante nuestro compromiso social con la educación en la región de Moquegua.

Antamina: La empresa no cuenta con un área de innovación. Recogemos las ideas y buenas prácticas a través de comité de trabajos con proveedores; a través del área de Excelencia Operacional.

Volcan: No se cuenta con un área específica. Las ideas pueden ser planteadas a las jefaturas directas o cuentas de correo genérico para dichos fines. En Volcan se enfatiza mucho sobre innovación tecnológica por cuanto se busca propiciar la integración y control de todos los equipos e instalaciones; y esto es un proyecto a mediano plazo.

Buenaventura: No existe un área exclusiva para temas de innovación. Las ideas pueden provenir de personal propio o terceros. Se presentan por lo general concursos corporativos de ideas, no obstante la empresa maneja la innovación con fines de expansión del negocio.

¿Qué tipos de incentivos otorga para la generación de ideas? ¿Cuenta con programas orientados a la innovación?

Cerro Verde: Se reconoce al grupo de trabajo que ha obtenido resultados con la aplicación de su idea. Se les felicita y otorga alguna condecoración. Existe

un programa de innovación, llamado INNOVA, encargado de la búsqueda de buenas prácticas e ideas que promuevan la seguridad, reducción de costos, responsabilidad social, etc.

Southern Peru: Tanto la cultura de la innovación como el valor de la creatividad, son difundidos desde la empresa matriz de México. Por tanto, existen reconocimientos a través de publicaciones corporativas, respecto a los trabajadores que destaquen en estos aspectos.

Antamina: La empresa brinda reconocimientos públicos al trabajador que contribuye con ideas. No se cuenta con un programa formal orientado a la promoción de la innovación.

Volcan: Cada jefatura se encarga de promover e incentivar la generación de ideas. Se pueden crear programas indistintamente de que provengan de un área, y esto desde el apoyo de la gerencia de comunicaciones o de desarrollo humano.

Buenaventura: Se otorga reconocimientos en eventos corporativos, con una placa recordatoria de su aporte en determinado proyecto que pueda haber salido exitoso; finalmente se les apoya a que el proyecto sea ejecutado.

¿Cuentan con un área destinada a la Mejora de Procesos? ¿Qué tipo de actividades viene realizando?

Cerro Verde: Se cuenta con un área de Control de Calidad, enfocada en la aplicación de estándares y nuevos procedimientos para asegurar la producción.

Por su parte la superintendencia de Planeamiento, busca la mejora continua y la introducción de nuevas tecnologías.

Southern Peru: La mejora de procesos, y la calidad están incluidas en el campo de acción de la Dirección de Operaciones de Southern Peru, el cual complementa la labor de Tecnologías de Información al enfocarse en los procesos geológicos, mineros y metalúrgicos.

Antamina: El área implicada a la mejora de procesos corresponde a la Gerencia de Excelencia Operativa. Esta viene impulsando la aplicación de buenas prácticas en Gestión de Procesos (BPM), Six Sigma, entre otros.

Volcan: Lo relacionado a mejora de procesos e innovación tecnológica recae en la Gerencia Corporativa de Tecnologías de Información.

Buenaventura: El área encargada de gestionar estos procesos orientados a innovación y negocios corresponde a la Vicepresidencia de Desarrollo de Negocios.

¿Involucran a sus proveedores en el proceso de Mejora Continua? ¿En qué programas o actividades participan de manera conjunta?

Cerro Verde: Los proveedores participan de comités de trabajo y de charlas de evaluación de las labores realizadas, donde contribuyen con ideas y buenas prácticas para la ejecución de sus tareas.

Southern Peru: Existe la participación de los proveedores en cuanto generación de ideas y mejora de procesos se refiere; las cuales son reportados por los mandos medios en las reuniones y comités operativos.

Antamina: La empresa trabaja de la mano con los proveedores en la aplicación de las buenas prácticas identificadas en el trabajo. Existe un programa que califica la excelencia operativa proveniente de la aplicación de las ideas de los proveedores.

Volcan: Los proveedores, con su experiencia en otros proyectos y sus carteras de productos tecnológicos provenientes de otros países; siempre aportarán a la mejora continua. A través de las contrataciones y los acuerdos marco, es que se delega la introducción de nuevas prácticas de gestión de infraestructura tecnológica e implementación de proyectos.

Buenaventura: Si se involucra a los proveedores, existe una cultura de estrecha comunicación y colaboración. Esto viene desde los inicios de las labores de Buenaventura, realizándose jornadas de integración y charlas técnicas.

TIC y Soporte Tecnológico

¿Cuentan con tecnología de última generación? ¿Qué procesos siguen para incorporar nueva tecnología?

Cerro Verde: Se viene incorporando tecnología de última generación en los proyectos de ampliación de la planta de concentración. Se introdujeron tecnologías de Cloud Computing, Big Data y telefonía móvil en los procesos de medición de datos, control. Estos ya validados en los países donde opera *Freeport McMoran*

Southern Peru: La empresa ha venido mejorando la plataforma tecnológica; centrándose en la gestión integrada de los procesos. Recientemente ha sido renovado por el moderno programa Ventyx Ellipse, adquirido como parte del paquete de inversiones regional.

Antamina: Tecnología de última generación, no en el sentido estricto del término; se incorpora tecnología internacional en función de los resultados obtenidos en los países de los asentamientos mineros que maneja la corporación. Como son los casos de las máquinas y tecnologías empleadas eficientemente en Chile y Australia.

Volcan: Se viene proveyendo de tecnología base y fibra óptica, para la conexión de centros de trabajo y dispositivos, dispersos en las zonas de influencia de operación minera. La tecnología de última generación se irá incorporando durante diez años que se estima se podrá automatizar totalmente el proceso de producción minera a través de los equipos de control y robótica.

Buenaventura: Se cuenta con buena tecnología, no obstante en planes de la empresa, la mejora de los sistemas integrados de gestión; conforme se concluya el resto de proyectos de expansión minera diversificados en el país.

De manera que lo anterior pueda concentrarse en asegurar la automatización total y una buena integración de los procesos productivos que implican.

¿Cuentan con un área o gerencia encargada del aprovisionamiento de TIC? ¿Cómo viene contribuyendo con los objetivos de la organización en los últimos años?

Cerro Verde: Cuenta con la Superintendencia de Informática. Viene introduciendo tecnologías de última generación que promueven la eficiencia de las operaciones.

Southern Peru: La encargada de esto es la Gerencia de Tecnologías de Información. Área que viene aportando favorablemente a la optimización de procesos operativos y de negocios.

Antamina: Se cuenta con una Gerencia de Tecnologías de Información Telecomunicaciones y Procesos de Control.

Volcan: Como se mencionó, el área corresponde a la Gerencia Corporativa de Tecnologías de Información. Y viene desempeñando sus labores conforme los lineamientos estratégicos.

Buenaventura: Corresponde a la Gerencia de Tecnologías de Información. Gerencia muy activa que viene trabajando en los nuevos proyectos de expansión de la Compañía en diversos sectores.

¿Han desarrollado tecnología propia? ¿Qué procesos siguen para transferir esta tecnología?

Cerro Verde: Se viene impulsando la creación de tecnologías propias a través de prototipos. Algunos de los cuales han sido premiados. Se tiene conocimiento de aplicaciones de patentes de métodos de extracción de metales, que aún no han sido aplicados en el país. Recientemente registramos la primera patente de la empresa, en la creación de la “Herramienta para desmontaje y montaje de contrapesos de excitadores de zarandas”

Southern Peru: No se ha desarrollado tecnología propia, en Southern Peru; no obstante la casa matriz en México posee algunos registros de invenciones aplicados a los negocios alternativos a los que incursiona la empresa; como son plantas concentradoras o refinerías.

Antamina: No se ha desarrollado tecnología propia en el Perú. Se está trabajando internamente para consolidar ello. Se tiene conocimiento de la tecnología desarrollada en Chile; empero que pertenece a un conglomerado de empresas mineras que trabajan en conjunto en temas de innovación.

Volcan: No se ha desarrollado tecnología propia en el área. No obstante se procura adoptar las mejores tecnologías del mercado en los proyectos de automatización que se vienen desarrollando.

Buenaventura: Se viene desarrollando tecnologías propias en el campo metalúrgico, es decir en los procesos para la obtención de concentrados

minerales. Ya sea para la aceleración de este, como en la conformación final del producto mineral.

Madurez en Computer Integrated Mining (CIMG)

¿Cuenta con control de operaciones a distancia? ¿Qué procesos mineros involucran?

Cerro Verde: La empresa cuenta con muchos procesos automatizados. Asimismo se cuenta con sensores de alerta de estados de la operación y de los mantenimientos de los equipos. Los cuales envían la información a un Centro de Control.

Southern Peru: Con la implementación del Sistema Ventyx Ellipse, se permite el control a distancia de las palas, camiones, así como la gestión del mantenimiento para asegurar la máxima disponibilidad de los equipos. Se puede afirmar que los procesos mineros gestionados son cinco: operaciones, mantenimiento, logística, finanzas y recursos humanos. Esta implementación le ha valido a Southern Peru la obtención del ISO 20000, la cual respalda la buena adecuación de los procesos de la cadena productiva, gestión y soporte; en todas las áreas operativas de la compañía.

Antamina: La empresa cuenta con Centro de Control, tanto de los principales equipos que conforman la planta de procesamiento, las fajas de conducción y el terminal. Los procesos involucrados van desde el chancado de minerales, el

transporte a la planta de concentración, la obtención de los minerales, el transporte al terminal de embarque.

Volcan: Se viene implementando la fibra óptica en los asentamientos mineros de la corporación, no obstante los sistemas de control y automatización tradicionales vienen trabajando en el control, operatividad y monitoreo de los procesos de producción.

Buenaventura: Se cuenta con la tecnología necesaria para controlar los procesos mineros. Se concentran principalmente en la obtención y conformación del producto de concentrado minero.

¿Cuenta con los registros actualizados de la información proveída por los equipos? ¿Qué procesos mineros han venido siendo mejorados?

Cerro Verde: Los registros se gestionan a través de repositorios de información. Las mejoras recaen en distintas operaciones mineras como la extracción, transporte y concentración de los minerales.

Southern Peru: El sistema adquirido presenta la información en tiempo real y esto ha permitido mejorar la productividad, reducir costos de operación y mejorar la seguridad de los trabajadores.

Antamina: Se cuenta con los datos actualizados enviados por los equipos hacia el Centro de Control. Los procesos inherentes a la producción, son constantemente monitoreados.

Volcan: Se cuenta con la data de producción de los principales asentamientos mineros como lo es Cerro de Pasco, Yauli, Chungar y Alpamarca.

Buenaventura: Dada la diversidad de información que se procesa en los distintos negocios, se viene trabajando en la conformación de los repositorios. Para ello se enfatizaran los procesos mineros propios de la extracción, el chancado, el transporte y la obtención del concentrado.

¿Cuenta con la información debidamente integrada y cuantificada en tiempo real? ¿Qué tecnología o software respalda a lo anterior?

Cerro Verde: Se cuenta con un sistema integrado de control de las operaciones mineras y que tiene alcance regional. Estos integran y cuantifican los datos de distintas áreas. Los sistemas de Cloud Computing y los Sistemas Industriales, apoyan estas labores.

Southern Peru: La información proporcionada está debidamente integrada y cuantificada dentro de los paquetes de software. Tal es el caso de las funcionalidades de la aplicación del Ventyx Ellipse.

Antamina: Se viene usando software minero de control de datos en tiempo real. Se maneja sistemas ERPs y de Control Integrado de los procesos.

Volcan: Los datos son monitoreados en Puntos de Control, en donde se trabajan con software especializado para la medición y análisis. Esta información es proporcionada a otros sistemas que se integran con las demás áreas de negocio.

Buenaventura: Se cuenta con la información en tiempo real, pero referente a los procesos productivos y de transporte de concentrados. Se prevé desarrollar proyectos tecnológicos que integren más procesos a razón del crecimiento de la empresa.

¿Tienen control de todos sus procesos mineros? ¿Qué otras actividades y equipos de personas piensan involucrar?

Cerro Verde: Se tiene control sobre todos los procesos mineros de corte estratégico y alineado a los objetivos de la corporación (en cuanto sus estándares de uso de aplicaciones informáticas y tecnologías). Se aspira incorporar tecnologías orientadas al cuidado de la salud de los trabajadores y a la reducción de emisiones de gases y componentes tóxicos dentro de la operativa.

Southern Peru: Se mencionó cinco áreas involucradas en la operación y el manejo de recursos. Se pretende trabajar en proyectos tecnológicos en conjunto con universidades relativos a campos de Agroindustria, Gestión Pública, Desarrollo Social y Medio Ambiente.

Antamina: Se tiene control de los procesos inherentes a la operativa, producción y transporte. No obstante los procesos referentes a la seguridad del trabajador, se viene involucrando al control paulatinamente.

Volcan: El control aplica a los procesos mineros inherentes con la producción. Se aprovecha el tendido de fibra óptica y Ethernet para integrar a otros procesos de abastecimiento a las minas como son las hidroeléctricas.

Buenaventura: Se tiene control de los procesos implicados con la producción de mineral. Se viene incorporando personas en labores de investigación y análisis de nuevos elementos químicos, para lo cual ya se viene proveyendo la tecnología necesaria.

Aplicación en Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial

¿Han creado algún Centro de Investigación o Centro Tecnológico?

¿Apoyan o tienen alianza con algún Centro de Formación Técnica?

Cerro Verde: Se viene estableciendo convenios con SEDAPAR, para el desarrollo de proyectos de tratamiento del agua a nivel regional. Se apoya a las universidades de Arequipa en sus programas de Desarrollo Tecnológico.

Southern Peru: Se han creado siete Centros de Innovación Tecnológica en las provincias de las zonas de influencia como Mariscal Nieto, Ilo y Sanchez Cerro; donde se vienen realizando capacitaciones a maestros en materia de Tecnologías de Información y Matemáticas; inclusive a través de plataformas virtuales (*E-Learning*).

Antamina: No se cuenta con un centro de investigación local. No obstante se apoya a las universidades y a las organizaciones que desarrollan talleres de empresa en las comunidades.

Volcan: No se cuenta con Centros de Investigación. No se ha establecido alianzas con universidades, dado la priorización de las obras por impuestos en las zonas de influencia.

Buenaventura: Se cuenta con un Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico, ubicado en Huaral, en cuyas instalaciones se trabaja nuevas técnicas de lixiviación de tipo Batch; para lo cual se cuenta con tanques y filtros. Existen convenios de becas y pasantías con universidades de las localidades donde opera Buenaventura.

¿Han gestado o participado en algún Proyecto de Desarrollo Tecnológico organizado por el Estado o la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía?

Cerro Verde: Con el Gobierno Regional se coordina el desarrollo de zonas agrícolas. Se obtuvo un reconocimiento por parte de la SNMPE en los proyectos “Pterodáctilo: Protector contra caída de mineral tipo fino” y “Spidercarrito medidor de espesadores de ácido”.

Southern Peru: A la par de los proyectos de exploración en la zona norte del país, se ha venido colaborando en la ejecución de proyectos de desarrollo con

empresas del Estado, como SEDAPAR, en obras como la planta concentradora, de relave.

Antamina: De momento no se viene trabajando en un proyecto con el Estado. No obstante el área de Tecnologías de Información ha obtenido un reconocimiento al trabajar equipos de control móviles y han obtenido un premio en la SNMPE, lo mismo para el área que trabaja Responsabilidad Social.

Volcan: Se viene trabajando en Proyectos de Asociación Público Privada, siendo una de las empresas mineras con más obras ejecutadas. La SNMPE, ha premiado recientemente a la empresa por el proyecto de infraestructura de fibra óptica en el Valle de Huaral, con el reconocimiento “Innovación Tecnológica aplicada al desarrollo sostenible”

Buenaventura: Se obtuvo un reconocimiento en el último concurso de la SNMPE, con el primer lugar en la categoría de empresa innovadora con el proyecto: “Planta de sulfato de manganeso monohidratado” ahora venimos concursando con otro proyecto de sistema de gestión de flota de vehículos.

¿Han incursionado o creado nuevas unidades de negocio de industrias alternas al negocio? ¿Han establecido acuerdos con empresas públicas o privadas para para la realización de Proyectos de Desarrollo?

Cerro Verde: Se viene trabajando en la ampliación de la planta concentradora. Por otro lado se apoyará al proyecto de construcción de planta de tratamiento de agua potable de Arequipa.

Southern Peru: La empresa viene desarrollando proyectos de expansión, ya sea en las plantas concentradoras, expansión de mina, sistemas de trituración, transporte y rociado de materiales, refinería. Existen alianzas con el Estado para lo concerniente a obras de infraestructura educativa y vial, como parte de las asociaciones público privadas.

Antamina: No se ha previsto desarrollar industrias alternas como otras empresas mineras. Se viene trabajando y perfeccionando la labor de las áreas existentes con miras a incrementar la producción de concentrados o bien reducir los tiempos en la operación. Acuerdos públicos y privados y obras por impuesto se orientan a labores de apoyo a la educación en las zonas rurales y mejoramiento de infraestructura.

Volcan: La empresa crece en cuanto campo de acción industrial en su incursión en el sector eléctrico y adquirentes de minas. Los proyectos de alianzas público privadas o bien de obras por impuestos se centran en reestructuración de escuelas, mejoramiento y ampliación de sistema de agua potable, hospitales, rehabilitación de pistas y el que mencionamos de habilitación de infraestructura de fibra óptica en zonas antes no accesibles.

Buenaventura: Se trabaja en el reaprovechamiento del mineral en el proyecto de Procesadora Industrial Río Seco, se viene implementando un sistema eléctrico en norte chico. Finalmente se busca construir y operar una refinería de cobre y una procesadora de minerales complejos, a corto plazo.

3.2 Resultados Obtenidos y Discusiones

Respecto al primer eje, de Gestión de la Innovación, se concluye que algunas compañías mineras enfatizan mucho la innovación de procesos a través del impulso de la formulación de ideas a través de plataformas tecnológicas, como el caso de Cerro Verde, o bien partiendo de la búsqueda de soluciones de los mismos proveedores como el caso de Antamina; mientras que otras se concentran en actividades habituales en torno a recepción de ideas en reuniones o comités técnicos.

Como revela la Tabla 3.1, la gestión de la innovación apunta en su mayoría a un nivel regular, es decir, es empleada para establecer modificaciones sobre productos (herramientas o concentrados minerales), mejoras de procesos o incluso conformación de organizaciones (sesiones de colaboración con proveedores, comunicación comunitaria); lo que evidencia el esfuerzo de algunas áreas específicas. Por otra parte el nivel máximo obtenido en dos empresas, es el de aceptable; es decir que la innovación compromete a todas las áreas y se crean herramientas tecnológicas u organizaciones que propicien ella.

Tabla 3.1 - Gestión de la Innovación

Minera de Tajo Abierto	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V
	Nula	Insuficiente	Regular	Aceptable	Óptima
Antamina				X	
Volcan			X		
Cerro Verde				X	
Buenaventura			X		
Southern Peru			X		

Respecto al segundo eje, de TIC y soporte tecnológico, se concluye que existe un fuerte desarrollo de unidades funcionales de Tecnologías de Información, en empresas como Antamina y Southern Peru; quienes han concluido importantes proyectos de implementación de infraestructura tecnológica; según altos estándares. No obstante Cerro Verde, con la inscripción de su primera patente, está en la capacidad de transferir.

Como revela la Tabla 3.2, respecto al uso de TIC y Soporte Tecnológico, existe aún la fuerte dependencia de incorporar tecnología internacional, dado el crecimiento en las operaciones de dos mineras. Por otro lado el fuerte liderazgo de las gerencias de Tecnologías de Información en dos empresas, han propiciado que esta incluya como parte de sus funciones la búsqueda de la mejora continua. Sólo una empresa minera, ha obtenido el registro de una patente por la creación de una herramienta de aplicación técnica al proceso de mantenimiento; lo cual estará en capacidad de transferir dicha tecnología

mediante acuerdos y licencias. Conviene recordar, que una empresa nacional del presente estudio, posee un significativo número de acciones de esta.

Tabla 3.2 - TIC y Soporte Tecnológico

Minera de Tajo Abierto	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V
	Utiliza	Desarrolla	Incorpora	Gestiona	Transfiere
Antamina				X	
Volcan			X		
Cerro Verde					X
Buenaventura			X		
Southern Peru				X	

Respecto al tercer eje, de Nivel de Madurez de CIMG, se concluye que existe un desarrollo diverso en las compañías mineras, integrando por lo general a los centros de control y a la obtención de datos. Empresas como Southern Peru y Antamina, han incorporado software de control integral de la producción, que les permite alcanzar un importante nivel de maduración en cuanto CIMG.

Como revela la Tabla 3.3, respecto al nivel de madurez de CIMG, se viene apuntando a consolidar una automatización plena de los procesos, no obstante el hecho de que una empresa (en nivel III) se encuentre implementando dicho proyecto a razón de las nuevas adquisiciones y negocios del sector. Por otro lado, son dos empresas las que en el nivel IV, vienen trabajando en asegurar el flujo de trabajo y el control de la producción, a través de herramientas de software de control de procesos de producción. Finalmente, son dos empresas

las que consolidan un nivel V, dado que cuentan con procesos de producción debidamente planificados y controlados en todos los niveles, desde insumo hasta producto final.

Tabla 3.3 - Nivel de Madurez en CIMG

Minera de Tajo Abierto	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	Nivel	
	I	II	III	IV	V	
		0	1	2	3	4
Antamina						X
Volcan				X		
Cerro Verde					X	
Buenaventura					X	
Southern Peru						X

Respecto al cuarto eje, de aplicación de la minería de tajo abierto y el desarrollo industrial, se concluye que para casos como de Volcan, Southern Peru y Buenaventura, existe un fuerte arraigo en el crecimiento industrial (ampliación de plantas de concentración, generación de electricidad, refinería, etc.) y en la articulación con otros agentes de la economía (gobierno, universidades, etc.); revelando un gran impulso de expansión a partir de la fase de explotación en vigencia.

Como revela la Tabla 3.4, respecto al nivel de madurez de CIMG, son tres empresas del sector que se encuentran en nivel V; significando un interés por

establecer vínculos con el Estado, en la ejecución conjunta de proyectos de desarrollos regionales (de índole industrial o educativa). Asimismo, lo anterior también revela los proyectos de expansión industrial emprendidos, en diferentes rubros, como se indicó anteriormente. Un aspecto importante, son los Centros de Innovación y Desarrollo Tecnológico, que poseen tanto Buenaventura, como Southern Peru; aunque con propósitos distintos. Finalmente, para las empresas con nivel IV, se evidencia una prudente priorización de proyectos orientados a incrementos en la producción, con una moderada participación con el Estado, y en labores cotidianas de responsabilidad social.

Tabla 3.4 - Aplicación en Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial

Minera de Tajo Abierto	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V
	Incipiente	Insuficiente	Aceptable	Eficiente	Óptimo
Antamina				X	
Volcan					X
Cerro Verde				X	
Buenaventura					X
Southern Peru					X

Habiéndose presentado el objetivo inicial, respecto a conocer sobre la introducción de prácticas de gestión de la innovación y la tecnología en las empresas mineras, se puede afirmar lo siguiente respecto a:

- La forma como se viene aplicando en las grandes unidades mineras.

- El tipo de tecnologías que viene incorporando.
- El nivel de maduración de CIMG.
- La forma como se viene aplicando para una expansión industrial.

La Tabla 3.5, resume el arreglo institucional, los instrumentos metodológicos y las líneas de acción propuestas como parte de las preguntas de estudio.

Tabla 3.5 - Cuadro Resumen en referencia cruzada

Empresa Minera de Tajo Abierto	Ejes de Estudio			
	Gestión de la Innovación	Uso de TIC	Nivel de Maduración de CIMG	Aplicación Minería y Expansión Industrial
ANTAMINA	Recae en todos, aunque es impulsada por un área en particular. Cuenta con un programa dedicado a la promoción de mejora continua con proveedores.	Fuerte respaldo tecnológico en la gestión integrada de procesos productivos. Labores complementarias del área de TIC, como mejora continua de procesos.	Nivel V, procesos planificados y controlados en todos los niveles. Software Ventyx Ellipse, tipo ERP para la gestión y planificación integral de la producción	Control eficiente. Obras por Impuesto Mejora de Infraestructura. Proyectos para reducir tiempos de operaciones.
BUENAVENTURA	Usada para diversos fines. Las ideas provienen de concursos o de reuniones con proveedores. Conformación de organizaciones y comités con proveedores. Creación de Centro de Innovación.	Incorpora Tecnología internacional. Viene incorporando tecnología dado el actual crecimiento en sus operaciones.	Nivel IV, aseguramiento y control de producción. Software de monitoreo de producción. Centros de control a distancia.	Control óptimo. Un Centro de Innovación con propósitos científicos. Proyecto ganador Innovación SNMP. Proyectos de Ampliación Río Seco. Proyectos de Electrificación. Convenios de Becas y Pasantías para universitarios.
CERRO VERDE	Recae en todos, aunque es impulsada por un área en particular. Cuenta con herramienta tecnológica, para su difusión, llamada INNOVA.	Fuerte respaldo tecnológico en la gestión integrada de procesos productivos. Labores complementarias del área de TIC, como mejora continua de procesos. Cuentan con un registro de patente, aunque de herramienta para mantenimiento. Capacidad de transferencia tecnológica.	Nivel IV, aseguramiento y control de producción. Software de monitoreo de producción. Centros de control a distancia.	Control eficiente. Proyecto con SEDAPAR. Responsabilidad Social en Educación. Proyectos ganadores Innovación SNMP. Proyectos para ampliar nivel de producción.
SOUTHERN PERÚ	Usada para diversos fines. Énfasis en la educación y desarrollo comunitario.	Fuerte respaldo tecnológico en la gestión integrada de procesos productivos. Labores complementarias del área de TIC, como mejora continua de procesos.	Nivel V, aseguramiento y control de producción. Software Ventyx Ellipse, tipo ERP para la gestión y planificación integral de la producción	Control óptimo. Proyecto con SEDAPAR. Siete Centros de Innovación con propósitos educativos. Proyectos de ampliación en mina y refinación. Obras por impuesto en Infraestructura.
VOLCAN	Usada para diversos fines. Énfasis en la innovación tecnológica. Conformación de organización y comités con proveedores.	Incorpora Tecnología internacional. Viene desarrollando proyectos tecnológicos, dado el actual crecimiento en sus negocios.	Nivel III, proceso de desarrollo. Requerimientos de automatización, producto del crecimiento del negocio minero.	Control óptimo. Líder en ejecución de Obras por Impuesto y Alianzas Público Privadas. Proyecto ganador Innovación SNMP. Proyectos de electrificación y adquisición de minas.

Respecto a las proposiciones, se tiene que para la referida a que las grandes unidades mineras de tajo abierto incorporan innovaciones tecnológicas con miras a lograr eficiencia operativa (reducción de costos), Antamina cumple dado que esto forma parte de las funciones del área de Excelencia Operacional. Buenaventura también cumple, no obstante la innovación cubra diversas áreas de la organización. En Cerro Verde, se interpreta en una forma de búsqueda de soluciones que apunten a lograr en primera instancia, la mejora continua de los procesos y las operaciones. En Southern Peru, se cumple dado el enfoque de aplicación de innovación apunta a la excelencia operativa, aunque también en aspecto de comunicación corporativa con el hecho de mejorar la calidad de vida de los habitantes de sus zonas de influencia. Finalmente en Volcan se cumple, por cuanto las innovaciones tecnológicas apuntan a la reducción de costos y tiempos de operación; se enfatiza mucho en ello en todas las áreas.

Respecto a la segunda proposición de que las grandes unidades mineras de tajo abierto emplean principalmente Sistemas de Gestión Integrados (del tipo ERP), en cuanto al uso de TIC se refiere, Antamina incorpora herramientas de software de gestión integral, partiendo de soluciones de tecnología, como el caso del *Ventyx Ellipse*. En Buenaventura no hay evidencia de un sistema central que unifique el control de los procesos, no obstante se apunta a ello. En Cerro Verde, se cumple por cuanto posee un sistema de gestión integral de la producción. En Southern Peru, se valida por el fuerte respaldo tecnológico del sistema de tipo ERP, *Ventyx Ellipse*. Finalmente en Volcan, sólo se percibe una orientación hacia la automatización e integración de sus procesos.

Respecto a la tercera proposición que menciona que el nivel de maduración en cuanto al uso de *Computer Integrated Mining (CIMG)* es heterogéneo, en las grandes unidades mineras de tajo abierto, Antamina posee un nivel V de maduración dado el involucramiento de todos los procesos productivos. En Buenaventura con su nivel IV de maduración, se refleja el involucramiento de tecnologías para medición y control de producción. Cerro Verde, evidencia un nivel IV de madurez por cuanto desarrolla rutinas de seguimiento de la producción en diversas áreas. En Southern Peru, se evidencia un nivel V de maduración, en donde destaca el control, planificación e integración de los procesos productivos en sus distintas fases. Finalmente en Volcan, con su nivel III de maduración, evidencia el camino hacia la plena automatización y planificación de sus labores.

Por último, en la cuarta proposición que menciona que durante la fase de explotación, es donde resulta beneficioso incorporar innovaciones tecnológicas en las grandes unidades mineras; Antamina se centra en desarrollar sus proyectos de índole de eficiencia operativa a la par de sus compromisos con las comunidades. En Buenaventura, con la presencia de un Centro de Innovación Tecnológica, se orienta a investigar nuevas técnicas de lixiviación, con miras a reducir el tiempo para la obtención de los concentrados. Cerro Verde, se centra en seguir con sus proyectos de ampliación de planta de concentración y sus convenios con empresas públicas en materia de irrigación y tratamiento de relaves a nivel de negocio, no obstante se vienen impulsando la creación de algunos prototipos robóticos para la seguridad y la gestión de operaciones; a

nivel de desarrollo tecnológico . En Southern Peru, se evidencia siete Centros de Innovación y Desarrollo Tecnológico, aunque destinados a propósitos de capacitación y soporte a las labores de responsabilidad social; en materia de educación. Finalmente en Volcan, pese a sus recientes adquisiciones de minas, hidroeléctricas y proyectos propios de automatización, apunta a consolidar la gestión de innovación y desarrollo tecnológico, como evidencia su proyecto ganador del concurso de innovación de la SNMPE.

Es evidente por consiguiente que las cuatro proposiciones se cumplen, no obstante que la primera de ellas evidencia una tendencia clara hacia innovaciones organizacionales (comités, centros de innovación) mientras que en la segunda proposición, se revela una tendencia hacia la consolidación de sistemas de gestión integrada de procesos que se da en tanto suceden las adquisiciones y las expansiones industriales.

Por su parte, la heterogeneidad de los niveles de maduración de CIMG, es evidente por los diversos niveles expuestos. Y finalmente la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico aplicado en la minería y a la expansión industrial es priorizada para proyectos durante la fase de explotación, la cual demanda reducción en tiempo de operaciones y ampliación de niveles de producción; destacando la presencia de un Centro de Innovación Tecnológica (de naturaleza científica) para este fin.

4 Conclusiones

En aspectos generales, la gestión de la innovación en la gran minería a tajo abierto en el Perú, recae en dos actividades: La promoción de la generación de ideas por parte del personal propio, y el trabajo con los proveedores en cuanto mejora continua. Por tal motivo, las empresas parecen no considerar necesaria la implantación de un área de Gestión de la Innovación y Desarrollo Tecnológico. Sin embargo, una de las empresas (minera nacional) indicó contar con un centro de innovación, en donde viene desarrollando nuevos métodos para el tratamiento de los minerales e impulsando desarrollos tecnológicos haciendo uso de las TIC.

El desarrollo tecnológico, viene sentando sus bases propiamente en el soporte de las TIC, las cuales se vienen afianzando y consolidando en las empresas extranjeras multinacionales, a diferencia de las nacionales. Estas últimas, apuntan a optimizar sus procesos y a asegurar la automatización, pendiente por su crecimiento industrial. Cabe resaltar que gracias a la tecnología de software incorporado por las multinacionales, como el caso del Ventyx Ellipse, es que los procesos de control de producción y los procesos de control de negocio; han sido centralizados en una misma plataforma. Al respecto, se viene desarrollando una literatura complementaria respecto a las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y su aporte a los procesos de gestión integral, frente a las Tecnologías Operativas (TO); con su aporte a la

vinculación de los datos de los sistemas de monitoreo (Scada, PLC, GIS, etc.) a los sistemas de gestión (ERP, EAM, SCM, etc.).

El nivel de maduración en cuanto CIMG es claramente mayor en las empresas pertenecientes a grandes corporaciones multinacionales; no siendo el mismo resultado para las empresas mineras nacionales, que están en su mayoría terminando de automatizar sus instalaciones y formulando proyectos para consolidar la integración de sus procesos; razón por la que destinan buenas partes de sus inversiones en dichas tareas. Conviene precisar, que se viene produciendo literatura complementaria al CIMG, que involucra a nuevas tendencias tecnológicas como el Internet de las Cosas (IoT) y la Analítica de Datos a partir de Big Data.

Por otro lado se evidencia una fuerte expansión industrial en los complejos mineros de tajo abierto de procedencia nacional; los cuales buscan ampliar sus plantas concentradoras, incorporar centrales hidroeléctricas para abastecimiento de electricidad o bien implementar refinерías de minerales, con miras a incrementar la producción, reducir costos y aportar valor agregado. Ello es respaldado con las contribuciones del primer Centro de Innovación y Tecnología, en el ámbito de la investigación aplicada. Por su parte las mineras multinacionales, vienen aprovechando la gestión de la innovación mediante la importación de tecnología aplicada a minería a sus respectivos proyectos de eficiencia operativa o ampliación de plantas de concentrado; esto confirma que la incorporación de tecnología o las iniciativas de innovación apuntan a la operación minera; en lo que concierne a la fase de proyecto de explotación.

Al no existir un marco estratégico que oriente a la innovación como un área o una división gerencial, queda evidente que será la agenda por tratar de las grandes empresas mineras de tajo abierto nacionales en el transcurso de los próximos años; habiendo consolidado en primer lugar sus proyectos industriales. Aspecto contrario para las multinacionales, que promueven grandes proyectos de exploración y explotación, aunque con el mismo componente de innovación referido a la importación de tecnología o bien con un enfoque netamente educativo y ligado a la Responsabilidad Social.

Este estudio ha revelado que la gestión de la innovación en la minería a tajo abierto en nuestro país, es aún incipiente. El auge de los proyectos tecnológicos en este sector, ha recaído principalmente en la aplicación de las TIC; esto debido principalmente a que constituye un área que conoce el negocio de la operación minera, y que por otro lado, sus iniciativas representan un menor coste frente a la incorporación de productos tecnológicos desarrollados en otros países. Entonces, hablar propiamente de innovación en un entorno tan volátil en cuanto el impacto comercial de sus productos y tan riesgoso en cuanto la competitividad y el cumplimiento de la reglamentación; presupone una reflexión en la alta gerencia de las empresas mineras. Sin embargo, como se ha demostrado en los estudios de caso, no lo es tanto para la fuerza laboral externa o para algunos empleados; quienes aprovechan los “concursos corporativos de ideas” para develar los problemas en su entorno y proponer nuevas soluciones, que en gran medida, hacen uso de tecnología.

Al concluir la presente investigación, se ha venido develando algunas oportunidades de estudio o nuevos campos de investigación tanto en TIC, TO y las nuevas tendencias tecnológicas que complementan al CIMG; pero, no es de restar importancia al tema de generar y propiciar la cultura de innovación en las grandes corporaciones, como representan en su mayoría las empresas del presente estudio de casos. Finalmente, queda como materia de investigación académica pendiente: un estudio de casos similar, pero aplicado a otros procesos de la innovación, tales como la gestión del conocimiento, la vigilancia tecnológica, la inteligencia competitiva y la prospectiva tecnológica. Aporte semejante, sería el también desarrollar estudios referentes a la innovación inversa (desarrollo interno de innovación), innovación abierta (búsqueda de ideas y soluciones con apoyo de actores externos) y el valor compartido (propuesta de soluciones rentables con impactos en diversos actores); las cuales vienen ganando atención.

5 Referencias Bibliográficas

ABB (2015). ABB Chile. *Minería “Next Level” Asegurar el futuro a través de operaciones integradas y tecnologías de la información*. Recuperado el 11 de julio del 2015 de: http://new.abb.com/docs/librariesprovider78/chile-documentos/mineria_abb_next-level_2015_spanish.pdf?sfvrsn=2

ACCENTURE (2011). Accenture, Consultoría de Operaciones. *Gestión de Procesos de Negocio: Integración de estrategia, talento y tecnología*. Recuperado el 11 de agosto del 2014 de: http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/Local_Mexico/Research-and-Insights/Accenture-Gestion-de-Procesos-de-Negocio-Integoracion-estrtegia-talento-y-tecnologia.pdf

Acosta, J. (2013). Conferencia ProExplo Lima. *Potencial Minero del Perú. Producción y Recursos de Oro, Plata y Cobre en las Franjas Metalogénicas del Perú*.

Afuah, A. (1998). *Innovation Management: Strategies, implementation and profits*. Oxford: University Press

Alavudeen, A. & Venkateshwaran, N. (2008). *Computer integrated manufacturing*. Englewood Cliffs: Prentice Hall

ALUMBRERA (2013). Minera Alumbreira. Argentina. “*Informe de Sostenibilidad 2013*”. Recuperado el 14 de agosto del 2014 de:

http://www.alumbrera.com.ar/download/articulos/informeweb_alumbrera_2013.pdf

AMETIC (2012). Funcoas, Madrid. “*Situación y retos de las Green TIC en España y plataforma tecnológica Green TIC*”. Recuperado el 11 de agosto del 2014 de: <http://www.espanadigital.org/wp-content/uploads/2014/01/Informe-Situacion-y-Retos-Green-TIC.pdf>

ANTAMINA (2012). Compañía Minera Antamina S.A. *Informe de Sostenibilidad*. Recuperado el 08 de agosto del 2014 de: http://www.antamina.com/wp-content/uploads/2014/06/reporte_sostenibilidad_2012.pdf

Arata, A., Stegmaier, R. Nikulin, C. & Soto, F. (2011). Identificación de Factores Críticos de Innovación para Modelo de Medición de Innovación por Etapas que sean representativos para los Indicadores Internacionales de I+D+i mediante la Formación de Cluster. *Science for Innovation*, Año 1, Número 0.

Arancibia, S., Donoso, M., Venegas, R. & Cárdenas, C. (2015). Identifying Key Factors Affecting Culture of Innovation: a Case Study of Chilean Medium Mining Sector *Journal of Technology Management & Innovation*, Vol. 10, 2015.

Bartos, P. (2007). Is mining a high-tech industry? Investigations into innovation and productivity advance. *Resources Policy*. 32. Recuperado el 18 de mayo del 2015 de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2007.07.001>

Benavides, R. (Comunicación personal, 29 de marzo de 2015).Entrevista a Raúl Benavides Ganoza, Vicepresidente de Desarrollo de Negocios en Compañía Minera Buenaventura. Lima.

Bessant, J., (1991) *Managing Advanced Manufacturing Technology: The Challenge of the Fifth Wave*. Oxford: NCC Blackwell.

Bessant, J., (1994) Towards Total Integrated Manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 34. University of Brighton: Centre for Business Research.

Bueno, E. & Morcillo, P. (1997). *Dirección Estratégica de la Tecnología e Innovación. Un enfoque de competencias*. Madrid: Editorial Civitas.

BVL a. (2014) Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A, Bolsa de Valores de Lima. *Información Corporativa*. Recuperado el 20 de setiembre del 2014 de:
http://www.bvl.com.pe/inf_corporativa64650_CVERDEC1.html

BVL b. (2014). Southern Peru Copper Corporation - Sucursal del Perú, Bolsa de Valores de Lima. *Información Corporativa*. Recuperado el 20 de setiembre del 2014 de:
http://www.bvl.com.pe/inf_corporativa64200_SPCCP11.html

BVL c. (2014). Volcan Compañía Minera S.A.A, Bolsa de Valores de Lima. *Información Corporativa*. Recuperado el 21 de setiembre del 2014 de:
http://www.bvl.com.pe/inf_corporativa64801_VOLCAAC1.html

BVL d. (2014). Compañía de Minas Buenaventura, Bolsa de Valores de Lima.

Información Corporativa. Recuperado el 21 de setiembre del 2014 de:

http://www.bvl.com.pe/inf_corporativa61200_BUENAVC1.html

BUENAVENTURA (2011). Compañía de Minas Buenaventura. *Memoria Anual 2011*.

Recuperado el 21 de setiembre del 2014 de:

http://portal.buenaventura.com.pe:12020/Adm_Biblioteca/Memorias_Anual/MEMORIA%20ANUAL%202011.pdf

Cabero, J. (1998). *Impacto de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en las organizaciones educativas*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

CMC (2014). CMC Limited. *Integrated Mining Command & Control Centre*.

Recuperado el 15 de abril del 2014 de:

<http://www.cmcltd.com/solutions/mining/integrated-mining-command-control-centre>

CEPAL a. (2010). Salud y TIC. *Newsletter*. N°12. Santiago de Chile: eLAC.

Recuperado el 15 de abril del 2014 de:

<http://www.cepal.org/socinfo/noticias/paginas/3/44733/newsletter12.pdf>

CEPAL b. (2010). División de Desarrollo Social CEPAL, Santiago de Chile.

Tecnologías de Información y Comunicación en el sector salud: oportunidades y desafíos para reducir inequidades en América Latina y el Caribe.

Recuperado el 15 de abril del 2014 de:

<http://archivo.cepal.org/pdfs/ebooks/lcl3244.pdf>

CERRO VERDE (2013). Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. *La Minería en Arequipa*.

Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de:

[http://www.jornaldearequipa.com/Minas-Cerro-Verde%20\(1\).pdf](http://www.jornaldearequipa.com/Minas-Cerro-Verde%20(1).pdf)

Ciani, J. (2010). *TICs Aplicadas a Salud. Caso de Estudio: Instituto Santa Lucía*.

Paraná, Argentina. Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de:

<http://es.slideshare.net/jlciani/tics-aplicadas-a-salud>

CODELCO (2013). CODELCO. Chile. *Memoria Anual 2013. Perfil Corporativo*.

Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de:

<http://www.codelco.com/perfil-corporativo/memoria2013/2013-04-16/141427.html>

Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma: The Revolutionary Book That Will Change the Way You Do Business*. Harper Business Essentials

Crespo, E. (2008). *Guía para el análisis del impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en el desarrollo humano*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de :

http://oa.upm.es/1045/1/PFC_ENRIQUE_CRESPO_MOLERA.pdf

Dammert, A. & Molinelli, F. (2007). OSINERGMIN, Lima. *Panorama de la minería en el Perú*. Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de:

http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Estudios_Economicos/PANORAMA_MINERIA_PERU.pdf

Dewar, R. & Dutton, J. (1986). The Adoption of Radical and Incremental Innovations: An Empirical Analysis. *Management Science*. Vol. 32.

De Weck, O., Reed, D., Sarma, S. & Schmidt, M. (2013). *Trends in Advanced Manufacturing Technology Innovation*. Massachusetts Institute of Technology

Dessureault, S., (2003). *Justification techniques for computer integrated mining*. South Africa: Institute of Mining and Metallurgy.

Escobar, V. (2000). *La Innovación Tecnológica*. Ediciones ISCM-SC. Cuba.

Escobar, R. (Comunicación personal, 25 de septiembre de 2014). Entrevista a Ruth Escobar Juárez, Jefe de Proyectos de Calidad de Sociedad Minera Cerro Verde. Arequipa

ESCONDIDA (2013). Minera Escondida Chile. *Informe de Sustentabilidad 2013*.

Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de:

[http://www.accionrse.cl/docs/empresas/1610024512_Informe_de_sustentabilidad Escondida_2013.pdf](http://www.accionrse.cl/docs/empresas/1610024512_Informe_de_sustentabilidad_Escondida_2013.pdf)

Escorsa, P. & Valls, J. (1997). *Tecnología e Innovación en la Empresa. Dirección y Gestión*. Lima: Ediciones UPC.

Estrada, S. & Sabando, D. (2001). Economía y Gestión de la Innovación y Política Tecnológica. *Gestión de recursos tecnológicos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

EY (2014). Ernst & Young Minería, Lima. *Guía de Negocios e Inversión en el Perú 2014 -2015*. Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de:

[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Peru-guia-de-negocios-e-inversion-14-15/\\$FILE/Guia-de-Negocios-e-Inversion-en-el-Peru-2014-2015.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Peru-guia-de-negocios-e-inversion-14-15/$FILE/Guia-de-Negocios-e-Inversion-en-el-Peru-2014-2015.pdf)

Flores, C. (Comunicación personal, 5 de noviembre de 2014). Entrevista a Carlos Flores Trelles, Gerente Corporativo de Tecnologías de Información de Volcan Compañía Minera. Lima.

Freeman, C. (1995). *The national system of innovation in historical perspective*. Cambridge: Journal of Economics.

Freeman, C. & Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. 3 Ed. Pinter. London.

GESI (2011). Global e-Sustainability Initiative (GESI). *Uso de las TIC. Para hacer frente al cambio climático*. Recuperado el 25 de setiembre del 2014 de: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0B/11/T0B1100000A3301PDFS.pdf

Guifford, C., (2007). *The Hitchhiker's Guide to Operations Management: ISA-95 Best Practices*. Book 1.0 ISA. USA: Instrumentation, Systems and Automation Society.

Guimarães, V.(2011). ALTEC. *Fomentando a integração multifuncional no planejamento da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação por intermédio do Technology Roadmapping*.

Harrington, J. (1979). *Computer Integrated Manufacturing*. USA: Industrial Press

Hernández, R., Fernandez, C. & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta Edición .McGraw-Hill.

IEE (2011). IEEE Task Force on Process Mining. *Process Mining Manifesto*.

Recuperado el 15 de junio del 2015 de:

<http://www.win.tue.nl/ieeetfpm/downloads/Process%20Mining%20Manifesto.pdf>

IM2 (2015). Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia IM2 S.A. Filial

CODELCO Chile. *Acerca del IM2*. Recuperado el 15 de abril del 2015 de:

<http://www.im2.cl/>

INTEL (2011). Intel Inc. *40 Años del Microprocesador*. Recuperado el 15 de abril del 2015 de:

http://www.intel.la/content/dam/www/public/lar/xl/es/documents/40_aniversario_del_procesador.pdf

Koen, H. & Townsend, A. (2004). *Quadrem: E-Procurement for the Mining Industry*.

Wits Business School. London: University of the Witwatersrand

Lowe, P., (1995). *The Management of Technology*. Chapman and Hall.

Lozano, S. (Comunicación Telefónica, 2 de diciembre de 2014). Entrevista a Saul Lozano Benique, Gerente de Excelencia Operativa y Continuidad de Negocio de Compañía Minera Antamina. Lima

MEF (2012). Comité Aurífero, Ministerio de Economía y Finanzas. *Importancia de la Minería en el Desarrollo Peruano*. Recuperado el 24 de setiembre del 2014 de:

https://www.mef.gob.pe/contenidos/comun_notp/presentaci/2012/symposium_oro.pdf

Meza, J. (2011). *Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto*. Lima: Tesis Digitales PUCP.

MINEM (2013). Ministerio de Energía y Minas, Lima. *La Importancia de la Minería en el Perú*. Recuperado el 24 de setiembre del 2014 de:

http://www.iimp.org.pe/website2/jueves/ultimo341/jm20131010_importancia.pdf

MINEM (2014). Ministerio de Energía y Minas, Moquegua. *Impacto de las Inversiones Minero-Energéticas en el Desarrollo de Moquegua*. Recuperado el 14 de mayo del 2014 de:

<http://www.regionmoquegua.gob.pe/archivos/ponencias/foromoquegua2014/D1%20Ponencia%205%20-%20Impacto%20de%20las%20Inversiones%20Minero-Energeticas.pdf>

MINERIA (2013). Minería Online, Febrero 2013. *Informe Anual*. Recuperado el 14 de mayo del 2014 de:

<http://www.mineriaonline.com.pe/adminmine/filepdf/425%20EI%20Sector.pdf>

Morales, O., Barrera, Á. & Rodriguez, M. (2014). Universidad ESAN, Lima. *Modelo de gestión de la innovación para los gobiernos locales del Perú*. Recuperado el 15 de marzo del 2015 de:

http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2014/02/27/serie_gerencia_desarrollo_35_modelo_gestion_innovacion_gobiernos_locales_peru.pdf

- Morcillo, P. (1995). *“La innovación en la empresa: un factor de supervivencia”*
Documento núm. 7. Madrid: Asociación Española de Contabilidad y
Administración de Empresas (AECA)
- Morin, J., (1985). *L’excellence technologique*. Paris: Publi Union
- Morin, J., (1992). *Des technologies, del marchés et des hommes*. Paris: Les Editions
D’Organisation.
- Nieto, M.J. & Santamaria, L. (2007). *"The Importance of Diverse Collaborative
Networks for the Novelty of Product Innovation"*. Technovation
- NTP, (2009) Norma Técnica Peruana NTP 732.002 2009. *Investigación, gestión de la
I+D+i*. Lima: INDECOPI.
- NTP, (2011). Norma Técnica Peruana NTP 732.003 2011. *Investigación, gestión de la
I+D+i*. Lima: INDECOPI
- OECD (1992). *Frascati Manual*. DSTI/STII/STP/NESTI (92). París: NESTI.
- OECD a (2005). Committee for Information, Computer and Communications Policy.
*Working Party on Indicators for the Information Society. Guide to Measuring the
Information Society*. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de:
<http://www.oecd.org/dataoecd/41/12/36177203.pdf>
- OECD b (2005) *Manual de Oslo, Guía para la Recogida e Interpretación de Datos
sobre Innovación*, 3ª Edición. Grupo Tragsa

Orozco, O. (2010). Instituto Redes de Desarrollo Social, Lima. *La Minería Artesanal en el Perú*. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de:

http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Presentations_Forum/Day%202/la_mineria_artesanale_en_el_perupdf.pdf

OSINERGMIN (2012). 3er Congreso Internacional – Supervisión del Servicio Eléctrico, Cusco. *Confiabilidad del Suministro y Gestión de los Riesgos en los Sistemas Eléctricos. Aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación*. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de:

http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFE/IIICongresoGFE/pdf/3erCongreso-dia7-4-Leonidas_Sayas-Peru.pdf [Fecha de consulta: 15 mayo 2014]

PNT (2011). México D.F. *Premio Nacional de Tecnología*. Recuperado el 18 de marzo del 2015 de:

<http://www.pnt.org.mx/>

PRO INVERSION (2015). Agencia de la Promoción de la Inversión Privada, Lima. *¿Por qué invertir en el Perú?*. Recuperado el 28 de mayo del 2015 de:

http://www.proinversion.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/PRESENTACIONES_GENERAL/PPT_Por%20que%20invertir%20en%20Peru_marzo2015.pdf

PROMOTORES (2011). Promotores Multimedia S.A.C., Revista Proveedor Minero.

Perú: Proyectos Mineros del Futuro. Recuperado el 18 de agosto del 2014 de:

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F003ECB9A726B34B05257A380072651C/\\$FILE/demo-proyectos-mineros-del-futuro.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/F003ECB9A726B34B05257A380072651C/$FILE/demo-proyectos-mineros-del-futuro.pdf)

- Ramos, V. (2007). Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid. *Las TIC en el Sector Salud*. Recuperado el 05 de agosto del 2014 de:
<http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit163/41-45.pdf>
- Rothwell, R. & Gardiner, P. (1988). Re-Innovation and Robust Designs: Producer and User Benefits. *Journal of Marketing Management*. 3 / 3, 64-72.
- Salles Costa, L.S. & Caulliraux, H.M. (Orgs.). (1995). *Manufatura Integrada por Computador*. Rio de Janeiro: Campus.
- Scarabino, S. (2012). Memoria del Seminario realizado en CEPAL, Santiago de Chile. “TIC, medio ambiente y cambio climático: el rol de la UIT”. Recuperado el 05 de agosto del 2014 de: <http://www.bivica.org/upload/tic-desarrollo-sostenible.pdf>
- Scarone, C. (2005). “La innovación en la empresa: La orientación al mercado como factor de éxito en el proceso de innovación en producto” Recuperado el 18 de agosto del 2014 de:
<http://www.uoc.edu/portal/ca/in3/index.html/dt/esp/scarone0405.html>
- Scheer, A. (1993). *CIM: Evolviendo para a fábrica do futuro*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Schramm, W. (1971). Working paper for Academy of Educational Development. *Notes on case studies for instructional media projects*. Washington DC.
- Schumpeter, J. (1934). “*The Theory of Economic Development*”. Masachusets: Harvard University Press.

- Sieber, S., Valor, J. & Fuentes, I. (1934). E-Business Center. “*Efectos de las innovaciones en la Industria*”. Price Waterhouse Coopers-IESE. 2007.
- UNIDO (1989). UNIDO Computer Software, Viena. *Computer Integrated Manufacturing: Perspectives for International Economic Development and Competitiveness*.
- SNMPE (2006). Informe Quincenal de la SNMPE. “*El Ciclo Productivo de la Minería*”. Recuperado el 18 de agosto del 2014 de:
<http://www.exploradores.org.pe/pdf2.php?url=pdf/667/Informe-Quincenal-Mineria-El-ciclo-productivo-de-la-mineria.pdf>
- SNMPE (2011). Informe Quincenal de la SNMPE. “*Tajo Abierto y Socavón*”. Recuperado el 05 de octubre del 2014 de: <http://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/informes-quincenales/sector-minero/1811-tajo-abierto-y-socavon-actualizado-octubre-de-2011.html>
- SOUTHERN PERU (2012). Southern Cooper Corporation. “*Crecimiento, Informe Anual*”. Recuperado el 18 de agosto del 2014 de:
<http://www.southernperu.com/esp/reinv/2012/AnnualReport/reporte2012e.pdf>
- Stal, E. (2011). ALTEC. *The Role of Technological Innovation in the Successful Trajectory of Multinational Companies from Latin America*.
- Stevenson, H. & William, T. (1986). *Entrepreneurship, Intrapreneurship, and Venture Capital: The Foundations of Economic Renaissance*. Canada: Lexington Books.

- Stout, T. & Williams, T. (1995). Pioneering Work in the Field of Computer Process Control. *Journal IEEE Annals of the History of Computing*, N° 17.
- Tardelli, A., (2004). World Conference. *ERP Systems in Mining Industry: Studying The Software Functionality and the Value Chain*. México.
- TELEFONICA (2012). Grupo Telefónica del Perú. “*Informe de Sostenibilidad Corporativa*”. Recuperado el 11 de agosto del 2014 de:
<http://www.telefonica.com.pe/rc/pdf/INFORME%20DE%20SOSTENIBILIDAD%2021-11%20FINAL.pdf>
- Tidd, J. & Bessant, J. (2009). *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. Cuarta Edición. Willey.
- Torres, I. (2011). ALTEC. *Internacionalización de Empresas Proveedoras de Tecnología. El Caso de la Industria Minera Chilena*.
- Townson, P. (2014). Queensland University of Technology. “*The Emergent Imperatives from a Design-Led Innovation Engagement within the Mining Industry*”.
Recuperado el 14 de agosto del 2014 de:
http://eprints.qut.edu.au/78490/1/Peter_Townson_Thesis.pdf
- Ugarteche, M.(Comunicación telefónica, 5 de diciembre de 2014). Entrevista a Martin Ugarteche Crosby, Superintendente de Tecnologías de Información de Southern Peru Copper Corporation. Moquegua.
- UNB (2011). Seminário da Universidade Brasília. *A Gerência de Cooperação e Fomento: Departamento do Instituto Tecnológico VALE*. Recuperado el 18 de

agosto del 2014 de:

<http://www.unb.br/administracao/decanatos/dpp/diadi/Seminarios/Vseminario/UNB%20Maio%202011.pdf>

UNESCO (1982). Informe UNESCO. *Repercusiones Sociales de la Revolución Científica y Tecnológica*. Paris: UNESCO.

Vazifeh, Q. & Ramini, G. (2011). Design a conceptual ERP Model for Small and Medium Enterprises of Iran. *IJCRB*. N°5 Irán. Recuperado el 18 de agosto del 2014 de: <http://journal-archives8.webs.com/850-860.pdf>

VOLCAN (2013). Volcan Compañía Minera S.A.A. “*Memoria Anual 2013*”.

Recuperado el 08 de agosto del 2014 de:

<http://www.volcan.com.pe/inversionistas/Memoria%20Anual/Memoria%20Anual%202013.pdf>

WEF (2014). Global Information Technology Report 2014. Geneva. *Rewards and Risks of Big Data. World Economic Forum*. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de: <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2014/>

Xu, Y. Chen, W.; Jin, B., (2007). Research on Web and Pro/E-based Part Design Reuse System. *Computer Integrated Manufacturing System*. N°13. China.

Yang, S.; Han, J.; Liu, R., (2007). Enterprise Resource Planning. *The International Journal of Management Science*. N° 32.

Yin, R., (2009). *Case Study Research*. Fourth Edition .California: SAGE Publications.

Zeballos, L. (2013). Cerro Verde. “*Procesos Mineros, Metalúrgicos y Geológicos*”.

Recuperado el 08 de agosto del 2014 de:

https://prezi.com/onjg_oicdop0/procesos-mineros-metalurgicos-y-geologicos/



Anexos

Anexo 1 - Guía de Entrevista

Agradeciendo la gentileza de acceder a esta entrevista, a continuación se le realizará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión sobre diversos aspectos de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el ámbito de la minería; específicamente para la tesis de la Maestría en Gestión y Política de la Innovación y Tecnología de la PUCP titulada “Gestión de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en la Gran Minería a Tajo Abierto del Perú”. Esta entrevista va dirigida a profesionales y especialistas en desarrollo de proyectos tecnológicos e innovadores del sector minero metalúrgico. A su vez, tiene por objetivo el conocer a partir de su experiencia, su apreciación respecto a la innovación, el desarrollo tecnológico y la incorporación de nuevas tecnologías aplicadas a la operación minera. La entrevista tiene una duración aproximada de 1 hora.

Título: Entrevista de investigación sobre la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico en la gran minería a tajo abierto.

Objetivo:

El objetivo es conocer a partir de su experiencia, su parecer respecto a la innovación, el desarrollo tecnológico y la incorporación de nuevas tecnologías.

Lugar:

Fecha:

Hora:

Datos Generales

a. Nombre del entrevistado:

b. Profesión:

c. Cargo Ejercido:

d. Empresa minera donde labora:

Nombre del entrevistador:

Preguntas de la entrevista:

Tema 1: Gestión de la Innovación

Iniciativas e Incentivos a la Innovación

¿Qué actividades realiza en torno a la gestión de la innovación? ¿Cuenta con un área especializada en ello?

¿Qué tipos de incentivos otorga para la generación de ideas? ¿Cuenta con programas orientados a la innovación?

Innovación de Procesos y Mejora Continua

¿Cuentan con un área destinada a la Mejora de Procesos? ¿Qué tipo de actividades viene realizando?

¿Involucran a sus proveedores en el proceso de Mejora Continua? ¿En qué programas o actividades participan de manera conjunta?

Tema 2: TIC y Soporte Tecnológico

Incorporación de Tecnología

¿Cuentan con tecnología de última generación? ¿Qué procesos siguen para incorporar nueva tecnología?

¿Cuentan con un área o gerencia encargada del aprovisionamiento de TIC?

¿Cómo viene contribuyendo con los objetivos de la organización en los últimos años?

Desarrollo Tecnológico

¿Han desarrollado tecnología propia?

¿Qué procesos siguen para transferir esta tecnología?

Tema 3: Madurez en Computer Integrated Mining (CIMG)

Recolección e Integración de Datos

¿Cuenta con control de operaciones a distancia? ¿Qué procesos mineros involucran?

¿Cuenta con los registros actualizados de la información proveída por los equipos? ¿Qué procesos mineros han venido siendo mejorados?

Monitoreo y Control de Operaciones

¿Cuenta con la información debidamente integrada y cuantificada en tiempo real? ¿Qué tecnología o software respalda a lo anterior?

¿Tienen control de todos sus procesos mineros? ¿Qué otras actividades y equipos de personas piensan involucrar?

Tema 4: Aplicación en Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial

Centros de Investigación Tecnológicos y Difusión

¿Han creado algún Centro de Investigación o Centro Tecnológico? ¿Apoyan o tienen alianza con algún Centro de Formación Técnica?

¿Han gestado o participado en algún Proyecto de Desarrollo Tecnológico organizado por el Estado o la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía?

Desarrollo de Negocios

¿Han incursionado o creado nuevas unidades de negocio de industrias alternas al negocio? ¿Han establecido acuerdos con empresas públicas o privadas para para la realización de Proyectos de Desarrollo?

Anexo 2 - Matriz de Consistencia

Unidad de Análisis: La Gestión de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico en la gran minería a tajo abierto del Perú.

Objetivo Específico	Proposición de Estudio	Metodología	Índice	Conclusión General	Propuestas de Estudio
Identificar el conjunto de iniciativas e incentivos en las empresas mineras de tajo abierto orientadas a la innovación de procesos o mejora continua; definiéndose el eje de estudio: Gestión de la Innovación.	Las grandes unidades mineras de tajo abierto, incorporan innovaciones tecnológicas con miras a lograr eficiencia operativa (reducción de costos).	<p>Estudio de Casos Múltiple (Yin, 2009).</p> <p>Literatura especializada de minería y tecnología (MINEM, 2013; MINEM, 2014).</p> <p>Información cualitativa de entrevistas semi estructuradas con especialistas en innovación tecnológica (Escobar, 2014; Ugarteche, 2014; Lozano, 2014; Flores, 2014; Benavides, 2015).</p> <p>Información cualitativa de Memorias Anuales (ANTAMINA, 2012; CERRO VERDE, 2013; SOUTHERN PERU, 2012; VOLCAN, 2013; BUENAVENTURA, 2011) y Documentos Públicos (BVL, 2014)</p>	<p>Capítulos</p> <p>1.Marco Teórico</p> <p>1.1 Gestión de la Innovación</p> <p>2 Estudio de Casos</p> <p>2.2 Escenario de Estudio y Empresas Involucradas</p> <p>3 Análisis de Resultados y Discusiones</p> <p>3.1 Levantamiento de Información</p>	<p>Algunas compañías mineras enfatizan mucho la innovación de procesos a través del impulso de la formulación de ideas a través de plataformas tecnológicas, como el caso de Cerro Verde, o bien partiendo de la búsqueda de soluciones de los mismos proveedores como el caso de Antamina; mientras que otras se concentran en actividades habituales en torno a recepción de ideas en reuniones o comités técnicos.</p>	<p>Innovación inversa</p> <p>Innovación abierta</p>

Objetivo Específico	Proposición de Estudio	Metodología	Índice	Conclusión General	Propuestas de Estudio
Identificar el tipo de tecnologías incorporadas o desarrolladas en las empresas mineras de tajo abierto; definiéndose el eje de estudio: TIC y Soporte Tecnológico	En cuanto al uso de TIC, se emplean principalmente Sistema de Gestión Integrados (ERP)	<p>Estudio de Casos Múltiple (Yin, 2009).</p> <p>Literatura especializada de minería y tecnología (MINEM, 2013; MINEM, 2014).</p> <p>Información cualitativa de entrevistas semi estructuradas con especialistas en innovación tecnológica (Escobar, 2014; Ugarteche, 2014; Lozano, 2014; Flores, 2014; Benavides, 2015).</p> <p>Información cualitativa de Memorias Anuales (ANTAMINA, 2012; CERRO VERDE, 2013; SOUTHERN PERU, 2012; VOLCAN, 2013; BUENAVENTURA, 2011) y Documentos Públicos (BVL, 2014)</p>	<p>Capítulos</p> <p>1.Marco Teórico</p> <p>1.2 Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC)</p> <p>2 Estudio de Casos</p> <p>2.2 Escenario de Estudio y Empresas Involucradas</p> <p>3 Análisis de Resultados y Discusiones</p> <p>3.1 Levantamiento de Información</p>	Existe un fuerte desarrollo de unidades funcionales de Tecnologías de Información, en empresas como Antamina y Southern Peru; quienes han concluido importantes proyectos de implementación de infraestructura tecnológica; según altos estándares. No obstante Cerro Verde, con la inscripción de su primera patente, está en la capacidad de transferir.	<p>Tecnologías de Información y Comunicación(TIC)</p> <p>Tecnologías de Operación (TO)</p>

Objetivo Específico	Proposición de Estudio	Metodología	Índice	Conclusión General	Propuestas de Estudio
Identificar las iniciativas de innovaciones tecnológicas relacionadas a la creación de centros de investigación o prácticas de desarrollo de negocio; definiéndose el eje de estudio: Aplicación en Minería a Tajo Abierto y Expansión Industrial	Es durante la fase de explotación, en donde resulta beneficioso el incorporar innovaciones tecnológicas en las grandes unidades mineras.	<p>Estudio de Casos Múltiple (Yin, 2009).</p> <p>Literatura especializada de minería y tecnología (MINEM, 2013; MINEM, 2014).</p> <p>Información cualitativa de entrevistas semi estructuradas con especialistas en innovación tecnológica (Escobar, 2014; Ugarteche, 2014; Lozano, 2014; Flores, 2014; Benavides, 2015).</p> <p>Información cualitativa de Memorias Anuales (ANTAMINA, 2012; CERRO VERDE, 2013; SOUTHERN PERU, 2012; VOLCAN, 2013; BUENAVENTURA, 2011) y Documentos Públicos (BVL, 2014)</p>	<p>Capítulos</p> <p>1.Marco Teórico</p> <p>1.3 La Gran Minería de Tajo Abierto en el Perú</p> <p>2 Estudio de Casos</p> <p>2.2 Escenario de Estudio y Empresas Involucradas</p> <p>3 Análisis de Resultados y Discusiones</p> <p>3.1 Levantamiento de Información</p>	Para casos como de Volcan, Southern Peru y Buenaventura, existe un fuerte arraigo en el crecimiento industrial (ampliación de plantas de concentración, generación de electricidad, refinería, etc.) y en la articulación con otros agentes de la economía (gobierno, universidades, etc.); revelando un gran impulso de expansión a partir de la fase de explotación en vigencia.	<p>Cultura de Innovación</p> <p>Valor compartido</p>

Objetivo Específico	Proposición de Estudio	Metodología	Índice	Conclusión General	Propuestas de Estudio
<p>Evaluar el nivel de recolección e integración de datos y las técnicas de monitoreo y control de operaciones en las empresas mineras de tajo abierto; definiéndose el eje de estudio: Madurez en Computer Integrated Mining</p>	<p>Respecto al nivel de madurez en cuanto el grado de utilización de CIMG es heterogéneo.</p>	<p>Estudio de Casos Múltiple (Yin, 2009).</p> <p>Literatura especializada de minería y tecnología (MINEM, 2013; MINEM, 2014).</p> <p>Información cualitativa de entrevistas semi estructuradas con especialistas en innovación tecnológica (Escobar, 2014; Ugarteche, 2014; Lozano, 2014; Flores, 2014; Benavides, 2015).</p> <p>Información cualitativa de Memorias Anuales (ANTAMINA, 2012; CERRO VERDE, 2013; SOUTHERN PERU, 2012; VOLCAN, 2013; BUENAVENTURA, 2011) y Documentos Públicos (BVL, 2014)</p>	<p>Capítulos</p> <p>1.Marco Teórico</p> <p>1.4 Computer Integrated Mining (CIMG)</p> <p>2 Estudio de Casos</p> <p>2.2 Escenario de Estudio y Empresas Involucradas</p> <p>3 Análisis de Resultados y Discusiones</p> <p>3.1 Levantamiento de Información</p>	<p>Existe un desarrollo diverso en las compañías mineras, integrando por lo general a los centros de control y a la obtención de datos. Empresas como Southern Peru y Antamina, han incorporado software de control integral de la producción, que les permite alcanzar un importante nivel de maduración en cuanto CIMG.</p>	<p>Internet de las Cosas (IoT)</p> <p>Analítica de Datos (Big Data)</p>