



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DETERMINACION DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS PARA
EMPRESARIOS COREANOS EN LA MINERIA DEL COBRE EN CHILE**

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN GESTIÓN PARA LA GLOBALIZACIÓN

NATALIA MARÍA RUZ MENESES

PROFESOR GUIA:
GERARDO DÍAZ RODENAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JUAN DIAZ GONZALEZ
LEONARDO VIDAL URIBE

SANTIAGO DE CHILE
2015

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
GRADO DE:** Magister en Gestión para la Globalización
POR: Natalia María Ruz Meneses
FECHA: 30 de marzo de 2015
PROFESOR GUIA: Gerardo Díaz Rodenas

DETERMINACION DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS PARA EMPRESARIOS COREANOS EN LA MINERIA DEL COBRE EN CHILE

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo determinar oportunidades de negocios para empresarios de Corea del Sur en la minería chilena, en particular los relacionados con innovaciones tecnológicas, sistemas integrados de control y gestión. Esto puede traer importantes beneficios para ambos países. Por un lado, Chile tendría acceso a una de las economías que van a la vanguardia de los últimos desarrollos tecnológicos. Y por otra parte, Sud Corea tendría acceso a un mercado que cada vez se está volviendo más atractivo para los países asiáticos. Chile podría ser la puerta de entrada para entablar negocios tecnológicos en minería sudamericana.

Para llevar a cabo este trabajo se analizó el estado actual de la minería en cuanto a tecnologías se refiere tanto en Chile como en los países extranjeros líderes en minería. Se analizaron las brechas para ambas situaciones y se determinó el potencial mercado que ofrece la minería en Chile en términos de implementación tecnológica para empresas sudcoreanas.

Producto de este análisis se obtuvo que Chile se encuentra muy distante de contar con tecnologías que le permitan estar en sintonía con la idea de una minería inteligente del futuro. Faltan esfuerzos coordinados entre gobierno, el sector privado y las instituciones de fomento a la innovación.

Finalmente se concluyó que en la actualidad se presenta un escenario de negocios favorable para ambas naciones. Por una parte, Corea y su liderazgo tecnológico pueden ofrecer a la minería chilena una visión de minería inteligente de futuro, encontrando una oportunidad de negocio en la industria más grande del país, con la posibilidad de extenderse a los países vecinos de Sudamérica. Y por otra Chile con la necesidad de encausarse en la ruta del desarrollo y liderazgo minero, para lo cual se necesitan quiebres tecnológicos. En concreto las potenciales inversiones en tecnología en proyectos mineros con estudios de pre y factibilidad en un período de 9 años, ascienden a montos totales de inversión de alrededor de MMUS\$2500.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	1
1.1	Chile y Corea del Sur: historias muy distintas	2
1.2	Innovación y Sistemas Integrados	3
2	Objetivos	3
2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos	4
3	Metodología	4
4	Cadena del Valor en La Minería del Cobre Chilena	4
5	Escenario Actual de la Minería	5
6	Situación Tecnológica Actual de la Minería	7
6.1	Minería Chilena	7
6.1.1	Caso CODELCO	10
6.1.2	Minera El Tesoro, Antofagasta Minerals Problema en la numeración de los capítulos	14
6.1.3	Minera Lumina Copper S.A, Proyecto Caserones Problemas en la numeración de los capítulos	15
6.2	Comparación entre Chile y Países Líderes	16
7	Benchmarking de Innovación y Sistemas de Gestión y Control en el Extranjero	18
7.1	Sistema Integrado en Pilbara, Australia, Minera Rio Tinto	18
7.2	Sistema Integrado en Pilbara, Australia, Minera BHP Billiton	19
7.3	Sistema Integrado en Pilbara, Australia, Proyecto Roy Hill	20
7.4	Santos Ltda.	21
7.5	I2Mine	21
8	Brechas Tecnológicas entre Chile y Países Líderes en Minería	24
9	Experiencia Sud Coreana en Sistemas de Integración	25
9.1	Mercado de Sistemas Integrados en Sud Corea	26
9.2	U-Ciudades	28
9.3	Casos Coreanos	30
9.3.1	Busan- Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)	30
9.3.2	K-Water	31
9.3.3	Proyecto Roy Hill – POSCO ICT	32

10 Análisis de Oportunidades de Negocios para Empresas Coreanas en Chile	33
11 Discusión	36
12 Conclusiones	40
13 Bibliografía.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6-1: Índice Tecnológico del Foro Económico Mundial	9
Tabla 6-1: Gastos en I&IT , CODELCO 2010-2013	11
Tabla 6-2: Comparación de Algunos Indicadores de I&D, 2010.....	17
Tabla 7-1: Resumen Benchmarking.....	23
Tabla 9-1: Principales Compañías de Servicios TI Coreanas	27
Tabla 10-1: Cartera de Proyectos Mineros en Chile, 2014-2023	33
Tabla 10-2: Distribución de la inversión en la minería chilena por estado de proyectos	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Cadena de Valor Minería del Cobre Chilena	5
Figura 5-1: Profundidad Creciente en Minería	6
Figura 6-1: Situación Actual de la Gestión Integrada en Chile	8
Figura 6-2: Ranking Factores problemáticos para realizar negocios en Chile.	9
Figura 6-3: Nivel Actual de Proveedores de la Minería Chilena	10
Figura 7-1: Centro de Operación en Perth, Australia.....	19
Figura 9-2: Tamaño de Mercado según Sectores Tecnológicos	26
Figura 9-1: Distribución de Mercado por Industria, 2014	26
Figura 9-3: Diagrama U-Ciudades	29
Figura 9-4: Ejemplo Tecnología en U-Turismo	29
Figura 9-5: Ejemplo Tecnología U-Seguridad	29
Figura 9-6: Ejemplo Tecnología U-Trafico	30
Figura 9-7: Sistema Integrado K-Water.....	32
Figura 10-1: Cartera de Proyectos Mineros 2014-2023 y su % en Inversión	34
Figura 10-2: Inversión Proyectos Mineros en Chile, 2014-2023	35

1 INTRODUCCIÓN

Para situar las relaciones comerciales entre Chile y sus socios comerciales, se puede decir que entre 1990 y 2000 se produjo en Chile el boom del sector minero debido a inversiones extranjeras, motivadas por la estabilidad política, social y económica de nuestro país¹. En este contexto, el año 2012, según el CIE (Comité de Inversiones Extranjeras) el 50% de las inversiones en Chile fueron en la industria minera, de las cuales las mayores inversiones fueron realizadas por USA, España y Japón. De acuerdo con datos proporcionados por esta misma organización, Japón concentró el 31,3% de inversión extranjera materializados entre 2010 y 2012, ocupando el primer lugar antes de USA y España. Según esto, pareciera que la minería del cobre en Chile se está volviendo cada vez más atractiva para los gigantes asiáticos, con Japón a la cabeza y con Corea del Sur intentando seguirle los pasos.

A su vez, en la actualidad la *"ralentización de los mercados de los commodities y la gran incertidumbre en los mercados ha influido directamente en la disminución de la actividad minera"*². Es por eso que se hace necesario realizar mejoras en la eficiencia de los procesos mineros, lo cual juega un rol fundamental en la cadena de valor de la industria minera mundial. Hoy en día, y a pesar de que el escenario minero mundial se vislumbra inestable en un futuro cercano, Chile aún posee cierta estabilidad. Quizás este sea el momento y la oportunidad que tiene la minería chilena para replantearse como están las mineras invirtiendo en tecnología y en innovación.

Ahora bien, en términos de relaciones comerciales entre Chile y Corea del Sur, ya se cumplieron 50 años desde el establecimiento de las relaciones diplomáticas entre Chile y Corea del Sur, sin embargo Corea no figura en la lista de los mayores inversionistas, ni socios estratégicos para la industria minera local. Por otra parte Corea destaca por el desarrollo tecnológico en diversas industrias del país, siendo uno de los líderes asiáticos en tecnología y desarrollo de redes de interconexión.

Es por ello que en este estudio se analizará la industria chilena del cobre desde la perspectiva de la innovación tecnológica y sistemas integrados existentes y las posibles oportunidades de negocios que ésta ofrece para empresas coreanas, interesadas no solo en ofrecer nuevas tecnologías, sino también en descubrir potenciales sinergias y oportunidades comerciales complementarias para las empresas coreanas. Y con ello contribuir a potenciar o fortalecer la cooperación comercial entre ambos países. Esto podría ofrecer un alto potencial para ambos países. Por una parte, Chile

¹ Fuente: www.consejominero.cl

² Cita: Catastro de Empresas Exploradoras en Chile 2013, Comisión Chilena del Cobre, 2013

puede tener acceso a tecnología de punta y a uno de los países más tecnológicos en el mundo. Y por otra, a través de Chile, Corea podría abrirse al mercado de la minería en Sudamérica, considerando países como Perú, Brasil y Argentina.

Finalmente, parte del trabajo aquí expuesto será presentado en un organismo coreano (KIEP)³ con oportunidad de ser publicado en revistas del país.

1.1 Chile y Corea del Sur: historias muy distintas

Hace algo más de 40 años la realidad de Corea del Sur y Chile era distintas. En Corea del Sur la economía se basaba en la agricultura, el 80% de sus ingresos provenía de dicho sector. Su población estaba constituida por 40% de analfabetismo con un ingreso per cápita de 120USD anuales. Por su parte Chile, aunque poco desarrollado, contaba con el 60% de la población viviendo en ciudades, y con un analfabetismo de un 10%. Su ingreso per cápita ascendía a 730 USD anuales.

Conocido como el "Milagro del río Han", hoy Corea del Sur es una de las economías más modernas y dinámica, con un ingreso per cápita que supera al de Chile en alrededor de 10.000USD anuales, que a diferencia de Chile, por carecer de recursos naturales, debió su crecimiento solo al trabajo de toda la población, llegando a un casi exterminio de la pobreza, con tan solo 0,1% de analfabetismo.

Uno de los factores destacados en este milagro, fue el impulso en los estudios superiores y en el desarrollo científico tecnológico en los años 70s. La creación de nuevas universidades, centros de investigación les permitió acortar rápidamente las brechas tecnológicas y así conseguir el éxito en el siglo XXI⁴. En contraste a esta historia, Chile evidentemente está atravesando una crisis en su educación. Las demandas iniciadas con la "Revolución Pingüina" del 2006 y de años posteriores, la discusión no resuelta de una educación superior gratuita, dan cuenta de un sistema de educación carente de bases sólidas.

A diferencia de Corea, Chile no cuenta con un desarrollo científico tecnológico que permita pasar de ser un país dependiente de sus exportaciones basadas en

³ El Instituto Coreano de Política Económica Internacional (KIEP) fue fundada en 1990 como un instituto de investigación económica financiada por el gobierno. Es un instituto líder en relación con la economía internacional y sus relaciones con Corea. KIEP asesora al Gobierno sobre todos los temas importantes de política económica internacional. KIEP cuenta con cuatro departamentos para desarrollar investigación política y económica por regiones: Departamento Asia Pacífico, Departamento del Sud Este Asiático, Departamento de América y el Caribe y el Departamento de Eurasia.

⁴ Fuente: Monckeberg. Fernando, Revista Creces, marzo 1997

recursos naturales al siguiente nivel, como economía basada en el desarrollo tecnológico. Según el profesor Paul Romer de la Universidad de Stanford, "hoy en día el cambio tecnológico es el factor que determina la tasa de crecimiento" (The Wall Street Journal Americas, El Mercurio, Enero 22, 1997).

1.2 Innovación y Sistemas Integrados

Hacer frente a una mayor complejidad de gestión y enfrentar los desafíos de la minería chilena actual, conlleva la necesidad de replantear la forma en que se gestionan las operaciones, revisando e incorporando nuevas tecnologías y prácticas de gestión en una mirada integrada del proceso productivo. El quiebre se provoca al dejar de mirar la automatización de quipos, monitoreo y control como un simple apoyo a las faenas mineras, para considerar estos elementos como claves en la gestión de las operaciones y la eficiente producción. Así como también, es crucial para elevar los estándares de seguridad operacional.

El primer paso en el cambio de arquetipo es integrar e implementar tecnologías de punta. Uno de los principales desafíos para la minería chilena es incorporar tecnologías disponibles en las áreas de exploración, minería y procesamiento. Esta acción ocurre tanto en EEUU, Australia y Canadá, con el objetivo de potenciar la competitividad de la industria, así como colaborar en los objetivos ambientales y energéticos, y es justamente a estas motivaciones al que debería unirse Chile.

El segundo paso para avanzar hacia la minería del futuro, necesariamente implica una gestión integrada de la cadena de valor, con la incorporación de sistemas o plataformas digitales de integración. En este sentido progresar en una estrategia de integración sienta las bases para asegurar la captura de valor para el negocio (minimizando los riesgos de incumplimiento de los planes productivos) y permite interconectar e integrar los procesos de planificación, operación, monitoreo y control operacional en tiempo real con datos únicos, mantenimiento predictivo, programación de operaciones requeridas para un plan de producción, promueve la mejora e innovación permanente, disminuye la burocracia y acelera los procesos, mejor utilización de los recursos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar oportunidades de negocios para empresarios de Corea del Sur en la industria minera del cobre en Chile, explorando opciones cuyo foco esté en el ámbito de nuevas tecnologías, en el diseño, desarrollo e implementación

de sistemas integrados, de modo tal que permitan incrementar la eficiencia en los procesos productivos y en la operación.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar un benchmarking con las mejores prácticas mineras a nivel mundial relativas a tecnologías y sistemas integrados.
- Identificar brechas entre el nivel tecnológico de la minería chilena y países líderes en minería inteligente del futuro.
- Identificar tecnología disponible en Corea para el diseño e implementación de sistemas integrados

3 METODOLOGÍA

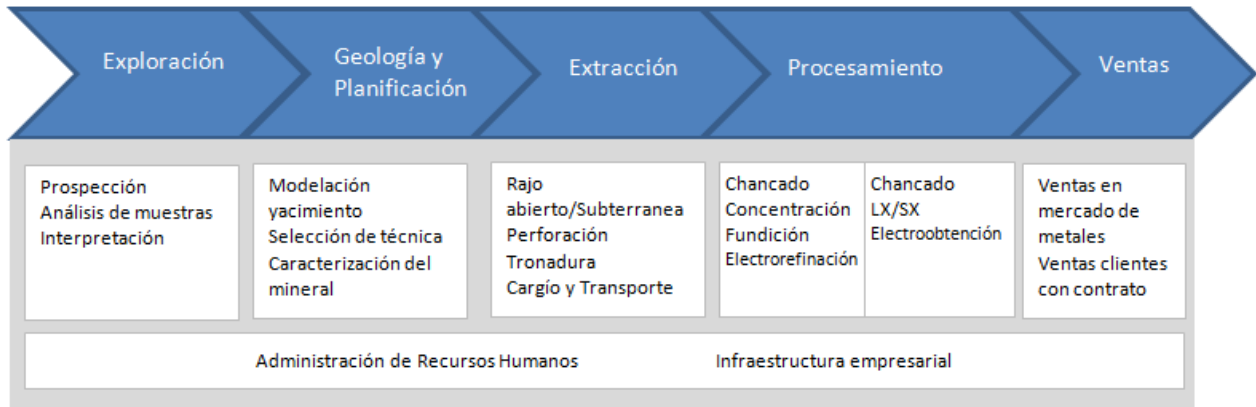
Con el apoyo de una investigadora de KIEP se realizarán las etapas consideradas en el desarrollo de la tesis.

Se realizará una revisión bibliográfica relacionada con la industria del cobre, para tener una primera aproximación del estado actual de la cadena de valor de la industria y la implementación de sistemas integrados. A continuación se estudiará el nivel tecnológico de la minería en Chile, presencia de sistemas integrados o sistemas de control. En lo que sigue se estudiará la innovación en tecnología en la minería mundial (benchmarking) para detectar brechas existentes entre la tecnología usada en Chile y el extranjero. Posteriormente se estudiará los avances tecnológicos que posee Corea en esta materia. Siguiendo con el análisis se identificarán las oportunidades de negocio o sinergia entre empresas nacionales y coreanas, a partir de las brechas tecnológicas identificadas. Además se presentará la cartera de proyectos mineros en Chile y su potencial inversión en tecnología. Finalmente se espera traducir el proyecto de tesis al coreano para ser publicado en Lasak (Latin america studies association of Korea), Seúl.

4 CADENA DEL VALOR EN LA MINERÍA DEL COBRE CHILENA

La cadena del valor de la minería chilena se puede resumir tal como se presenta en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Figura 4-1: Cadena de Valor Minería del Cobre Chilena



Para efectos del presente trabajo solo se analizarán algunas áreas de la cadena de valor, ya que se pondrá énfasis en aquellas en que la tecnología de sistemas de monitoreo, control y sistema integrado tienen mayor impacto, sin desmerecer, en ningún caso, las áreas restantes, que igualmente son claves en los resultados de un buen desempeño.

5 ESCENARIO ACTUAL DE LA MINERÍA

Si se considera que la actividad minera se basa en el uso de recursos no renovables, ello se traduce en el hecho que el desarrollo futuro de varios países mineros no podrá basarse exclusivamente en la extracción de minerales. Escenario que plantea un desafío importante que apunta a crear nuevas estrategias de desarrollo, cambios en el uso de tecnologías y desarrollo en investigación e innovación.

Uno de los elementos claves que afectan en el que cómo hoy se está proyectando la minería del futuro es la tendencia evidente de yacimientos de menores leyes y más profundos. El agotamiento de los recursos mineros más superficiales conlleva a que los nuevos proyectos de cobre se encuentren a mayores profundidades, lo que implica un aumento significativo en la cantidad de operaciones subterráneas, cuyo costo operacional supera en alrededor de un 60% a las operaciones a cielo abierto.

Figura 5-1: Profundidad Creciente en Minería⁵



En este mismo sentido, China en su desafío por disminuir su abastecimiento dependiente de otras naciones de minerales metálicos y no metálicos, se ha propuesto explorar minerales bajo la corteza terrestre profundidades de 2000 a 4000 m⁶ Este tipo de metas exigen abordar diversas técnicas e implementación de tecnologías de punta, proyectadas en un tipo de minería inteligente en el futuro.

Cabe destacar que los mayores costos de operación impactan en la disminución de los márgenes de las empresas mineras. Dicho aumento se debe en gran medida a los costos de operación, costos por impulsión de agua, consumo de energía, mantención, entre otros. Entonces más que pensar en una caída en precio del cobre, se trata de pensar en cómo solucionar los elevados costos de las mineras Que por cierto es “él” camino a enfrentar para aumentar los retornos en esta industria, ya el precio de este commodity lo determina el mercado mundial. Por lo tanto la diferencia las empresas tienen que hacerla por el lado de los costos

En la actualidad, los procesos instalados en las minas en operación, en general, están a su límite técnico y por ende mejoras en ellos afectan solo marginalmente en la disminución de costos. Aún más, este estado de límite ha afectado la producción entre los años 2004 y 2010, con una caída del 6%, en donde las causas tienen una fuerte relación directa o indirecta con materias tecnológicas⁷. Entonces, es el momento de repensar el rol que

⁵ Fuente: Presentación, Eric Finlayson “The evolving context for global mineral exploration” MinesandMones, Londres 2009.

⁶ Fuente: Mineral Resources Science in China: A Roadmap to 2050, 2010

⁷ Fuente: Minería del Cobre, Una Mirada desde la Innovación Tecnológica, Irene Astudillo, diciembre 2013

juegan las empresas mineras en el desarrollo y aceleración de los procesos de innovación tecnológica y como ésta es integrada en los procesos

Un caso a destacar, es el liderazgo que la empresa minera Rio Tinto está ejerciendo en el desarrollo de nuevas tecnologías, y en especial en la implementación de sistemas integrado de control en la cadena de valor de la minera, materializando la Visión de Minería del Futuro.

6 SITUACIÓN TECNOLÓGICA ACTUAL DE LA MINERÍA

6.1 Minería Chilena

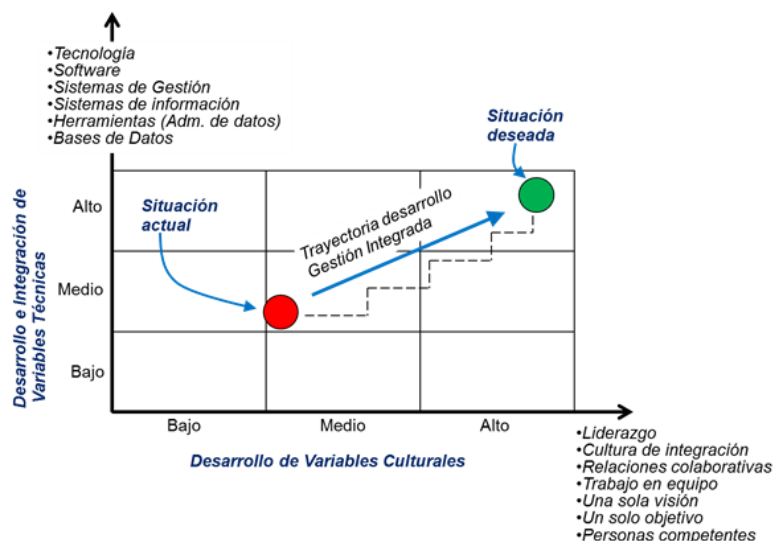
Actualmente gran parte de la industria minera en Chile presenta distintos grados de avance en automatización, control remoto de operaciones, sistemas de sensores, mediciones en línea y algún grado de Gestión Integrada. Sin embargo, la minería chilena se ha quedado atrás en términos de innovación, tecnologías y sistemas de control y gestión⁸.

Un antecedente que da luces de cómo esta Chile respecto a la minería en el mundo, es el informe Canadiense del año 2008, "Innovation, Reserch and Development Needs in Mineral Processing and Extractive Metallurgy, donde se identifican las principales organizaciones a nivel mundial que destacan por su capacidad de innovación, implementación de nuevas tecnologías y gestión a través de sistemas integrados. En dicho estudio Chile solo figura en el caso de la Pirometalúrgia, con capacidad en Codelco, su filial IM2.

Bajo la mirada de Codelco, en una presentación realizada para su Proyecto Ministro Hales, la gestión de sistemas integrados en Chile puede representarse según lo muestra la siguiente gráfica:

⁸ Fuente: Minería del Cobre, Una Mirada desde la Innovación Tecnológica, Irene Astudillo, diciembre 2013

Figura 6-1: Situación Actual de la Gestión Integrada en Chile



Cabe destacar que Chile, como la mayoría de los países en desarrollo atiende sus necesidades tecnológicas abasteciéndose de proveedores de tecnologías internacionales, independiente de su localización. Por lo tanto más que investigación y desarrollo de tecnologías de innovación en la minería local, se esperaría la incorporación, la implementación y adopción de éstas tecnologías desde países proveedores, con lo cual le permitiría a la industria construir una minería del futuro como rezan países como Australia, Canadá, Finlandia, entre otros.

Ahora bien, en términos cuantitativos no existen índices o indicadores vinculados a la minería que permitan analizar el avance tecnológico o la incorporación de sistemas de control automatizado, sistemas integrados, al sector. Sólo es posible obtener algunos indicadores que permiten realizar un análisis indirecto de la industria y con ello tener una mirada general de la situación actual.

El Reporte del Foro Económico Mundial 2014-2015, entrega el Índice Tecnológico, donde se muestra una indicación del avance de los países respecto de su capacidad de innovación. Este índice es calculado en base a información obtenida a través de encuestas y estadísticas (indicadores) a partir de tres subíndices: a) innovación, b) transferencia tecnológica y c) Tecnologías de la Información y Comunicación

Según este índice, Suiza lidera el ranking de Innovación, debido a sus fortalezas en la captura de nuevas tecnologías, el registro de patentes, su institucionalidad pública y el gasto en I&D por parte de las empresas. Países mineros como EEUU, Australia y Canadá, también ocupan puestos de avanzada. Por su parte, Chile se encuentra en un lugar rezagado para este índice, como se muestra en la siguiente tabla:

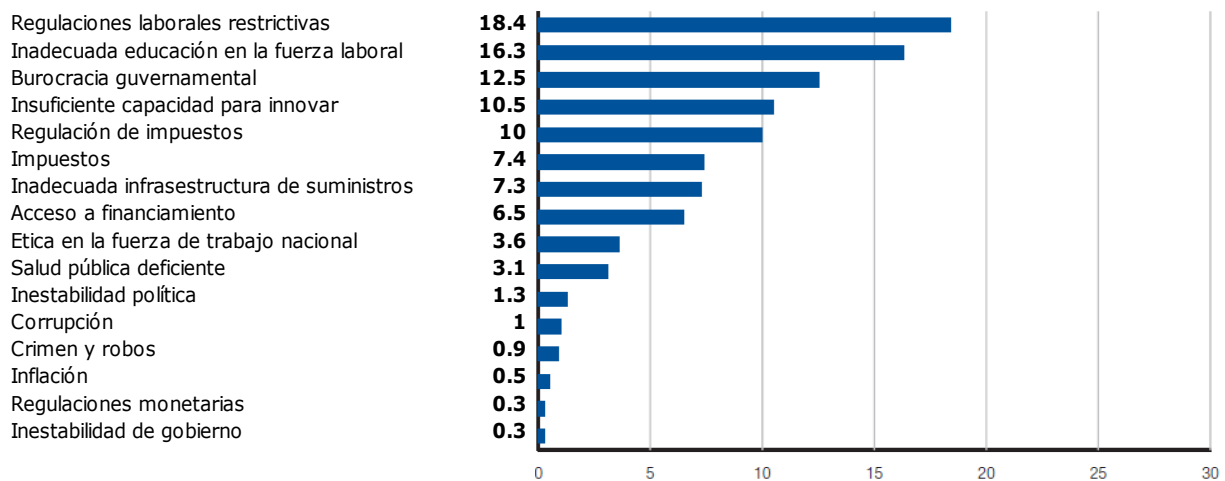
Tabla 6-1: Índice Tecnológico del Foro Económico Mundial⁹

Ranking	País	Puntaje (1 al 7)
1	Suiza	5.74
2	Japón	5.68
3	Finlandia	5.57
4	Alemania	5.56
5	EEUU	5.54
24	Canadá	4.72
26	Australia	4.55
49	Chile	3.88
62	Brasil	3.31
117	Perú	2.76

En el mismo reporte mencionado anteriormente, se muestra una gráfica con los factores más problemáticos para realizar negocios en Chile. En ella es posible observar, que la capacidad local para innovar se encuentra en el 4to lugar, constituyendo uno de los factores con más alto puntaje en el ranking.

Según este informe, los defectos en el sistema educativo del país (sobre todo en términos de su calidad) junto con una baja inversión en innovación (especialmente en el sector privado) es considerado como uno de los factores más problemáticos del país para hacer negocios.

Figura 6-2: Ranking Factores problemáticos para realizar negocios en Chile¹⁰.

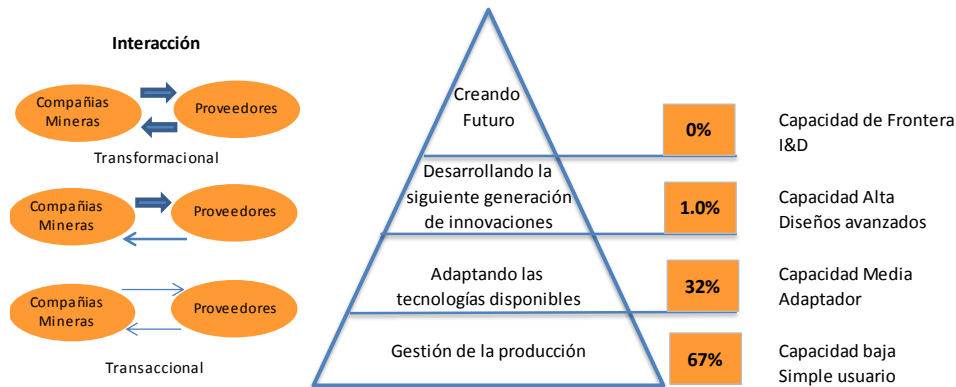


⁹ Fuente: The Global Competitiveness Report 2014–2015, World Economic Forum

¹⁰ Fuente: The Global Competitiveness Report 2014–2015, Klaus Schwab, World Economic Forum

A su vez, un diagnóstico realizado a los actuales proveedores en Chile, concluye que éstos son principalmente usuarios básicos de la tecnología (67%) y en una pequeña proporción adaptadores (31,5%)

Figura 6-3: Nivel Actual de Proveedores de la Minería Chilena¹¹



6.1.1 Caso CODELCO

Codelco ha sido la compañía minera que ha impulsado sostenidamente la innovación tecnológica en sus operaciones. En el período comprendido entre 1990 y 2004 invirtió alrededor de US\$ 240 millones, donde 32% correspondió a estudios relacionados con el área minera (geología, geomecánica, planificación, tronadura, entre otros), 21% al área de fundición, 16% a hidrometalurgia, 12% a plantas concentradoras, 4% a refinera y 16% a otras áreas.

El crecimiento experimentado en innovación tecnológica se debió principalmente a la promulgación, en el año 1996, de la "Política de Investigación e Innovación Tecnológica de Codelco-Chile"

Como resultado de la implementación de dicha política, se generaron distintas iniciativas de innovación, entre las que destacan, la creación en el año 1998 del Minería y Metalurgia (IM2) y el desarrollo de programas corporativos tecnológicos.

En la actualidad se están ejecutando diversos programas con la finalidad de validar sus usos en la operación minera, vinculados a la fundición-refinería, biolixiviación y minería subterránea. El programa de fundición-refinería tiene como propósito incrementar la capacidad de fusión del Convertidor Teniente, mientras que el de biolixiviación plantea como desafío aumentar la eficiencia

¹¹ Fuente: "Caracterización de las Empresas Proveedoras de la Minería y sus Capacidades de Innovación" DICTUC, Centro de Minería, 2007

de la recuperación y reducir la cinética de extracción de los minerales sulfurados de baja ley. A su vez, el programa tecnológico de minería subterránea tiene como objetivo aumentar la productividad y producción, incorporando nuevos programas de biominería in situ y robótica

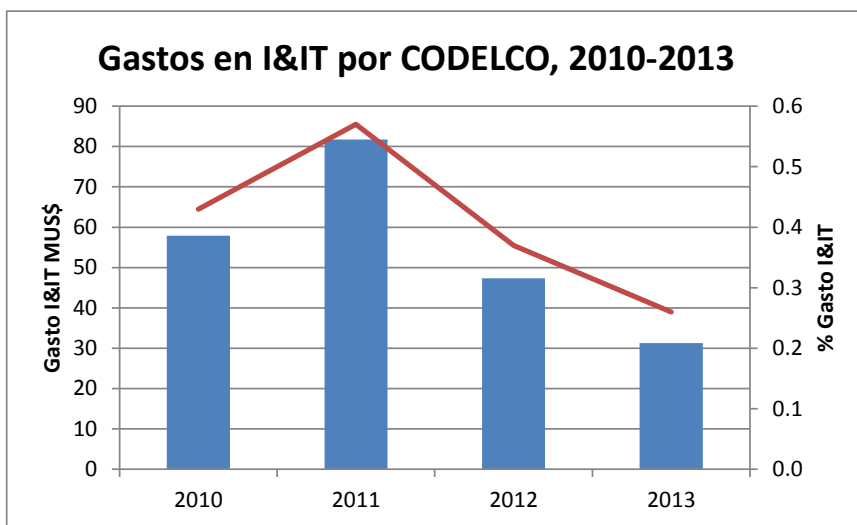
Los montos involucrados en estos programas, entre el año 2001 y el 2010, se han incrementado en aproximadamente un 30%.

Otra de las estrategias impulsada por la compañía ha sido desarrollar alianzas estratégicas con empresas mineras, fabricantes y proveedores de equipos y maquinarias, universidades e institutos de investigación y desarrollo tanto nacionales como internacionales. Entre dichas alianzas se encuentran acuerdos con BHP Billiton, Xstrata Copper, Rio Tinto, Sandvik, Universidad de Queensland, entre otros.

Tabla 6-1: Gastos en I&IT , CODELCO 2010-2013

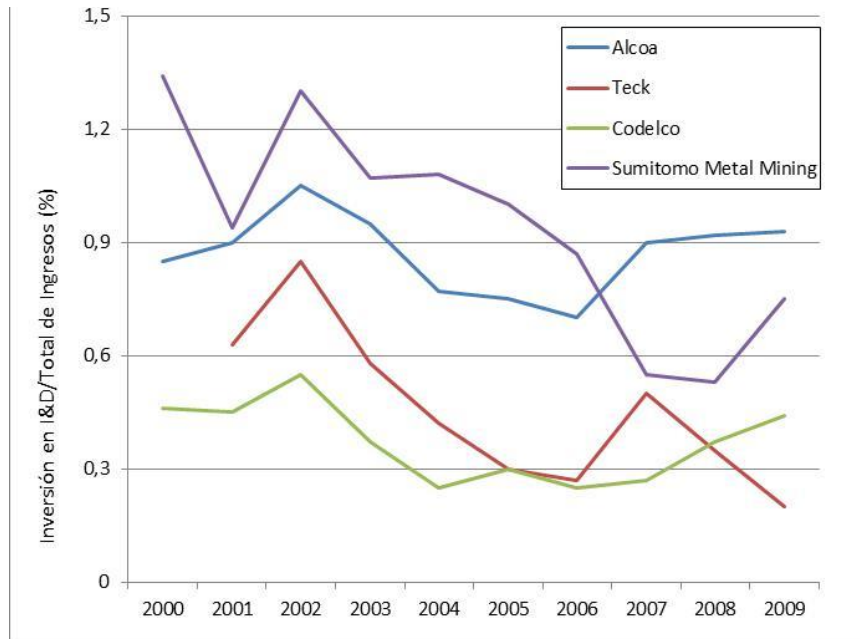
		2010	2011	2012	2013
Ingresos de explotación	MUS\$	13459	14338	12792	12024
% ingresos destinados a I&IT	%	0.43	0.57	0.37	0.26
Gastos I&IT	MUS\$	58	82	47	31

Figura 6-4: Gastos en I&IT por CODELCO, 2010-2013



Por otra parte, en el siguiente gráfico se presentan los porcentajes de gastos en innovación y desarrollo para compañías con activos similares a los de Codelco (entre US\$10 y US\$ 40 billones)

Figura 6-5: Tendencias en I&D en empresas Mineras Líderes¹²



En una presentación realizada en el 2010¹³, la compañía declara los objetivos planteados para el 2018 definidos dentro del marco “minería del futuro”, de entre los que se encuentran:

- Operaciones automatizadas y remotas, a través del uso de la robótica
- Sistemas colaborativos para la toma de decisiones en tiempo real
- Uso de tecnología estándar
- Actualizadas prácticas de trabajo y competencias

Con respecto a sistemas integrados CODELCO cuenta con la integración, en distintos grados, de operaciones mineras en las divisiones de Codelco Norte, Andina y El Teniente

¹² Fuente: Minería del Cobre, Una Mirada desde la Innovación Tecnológica, Irene Astudillo, diciembre 2013

¹³ Fuente: Presentación “Information Technologies, Telecommunication and Automation” Codelco Digital, Marco Orellana, 2010

Figura 6-6: Salas de Operación, División Codelco Norte y Andina



División Andina

División Andina está ubicada a 80 km al noreste de Santiago, entre 3.700 y 4.200 msnm, en Los Andes, V Región. Las operaciones combinan rajo abierto y mina subterránea, contando entre sus instalaciones con una planta concentradora, mineraducto y tranque de relaves, con una producción de 237 kt de cobre fino en el 2013.

El centro de operaciones integrado (CIO) estaría ubicado a 70 km de la mina, y fue implementado en 4 meses, inaugurándose el 5 de mayo de 2010. Dicho centro fue diseñado para respaldar una operación minera compleja, debido a la operación en alta cordillera y la combinación de operaciones a rajo abierto y mina subterránea. Además el CIO vendría a optimizar el plan de Fase I de la División, el cual aumentó la producción en 150 ktpd. Dicha tecnología se esperaba disminuyera la variabilidad productiva en un 25%.

Como parte del alcance del CIO se consideró el registro, proceso y entrega de información, además del control de las operaciones en forma remota desde Los Andes. El sistema entregaría en tiempo real predicciones de productividad y operación, en base a modelos predictivos, los cuales utilizarían mediciones en terreno de las variables operacionales.

Con la implementación del CIO, Codelco se acercó a la minería inteligente del siglo XXI, con todas las bondades que ello significa. Entre las ventajas que se consideraron en la incorporación de un sistema integrado fue contar con apoyo en la toma de decisiones, mejoras en el control de costos, anticipo a problemas productivos, entre otros. Con la implementación del sistema integrado en Andina, Codelco contempló llevar esta tecnología a otras divisiones, y con ello estar a la vanguardia de la minería en Chile.

Según información informal, el CIO no habría funcionado como se esperaba. Principalmente por la falta de mediciones en terreno y por la cultura organizacional de la división. A ello se suma que el modelo, si bien integró información de las diversas áreas productivas, no las integró profundamente.

Proyecto Ministro Hales

En la actualidad Codelco en sus operaciones en Ministro Hales, cuenta con un proyecto para implementar un sistema integrado de operaciones. Dicho proyecto se propuso ser desarrollado en tres fases. En una primera etapa, ordenar y definir el proyecto, beneficios y alcances. En una segunda, trabajar en las variables de acción, tanto técnicas como culturales. Y finalmente, abordar factores críticos para la implementación

6.1.2 Minera El Tesoro, Antofagasta Minerals Problema en la numeración de los capítulos

Actualmente Minera El Tesoro cuenta entre su cartera de proyectos, con el estudio conceptual "Ingeniería Conceptual de un CICO" que corresponde al diseño conceptual de la Gestión Integrada de Operaciones (GIO) para MET. tener visibilidad sobre la globalidad del proceso productivo, generar y garantizar la calidad de la información oficial de las operaciones y operar/controlar en forma remota los equipos. Lo anterior se pretende conseguir a través de la implementación de un sistema integrado de operaciones, el cual incluye el control y monitoreo de la operación y mantención en mina, planta, lixiviación, electrorefinación y distribución.

El sistema contaría con una base de datos integrada en una plataforma digital que se alimentaría de la información disponible en los siguientes sistemas:

- Sistema de Gestión de Flota y Transporte de procesos Mina, el cual soporta las operaciones de carguío y transporte de la mina
- Datos operacionales de planta, cuyo sistema actual provee la información de mantenimiento, costos y RRHH, además de información asociada a los programas de producción.

La plataforma contendría diferentes módulos, los cuales tendrían funciones específicas. Entre las funciones destacadas se encuentran:

- Monitoreo integral de procesos Mina - Planta, considerando las condiciones de operación (detenciones, restricciones de los procesos, así como de los indicadores claves de integración, operación y resultados)
- Gráficas, las cuales entregarían gráficos de mediciones y de variables medidas y proyectadas; análisis multidimensional, el cual entregaría un análisis de conjuntos y segmentación de datos, con el objetivo de

analizar distintos escenarios posibles y disponer de recomendaciones con potenciales impactos en producción

- Análisis de causalidad- mejoramiento continuo módulo o funcionalidad que permitiría estructurar la línea de producción en sistemas, procesos y equipos por un lado, y arme una jerarquía de causas por otro, de modo de asignar causas a las desviaciones tanto de sistemas, equipos, procesos o unidades
- Gestión anticipativa de la producción, el cual anticiparía situaciones operacionales

Además, el proyecto contempla su ejecución a través de dos fases:

Fase I: implementación de los componentes funcionales: monitoreo, control, supervisión e implementación de indicadores de gestión operacional (KPI), tendencias históricas de variables, indicadores en tiempo real que levantan alertas sobre posibles desviaciones, simulación de procesos operacionales e indicadores predictivos . También integración vertical de información de la producción, con la planificación, los ingresos y los costos

Fase II: implementación de remotización de operaciones (teleoperación); autonomía de equipos (robotización inteligente y autónoma de equipos), Además de incluir diferentes alternativas tecnológicas de interfaz usuario/máquina que facilitan el monitoreo, control y supervisión

6.1.3 Minera Lumina Copper S.A, Proyecto Caserones Problemas en la numeración de los capítulos

Caserones es un proyecto de \$ 3 mil millones, la mina se encuentra a 162 km al sureste de Copiapó, en la región de Atacama y a una altura de 4.600 metros. Caserones considera una explotación a rajo abierto, con una planta concentradora con capacidad de procesamiento de 105 ktpd, para producir concentrados de cobre y molibdeno, y una planta de extracción por solvente y electro obtención (SX-EW) para producir cátodos de cobre.

El 30 de julio de 2014, se inauguró oficialmente en Santiago la operación del yacimiento, y en los últimos meses del mismo año la principal meta fue terminar el ramp-up de la concentradora.

En el proyecto Caserones contempló el desarrollo de aplicaciones de control avanzado, información y sistemas de gestión para las operaciones integradas de mina, planta óxido y plantas de sulfuro, sistemas de monitoreo de agua y energía, capacitación de personal

La plataforma contaría con características tales como: Alertas operacionales desviación KPIs y recomendaciones para eliminarlos. Ofreciendo monitoreo

remoto y un set de herramientas que permitirían tomar decisiones en tiempo real y tener información relevante para la planificación.

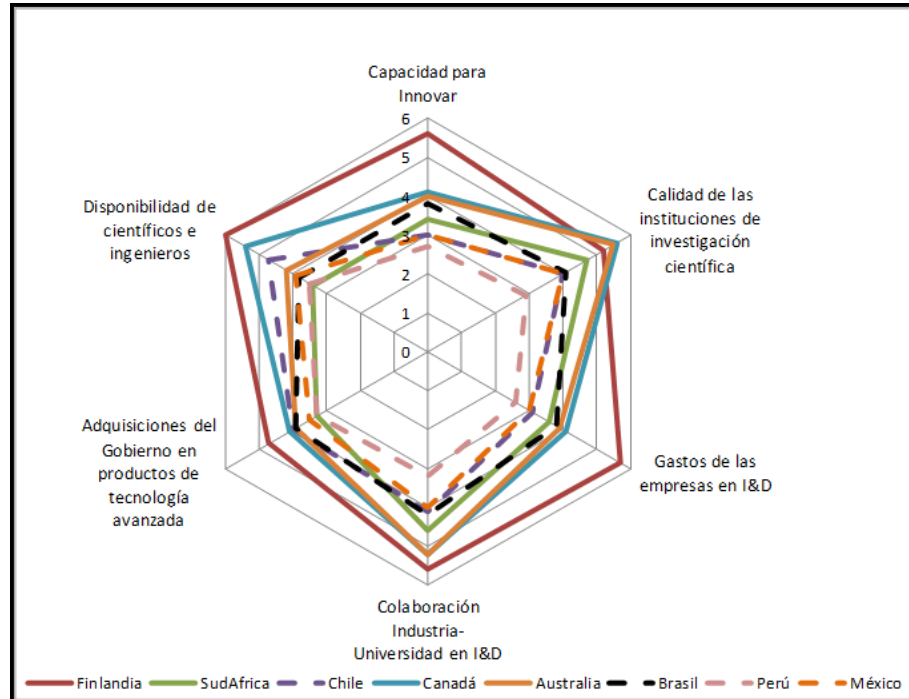
No se tienen mayores antecedentes del proyecto. Tampoco de la implementación de dicho proyecto, ni del grado de integración de las operaciones.

6.2 Comparación entre Chile y Países Líderes

A continuación se analizarán de forma indirecta, las brechas en innovación e implementación tecnológica en minería, ya que los indicadores que se analizan están referidos a innovación general y no reconoce la especificidad del sector minero, pero se estima es una aproximación representativa del mismo.

Para iniciar el análisis se muestra la comparación de países en base a los indicadores que constituyen el Índice Global de Competitividad 2014-2015. En los componentes del pilar de innovación, se observa claramente que Latinoamérica está muy distante de las economías de Finlandia, Canadá y Australia.

Figura 6-7: Índice de Competitividad, 2014-2015, Componentes Seleccionados del Pilar "Innovación"¹⁴



¹⁴ Fuente: The Global Competitiveness Report 2014–2015, Klaus Schwab, World Economic Forum

Canadá, Australia y Finlandia destacan por la calidad de las instituciones de investigación científica y colaboración Industria- Universidad en I&D

En la Tabla 6-2 se muestra una comparación de indicadores de Investigación y Desarrollo de Chile y otros países mineros para el año 2010.

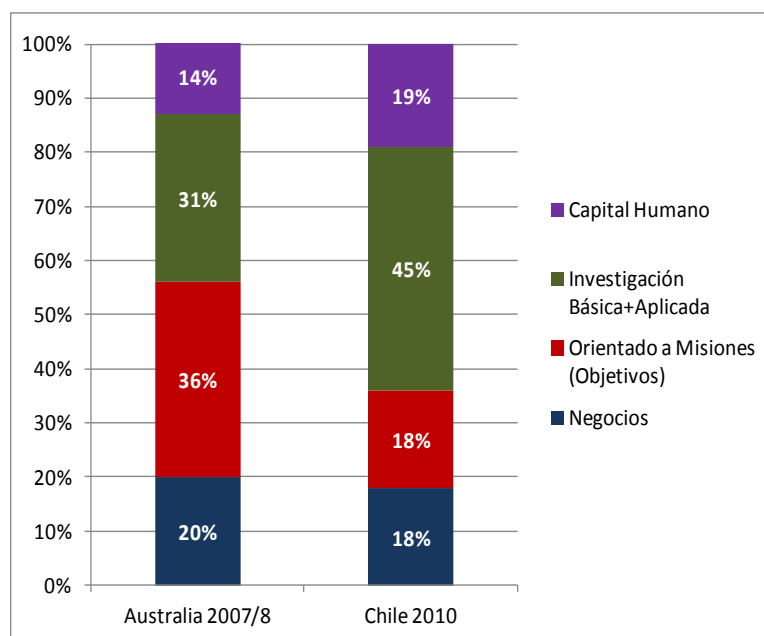
Tabla 6-2: Comparación de Algunos Indicadores de I&D, 2010¹⁵

	Chile	Australia	Canadá	EEUU	Finlandia
Gasto (US\$ millones)	821	17986	21799	372286	6553
Gasto per cápita (US\$/habitante)	47	792	625	1186	1311
% PIB en I&D	0.4	2.2	1.8	2.2	3.9

Según la tabla anterior, Chile aún no supera el 1% de su PIB destinado a I&D, a pesar de un aumento en el gasto desde aproximadamente US\$ 150 millones en 1990 a US\$ 821 millones en el año 2010.

Según informe de competitividad internacional¹⁶, países como, EEUU, y Australia están incrementando cada vez más la proporción de recursos públicos para I&D en programas orientados a misiones específicas (objetivos). En este caso, Chile evidencia un perfil muy distinto, según se observa en la Figura 6-8.

Figura 6-8: Gastos del Estado en I&D por objetivos, Australia y Chile



¹⁵ Fuente: <http://www.oecd.org/>

¹⁶ Fuente: Evaluation Report of National Innovation Strategy for Competitiveness, Chile, 2010

Por otra parte, el sector de equipos, tecnología y servicios para la minería en Australia evidencia un sostenido crecimiento durante los últimos 15 años con más de 270 empresas, muchas de ellas líderes mundiales en sus áreas de especialización. Una encuesta aplicada el año 2009 da cuenta que un 75% de las empresas consultadas declaran hacer I&D corporativa, y han hecho un significativo esfuerzo para continuamente mejorar sus capacidades, mejorar sus productos y ampliar su rango de servicios y productos.

7 BENCHMARKING DE INNOVACIÓN Y SISTEMAS DE GESTIÓN Y CONTROL EN EL EXTRANJERO

Con el fin de comparar la situación actual de Chile respecto al nivel tecnológico en minería y un estado deseado, es que a continuación se presentan casos de innovación y sistemas integrados en países líderes en minería. Entre los casos expuestos destaca Rio Tinto en Australia y I2Mine en Europa, con una visión a largo plazo de la minería inteligente del futuro.

7.1 Sistema Integrado en Pilbara, Australia, Minera Rio Tinto

Rio Tinto es una empresa que se dedica a la extracción de mineral de hierro, cobre, carbón, talco, dióxido de titanio, sal, aluminio e incluso diamantes a través de varias divisiones a lo largo del planeta. En su unidad de negocio Rio Tinto Copper, se encuentran las operaciones de Pilbara, Australia. Dicha operación cuenta con una infraestructura de comunicaciones robusta para la interfaz entre el centro de operaciones de Perth y una red de minas y puertos de Rio Tinto en la región de Pilbara de Australia Occidental, incluyendo ocho minas y dos puertos.

Las 15 minas bajo control y supervisión incluyen Hope Downs, Yandicoogina, West Angelas, Paraburdoo, Tom Price, Mesa J, Brockman 4 Fase 2 y Marando Minas, mientras que los trenes transportan el mineral de hierro a dos puertos situados en Cape Lambert y Dampier, entre otras

El centro de operaciones de Rio Tinto se encuentra en Perth, a 1500 km de las minas, desde ahí se pueden controlar en forma remota equipos tales como camiones y perforadoras para extraer mineral y trenes autónomos que llevan el material a puerto. En este lugar, más de 400 operadores analizan los datos y sincronizan un sistema integrado en tiempo real. El centro de operaciones administra 15 minas, 31 pits, 4 terminales portuarias y una red ferroviaria propia autónoma de 1.600 km de conexión. Además cuenta con 53 camiones autónomos en funcionamiento, lo que significa que más material se puede mover de manera eficiente y segura, creando un aumento directo en la productividad.

La sala de control de Rio Tinto controla directamente las acciones de cada una de las etapas de la cadena de valor y obedece las órdenes de un área de planificación integrada que unifica el producto de cada mina. Así, el centro de operaciones remoto contribuye a una mayor eficiencia global, reduce los costos de producción y mejorar la toma de decisiones operativas. Incorpora herramientas de visualización y colaboración, además permite optimizar actividades mineras, de mantenimiento y logística en toda la región de Pilbara.

Desde el punto de vista de las debilidades del sistema, el modelo de Rio Tinto carece de un sistema predictivo, lo que limita el apoyo en las decisiones de planificación a largo plazo.

Figura 7-1: Centro de Operación en Perth, Australia



7.2 Sistema Integrado en Pilbara, Australia, Minera BHP Billiton

En la misma región, otra minera, BHP Billiton posee centro de integración y comandos, los cuales ayudaron a las operaciones de Pilbara a aumentar la producción de mineral de hierro a 220 millones de toneladas al año.

El Centro de Operaciones Integrado (IROC) en Perth, incluye un sistema de flotas de gestión minera, de control de trenes y sistemas de control de plantas fijas para las operaciones mineras y portuarias, circuito cerrado de televisión y sistemas de radio para comunicarse con los sitios remotos. Todo lo anterior permite controlar la cadena de suministro total, en tiempo real y en un solo lugar, lo que permite tomar las decisiones correctas para todo el

negocio. Además de optimizar los procesos, evaluar riesgos y prepararse para eventuales contingencias

Dentro los resultados destacados, se encuentra que los camiones de la flota se vierten 4.200 veces; 4.100 vagones, recorriendo 1.500 kilómetros de la pista; los buques se cargan con suficiente mineral para llenar 47 piscinas de tamaño olímpico al día.

Si bien la propuesta de valor la sala de control (IROC) de BHP es muy similar a la de Rio Tinto, su organización es distinta. Es así como las áreas de planificación integrada es menos crítica y funciona más como un área de coordinación de las actividades de diversas minas más que un mismo sistema productivo. Ambos centros de operación tienen en común el largo período de implementación, que incluyó una reestructuración organizacional profunda, además de modificar procesos y sistemas de información en sus unidades de negocio.

7.3 Sistema Integrado en Pilbara, Australia, Proyecto Roy Hill

Roy Hill es un proyecto de extracción de mineral hierro con capacidad de procesamiento de alrededor de 55 Mtpa, situado aproximadamente 115 km al norte de Newman, en la región de Pilbara en Australia Occidental. Roy Hill es una de clase mundial,

El proyecto considera además de la mina, chancado, planta de procesamiento, puerto y tren

El proyecto consistirá en:

- Mina a rajo abierto convencional
- Chancado y transporte
- Planta procesadora con capacidad de 55Mtpa mineral de hierro
- Una línea de 344 kilómetros de ferrocarril para carga pesada
- Edificio portuario en Port Hedland, capaz de recibir y almacenar una producción de 55Mtpa de mineral de hierro (húmedo)

Con sede en Perth, este proyecto contempla un centro integrado de operaciones remotas (ROC). (Ver más detalles en capítulo 10.3.3)

A diferencia del caso Rio Tinto y BHPB este centro integrado forma parte del proyecto completo. De esta manera los procesos y sistemas no deberán pasar por procesos de transformación y la inversión de capital, no debería ser muy distinta al caso tradicional. Y al igual que los otros dos casos, reúne en las mismas instalaciones al área de soporte técnico.

7.4 Santos Ltda.

Desde hace 50 años Santos Ltd. suministra gas natural en el este de Australia, y sus principales instalaciones incluyen 10 estaciones de compresión, más de 1.000 pozos y concentradores regionales de control que producen gas natural en un área que cubren varios cientos de kilómetros cuadrados.

Santos comenzó el desarrollo y diseño de un centro de control primario (PCC) en 2010, finalizando su construcción en el 2013. El PCC es parte del conjunto del Centro de Operaciones de Brisbane (BOC), y su actualización ayudará a abastecer el proyecto de gas natural Gladstone, megaproyecto entre Santos y tres de las empresas de energía más grandes del mundo, Petronas, Total y Kogas, aumentando así el número de pozos de Santos en la región oeste de Brisbane a alrededor de 6.000 durante la vida del proyecto

El PCC consta de:

- Tres estaciones con capacidad de reserva;
- Cuatro centros de trabajo para labores en conjunto
- Dos centros de trabajo para proyectos de pozos, mantenimiento
- Dos salas virtuales, para brindar apoyo frente a eventos a través de videoconferencias
- Una oficina en la ciudad de Roma

El centro de operaciones fue diseñado para proporcionar conexión 24/7 en tiempo real entre la oficina central Santos y sus campos de gas. El BOC contiene 90 pantallas táctiles, seis salas de videoconferencias simultáneas y 30 kilómetros de cableado.

El BOC permite a Santos determinar exactamente dónde se necesitan llevar a cabo trabajos de mantención o de infraestructura, detectando problemas en forma temprana y monitoreo en tiempo real. Así es posible el envío de equipos directamente al lugar para llevar a cabo actividades de mantención correctiva o preventiva, así como también actividades de construcción. Esto mejora la seguridad y reduce al mínimo el impacto en la comunidad, mediante la reducción de tráfico, requerimiento de vehículos y número de personas trabajando en terreno.

7.5 I2Mine

Este proyecto consiste en una alianza estratégica entre más de 25 empresas relacionadas con la industria minera, pertenecientes a diversos sectores en Europa. Así es posible encontrar en I2Mine proveedores de tecnologías,

compañías mineras, institutos de investigación e innovación, consultoras entre otros. Todas estas empresas se unen con el plan de desarrollar el concepto de minería inteligente del futuro: invisible e impacto cero, concentrada especialmente en el desarrollo de tecnologías adecuadas para las actividades en profundidad.

Este proyecto es un ejemplo de las iniciativas para impulsar la Minería del Futuro en Europa en los últimos años. Este tipo de iniciativas se debe principalmente a que la minería en Europa ha tomado fuerza nuevamente, por una parte debido al alto precio de los commodities, y por otra debido a estrategias gubernamentales, que intentan capturar el potencial minero, lo que los ha elevado a los top ten en los rankings internacionales sobre su atractivo para la inversión.

Es así como países como Finlandia, Noruega y Suecia están retomando la minería, que luego de pasar por varias etapas en su enfoque del negocio, pasando por explotación, luego como proveedores reconocidos, ahora han retomado la explotación minera, pero con un cambio fundamental. La nueva minería en estos países europeos, integra en sus operaciones tecnología de punta, lo que les permite desarrollar una operación sustentable en largo plazo.

En la actualidad I2Mine se encuentra desarrollando:

- Sistema integrado de gestión a lo largo de toda la cadena de valor que incorpora la programación de la toma de decisiones, operación, rendimiento, riesgo y el análisis de costos y mantenimiento, basado en datos en tiempo real. El objetivo es aumentar la producción en un 20% con la misma cantidad de equipos y reducir el consumo de energía en un 10%.
- Sistema logístico basado en la gestión de flujo de masa a través de todo el proceso de producción. Los ahorros de costos esperados serán 25% - 40% por máquina subterránea.
- Nueva metodología para el monitoreo de la eficiencia energética. Se espera que aumente la utilización de máquinas y productividad en un 20%.

Entre los objetivos planteados por I2Mine para el 2030 se encuentran:

- Proceso productivo completamente automatizado, sin presencia de operarios, cero accidentes
- Operaciones sin emisiones contaminantes, 30% de reducción de CO2 emitido, 30% menos desechos a depositar
- Más de 30% de reducción de pérdidas de mineral
- Reducción de energía sobre el 30%

El modelo de Minería inteligente del Futuro contempla esencialmente 3 sistemas diferenciadores:

- **Sala de control.** La sala de control recibe la información proveniente de operaciones, que permite el control y ajuste fino de la operación completa. Los sensores y el uso extensivo de las cámaras y técnicas de imagen permiten contar con un sistema integrado de la operación completa, el que puede ser manejado y controlado desde la sala de control o de otro lugar donde sea necesario.
- **Excavación mecánica continua.** El flujo continuo es un tema clave para una mayor automatización. La minería del futuro es un proceso continuo, y por lo tanto la operación mecánica continua también se lleva a cabo durante la explotación.
- **Concentración previa.** La roca estéril se separada bajo tierra para minimizar por una parte el consumo de energía en el transporte de material, y por otra el impacto ambiental en la superficie.

A continuación se presenta una tabla resumen con algunos de los puntos más relevantes de las operaciones antes descritas.

Tabla 7-1: Resumen Benchmarking

	Pilbara -Rio Tinto	Pilbara BHP	Santos
Tipo de Producción	Mineral de hierro	Mineral de hierro	Petroleo y gas
Producción Mt (2014)	290	220	54.1 millones de barriles de petróleo equivalente
Empleados	12500	13000	3500 (exc contratitas)
N° de Minas	15	S/A	1000 pozos
Instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • 1700 km red ferroviaria • 173 locomotoras • 10500 vagones • 3 terminales, ubicados en 2 áreas (Cape Lambert y Dampier) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1500 km red ferroviaria • 4100 vagones 	15.000 km cañerías y líneas de flujo
Sistema Integrado	<ul style="list-style-type: none"> • Operación remota • Control de operaciones • Carece de Sistema Predictivo • Sistema central de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Operación remota • Control de operaciones • Carece de Sistema Predictivo • Coordinación de las diferentes minas 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de operaciones • Carece de sistema predictivo • Carece de operación remota • 6 salas virtuales • Centros de trabajo y centros de mantención • Sistemas de mantención preventiva y correctiva

8 BRECHAS TECNOLÓGICAS ENTRE CHILE Y PAÍSES LÍDERES EN MINERÍA

Ya desde una primera aproximación, a través del Índice de Competitividad, en su pilar de innovación, se observa a Chile muy distante de las naciones relevantes en la actividad minera mundial como Australia, Canadá y EEUU.

Ahora bien, al realizar la comparación en términos de inversión se observa una brecha aún mayor. Chile aún no ha pasado la barrera del 1% de su PIB, mientras que los países en comparación superan el 2%. Y aún, en Chile escasamente se gasta aproximadamente US\$47 por persona en innovación, mientras que en Australia y Canadá lo hacen a valores sobre los US\$600. En este sentido, se esperaría que un país como Chile, productor mundial de cobre debiera tener un mayor grado de inversión en innovación y desarrollo tecnológico, que permita al país diferenciarse frente a sus competidores.

Desde otro ángulo, desde el sector de los proveedores de tecnología y servicios para la minería, también se observan evidentes diferencias. Las empresas proveedoras en Australia son en su mayoría líderes mundial en su áreas, con importantes desarrollos en innovación y tecnología, mientras que en Chile, los proveedores son principalmente usuarios rudimentarios de la tecnología y en una pequeña proporción adaptadores .

Los sistemas de innovación en países como Australia y Canadá dan cuenta de estrategias y políticas públicas de sostenida focalización. En Chile se observa un deterioro aparente de las capacidades nacionales en temas de innovación, con el cierre del CIMM, así como la salida de CODELCO de su filial MICOMO y su reducción en la participación en la empresa Kairos a 5%, (empresas del rubro de desarrollo e innovación tecnológica), además de la ausencia de políticas específicas de investigación y desarrollo tecnológico para el sector. Estas decisiones contrastan incluso con las recomendaciones de especialistas de la OECD para el país, quienes el año 2008 recomendaron crear en Chile un Centro Mundial del Cobre ¹⁷.

En términos de sistemas integrados, la compañía que figura en Chile como impulsando esta visión es principalmente Codelco. Este tema se presenta como discusión relevante en la compañía, con especial énfasis en los beneficios e impulso que otorga este tipo de quiebres tecnológicos. Sin embargo, la implementación de ésta y el cambio cultural parece estar aún en pañales, si se la compara con el desarrollo mostrado por países analizados (Australia, Canadá, EEUU, etc), donde la inversión es considerablemente superior y donde no solo las compañías están apuntando en esa dirección, sino que también organismo de gobierno, se encuentran impulsando este tipos de cambios.

¹⁷ Policy Brief No37, "To benefit from plenty: lessons from Chile and Norway", Goril Havro and Javier Santiso, 2008.

Las proyecciones de Codelco en materia de sistemas integrados, aunque ambiciosas, parece aún débiles comparadas con países líderes en minería. Esto, debido a que la industria minera chilena ha sido caracterizada con una lenta capacidad de adopción de nuevas tecnologías como consecuencia de su aversión al riesgo y su tendencia a la inercia organizacional. Por esto y a pesar del convencimiento en Codelco de que la innovación, quiebres tecnológicos y la implementación de la gestión integrada es un requerimiento ineludible para la eficiencia de compañía, aún se sigue discutiendo sus límites y la forma de su implementación para obtener los resultados que se esperan de una intervención estructural en la gestión de una empresa minera.

9 EXPERIENCIA SUD COREANA EN SISTEMAS DE INTEGRACIÓN

Corea del Sur ha sido y sigue siendo un destacado caso de estudio en desarrollo económico mundial. Su acelerado crecimiento y el récord de la industrialización más rápida en los últimos tiempos es conocido como el "Milagro del río Han". De ser uno de los estados más pobres del mundo pasó a ser una potencia económica mundial con un ingreso per cápita de \$ 30.000, el cual se ha triplicado en los últimos 20 años. Ha capeado crisis financieras mejor que la mayoría las economías desarrolladas y sigue siendo un líder mundial en la construcción de barcos, pantallas LCD, tecnología de la información y comunicación, semiconductores y biotecnología médica.

Después de la crisis asiática de 1997 Corea del Sur logró convertirse en una de las economías tecnológicas más dinámicas del mundo. En 2011, el gasto bruto de Corea del Sur en I + D (investigación y desarrollo) representó el 4,03% de su Producto Interno Bruto ("PIB"), el que ocupó la sexta más alta del mundo. Además, en el puesto 18 en el Índice de Innovación Global 2013 con alta graduación en los subindicadores del capital humano, investigación e infraestructura.

En gran parte a la escasez de recursos naturales, Corea del Sur debió desarrollar activamente su capital humano e invertir en ciencia y tecnología, impulsando el desarrollo industrial a través de los avances en TI. En este sentido un rol clave lo jugó el gobierno, quien promovió y facilitó la planificación y el financiamiento de la investigación y desarrollo industrial privado ("I + D"). Hoy en día Corea del Sur cuenta con una ley específica - la Ley Marco de Ciencia y Tecnología - cuyo cumplimiento se encuentra en manos del Ministerio de Ciencia, TIC y Planificación futura y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

9.1 Mercado de Sistemas Integrados en Sud Corea

La industria de sistemas integrados (SI) es intensiva en conocimiento y proporciona servicios intelectuales a los consumidores, tales como consultoría, softwares, desarrollo de sistemas, y la propia operación del sistema. En Corea del Sur la industria de desarrollo tecnológico tiene sólo 25 años de historia, la cual tuvo explosivo crecimiento desde la década de los 90's. En términos de áreas tecnológicas, la mayor participación de mercado se la lleva el sector de servicios de TI. Le siguen en tamaño las áreas de HW / aparatos electrónicos y SW/soluciones tecnológicas¹⁸.

En cuanto a la distribución del uso de la tecnología por industria, manufactura, finanzas, servicios y sectores públicos representan más del 20%, respectivamente, mientras que el SOC (Capital social fijo) sólo representa el 10%.

En el escenario tecnológico actual, se encuentra que en Corea del Sur, en general las empresas relacionadas con SI están trabajando conjuntamente en diversos aspectos. Las empresas de diversas industrias, contratan importantes compañías de IT para solicitar servicios integrales, y por otro lado contratan a empresa menores como proveedoras de SW/solución, HW / Dispositivo y consultoría, y todas ellas trabajan en conjunto para entregar el servicio completo de apoyo y soporte tecnológico.

El mercado coreano de las grandes empresa tecnológicas está constituido por tres grandes compañías, Samsung SDS, LG CNS y SK C & C, las cuales representan casi el 60% de las ventas de la industria total. Por otra parte entre las empresas proveedoras de SW / Soluciones se encuentran SAP, Oracle, etc, de igual modo entre las que ofrecen HW/dispositivos y consultoría se encuentra IBM, HP y UNIX etc

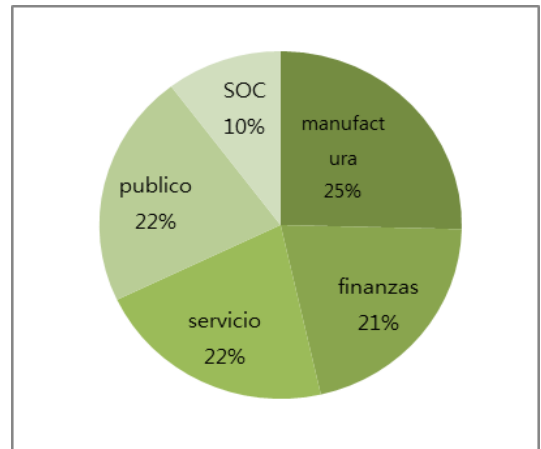


Figura 9-2: Distribución de Mercado por Industria, 2014

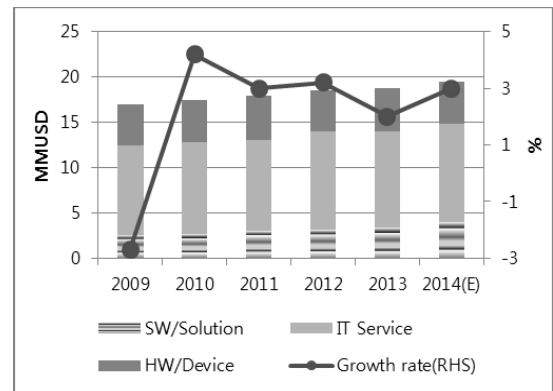


Figura 9-1: Tamaño de Mercado según Sectores Tecnológicos

¹⁸ Fuente: Industry Credit Outlook: SI, 2014, Korea Ratings

Tabla 9-1: Principales Compañías de Servicios TI Coreanas¹⁹

	Compañía Holding	Ventas MUSDs	Ingresos MUSD	Empleados
Samsung SDS	Samsung	3,952	350	10,989
LG CNS	LG	2,300	42	6,545
SK C&C	SK	1,619	175	3,819
IBM Korea	-	1,206	153	2,451
POSCO ICT	POSCO	983	30	2,468
LG N-Sys	LG	845	24	755
Hyundai Autoever	Hyundai Motors	668	39	1,193
Forcetec	STX	654	37	977
Hanwha S&C	Hanwha	575	23	854
Nautilus	Hyosung	503	34	641

Típicamente la industria tecnológica coreana se centró en el mercado local, lo que hoy en día, está cambiando. Las empresas de tecnologías están poniendo sus esfuerzos en diversificar y expandir sus negocios. Las grandes compañías están ampliando fuertemente sus mercados fuera del mercado coreano. Samsung SDS, LG CNS y SK C & C ya tienen filiales en China, India y el sudeste de Asia y sus ventas en el extranjero han ido aumentando gradualmente. Las ventas de Samsung SDS al exterior en el año 2010 representaron casi el 25% del total de éstas.

Con la experiencia ya adquirida en los mercados locales, las empresas de tecnología coreanas están exportando a grandes mercados como China, India, EE.UU. Diversos servicios de TI, tales como e-gobierno, transporte inteligente, sistema de pago móvil, etc ya han sido exitosamente implementados en el extranjero. Por ejemplo, Samsung SDS participó en el diseño e implementación del sistema de seguridad en una petrolera en Kuwait el 2010. Esta misma empresa diseñó el sistema de autorizaciones en línea para el gobierno ecuatoriano el 2011. POSCO ITC ha participado en el diseño e implementación de sistema de automatización de metro en Latinoamérica. Asimismo, la subsidiara de POSCO (empresa de acero) se ha extendido a negocios como el proyecto Roy Hill en Australia, entre otros.

¹⁹ Fuente: Industry Credit Outlook: SI, 2014, Korea Ratings

Junto con el surgimiento de nuevas industrias, como la salud, las finanzas, etc., las empresas de tecnología están incursionando en nuevos servicios que combinan servicio de TI con varios otros sectores. Ellos están diversificando sus mercados a información y entretenimiento, casa inteligente, computación en nube, redes inteligentes, T-Salud, logística, NFC, y la banca móvil.

A continuación se presentan algunos casos de sistemas integrados diseñados e implementados por compañías tecnológicas coreanas.

9.2 U-Ciudades

El concepto de las U-ciudades (ubiquitous city), se basa en una interconexión de todos los sistemas de información de una ciudad (residencial, médico, seguridad, meteorología, transporte, etc). Así es como en la actualidad se encuentra en desarrollo la ciudad inteligente Songdo, la primera en el mundo en estar completamente adaptada al concepto de U-ciudad. Ésta es una ciudad en construcción, ubicada a 65 km al oeste de Seúl, con capacidad para 75.000 habitantes y que pasará a ser el distrito financiero más importante de Corea. El proyecto de ciudad inteligente considera un período de alrededor de 17 años (2003-2020), con un presupuesto de MUSD 167, de los cuales MUSD 9,5 fueron destinados a diseño y el resto a su construcción.

Entre los años 2009 y 2013, el gobierno coreano invirtió alrededor de MUSD 490 en el desarrollo y funcionamiento de sistemas integrados para la gestión y administración de varias ciudades en Corea. Hasta octubre de 2010 se registraban 53 proyectos en cartera. Así, ciudades como Seúl, Busan, Incheon, Daejeon y Gyeongbuk ya cuentan con diferentes grados de integración en los que se incluyen servicios inteligentes como, u-traffic, u-entertainment, u-tourism, u-schools, entre muchos otros.

La idea central de la u-city, es conectar a las personas desde sus hogares, lugares de trabajos y de diversas actividades con las principales organizaciones del gobierno central, pudiendo gestionar, informar, tomar decisiones desde un centro donde se integran cada una de las plataformas de información. A su vez, desde el centro de gestión central retroalimentar a la población (a través de internet en hogares y equipos portátiles como celulares, tablets, etc) con información útil para el día a día, como información de seguridad, tráfico, hospitales, colegios, etc. Un elemento clave en este sentido, es la colaboración entre el sector privado y el sector público.

Figura 9-3: Diagrama U-Ciudades

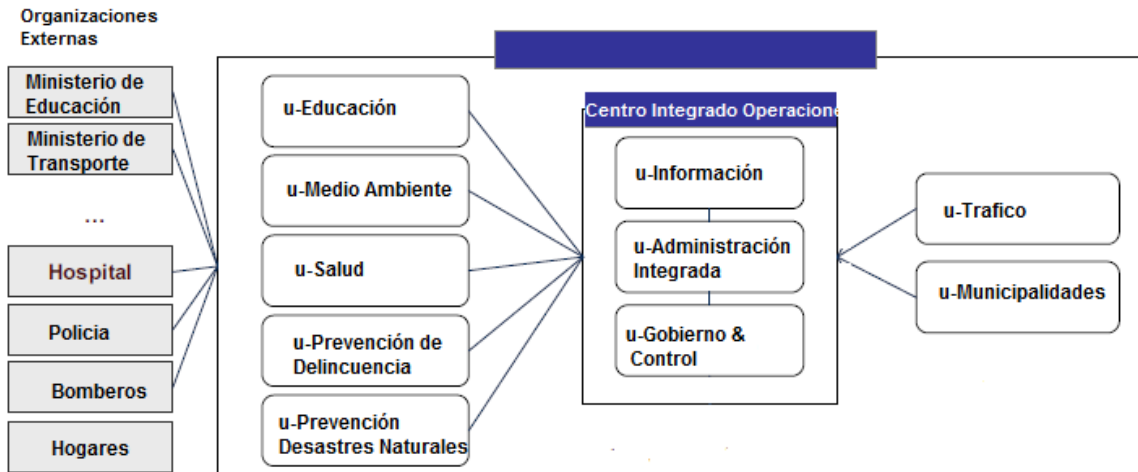


Figura 9-4: Ejemplo Tecnología en U-Turismo

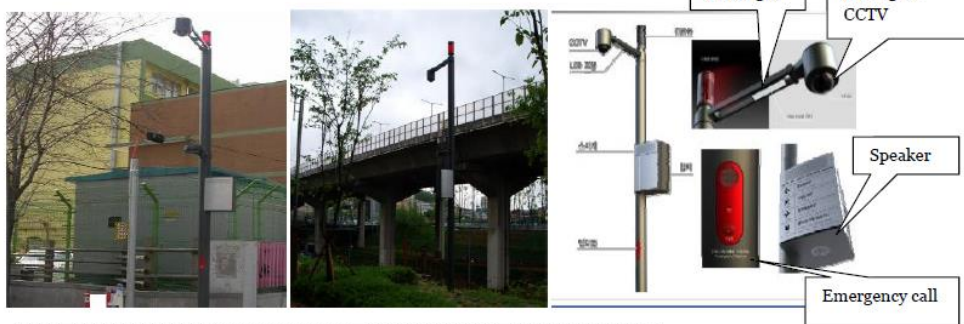


Service that provides various contents through the media booth.

- Route guide
- UCC video contents
- Guide on sports and cultural events
- Announcement of public and district news
- Broadcast district events

Figura 9-5: Ejemplo Tecnología U-Seguridad

U-Pole

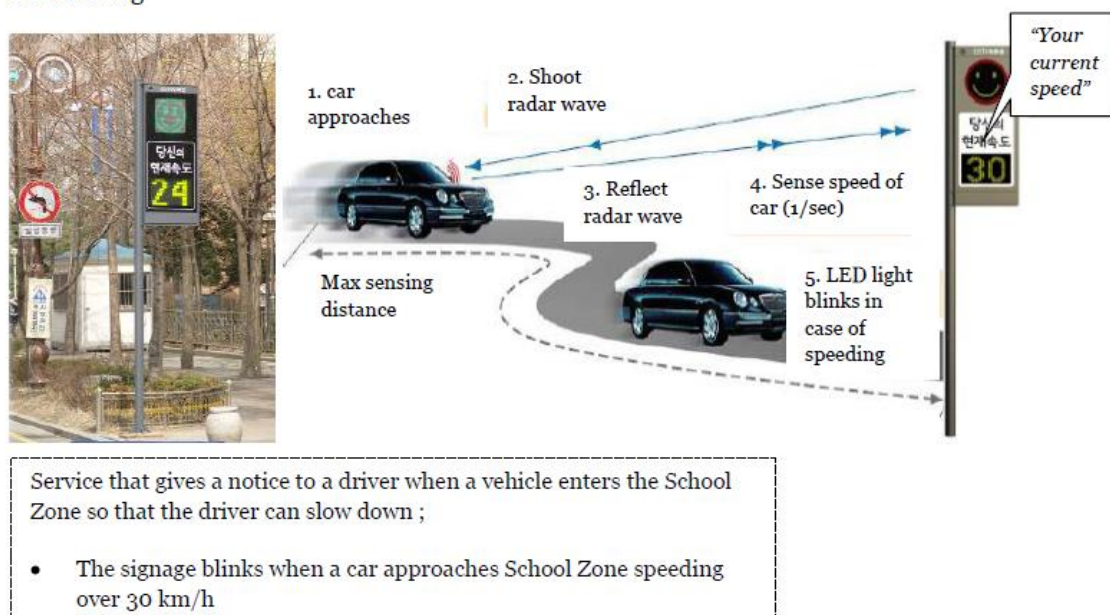


Security and safety service.

- Monitors the vicinity
- When emergency happens, the alarming light and sounds work
- Real-time video data transfer to the operation center
- Call to the operation center in emergency
- Remote control of the Pole
- Link to the police in emergency

Figura 9-6: Ejemplo Tecnología U-Trafico

Safe Driving



9.3 Casos Coreanos

9.3.1 Busan- Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)

Busan es la segunda ciudad más grande de Corea del Sur y el quinto puerto en el mundo. Con una economía basada en la industria pesada, Busan se enfrenta a retos similares a los de otras grandes ciudades industriales. Así el Gobierno Metropolitano de Busan estimó que a través del uso de tecnologías de información y comunicación (TIC) la ciudad vería impulsado el desarrollo urbano sostenible en el tiempo que proporcionaría a los ciudadanos un acceso a los servicios de la ciudad.

Es así como se puso en marcha el proyecto u-ciudad en Busan, con un período de 6 años para su diseño, y construcción, con un presupuesto de MUSD 140 a cargo de Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). El proyecto incluyó banda ancha para la ciudad de 10 GB, conexión y comunicación entre 319 instituciones públicas.

La U-ciudad en Busan cuenta con un Centro de Operación Integrada (COI), el cual agrega datos públicos y privados generados por el tráfico, instalaciones, sistemas de gestión de emergencias y la seguridad, centro de prevención de desastres, etc. A su vez los datos del COI se utilizan para mejorar la gestión, simplificar la planificación, aumentar la eficiencia operativa, y apoyar la

colaboración entre los socios del ecosistema público y privado. Desde el punto de vista de los usuarios, éstos reciben servicios como información de transporte, características de acceso de autopistas y caminos en tiempo real, información de su consumo de energía y el impacto que éste consumo tiene, seguridad, red de hospitales y clínicas, transporte público entre otros. Todos ellos disponibles en la nube del servicio virtual de ciudad inteligente, disponible en celulares e internet, a través de plataformas digitales y videos.

Una de las preocupaciones del gobierno local en Busan es incrementar la colaboración entre las compañías públicas y privadas para crear, entregar y gestionar servicios urbanos innovadores. Además, Busan Metropolitan Government plans to establish a public-private collaboration company to create, deliver, and manage innovative urban services. A ello se suma concientizar a la población a que tome decisiones "verdes" como reciclar, viajar en bicicleta o en transporte público, reciclar, etc.

9.3.2 K-Water

K-Aguas es una de las empresas de manejo y distribución de agua potable en Corea del Sur, a cargo del abastecimiento principal de Seúl.

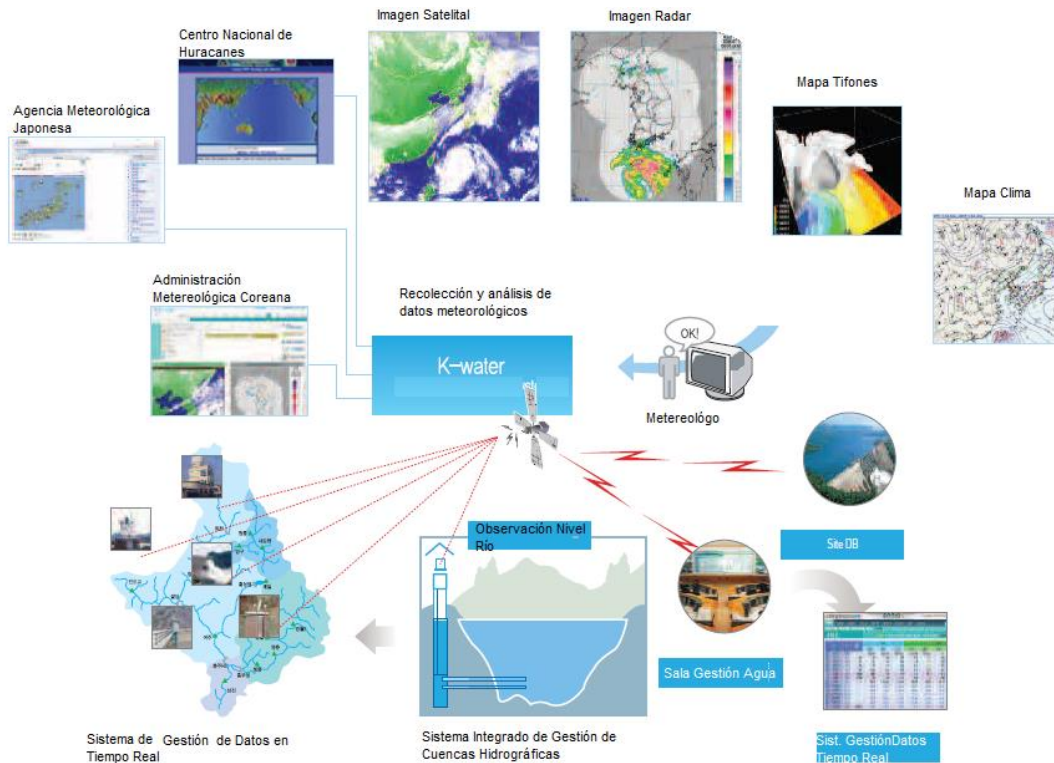
Debido los cambios climáticos del último tiempo , sequía y torrenciales lluvias se producen con frecuencia en Corea. Frente a esta situación la suministradora de agua potable K-Water decidió desarrollar un sistema integrado tecnológico que le permitiera operar 15 presas de aguas eficientemente y gestionar los recursos hídricos que funcionan actualmente y con ello:

- Maximizar la eficiencia en la gestión del agua según pronóstico del tiempo y la información hidrológica disponible
- Contar con un sistema de manejo integrado de cuencas hidrográficas conectadas con cantidad y calidad del agua
- Contar con un sistema de mando que está vinculado con el control de inundaciones para minimizar daños en la cuenca

El sistema cuenta con medición automática remota del volumen de agua, utilizando el hidrómetro Doppler supersónico, resolviendo así problemas como la falta de precisión en las mediciones. Siendo ésta, fundamentales para el análisis de todos los recursos hídricos, dato básicos para el funcionamiento de presas, reparación, control de compuerta, modelación de la tasa de transporte de sedimentos en la cuenca, y desempeño del sistema por el importe total de la contaminación.

El sistema integrado cuenta con información relevante proveniente de datos como pronóstico de tiempo, niveles de cuencas, mapeo de tifones e imágenes satelitales, e incluso desde información meteorológica proveniente de Japón.

Figura 9-7: Sistema Integrado K-Water



9.3.3 Proyecto Roy Hill – POSCO ICT

POSCO es el tercer mayor productor de acero del mundo, con subsidiarias como POSCO Engineering & Construction y POSCO ITC. En la actualidad la compañía está ampliando su producción mediante el establecimiento de instalaciones de países como Vietnam e India, al tiempo que incrementa la inversión en el extranjero para asegurar una base estable en el suministro de los recursos.

POSCO E & C se estableció en diciembre de 1994, con el objetivo de una empresa global de ingeniería y construcción basado en tecnologías de expertos en ingeniería, conocimientos técnicos, materiales y humanos con habilidades y experiencias de la acería integrada de POSCO.

Posco ICT se estableció en Perth, para diseñar e implementar el proyecto Roy Hill de explotación de mineral de hierro y que contempla un centro integrado de operaciones remotas (ROC).

La integración vertical del proyecto proporcionó un enfoque coordinado de la planificación, operación y administración general de las operaciones corporativas, minería, procesamiento, ferroviarias y portuarias de Roy Hill.

El componente central del ROC es la sala de control, donde se encuentra el equipo "Cadena de Demanda", quienes son responsables de la planificación

operativa, programación y ejecución de las actividades de producción en todas las áreas operacionales.

El enfoque clave para POSCO ITC fueron los datos. La reunión, validación y reporte en tiempo real de datos operacionales serán claves, según la empresa, para apoyar e impulsar la toma de decisiones operativas, optimizando la producción, la calidad y la fiabilidad a través de toda la empresa.

10 ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS PARA EMPRESAS COREANAS EN CHILE

Según Informe de Cochilco 2014²⁰, en Chile existe una cartera de proyectos compuesta por 53 proyectos que suman un requerimiento de inversión de MMUS\$104.851, de los cuales se estima que el 32% se encuentra en estado de construcción, que el 28% con estudios de prefactibilidad y el 40% con estudios de factibilidad. Además en el mismo informe se estima que el 16% ya ha sido gastado en los proyectos antes del presente año 2014, que el 47% se desembolsaría entre 2014 y 2018, con un promedio anual cercano a los 10 mil millones de dólares. El restante 37% lo sería del 2019 en adelante.

Cabe notar que 30 de los 53 proyectos corresponden a nuevos yacimientos. También se destaca que en este período se presentan 14 nuevas compañías mineras y las restantes ya cuentan con operaciones en Chile. A estos proyectos se destinaría el 55,8% de la inversión total.

Tabla 10-1: Cartera de Proyectos Mineros en Chile, 2014-2023

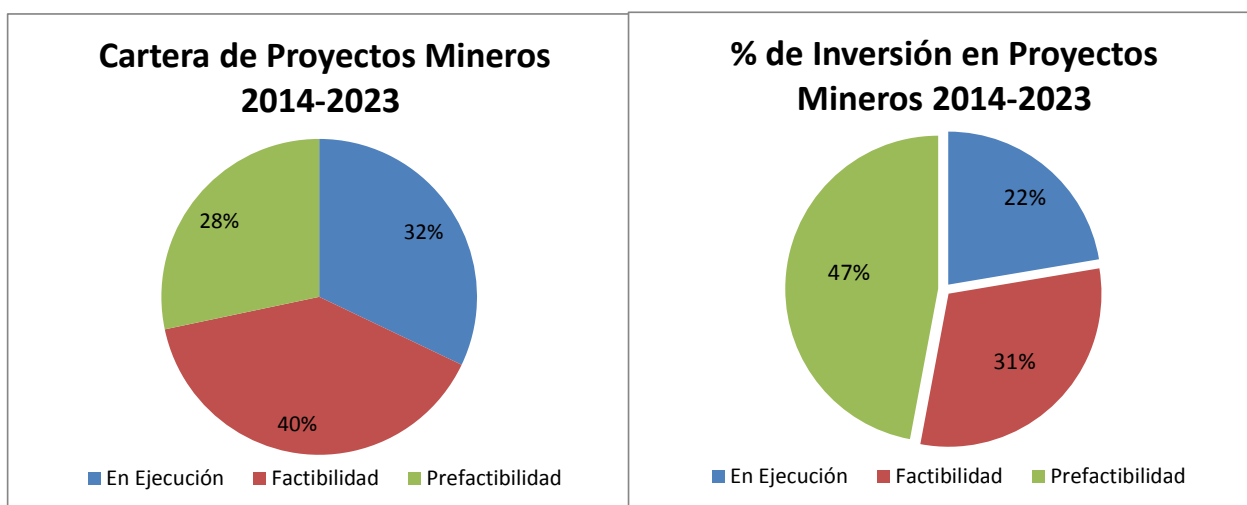
Sector Minero	Cantidad Proyectos	Inversión (MMUS\$)
Codelco	8	28.137
Gran Minería	18	48.722
Mediana Minería	6	3.273
Plantas Metalúrgicas	2	490
Sub total Cobre	34	80.622
Oro y Plata	10	17.382
Hierro	5	4.519
Minerales Industriales	4	2.328
Sub Total Otros minerales	19	24.229
TOTAL	53	104.851

²⁰ Fuente: Inversión en la minería chilena - Cartera de proyectos 2014 -2023, COCHILCO

Tabla 10-2: Distribución de la inversión en la minería chilena por estado de proyectos

Sector Minero	En Ejecución		Factibilidad		Prefactibilidad	
	Cantidad Proyectos	Inversión (MMUS\$)	Cantidad Proyectos	Inversión (MMUS\$)	Cantidad Proyectos	Inversión (MMUS\$)
Codelco	3	7.971	4	17.13	1	3.036
Gran Minería	5	11.329	6	4.503	7	32.89
Mediana Minería	1	152	2	1.221	3	1.900
Plantas Metalúrgicas	2	490	0	0	0	0
Sub total Cobre	11	19.942	12	22.854	11	37.826
Oro y Plata	0	0	6	5.882	4	11.500
Hierro	3	1.541	2	2.978	0	0
Minerales Industriales	3	1.948	1	380	0	0
Sub Total Otros minerales	6	3.489	9	9.240	4	11.500
TOTAL	17	23.431	21	32.094	15	49.326

Figura 10-1: Cartera de Proyectos Mineros 2014-2023 y su % en Inversión



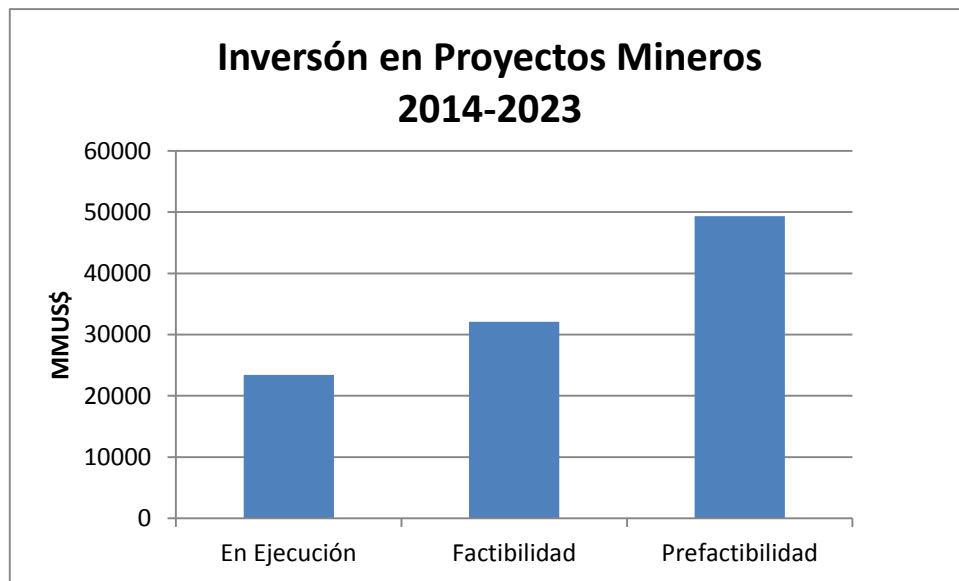
Según el estudio realizado por COCHILCO, Codelco presenta el mayor monto de inversión en la cartera de proyectos en Chile, que se condice con el título de ser el mayor productor de cobre a escala mundial.

Solo algunas compañías privadas destacan por su programa de inversiones. Tal es el caso de Antofagasta Minerals, con sus desarrollos en Sierra Gorda

(Antucoya y varios proyectos en el distrito Centinela) y el programa de ampliación gradual de Los Pelambres. También figura BHP Billiton, quien está poniendo sus esfuerzos por una minería sustentable de largo plazo a sus operaciones de Escondida y Cerro Colorado. Asimismo Teck se encuentra desarrollando dos megaproyectos. Otras compañías presentan proyectos potenciales para más largo plazo.

En cuanto a otras minerías, se encuentran inversiones de Barrick (oro), CAP (hierro) y SQM (minerales industriales)

Figura 10-2: Inversión Proyectos Mineros en Chile, 2014-2023



Según lo señalado en un informe de COCHILCO²¹, la industria minera gasta habitualmente entre 0,1% y 1% de las ventas en I&IT. Sin embargo, dependiendo del precio de los metales, hay empresas que destinan mayores presupuestos en I&IT.

En efecto, entre los años 2000 y 2009, Anglo American gastó entre 0,1% y 0,2% de los ingresos en I&D y BHP Billiton desembolsó entre 0,4% y 0,5% de sus ingresos. Por otro lado, tal como es indicado en la Tabla 6-1, Codelco gastó entre 0,26% y 0,47% de los ingresos en el mismo período.

²¹ Fuente: “Desarrollo E Innovación Tecnológica Minera En América Latina: Estudio De Casos”, COCHILCO, 2010

11 DISCUSIÓN

En el último tiempo, la minería metálica ha debido enfrentar nuevas dificultades operativas. Entre los principales desafíos mencionados se encuentra la profundización de las minas, incidiendo en forma directa en como los sistemas de automatización, control, robótica entre otros, se definen dentro de la minería del futuro. Sin olvidar el aumento en los costos en suministros como la energía y el agua, lo que está elevando los costos de operación. Es así como cada vez se hace más necesario el impulso por parte de todos los actores, tanto privado como público, de la innovación en los procesos productivos, de forma tal de mantener la competitividad de las mineras.

En el caso de Chile, el país cuenta con una reconocida y larga trayectoria en minería del cobre, por lo que los conocimientos técnicos, de ingeniería y operación existen en un amplio espectro. Todo apunta a que lo que se requiere hoy en día es un cambio fundamental en el paradigma minero, al considerar la implementación tecnológica ya no como un facilitador, sino como el eje central de las operaciones y la producción en toda la cadena de valor. Un ejemplo de ello, es el salto de países como Finlandia que a principio de los 80s tuvo ciertas dudas de la posibilidad competir en minería, (principalmente por el alto costo de la mano de obra) y donde la revolución tecnológica les dio una nueva oportunidad.

En Chile favorablemente se ha instalado la idea de innovar en minería para posicionar al sector en la ruta del desarrollo, demandando tecnología de primer nivel en sus procesos y servicios de apoyo. Sin embargo, le queda mucho camino por recorrer, para llegar a las cifras de inversión de países como Australia, el cual destinó durante el 2008 una cifra algo superior a los MUS\$ 2.500 solo en tecnología para la minería, en comparación a los MUS\$ 821 invertidos en el 2010 en innovación y desarrollo, pero para todos los sectores de Chile, correspondiendo solo una fracción destinada a la minería.

En este escenario, la compañía que parece destacar en Chile en temas de innovación en la minería es Codelco. Entre los años 2010 y 2013, los gastos destinados a innovación e investigación fluctuaron entre MUS\$ 31 y MUS\$58, lo que la ha situado entre las empresas nacionales productoras de cobre que asignaron una mayor cantidad de recursos a dichas iniciativas. No obstante no ha estado exenta de intentos fallidos como el Centro Integrado de Operaciones de la División Andina, en cuyo caso el centro funcionó como un elemento externo a las actividades productivas normales y no como elemento clave para las operaciones, lo que la hizo tener una posición frágil frente a las decisiones operacionales de cada área productiva. En este sentido se requiere un hábil manejo del cambio de la cultura minera. Que con más de 100 años de historia, ha sido y seguirá siendo difícil provocar cambios profundos en la forma de gestionar y operar una mina.

Respecto a sistemas integrados, Australia lleva la delantera, con sus operaciones en Pilbara, destacándose Rio Tinto como líder indiscutido en la materia. La integración de las operaciones que logró esta compañía, incluyen 15 minas, 3 terminales portuarios y un sistema ferroviario, otorgándole una robustez sin precedentes. No obstante el sistema carece de un modelo predictivo, clave para la proyección de producción. El otro caso en Pilbara es la minera BHP Billiton, donde el sistema integrado de operaciones es similar, y en ambos casos fue necesario un largo período de implementación, con cambios profundos, lo que quizás fue diferente al caso en Andina. El proyecto Roy Hill en Australia es quizás el ejemplo a seguir en Chile. Desde su ingeniería conceptual se ha incluido el centro integrado de operaciones, siendo una parte estratégica, definida como el core de las operaciones. Una faena completa de explotación minera concebida para operar con una alta automatización, telecomandos, con sistemas de monitoreo y control desde una sala a través de una sola plataforma digital.

Canadá sigue en cuanto inversión tecnológica se refiere, pero se ha quedado atrás en sistemas de gestión integrados. La comunidad Europea también sigue los pasos, con su proyecto I2Mine, el cual tiene como metas una minería invisible en el futuro, con ambiciosos resultados, como ahorros en minería subterránea entre 25% y 40% en 15 años, considerando que los ahorros por los quiebres tecnológicos en el siglo pasado completo fueron del alrededor de un 70%.

Es claro que las soluciones son distintas para cada operación y compañía, y su implementación reviste una preocupación mayor desde etapas de factibilidad de estos proyectos. Cabe hacer notar que los modelos de operación y gestión estudiados siguen madurando, adaptándose a los nuevos desafíos y buscando mejoras continuas. Y en estos procesos evolutivos ha sido clave una transformación interna en la forma de hacer las cosas

Dentro de los beneficios destacados de los sistemas integrados se estiman no solo ahorros en costo de operación, sino que además se aumenta la utilización de máquinas y equipos en alrededor de un 30%, se reducen las emisiones de CO₂ en 30%. En igual porcentaje se estima la disminución de lastre en los vertederos. Reducciones de agua y energía entre un 20% y 30% respectivamente.

Como los sistemas integrados son un elemento incipiente en Chile, que recién aparecen en la escena nacional como proyectos, aun no es posible visualizar el impacto de éstos, ni de los grados de integración, automatización y robotización que se requiere para obtener cambios significativos en el desempeño de las operaciones. Similarmente las brechas entre Chile y el extranjero en cuanto a sistemas integrados se refiere, tampoco es posible cuantificarlas, solo es posible hacer observaciones calificativas, las que dan cuenta de las deferencias. Hasta ahora, no es posible encontrar en ninguna operación minera en Chile un sistema o centro

integrado de operación completo. Solo sistemas parciales por operaciones y en alguna medida transversales, como PI System utilizados en plantas concentradoras y fundiciones de Codelco (gestiona datos y eventos en tiempo real y permite a los usuarios acceder a información histórica y análisis simples de la operación en plantas) o Datamine software utilizado en exploración, en modelamiento geológico, diseño de minas entre otros. Todo lo anterior dista enormemente del desarrollo identificado en Australia.

Ahora bien, Corea del Sur destaca por su crecimiento acelerado, que lo llevo de ser una de las naciones más pobres del mundo en los años 60's a ser una economía desarrollada, con un PIB per cápita de alrededor de USD30.000 que lo posiciona número 12 en la economía mundial. La nación rápidamente entendió que al ser un país pobre en recursos naturales, debía surgir desde el trabajo y de un desarrollo tecnológico sostenido que le permitiera lograr altas eficiencias en todas sus industrias y abandonar sus niveles de pobreza.

En la actualidad Corea, con un Ministerio de Ciencia, TIC y Planificación Futura, cuenta con un gasto en innovación y desarrollo de alrededor de un 4% de su PIB, lo que lo posiciona dentro de las economías tecnológicas más dinámicas del mundo. Marcas coreanas de renombre mundial como Samsung, LG y Posco destacan por su participación de mercado en servicios TI. Es claro que Corea maneja estándares muy superiores al chileno en cuanto a servicios informáticos, soluciones digitales y automatización. Desde dicha posición, Corea se sitúa como un país atractivo en términos de oferta tecnológica. Y que más aún, se visualiza como un referente promotor de cambios culturales profundos, de quiebres tecnológicos y de operación altamente eficiente. Al mismo tiempo Corea cuenta con experiencia probada en sistemas integrados de todo tipo, redes de metro, u-ciudades e inclusive en minería donde el proyecto en Australia Roy Hill destaca particularmente por el quiebre tecnológico en sus operaciones.

Por otra parte, Corea ha manifestado a través de sus relaciones comerciales con Chile, su interés por fortalecer negocios entre ambos países y aprovechar las oportunidades en minería que Chile ofrece. Eso sin mencionar, el interés que genera Chile, debido a que uno de los países competidores de Corea, Japón, ya se ha instalado en el país, generando expectativas en la nación sudcoreana.

Corea, aún cuando históricamente se ha resistido a abrir sus fronteras de negocios, en los últimos años ha mostrado que ello está cambiando, contando con experiencia no solo en Asia, sino también en una Latinoamérica muy lejana.

Ahora bien, en términos concretos la cartera de proyectos en Chile, es claro que los 17 proyectos que se encuentran en fase de construcción tienen las decisiones más estratégicas de tecnología ya tomadas, mientras que los 15 que están en estudio de prefactibilidad son los que presentan mayor

oportunidad de incorporar nuevas tecnologías que estén en condiciones de considerarse en las decisiones de ingeniería y por lo tanto constituyen la más clara oportunidad de negocios para Corea. Pero además, con una menor probabilidad, se encuentran los proyectos con estudios de factibilidad, los cuales también podrían constituir una oportunidad, ya que usualmente en el desarrollo de ingeniería de un proyecto se producen cambios, en muchos casos significativos.

En este escenario, la industria minera chilena ofrece a Corea un mercado potencial de alrededor de MMUS\$ 50000, en proyectos con estudio de factibilidad y prefactibilidad solo para la minería del cobre, a ser invertidos en un período de 9 años. De dicha suma y siguiendo la tendencia de las mineras chilenas en los últimos años, alrededor de un 0,5% podrían ser invertidos en tecnología, es decir MMUS\$2500 en dicho período. Esto representaría potenciales negocios entre ambos países.

Desde otro punto de vista, la industria minera en Chile necesita un nuevo impulso, y a la luz de los resultados, el camino develado por los líderes en la industria internacional, es a través de la innovación e incorporación y/o adaptación de nuevas tecnologías, productos y servicios. Hecho que queda reflejado en las recomendaciones del informe de tecnología e innovación minera de COCHILCO, donde precisamente se sugieren realizar acciones por parte del sector público y privado orientadas a desarrollar programas para atraer inversiones de grandes proveedores de alta tecnología que puedan utilizar a Chile, como plataforma de entrada de negocios para América Latina y el continente.

Todo pareciera apuntar a un escenario de negocios favorable para ambas naciones. Por una parte, Corea y su liderazgo tecnológico pueden ofrecer a la minería chilena una visión de minería inteligente de futuro. Y por otra Chile, una oportunidad de negocio en la industria más grande del país, con la posibilidad de extenderse a los países vecinos de Sudamérica. Negocios que además, podrían gozar de los beneficios que otorga el TLC del 2004 con Chile.

12 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones del presente trabajo:

- Las actuales condiciones en la minería metálica, aumento de costos de operación, menores leyes de los minerales y yacimientos cada vez más profundos, conllevan a la necesidad de quiebres tecnológicos que permitan altas eficiencias de operación y producción.
- En Chile existe una conciencia de la necesidad de incorporar tecnología de punta, pero su implementación se ha encontrado con problemas como:
 - Obstáculos en la cultura organizacional, poca adaptación, inercia
 - Se continúa con el enfoque de software individuales de apoyo a las operaciones, y no como sistemas integrales o centros integrados de operación, como eje central de la producción
 - Aversión al riesgo
 - Escasas políticas públicas que promuevan la incorporación de tecnologías
 - Baja inversión a nivel país en innovación, tecnologías y desarrollo
- En Chile solo se cuenta con sistemas integrados o centros integrados de operaciones a nivel proyecto y/o integración parcial en algunas operaciones mineras.
- Codelco destaca por sus inversiones en innovación y la inclusión de centros integrados de operaciones en sus proyectos, como Ministro Hales y Andina
- En el extranjero, Australia es el país que concentra el mayor desarrollo en sistemas integrados, destacando Rio Tinto en Pilbara, como el mayor centro integrado de operaciones, el cual incluye, 15 minas, un puerto y una red ferroviaria. También destaca el proyecto Roy Hill también en la misma región, explotación de hierro, que desde su génesis se concibió con centro de operaciones con integración total de sus operaciones.
- Las brechas entre Chile y el extranjero no fueron posibles cuantificarlas. Pero sí queda claro que las distancias que separan al país de faenas mineras en Australia son significativas. En Chile solo se cuenta con sistemas parciales de integración, en el mejor de los casos, en la gran minería.

- Corea del Sur, destaca por una bullante economía, desarrollo tecnológico acelerado y su liderazgo en servicios TI y soluciones digitales y por una amplia experticia probada en incorporación de quiebres tecnológicos.
- La experiencia coreana en sistemas integrados es variada, va desde administración de recursos hídricos, organización de ciudades hasta centros de operación integrada como es el caso del proyecto Roy Hill, en manos de la compañía coreana Posco ICT.
- Corea también se ha caracterizado por su resistencia a la apertura de negocios con países del extranjero. Sin embargo, hoy día eso está cambiando. De hecho se ha mostrado abierta a las relaciones comerciales con Chile y su nueva búsqueda de nuevas oportunidades de negocios.
- El mercado potencial en minería chilena en nuevos proyectos, susceptibles de incorporar sistemas integrados es de alrededor de MMUS\$2500 para un período de 9 años.
- Existen oportunidades de negocios entre Chile y Corea del Sur en la minería chilena, enfocados en cambios tecnológicos necesario para la industria y que le permitirían a uno de los países más tecnologizados del globo entrar en Chile y Sudamérica con una experiencia ya probada.
- Siguiendo el modelo de los líderes en sistemas integrados en operaciones mineras los posibles productos y servicios que la industria minera chilena podría incorporar en sus operaciones y que representan una oportunidad de negocios para empresas coreanas son:
 - Servicios de ingeniería, implementación y puesta en marcha de plataformas de sistemas integrados de operaciones, robotización y manejo remoto
 - Centro de operación, manejo y control de operaciones centralizado
 - Softwares para operación y control de operaciones remotas
 - Robotización
 - Modelo predictivos
 - Modelos de costos
 - Software, hardware, sistemas digitalizados y todo lo necesario para la implementación de centros de operación integrados

13 BIBLIOGRAFÍA

- Betancour, M Informe COCHILCO: País Atractivo Para Las Inversiones Mineras.
http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/inversion/Atractivo-de-Chile-para-Inversiones-Mineras_VF.pdf (12 de julio de 2014)
- Pérez, V (*et al*), Informe COCHILCO: Inversión en La Minería Chilena - Cartera de Proyectos 2013 -2021.
http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/inversion/Inversion_en_la_mineria_chilena-Cartera_de_proyectos.pdf (05 de febrero de 2015)
- Olivares, G, Informe COCHILCO: Oportunidades de Negocios para Proveedores de Bienes, Insumos y Servicios Mineros en Chile.
http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/mercado/oportunidades_de_negocios_para_proveedores_en_chile.pdf (
- Pérez, P, Informe COCHILCO: ¿Por Qué Subcontratan las Empresas Mineras en Chile?.
http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/productividad/subcontratacion_DE0809.pdf (10 de febrero de 2015)
- ProChile Seúl, Informe ProChile: Perfil Mercado Inversiones, 2011.
http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files/mf/documento_01_20_12173306.pdf (15 de julio de 2014)
- Country Commercial Guide for US companies – Doing Business in US & Foreign Commercial Service and US Department of State: South Korea (2014). http://www.buyusainfo.net/docs/x_13980.pdf (16 de enero de 2015)
- Cámara de Comercio Chileno-Coreana. www.camarachilenocoreana.cl (05 de julio de 2014)
- Korean Culture and Information Service (KOCIS), Ministerio de Cultura, Deportes y Turismo de la República de Corea.
<http://spanish.korea.net/AboutKorea/Korea-at-a-Glance/Korea-in-the-World> (08 de mayo de 2014)
- Finlayson, E, Presentación en Mines and Money (London 2009): The evolving context for global mineral exploration.
<http://www.minesandmoney.com/london/presentations/2009/Day1/MMLondon2009-Day1-Eric-Finlayson-Head-of-Exploration-Rio-Tinto.pdf> (05 de noviembre de 2014)

- Hu, Ruizhong (et al.), ebook: Mineral Resources Science in China: A Roadmap to 2050. <http://www.springer.com/gp/book/9783642053436#> (10 de octubre de 2014)
- Schwab, K, Reporte de World Economic Forum: The Global Competitiveness Report 2014–2015. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf (17 de noviembre de 2014)
- Orellana, M, Presentación Codelco Digital 2010: Information Technologies, Telecommunication and Automation. www.corfo.cl/downloadfile.aspx%3FCodSistema%3D20020129172812%26CodContenido%3D20101029100958%26CodArchivo%3D20101115173708+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=cl (20 de octubre de 2014)
- Sitio web <http://www.oecd.org/>
- Crawford, M (et al), Reporte del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad: Evaluation Report of National Innovation Strategy for Competitiveness, Chile, 2010. http://www.cnic.cl/index.php/doc_details/2-evaluation-report-of-national-innovation-strategy-for-competitiveness-chile.html. (25 de septiembre de 2014)
- Sitio web www.cmic-ccim.org
- Havro, G (et al), Reporte de la OECD: To benefit from Plenty: Lesons from Chile and Norway. <http://www.oecd.org/dev/41281577.pdf> (16 de octubre de 2014)
- COCHILCO, Reporte: Desarrollo E Innovación Tecnológica Minera En América Latina: Estudio De Casos. http://www.tecnologiaslimpias.cl/chile/docs/11611737491RE_cochilco_inf_final_spa.pdf (15 de noviembre de 2014)
- Astudillo, Irene; Chacón, Enrique. Minería del Cobre, Una Mirada desde la Innovación Tecnológica. Editado por Editec, 1a ed, Santiago, Chile, 2013
- Korea Ratings, Industry Credit Outlook: SI, Seoul 2014
- Korea Ratings, Methodology Report: SI, Seoul 2014.
- KIS Credit Monitor, Major Issues on SI industry: Focusing on Affiliates of Major Companies of Korea, Seoul2012.