



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

**APLICACIÓN DE METODOLOGIA PARA LA INNOVACION
EN LA INDUSTRIA MINERA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

IAN SIMON PELISSIER MONTERO

**PROFESOR GUÍA
IVAN BRAGA CALDERON**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN
JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO
LUIS ZAVIESO SCHWARTZMAN**

**SANTIAGO DE CHILE
2015**

RESUMEN

La industria minería está pasando por una etapa de contracción transversal debido al estado de la economía mundial y la especulación sobre el futuro del mundo y como éste se desarrollará próximamente en relación a los consumos de materias primas, asociado fuertemente a que posición tendrá China en el consumo de materias primas los próximos años. Esto se refleja en la postergación, y en otros casos cancelación, de nuevos proyectos de explotación minera, situación que repercute en todos los niveles involucrados en el negocio minero, desde proveedores de equipos y servicios de ingeniería, hasta las empresas mineras mandantes que han visto disminuidos sus ingresos en los últimos años debido a estos factores en la economía mundial.

Esta situación obliga a la industria minera a replantear su manera de desarrollar el negocio, apareciendo una serie de iniciativas o metodologías que buscan revertir la tendencia negativa en los distintos indicadores del negocio. Dentro de todas las alternativas existentes que permiten dar sustentabilidad al negocio, la innovación aparece como un elemento en general ausente dentro de este negocio y no así en otros sectores productivos, donde puede llegar a formar parte de la cultura organizacional de algunas compañías.

Con la realización de este trabajo se busca impulsar el concepto de innovación dentro de una industria muy enfocada en la operación del hoy y no necesariamente pensando en el futuro, utilizando como método la generación de modelos de negocios con la metodología "Canvas". Se espera que con esto se facilite la adopción de una cultura de innovación dentro de un negocio muy reacio a estas inversiones, pero entendiendo sí que la innovación no necesariamente se debe relacionar con inversiones en nuevas tecnologías, sino que cualquier iniciativa ordenada y planificada por muy pequeña que sea, y que permita mejoras marginales a los procesos existentes, ya es innovación debido a que genera un valor agregado a un proceso que antes no estaba presente.

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE ILUSTRACIONES.	5
1. INTRODUCCIÓN.	7
2. OBJETIVOS.	14
2.1. Objetivo General	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. ALCANCE.	15
4. METODOLOGÍA	16
5. REVISION INDUSTRIA MINERA	18
5.1. REVISION HISTORICA.....	18
5.2. industria minera e innovacion.....	23
6. MARCO CONCEPTUAL	29
6.1. Concepto de Innovación.....	29
6.2. Modelos de Negocios.....	33
6.3. MODELO CANVAS	34
7. CASOS DE ESTUDIO.....	38
7.1. Proyecto de Cambio Correa 1-A	38
7.1.1. Descripción del contexto	39
7.1.2. Dificultades detectadas	43
7.1.3. Solución	44
7.2. ESTRATEGIA DE VENTILACIÓN EN PLANTA DE CHANCADO SUBTERRANEA	47
7.2.1. Descripción del contexto	47
7.2.2. Dificultades detectadas	49
7.2.3. Solución	50
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	56
9. BIBLIOGRAFIA	60
10. ANEXOS	62

10.1.	PRESENTACIÓN CONGRESO BELT 2013, LIMA PERÚ, “Experiencia de Colaboración Codelco Andina-Contitech-Dupont: Alimentador 1-A con refuerzo de Kevlar”	63
10.2.	LISTADO DE PROYECTOS DE INVERSION PARA LA ERRADICACION DE LA SILICOSIS, 1990 AL 2013.....	75

INDICE DE ILUSTRACIONES.

Figura 1. Índice de Productividad, Estudio Cochilco “Una mirada a la productividad del sector minero en Chile”.....	7
Figura 2. Productividad por sector 2003-2008, Estudio Cochilco “Una mirada a la productividad del sector minero en Chile”.	8
Figura 3. Productividad por sector 2010-2011, Estudio Cochilco “Una mirada a la productividad del sector minero en Chile”.	8
Figura 4. C1 Minería Chilena por componente, “Competitividad de la Minería Chilena”.....	9
Figura 5. Gasto I+D como porcentaje PIB, año 2010.	10
Figura 6. Fuentes de financiamiento y ejecución I+D en Chile, año 2010.	11
Figura 7. Gasto I+D año 2009 entre Chile y Australia.....	12
Figura 8 Diagrama de explotación por Block Caving	19
Figura 9 Diagrama de explotación rajo abierto.	20
Figura 10 Celda de Flotación.....	21
Figura 11 Ciclo de un proyecto minero	25
Figura 12. Simplificación gráfica del proceso de innovación.....	30
Figura 13. Ejemplo de lienzo para la aplicación de la metodología canvas.	35
Figura 14. Proceso Productivo de Codelco Chile División Andina.....	40
Figura 15. Esquema simplificado alimentador 1-A.....	42
Figura 16. Número de nuevos casos detectados anualmente en Codelco División Andina.	48

Figura 17. Evolución indicadores de polvo respirable en Planta de Chancado Grueso Convencional.....55

1. INTRODUCCIÓN.

La industria minera se encuentra inmersa en una vorágine de restricciones de costos, de presupuestos y de factores ambientales que cada día hace más compleja la operación diaria de las faenas existentes y casi nula la aprobación de nuevos proyectos. Además, en las últimas décadas se observa en la industria minera un estancamiento en la adopción de grandes cambios tecnológicos que reviertan las tendencias de costos, enfocando la industria sus esfuerzos principalmente hacia el gigantismo. Esto ha llevado a un ascenso de la curva de costos para todas las empresas mineras que hace insostenible seguir realizando lo mismo para buscar revertir los resultados. Este ascenso de costos también se suma a la baja en la productividad en el sector minero que indudablemente empujan a buscar salidas a estas trayectorias negativas para el desarrollo del negocio futuro, tal como se muestra en el gráfico a continuación:

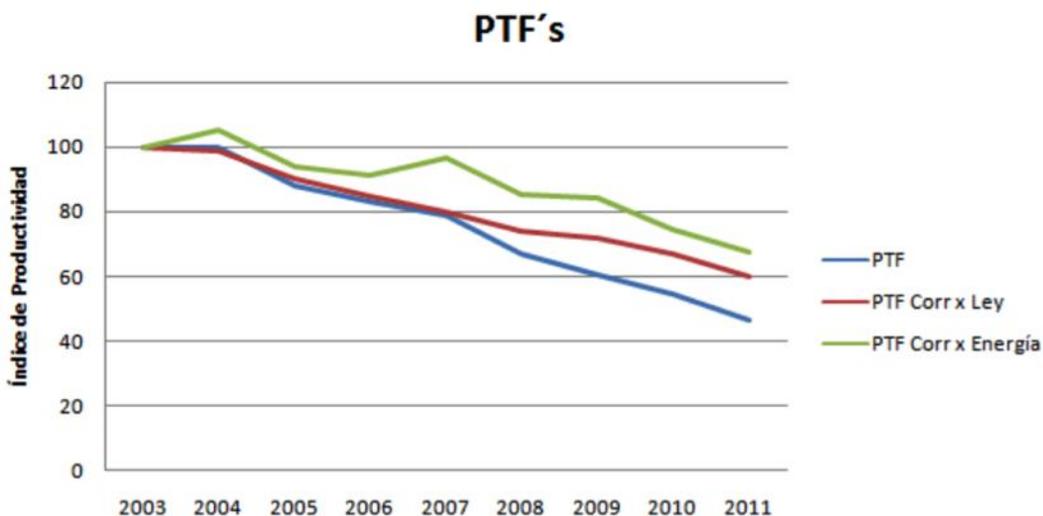


Figura 1. Índice de Productividad, Estudio Cochilco “Una mirada a la productividad del sector minero en Chile”.

Como se indica en la figura anterior, la productividad del sector minero ha ido en decadencia en los últimos años lo que necesariamente debe empujar a la industria minera nacional a una búsqueda exhaustiva de qué hacer para revertir esta tendencia. Es importante ver qué ocurre con la productividad de otros sectores económicos, para lo anterior se muestra el gráfico a continuación:

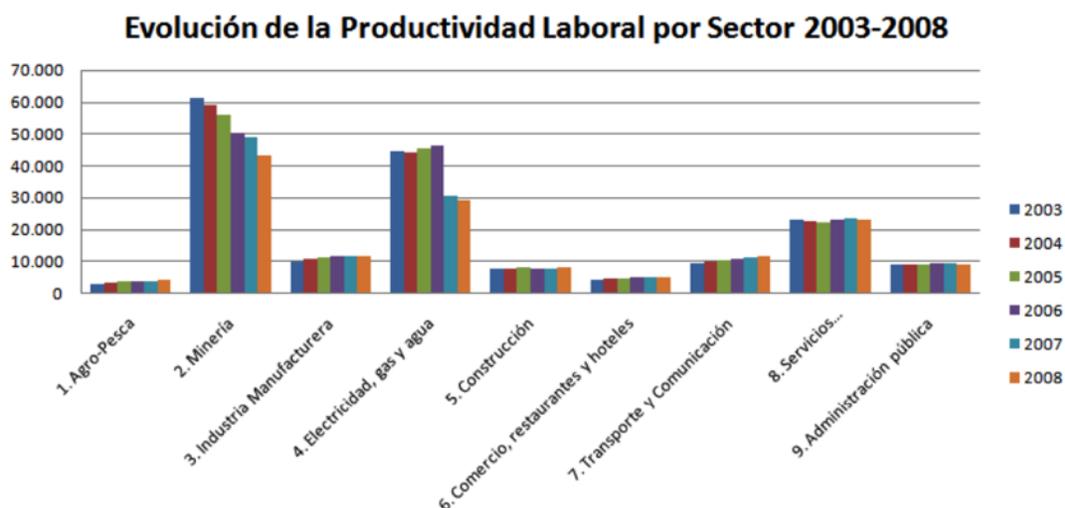


Figura 2. Productividad por sector 2003-2008, Estudio Cochilco “Una mirada a la productividad del sector minero en Chile”.



Figura 3. Productividad por sector 2010-2011, Estudio Cochilco “Una mirada a la productividad del sector minero en Chile”.

Como se observa en los Gráficos 2 y 3, el único sector económico que ha tenido una involución en su productividad es la minería, excepto por una caída del sector eléctrico, gas y agua en los años 2007 y 2008 para luego repuntar. Esta situación obliga a repensar lo que se está realizando en el sector a modo de revertir esta tendencia.

Desde hace muchos años, la manera de crecer en minería era a través del gigantismo, tendencia que a la larga produce rendimientos decrecientes a escala y que puede explicar el fenómeno anterior de productividad. Interesante observar es la evolución de la curva de costo de la industria minera chilena por componente, tal como se muestra a continuación:

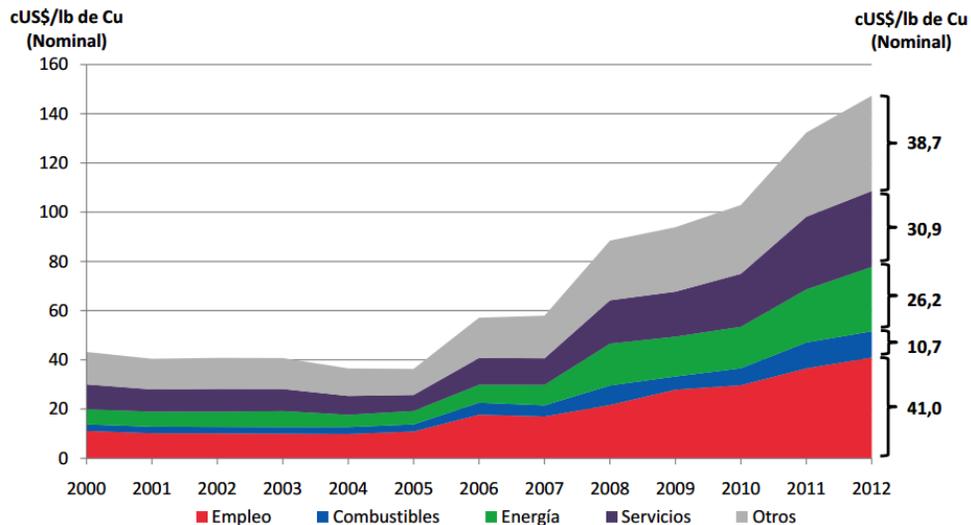


Figura 4. C1 Minería Chilena por componente, “Competitividad de la Minería Chilena”.

Como se observa en el gráfico anterior, la curva de costos de la minería chilena va en franco aumento, principalmente desde el año 2005 en adelante, con un fuerte aumento de la componente de “servicios”, “energía” y “empleo”.

Las variables antes mostradas son un pequeño ejemplo de que la minería chilena está inmersa en una dinámica que obliga a buscar nuevas maneras de llevar a cabo sus procesos productivos, en todo orden de cosas, y no sólo enfocar sus esfuerzos en la exploración de nuevos yacimientos y el gigantismo. Es así como nace la iniciativa de presentar la innovación como un modelo de negocios que apalanque el desarrollo sustentable de la industria minera, utilizando para esto una metodología simple y didáctica que será presentada en capítulos posteriores.

En relación al gasto en Investigación y Desarrollo, según cifras de la OCDE, en el año 2010, Chile invirtió un 0,5% de su PIB, muy por bajo el total de la OCDE que llega a un 2,35%. Un resumen de estos valores se puede ver en el gráfico a continuación:

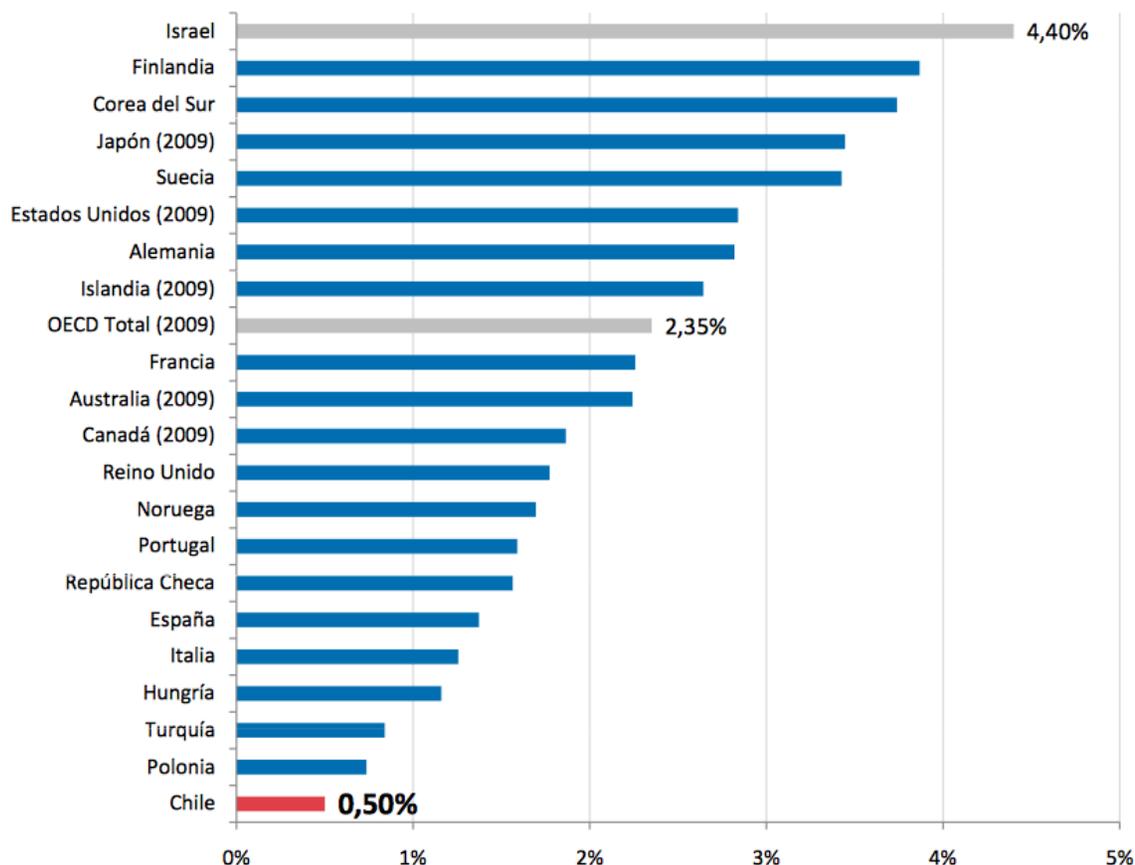
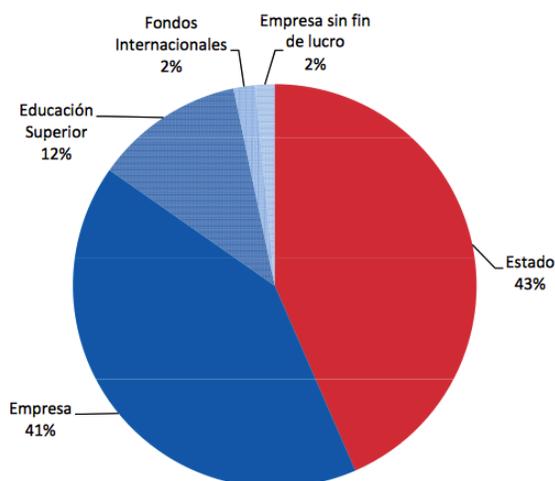


Figura 5. Gasto I+D como porcentaje PIB, año 2010.

Se observa que el país con mayor gasto en I+D como porcentaje de su PIB es Israel con un 4,4%, seguido de Finlandia y luego Corea del Sur. De los países donde se ejecuta actividad minera, se puede observar a Estados Unidos con un 2,8% y luego Australia con un 2,2% de su PIB, con porcentajes comparables al promedio de la OECD. En relación al caso chileno, se tiene que para el año 2010, el estado financio el 43% del gasto en I+D y las empresas sólo el 41%, tal como se muestra en la figura a continuación:

Fuentes de Financiamiento:
US\$ 908 millones



Sector de Ejecución:
US\$ 908 millones

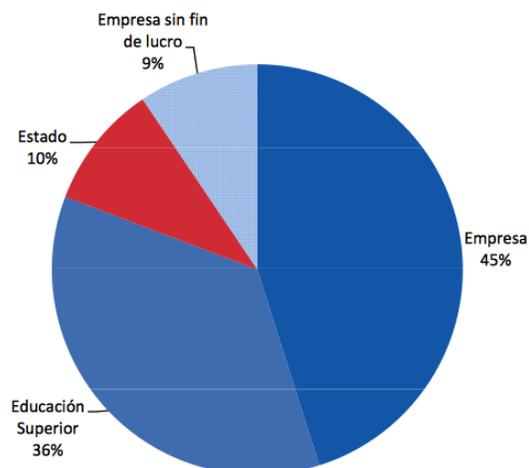


Figura 6. Fuentes de financiamiento y ejecución I+D en Chile, año 2010.

Se observa en la figura anterior que si bien el 43% del financiamiento I+D sale del estado, las empresas se quedan con el 45% para ejecutar y el estado con sólo el 10%, mostrando de manera evidente el desbalance que existe en el financiamiento en innovación y quienes invierten estos fondos. Ahora, si se compara a Chile con otro país minero como Australia se observan grandes diferencias tanto en los montos involucrados en innovación (I+D), como también en el porcentaje que representa la minería dentro del total del fondos invertidos. Lo anterior se muestra en la figura a continuación:

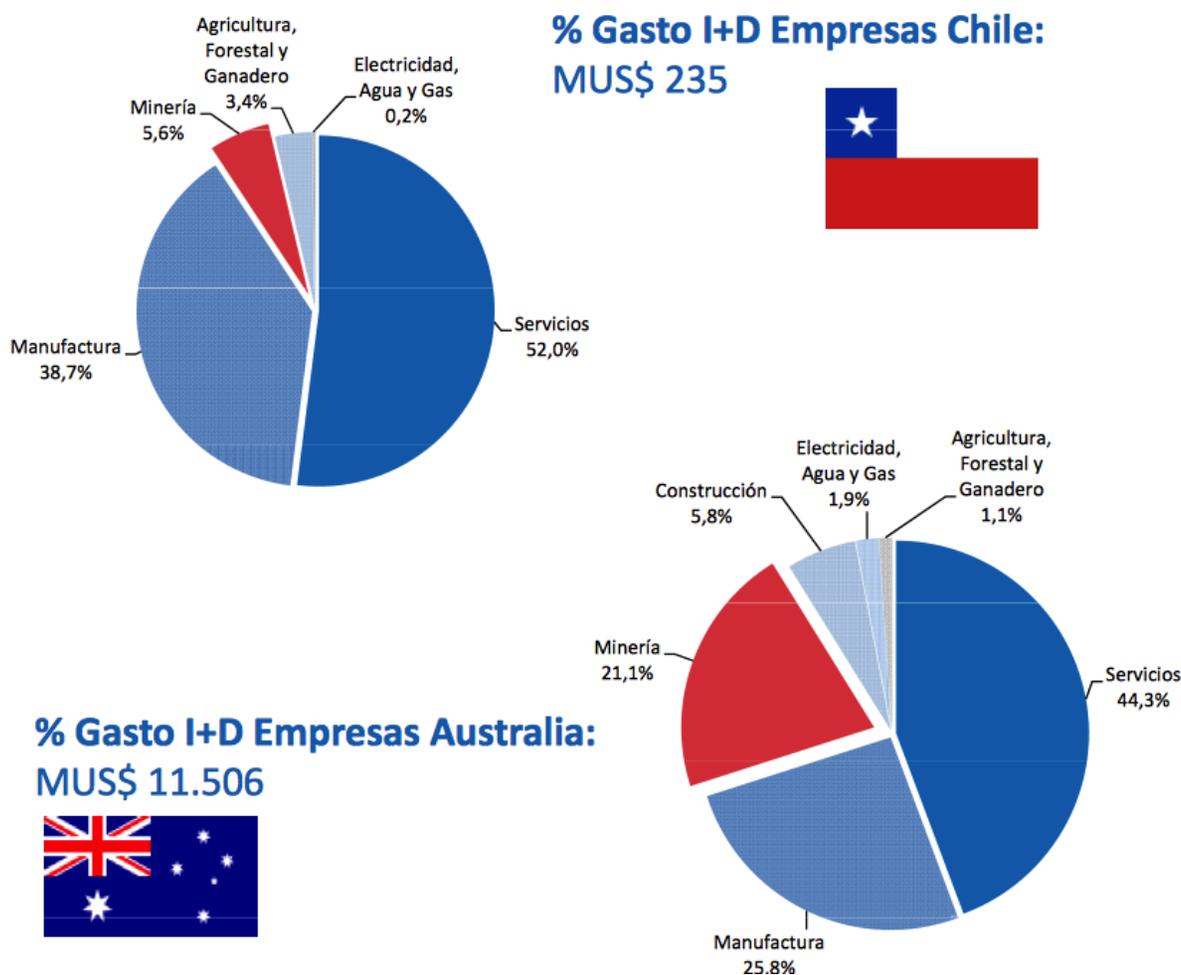


Figura 7. Gasto I+D año 2009 entre Chile y Australia.

Siendo los dos países analizados fuertemente mineros, se observa una enorme diferencia en los porcentajes de montos invertidos en I+D en minería, donde en el caso Australiano se llega a un 21,1% en el año 2009, y en el caso Chileno solamente a un 5,6%. Otro punto importante de observar, y que afecta directamente a la minería en su componente de costos, es el porcentaje de gastos en I+D en Electricidad, Agua y Gas, donde en el caso Australiano llega a un 1,9% y en el caso Chileno a sólo un 0,2%. Un caso interesante es el porcentaje de gasto en I+D en los sectores de servicios, donde Chile está sobre Australia con un 52%.

Los datos mostrados en esta sección buscan presentar a la innovación como una palanca importante a la hora de revertir la forma de la curva de costos de la industria minera nacional, la cual de alguna manera necesita ser modificada para hacer

sustentable el negocio minero en el futuro. Se muestran también algunos datos en relación al gasto en I+D para países OCDE y una comparación simple con un país minero desarrollado, como es Australia. Las diferencias entre ambos países son evidentes e invitan a todos quienes están involucrados en el negocio minero a cambiar la mirada para poder luego cambiar la forma en la cual se hace minería en la actualidad en Chile.

2. OBJETIVOS.

En este capítulo se presentan tanto los objetivos generales como los específicos del trabajo de Tesis realizado.

2.1.OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo de tesis es presentar la innovación, mediante el estudio de casos, como una manera de apoyar la sustentabilidad del negocio minero en el corto y mediano plazo, junto con introducir una metodología simple que apoye el desarrollo de la innovación y que permita mejorar las oportunidades de éxito de las distintas iniciativas que se planteen al interior de una organización que busquen la mejora de algún proceso o algunos indicadores del mismo.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos que persigue la realización de este trabajo son los siguientes:

- Mostrar experiencias exitosas ya sea en la industria minera como en otras
- Presentar la innovación como modelo de negocio para la solución de problemas y cuellos de botella en la industria minera, en particular el caso del cobre
- Presentar una metodología simple que apoye el proceso de innovación dentro de una organización y permita mejorar las posibilidades de éxito.

3. ALCANCE.

El alcance principal de este trabajo de tesis es presentar una metodología simple y de fácil entendimiento que permita encausar las distintas iniciativas de innovación que puedan surgir al interior de una organización, ya sean innovaciones en tecnologías, productos, servicios o estrategias de gestión. En particular este trabajo se enmarca en el negocio minero en el cual el autor desarrolla su actividad profesional, desarrollando dos casos de estudio de experiencias propias del autor en iniciativas de innovación dentro del proceso productivo de una faena minera de la gran minería del cobre. La utilización de esta metodología pretende ser un aporte para mejorar las oportunidades de éxito del proceso de innovación dentro de la industria minera, dadas las particularidades de esta en la actualidad, como lo son la baja en el precio del cobre y la búsqueda constante de una mejora en la productividad de todos quienes forman parte del proceso productivo.

Se presentarán dos casos de estudio como experiencia real de innovación como un modelo de negocio, desarrolladas por el autor en una compañía minera donde se logró incrementar indicadores de éxito mediante la metodología propuesta. Estos casos se presentan para poder mostrar de manera más simple la aplicación de la metodología propuesta y cómo es posible ordenar los distintos aspectos claves del proceso de innovación y mejorar sus posibilidades de éxito.

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo se realizará en una primera etapa una revisión histórica de los distintos hitos de innovación en la minería mundial que han generado cambios importantes en la manera en la cual se ha desarrollado el negocio minero, enfocado principalmente en la industria del cobre chileno. Si bien en general se tienen grandes hitos dentro de la historia tales como el desarrollo del proceso de flotación, el horno convertidor Teniente, métodos Block-Caving, no solamente con estos grandes quiebres tecnológicos se puede sustentar el negocio y ahí es donde se pondrá un foco distinto en la búsqueda de hitos que apalanquen el desarrollo del negocio minero de una manera sustentable en el largo plazo.

Una vez realizada la revisión histórica se analizarán los factores que no fomentan la innovación en una industria como la minera, en particular enfocado en la minería del cobre. Estos factores comprenden desde temas históricos del negocio hasta financieros, como por ejemplo el margen existente entre precio de venta y costo. Se mostrará que existen una serie de elementos que empujan a la industria minera a buscar la maximización de su producción como foco del negocio, sin buscar elementos que permitan mejorar la rentabilidad del proceso, principalmente cuando el margen entre precio de venta y costo es alto.

Levantados los factores que impiden la creación de una cultura en la industria minera se procederá a presentar una herramienta simple que permita facilitar el proceso de innovación en una industria para la cual no es natural esto. Principalmente esta metodología permite la creación de un modelo de negocios de manera clara y consistente, y requiere de la participación de un equipo multidisciplinario diverso tanto en habilidades creativas como analíticas. Presentados los componentes básicos de la metodología a utilizar se realizaran dos casos de estudio de experiencias reales para entregar mayores detalles. Se determinó utilizar la metodología Canvas para la generación de modelos de negocios debido a su simplicidad de aplicación y porque normalmente los equipos de trabajo en la minería son multidisciplinarios y esta variedad de profesionales en el interior de un equipo permite una mejor identificación de los

factores a listar para la generación del modelo de negocios, tal como se mostrará en el Capítulo 6.3.

Para finalizar se entregarán una serie de conclusiones sobre el trabajo realizado y recomendaciones que permitan desarrollar el negocio minero de manera sustentable en el largo plazo utilizando la innovación como generador de valor agregado.

5. REVISION INDUSTRIA MINERA

Para poder comenzar la discusión acerca de la innovación y su aporte a la minería, es importante comenzar con una revisión de los distintos quiebres tecnológicos que han ocurrido en la industria minera, en particular en el caso del cobre, que es el mineral principal producido por nuestro país y motor de nuestro desarrollo.

5.1. REVISION HISTORICA

Se entiende por minería como la extracción de minerales y otros materiales de la corteza terrestre con el objetivo de obtener un beneficio económico. Como es evidente, estos recursos presentes en la corteza terrestre son del tipo no renovables, con lo cual en la medida que la actividad minera avanza, estos se van agotando en función de los rendimientos mineros. Este agotamiento de los recursos disponibles, junto con variaciones en los parámetros del yacimiento como ley de mineral, razón estéril/mineral, profundización del punto de explotación, dureza de la roca y otros factores necesariamente han empujado a la industria minera en la búsqueda de innovaciones tecnológicas o de gestión que permitan seguir extrayendo minerales a un ritmo económicamente rentable. Esto se suma también a la constante búsqueda de disminución de costos en la industria debido a los aumentos de precios en insumos claves como energía, servicios y mano de obra.

A pesar de los efectos del envejecimiento de los yacimientos y los aumentos en los costos de producción, la industria minera del cobre no es una industria que se caracterice por desarrollar nuevas tecnologías, sino más bien opera como una industria que adapta muy bien los desarrollos mineros en otros metales. A modo de ejemplo se puede mencionar la adopción de tecnologías en el siglo XIX originalmente provenientes de la industria del hierro y el carbón tales como la perforadora rotatoria (1885), el chancador de rodillos (1832), de mandíbulas (1886) y el giratorio (1883), equipos que son claves hasta el día de hoy en las plantas de procesamiento de minerales actuales.

Dentro de los principales quiebres tecnológicos que adaptó la minería del cobre, se pueden nombrar cuatro principales y que hasta el día de hoy están presentes en la industria los cuales son:

- La explotación subterránea por Block Caving,
- La explotación a Rajo Abierto,
- El proceso de flotación de sulfuros y
- La electro obtención y extracción por solventes de minerales oxidados.

El método de Block Caving consiste una forma de explotación masiva en la cual un bloque de mineral se corta en su base y luego a partir de la extracción se produce la propagación del hundimiento. Con esto el mineral se fractura y se rompe por si sólo debido a las tensiones internas y los efectos propios de la gravedad. Esto permite un ahorro significativo en explosivos ya que la principal fuente de energía para la fractura del bloque es su propia gravedad. En la figura a continuación se muestra un esquema del método de explotación con los distintos niveles involucrados.

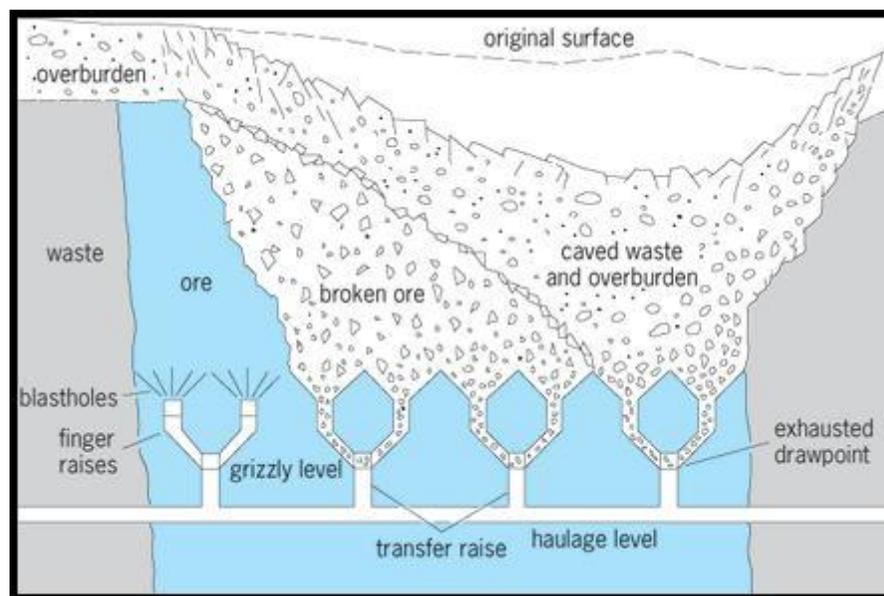


Figura 8 Diagrama de explotación por Block Caving

Este método fue introducido desde la industria minera del hierro a comienzos del siglo XX, aplicándose en minas de cobre en el Oeste de los Estados Unidos. La primera

aplicación de este método de explotación en Chile fue en la mina El Teniente en el año 1940, produciéndose una modificación del método hacia el año 1892 denominado Panel Caving, principalmente debido al aumento de la dureza de la roca y la profundización del yacimiento.

En el caso del método de extracción a rajo abierto, este permitió el desarrollo de una serie de tecnologías basadas en economías de escala, principalmente respecto a los movimientos de las minas al permitir aumentar el tamaño de los equipos de carguío y transporte para alimentar las plantas de procesamiento. Este método de extracción es rentable en los yacimientos en los cuales sus minerales se encuentran cerca de la superficie, permitiendo grandes volúmenes de extracción diarios. Un esquema de un rajo abierto se muestra a continuación.

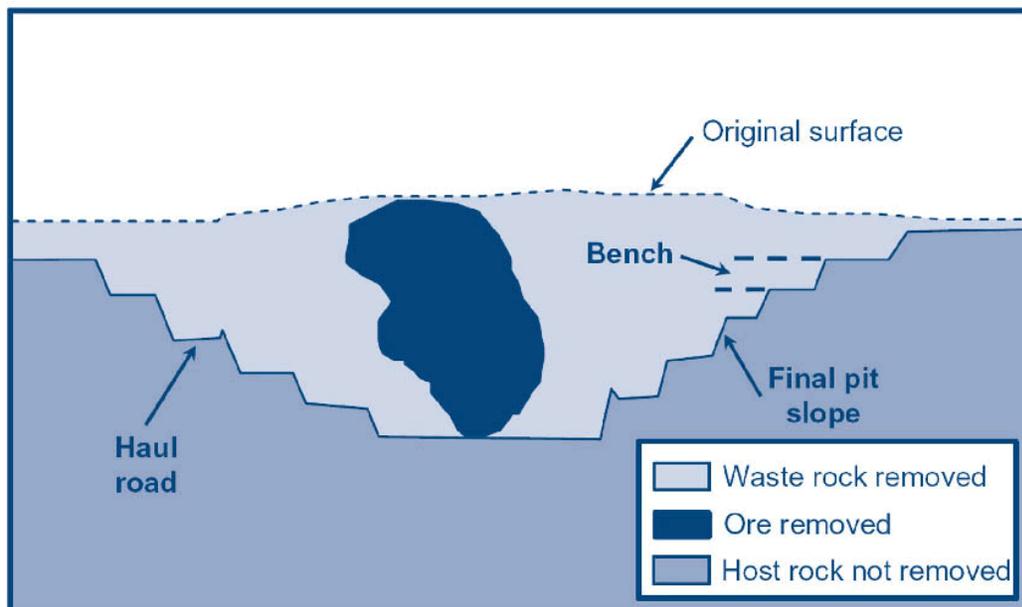


Figura 9 Diagrama de explotación rajo abierto.

En relación a los grandes quiebres en los métodos de procesamiento de minerales sulfatados, quizás el más importante a la fecha es la introducción de proceso de flotación, el cual reemplazó la concentración gravitacional, permitiendo pasar de recuperaciones de cobre de valores en torno al 60% a recuperaciones por sobre el 85% del cobre contenido en el mineral. La primera aplicación industrial de esta tecnología fue

en Australia en una planta de zinc en el año 1905. Este proceso físico-químico consiste en ingresar el material molido a celdas de gran tamaño a las cuales se les inyecta oxígeno desde el fondo de la celda generando burbujas, de modo de que las partículas de mineral se adhieran a la superficie de la burbuja subiendo por la celda y acumulándose en forma de espuma en la parte superior para luego rebosar y separarse del resto del mineral. Este proceso, en el caso del cobre, permite separar de manera económica y a grandes escalas el cobre y otros elementos presentes, como el molibdeno, del resto de los minerales que constituyen la roca original presente en el yacimiento. Este producto es luego secado mediante filtros, transformándose en concentrado de cobre que luego es llevado al proceso de fundición. Un esquema simple del proceso que se desarrolla en la celda de flotación se muestra a continuación.

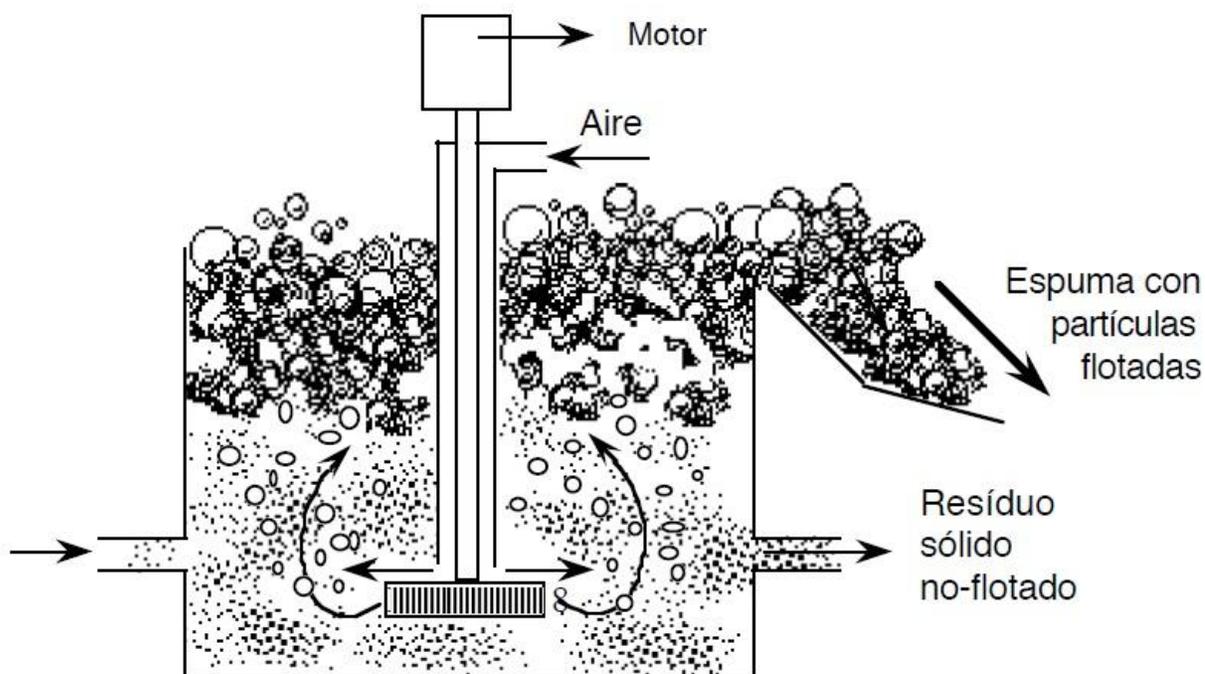


Figura 10 Celda de Flotación

Este proceso de flotación es utilizado tanto para la separación del concentrado de cobre del relave, como también en la separación de otros minerales que existan en los distintos yacimientos. En el caso del cobre chileno este mismo proceso se utiliza la

separación del cobre y el molibdeno, mineral abundante en algunos yacimientos nacionales.

En el caso de los minerales oxidados, el principal quiebre tecnológico es el de la electro obtención y la extracción por solventes. La electro obtención es un proceso metalúrgico que tiene por objetivo la precipitación, ya sea selectiva o colectiva, por medio de electrolisis¹ de algún o algunos de los elementos presentes en una solución. Este proceso fue descubierto de manera involuntaria en 1800 por el químico inglés William Nicholson mientras estudiaba el funcionamiento de las baterías. El proceso en sí consiste en aplicar una corriente eléctrica continua a un par de electrodos sumergidos en una solución. El electrodo conectado al polo positivo se conoce como ánodo y el conectado al negativo como cátodo. Cada uno de estos electrodos atraen carga opuesta, los negativos son atraídos hacia el ánodo y los positivos hacia el cátodo. Este movimiento de cargas permite la producción de nuevas sustancias, que en el caso del cobre permite la producción de cátodos de cobre que tienen purezas por sobre el 99% de cobre.

La extracción los solventes originalmente fue creada en la industria del uranio durante la segunda guerra mundial, empujado principalmente por la búsqueda de una mayor pureza de metales nucleares extraídos desde minerales muy pobres. Es un proceso que permite purificar, concentrar y separar minerales de manera económica las disoluciones provenientes del proceso de lixiviación. Este proceso se basa en que ciertos reactivos orgánicos tienen un alto grado de afinidad selectiva con determinados iones metálicos, de ahí nace su principal aplicación como separador selectivo de metales. Este proceso permite cumplir los objetivos de concentración de metales disueltos, transferencia de los metales disueltos a otra solución y la separación y purificación. En la industria del cobre este proceso normalmente se utiliza a posterior

¹ La electrólisis es un proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la aplicación de electricidad. En este proceso ocurre una captura de electrones por los cationes en el cátodo y una liberación de electrones por los aniones en el ánodo.

del proceso de lixiviación, donde estas soluciones son concentradas y purificadas para luego pasar el proceso de electro obtención donde finalmente se obtiene el cátodo de cobre.

5.2. INDUSTRIA MINERA E INNOVACION

Para entender los distintos factores que afectan la disposición de una industria como la minera, en particular la del cobre, en relación a las inversiones o apoyos que puedan realizar para levantar iniciativas de innovación o adoptar tempranamente nuevas tecnologías es importante revisar algunos elementos que explican este comportamiento y que permiten entender la manera en la cual funciona este negocio.

Es importante como parte del análisis, entender a la industria minera, en particular la del cobre, como una industria de commodities, donde la principal característica de este tipo de actividad económica es que no existe diferenciación cualitativa del producto en los mercados y el precio es determinado por el mercado mismo, en particular para este caso en las bolsas de metales internacionales, quedando casi únicamente como gestión propia de la compañía minera el costo de producción, aspecto que pasa a ser el foco del negocio en períodos de precios bajos como el actual.

Las compañías mineras asumen riesgos controlados en sus inversiones, partiendo inicialmente por la etapa de exploración, donde en general está presente el mayor riesgo de una inversión minera. La etapa de exploración es la pieza clave de la actividad minera ya que permite sustentar la producción de minerales a través de nuevos descubrimientos ya sea de nuevos yacimientos o de nuevas reservas en yacimientos ya existentes. A lo largo de la historia de la minería, en particular en el caso del cobre, se observa que el gasto en exploración de las compañías mineras presenta una fuerte correlación con el valor del cobre en los mercados internacionales y el nivel del stock de reservas mundiales, lo cual provoca que esta actividad sea altamente volátil a los factores de mercado.

Una vez que la inversión inicial en exploración da frutos positivos se procede a las etapas posteriores del proyecto minero, pasando por el diseño del yacimiento, su

dimensionamiento e ingeniería de detalle para luego pasar a la etapa de construcción y finalmente para llegar a la etapa de explotación del proyecto minero, donde cada uno de estos pasos supone un riesgo menor que el del paso anterior en la estimación del valor presente neto del proyecto. Esta manera de llevar el proyecto minero a cabo obliga a la industria minera del cobre a buscar la minimización de riesgos durante todas las etapas del proyecto lo cual de alguna manera impide que este negocio tenga cierta propensión al riesgo, sobre todo en la etapa de producción del yacimiento debido a la rigurosidad que se debe tener en los cumplimientos de los programas productivos comprometidos con el dueño. Es importante comprender que la innovación tanto tecnológica como en gestión en general en una industria centrada en el cumplimiento a la promesa al dueño es vista de cierta manera como un riesgo al cumplimiento de la promesa lo cual explica la baja inversión en innovación de la minería del cobre. Esto es fuertemente apalancado por lo altos montos que significa la instalación de cualquier faena minera nueva, en general sobre los miles de millones de dólares, lo cual invita a los inversionistas a minimizar cualquier riesgo existente.

Un esquema simplificado del ciclo de vida de un proyecto minero se muestra a continuación, extraído desde [15] .

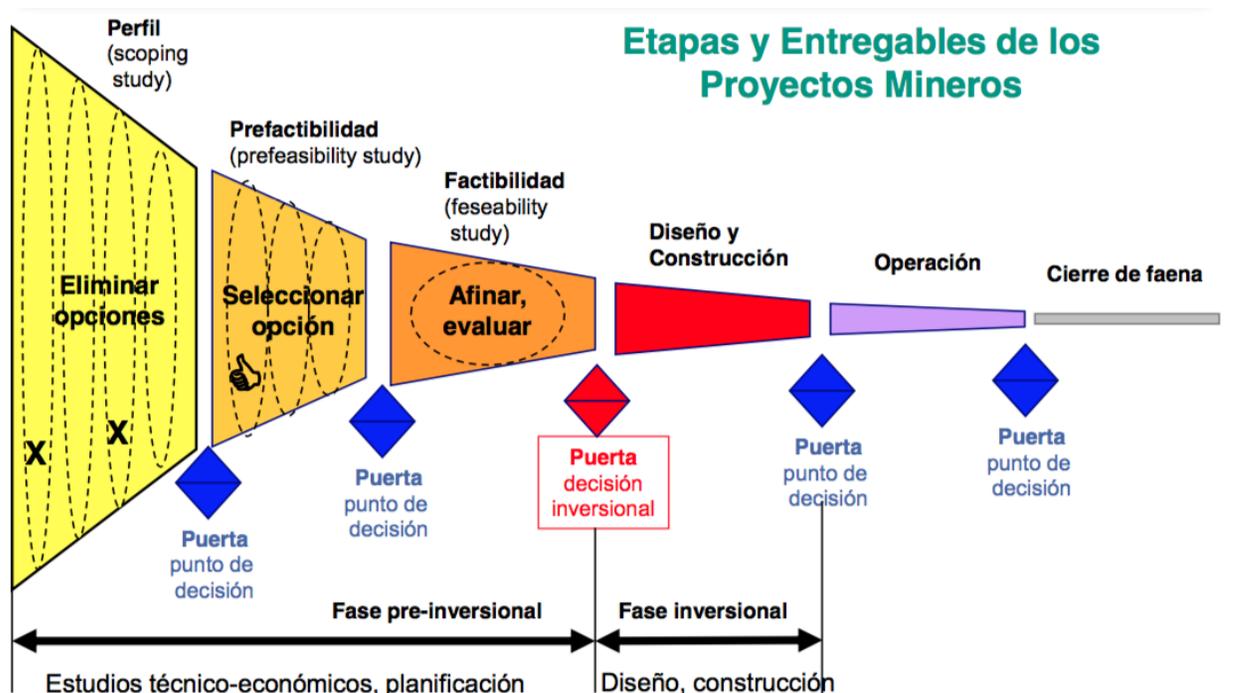


Figura 11 Ciclo de un proyecto minero

A partir de la figura anterior, es simple entender como evoluciona el riesgo en cada una de las etapas del proyecto, principalmente en función de las incertidumbres de cada etapa. En un proyecto minero, en la medida que avanza en su ciclo de vida, los rangos de incertidumbre van disminuyendo, comenzando con precisiones de 30 a 35% en las etapas de perfil, 20 a 25% en prefactibilidad, 10 a 15% en factibilidad y de 5 a 10% en la etapa justo anterior al diseño y construcción, donde ya se cuenta con un 60% de definición del proyecto, 75% de la ingeniería terminada y el 40% del valor total por abastecimiento determinado por cotizaciones [15] . Esto necesariamente lleva a la industria minera a ser un negocio adverso a asumir riesgos en las etapas de operación, lo que explica las bajas inversiones en innovaci

Otro punto importante a considerar es que aún el negocio minero es considerado plenamente como un negocio de recursos naturales donde el foco en el último tiempo ha sido la reducción de costos debido a los altos valores de la energía, combustibles, mano de obra e insumos. Esta búsqueda casi ciega de reducir costos y así hacer sustentable el negocio no permite ampliar la mirada hacia una visión basada por ejemplo en la maximización de beneficios donde la innovación en tecnología y en

gestión evidentemente tienen un lugar importante para el logro de esta meta. En este punto innovaciones por ejemplo centradas en la contratación de servicios enfocados en la agregación de valor al mandante permiten mejorar los beneficios para todos quienes participan del negocio. Esto se transforma en un factor clave sobre todo en las épocas que se viven en la actualidad donde la contratación de servicios, estrategia de suministro de insumos u otros deben estar 100% compenetrados en el negocio y no solo ser considerados como una relación cliente-proveedor donde todo el poder de decisión está finalmente en el mandante. Dicho de otra manera, la industria minera debe innovar desde una industria de explotación de recursos naturales a una industria que busque la generación de valor mediante la explotación de estos recursos naturales y mediante las distintas relaciones con todos quienes están presentes en la cadena de valor.

Un factor importante en la baja adopción de nuevas tecnologías es lo que ocurre con los llamados ciclos de precios, situación que es particularmente relevante en el caso del cobre. Durante los periodos de precios altos, el foco de las compañías mineras está en producir lo más posible evitando a toda costa cualquier intervención que ponga en riesgo el ritmo productivo y que signifique no poder aprovechar el ciclo de precios altos. Normalmente en estas épocas los conceptos de productividad y rentabilidad no son relevantes ya que el foco está en producir lo máximo a toda costa, impidiendo la realización de cambios, o innovación, en los procesos dado el riesgo inherente que existe al eventualmente perder producción. De igual manera, cuando se está en un ciclo del precio del cobre a la baja, aparecen los conceptos de reducción de costos y productividad, donde es evidente que ninguna compañía invertirá en algún cambio o innovación ya que lo primero que se debe cautelar son los gastos, obviando que un posible gasto en innovación puede significar con alta probabilidad una mejora en los retornos de la compañía.

En el caso de faenas mineras ya operativas, la adopción de nuevas tecnologías es sumamente baja principalmente debido a que los programas productivos están fuertemente restringidos en sus programas de detenciones anuales, donde el foco de estas detenciones de producción está en el mantenimiento de los equipos, entendiendo

el mantenimiento como la restitución de la condición original del equipo, siendo estas requeridas para asegurar el funcionamiento de los equipos durante el tiempo necesario hasta la siguiente detención. La aplicación de alguna tecnología nueva en un proceso ya existente normalmente requiere de una detención de producción lo cual va en contra del cumplimiento de los compromisos del negocio frente a los dueños y por ende no ayuda a la adopción de nuevas tecnologías en el proceso.

Algo diferente ocurre con innovaciones en gestión a aplicar en procesos productivos mineros ya en funcionamiento ya que este tipo de innovaciones no interfiere directamente con el proceso productivo, en términos de cambios o modificaciones en las tecnologías a utilizar, permitiendo que estas si sean factibles de realizar en un negocio como el minero. Innovaciones de este tipo existen varias y pueden ir desde un nuevo contrato de mantenimiento que incluya distintas actividades que apalanquen el resultado final del negocio mediante el seguimiento de indicadores claves y no centrados como se hacía anteriormente en pagos en función solamente de la dotación existente, hasta innovaciones en la estructura organizacional de las compañías mineras que permitan enfocar la estructura en la cadena de valor y por ende en las actividades claves de la generación de valor para la compañía.

Un negocio como el minero en los períodos que actualmente se viven, donde la especulación financiera está presente e influye en los precios de los commodities como el cobre, con precios de insumos y suministros muy por sobre los valores de la década pasada, con una baja sostenida en la productividad, necesariamente necesita buscar formas que permitan volver a encauzar el negocio para asegurar su sostenibilidad en el tiempo y es ahí donde la innovación, ya sea en tecnologías o gestión, debe ser la piedra angular del futuro del negocio. Si se revisan los últimos proyectos mineros construidos (Caserones, Ministro Hales, Fase 2 Collahuasi, etc) la aplicación de nuevas tecnologías en los distintos procesos es prácticamente nula ya que los procesos diseñados son prácticamente idénticos salvo el caso de Ministro Hales que construyó una planta de tostación debido al alto contenido de arsénico de sus minerales. En general en la actualidad la respuesta a la mejora de rentabilidad de un proyecto minero pasa casi únicamente por el gigantismo, es decir, camiones más grandes para transportar

mineral, correas transportadoras por sobre las 10.000 toneladas por hora para mover más material desde la mina hacia la concentradora y molinos por sobre los 40 pies de tamaño para moler mayor mineral y obtener más concentrado de cobre. Esto sin duda debe cambiar en el corto plazo ya que el gigantismo no ha sido una respuesta favorable para asegurar la inversión de los dueños del proyecto minero y la inclusión de nuevas tecnologías como la bio-lixiviación de sulfuros de baja ley o la utilización de molinos HPGR pueden ser la respuesta a una mejora en los retornos del negocio y la sustentabilidad de este en el largo plazo.

6. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se desarrollará el marco conceptual de los elementos principales de la tesis que consisten en el concepto de innovación, la generación de modelos de negocios y la metodología Canvas.

6.1. CONCEPTO DE INNOVACIÓN

Por innovación se pueden entender una serie de conceptos pero es clave tener una definición adecuada al respecto. Según la Real Academia de la Lengua Española, se entiende por innovación, en su primera definición, como la “acción o el efecto de innovar” y en su segunda definición como la “Creación o modificación de un producto, y su introducción al mercado”. Con respecto a la palabra innovar, la Real Academia la define como “Mudar o alterar algo, introduciendo novedades”. Otra definición de este concepto se puede encontrar en un trabajo del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad donde se define la innovación como “aquel proceso de creación de valor económico mediante el cual ciertos productos o procesos productivos, desarrollados en base a nuevos conocimientos o a la combinación novedosa de conocimiento preexistente, son introducidos eficazmente en los mercados, y por lo tanto en la vida social”. Otras definiciones de innovación son las encontradas en [12] donde se define innovación como el proceso de convertir oportunidades en nuevas ideas y ponerlas en prácticas ampliamente usadas o en [13] donde se define la innovación como el medio por el cual los emprendedores le sacan partido al cambio como una oportunidad para un negocio o servicio diferente. A modo gráfico, ambos autores antes mencionados, al igual que la definición de la Comisión Nacional de Innovación se pueden resumir gráficamente de la siguiente manera:

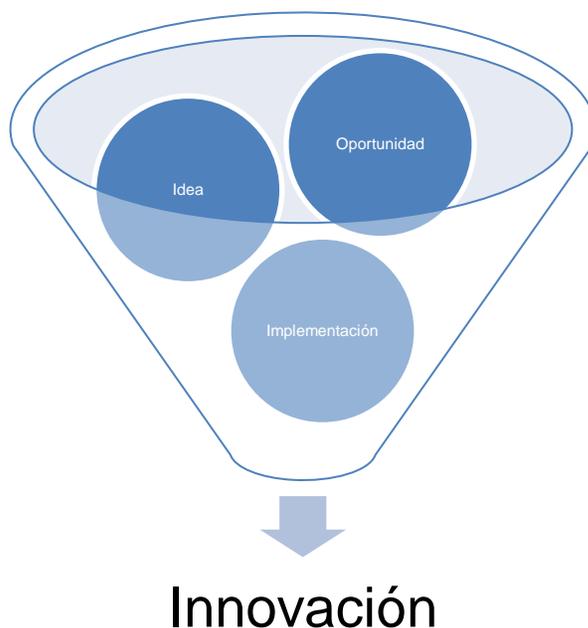


Figura 12. Simplificación gráfica del proceso de innovación.

Debido a la naturaleza en la cual se desea desarrollar este trabajo, la definición de la Comisión Nacional de Innovación y de los autores en [12] [13] resultan ser las más cercanas a los objetivos que busca este trabajo.

Dentro del concepto de innovación, este se puede separar en dos tipos:

- **Disruptivas:** Las innovaciones disruptivas tienen relación a la aparición de nuevos productos o procesos productivos que generan una mejora cuantiosa respecto a la situación anterior existente. Ejemplos de esto existen variados y se pueden nombrar por ejemplo la aparición del primer teléfono celular, el primer computador de escritorio, la invención de la cinta aisladora, etc.
- **Incrementales:** Representan una mejora a un producto o proceso ya existente que no es considerable respecto a la situación inicial. En este caso se puede nombrar como ejemplo las evoluciones que han tenido los teléfonos celulares, la evolución de la computación desde sus inicios, etc.

En general se observa que las organizaciones son efectivas en la realización de innovaciones incrementales pero en general no poseen las competencias o cultura

desarrollada para impulsar innovaciones del tipo disruptivo. Esto se puede explicar principalmente por el foco que poseen las empresas, en general enfocadas en su core-business, externalizando cualquier actividad que no tenga relación directa con el núcleo del negocio de la compañía. Este comportamiento es claro de observar en las compañías mineras, donde la inversión en investigación, innovación y desarrollo es ínfima frente a las utilidades del negocio. Es usual ver en las empresas mineras la externalización de actividades como el mantenimiento, los análisis predictivos, llegando en algunos casos hasta la externalización completa de una parte del proceso productivo (por ejemplo contrato por tonelada transportada en planta de chancado).

Es clara la importancia de la innovación en el desarrollo de cualquier actividad productiva, pero al mismo tiempo es fácil detectar que al mismo tiempo que es esencial para el futuro, a la vez es indeseada, ya que torna obsoleto conocimiento, expertise y productos existentes. Ejemplos de lo anterior existen variados y podemos nombrar los siguientes:

- Música en Casetes. Ampliamente utilizados entre los años 70 y comienzos de los 90, los casetes eran el medio preferido mediante el cual las compañías disqueras distribuían música alrededor del mundo. Este sistema de almacenamiento musical fue desplazado a mediados de los años 90 por el disco compacto, o CD, ofreciendo mayor calidad en el sonido. Finalmente estos medios de almacenamiento físicos están siendo desplazados fuertemente desde mediados de la década del 2000 por los medios de almacenamiento digitales, los cuales abren una serie de oportunidades e innovaciones en los medios de distribución, cambiando completamente a como se desarrollaba este mercado en los años 80.
- Cámaras Fotográficas análogas. Desde los inicios de la fotografía se mantuvo hasta hace muy pocos años el film donde se guardaba un negativo de la fotografía tomada una vez abierto el obturador de la cámara. Con la proliferación de las tecnologías esto fue cambiando radicalmente hasta llegar a los años actuales donde casi cualquier gadget electrónico posee una cámara fotográfica de una resolución tal que permite que la gran mayoría de los usos estén cubiertos para la población en general. Estas nuevas tecnologías fotográficas

fueron evolucionando también en hacia el ámbito de la fotografía profesional, donde se tiene una amplia gama de equipos digitales capaces de cubrir los más amplios criterios técnicos. Este cambio tecnológico hizo que en la práctica la industria de los rollos fotográficos desapareciera como ocurrió con la Empresa Kodak que en el año 2012 solicitando acogerse al Capítulo 11 de la ley norteamericana, declarándose en quiebra para lograr financiamiento en un intento de reorganización y reestructuración [16] .

- Arriendo de películas. En la época de los 90 era común que las familias arrendaran películas en formato VHS para entretenimiento familiar. Inicialmente en nuestro país existían pequeños locales que estaban en esta industria, que luego fueron absorbidos por las grandes cadenas como BlockBuster. Con la evolución de las tecnologías y la penetración de internet en los hogares, sumado a la proliferación de la televisión por pago, ya sea por cable o satelital, este modelo de negocios fue perdiendo fuerza hasta que finalmente la cadena más grande del mundo, Blockbuster, se declaró en quiebra el 23 de septiembre de 2010, sin poder competir con las compañías de televisión en streaming como Netflix, Redbox o Hulu. Esta industria marcó una época en la entretenimiento de millones de familias alrededor del mundo y finalmente desapareció al no poder competir con las innovaciones que se presentaron en los últimos años [17] .

El concepto de innovación no se enmarca solamente a la aparición de nuevos productos o tecnologías, también existen innovaciones en las áreas de Estrategias, Procesos o Modelos de Negocios. Un ejemplo de innovación en estrategia es por ejemplo como Apple ha logrado posicionarse en el mercado de la computación, impulsando siempre desde sus inicios que sus productos fueran simples de usar y con diseños atractivos a el usuario. Esta manera de enfocar su estrategia de negocios fue muy diferente a la planteada a los inicios de la computación por IBM, donde se enfocaron principalmente en los grandes usuarios, dejando de lado al usuario doméstico, entregando productos que en general requerían de ciertos conocimientos por parte del usuario, a diferencia de la estrategia utilizada por Apple.

6.2. MODELOS DE NEGOCIOS

Un modelo de negocios es básicamente una forma mediante la cual un negocio busca generar ingresos y utilidades, describiendo la lógica que hay detrás de este propósito. Básicamente es una planificación de cómo un negocio va a atender el servir a sus clientes, incluyendo desde la estrategia hasta su implementación total [6] . Una definición más actual habla de modelo de negocios como el “modo en el cual una organización crea, distribuye y captura la atención de un segmento de mercado”. Este tipo de definición va mucho más allá de una simple generación de ingresos, gastos o utilidades, dividiendo el concepto de modelo en pequeños subconjuntos [1] .

Claramente el tener un modelo de negocios bien definido y a la vez dinámico, que sea capaz de adaptarse y adelantarse a los cambios es sin duda una componente de suma importancia para asegurar el logro de los objetivos propuestos y por sobre todo la sustentabilidad en el tiempo de negocio.

Si bien usualmente se encuentra en la literatura documentación referida a la creación de modelos de negocios para nuevas empresas o emprendimientos, es importante indicar que un negocio no solamente es una forma de obtener dinero a cambio de un producto o un servicio. La definición de negocio puede ser ampliada a una herramienta mediante la cual se puede organizar y planificar actividades que se deben realizar para lograr un objetivo. Esta será la definición que se utilizará en este trabajo, por lo que cada vez que se hable de negocio se debe interpretar como lo indicado anteriormente y no sólo como un intercambio de bienes.

Algunos modelos de negocios exitosos y que permitieron a sus creadores obtener grandes beneficios se muestran a continuación:

- Gillette. La historia de Gillette se remonta al siglo XIX cuando la empresa fue fundada por el estadounidense King Camp Gillette, quien era un hombre viajero y que exponía su rostro a los lavabos de los trenes en los que viajaba. Mientras trabajaba en una fábrica de tapones para botellas, Gillette tuvo la idea de fabricar un producto que sea utilizado pocas veces y que luego necesariamente tuviera

que ser desechado. En esa época las navajas de afeitar eran de alto costo y requerían de un constante afilado por lo que la idea de Gillette se transformaría en un negocio altamente lucrativo ya que lo transformaría en una necesidad.

- Xerox. En 1959 cuando Xerox introdujo al mercado el modelo de fotocopidora 914, tenía características muy superiores a sus competidores, y además a un valor más alto. Dado lo anterior Xerox decidió innovar en negocio al no vender el equipo sino en arrendar la maquina a un precio competitivo, cobrando 0,04 USD adicionales por cada copia a partir de las 2000 copias mensuales.
- Amazon. En una época en la cual internet estaba creciendo a pasos agigantados, Jeff Bezos, fundador y CEO de Amazon, decide comenzar a comercializar libros por internet, pero esto no es el negocio de Amazon. Amazon opera como una empresa de prestación de servicios, al poner en contacto el mundo real, las compras que la gente realiza a través de su portal online, con el mundo físico que son quienes fabrican y finalmente venden los productos. Amazon actúa como un canal de distribución, es como un gran mercado donde se pone en contacto el producto físico con su cliente real a través de un medio por internet.

Los ejemplos anterior son sólo una pequeña porción de casos exitosos a lo largo de la historia que muestran claramente que un modelo de negocios bien desarrollado acentúa las posibilidades de éxito de cualquier iniciativa que se lleve a cabo.

6.3. MODELO CANVAS

La metodología que se utilizará para la generación de los modelos de negocio que permitan un desarrollo del proceso creativo de manera organizada será la metodología canvas, la cual fue creada inicialmente como parte de la tesis de doctorado de Alex Osterwalder, estudiante de la Universidad de Lausanne, Suiza, durante el año 2004 [1]. Este método consiste en ubicar sobre un lienzo nueve elementos esenciales de toda empresa, proceso o negocio y probar estos elementos de modo de encontrar un modelo sustentable en la generación de valor para crear un negocio exitoso. Un ejemplo del lienzo se muestra a continuación:

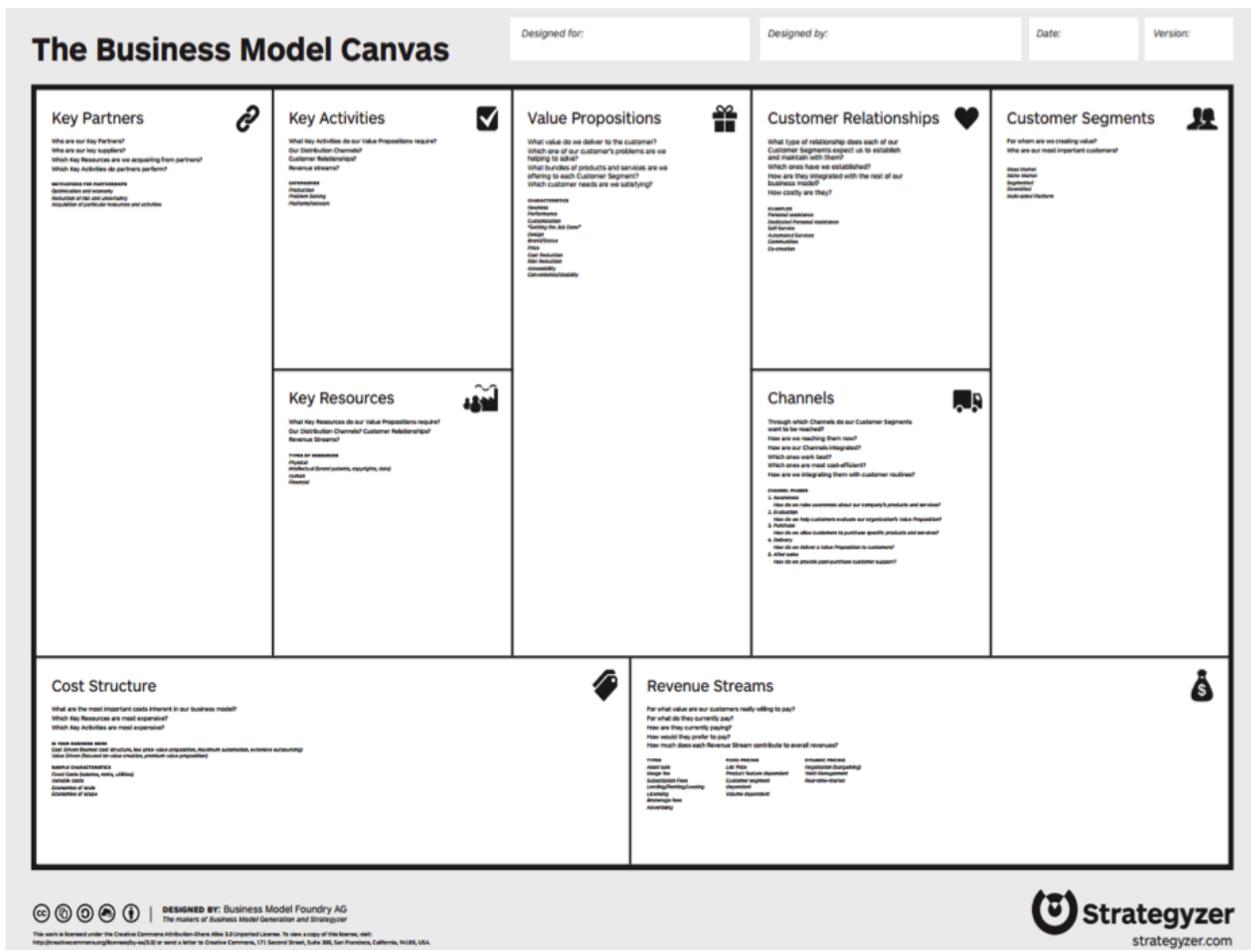


Figura 13. Ejemplo de lienzo para la aplicación de la metodología canvas.

Observando la figura anterior, se pueden identificar los siguientes elementos dentro del lienzo:

- Clientes: Es lo más importante dentro del modelo ya que identifica quien será quien utilizará la propuesta de valor
- Propuesta de valor: En esta sección se indica el cómo se generará el valor para los clientes.
- Canal: ¿Cómo se entregará la propuesta de valor a los clientes?
- Relación con los clientes: ¿Qué tipo de relación esperan los clientes y cuál es la que se tiene en la actualidad?
- Flujo de ingresos: ¿Cuál es el valor que los clientes están dispuestos a invertir?

- Recursos claves: ¿Que recursos claves se necesitan para generar el valor en el producto?
- Actividades claves: ¿Que actividades son las que se necesitan para generar valor en los productos?
- Alianzas: ¿Quiénes son los socios estratégicos?
- Costos: ¿Cuál es la estructura de costos de la propuesta de valor que se implementará?

Esta metodología está siendo ampliamente utilizada por emprendedores de todas partes del mundo ya que permite describir de manera lógica y mediante un diagrama simple, como una organización crear, entrega y captura el valor en el mercado en el cual se desenvuelve. Esta metodología contempla los aspectos claves que debe ser considerados por cualquier organización antes de lanzar algún producto o servicio al mercado ya que la correcta identificación de estos aspectos claves aumenta las probabilidades de éxito del emprendimiento. Como se observa en el modelo, la promesa de valor se encuentra al centro del lienzo, identificando en el modelo 4 grupos principales de cualquier negocio: clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica, cada uno de estos con sus relaciones claves que claramente identificados hacen posible lo indica en la propuesta de valor.

Esta manera de desarrollar el modelo de negocios permite dar un punto de partida importante en cualquier organización y puede ayudar al pensamiento estratégico al tener claras las relaciones entre los distintos aspectos que se relacionan en el desarrollo de un negocio. Es claro indicar que esta ni cualquier otra metodología no aseguran ni garantizan el éxito del modelo de negocios ya que no se hacen cargo de los aspectos operativos del negocio y solo se ofrece una noción básica de estos, junto con los factores claves a considerar.

Esta metodología para la generación de modelos de negocios será la que se utilizará en los casos de estudio del capítulo siguiente, los cuales fueron desarrollados por el autor durante el desarrollo de su actividad profesional en Codelco Chile División Andina. Se determinó utilizar esta metodología principalmente por su simplicidad y facilidad de aplicación además de que en el negocio minero es clave identificar todos

los factores que influyen en el éxito de cualquier iniciativa y este modelo los resume de manera simple en 9 conjuntos claramente identificables.

7. CASOS DE ESTUDIO

En este capítulo se revisarán dos casos de estudios donde se realizaron innovaciones tanto de equipos como también de estrategia, utilizando la metodología canvas para la identificación de los elementos claves y la generación de un modelo de negocios exitoso y sustentable en el tiempo. El primer caso a revisar consiste en una rectificación a un diseño inadecuado de un sistema de alimentación de cinta para una nueva planta de chancado primario en Codelco Chile División Andina. El segundo caso de estudio corresponde a una innovación en la estrategia para la implementación de una cultura para el control de polvo en una planta de chancado primario subterránea en Codelco Chile División Andina.

La metodología a utilizar en las dos innovaciones propuestas es la generación de una propuesta de valor clara, medible, cuantificable y trazable donde se requiera para cumplir esta promesa de valor, la innovación ya sea en tecnología o en gestión. Para asegurar viabilidad de la promesa de valor, se utilizará la metodología para generación de modelos de negocios Canvas para la identificación de los factores claves e interrelaciones que apalancan el éxito del modelo de negocios propuesto. En cada uno de los casos de estudio mostrados se hace una identificación detallada de los problemas detectados para el éxito de la iniciativa y que de alguna manera muestran que algún elemento del modelo canvas no se encontraba completo. En particular estos casos se desarrollaron con los distintos integrantes del grupo de trabajo de cada caso, formando a posterior por parte del autor el resultado final del modelo desarrollado.

A continuación se desarrollan los dos casos, considerando una contextualización un poco más profunda del problema o situación base, las dificultades encontradas en la implementación de la innovación, la identificación de los elementos claves utilizando la metodología Canvas, y algunos comentarios al final de cada caso.

7.1. PROYECTO DE CAMBIO CORREA 1-A

El proyecto a revisar consiste en una innovación en el diseño de un sistema de alimentador de cinta para una planta de chancado primario en Codelco Chile División

Andina, donde la innovación principal está en utilizar una cinta con tela de Kevlar en vez de Nylon-Polyester como usualmente se utiliza para estos equipos, aplicación única en el mundo y desarrollada especialmente para esta aplicación en conjunto con la empresa Dupont.

El Kevlar, o poliparafenileno tereftalamida es una poliamida que fue sintetizada por primera vez por Stephanie Kwolek en 1965 mientras trabajaba para Dupont. Dentro de sus propiedades más importantes está su rigidez que puede llegar hasta los 120 GPa² (el acero típico tiene un valor de 200 GPa), su resistencia a la tracción en torno a los 3,5 GPa (1,5 GPa para el acero), su elongación a la rotura en torno al 3,6 % transformándolo en un material tenaz capaz de absorber mayor cantidad de energía que el acero antes de su rotura (el acero posee una resistencia a la rotura en torno al 1%). Dentro de los usos principales de este material están los relacionados con la industria armamentista con los trajes antibalas y blindajes para aviones o para protección de pasajeros. Existen aplicaciones en la industria de protección a las personas con guantes de seguridad contra raspones o aislantes térmicos. Otra aplicación interesante de este material es en los cables dado que son tan fuertes como el acero pero con sólo un 20% de su peso. En el caso de este estudio, la aplicación utilizada fue como reemplazo del Nylon como elemento de resistencia en correas transportadoras para plantas mineras, principalmente por su menor elongación, mejor resistencia a la tracción y punción, junto con un menor peso por metro lineal en la correa.

7.1.1. Descripción del contexto

El proyecto realizado consistió en el cambio de accionamientos, poleas y cinta transportadora para el alimentador bidireccional 1-A de la planta de chancado primario

² GigaPascales

oeste de Codelco Chile División Andina. Este alimentador recibe mineral ROM³ directamente desde un pique de traspaso desde el nivel de transporte de la mina subterránea. Este pique tiene una altura de unos 40 metros, un diámetro aproximado de unos 6 metros y con granulometrías de alimentación que pueden llegar hasta con minerales por sobre las 30 pulgadas. Para contextualizar el problema, se muestra a continuación una figura que resume el proceso productivo de la División Andina en relación a las distintas plantas de proceso existentes en la División y los puntos de alimentación de mineral desde la mina tanto rajo abierto como subterránea.

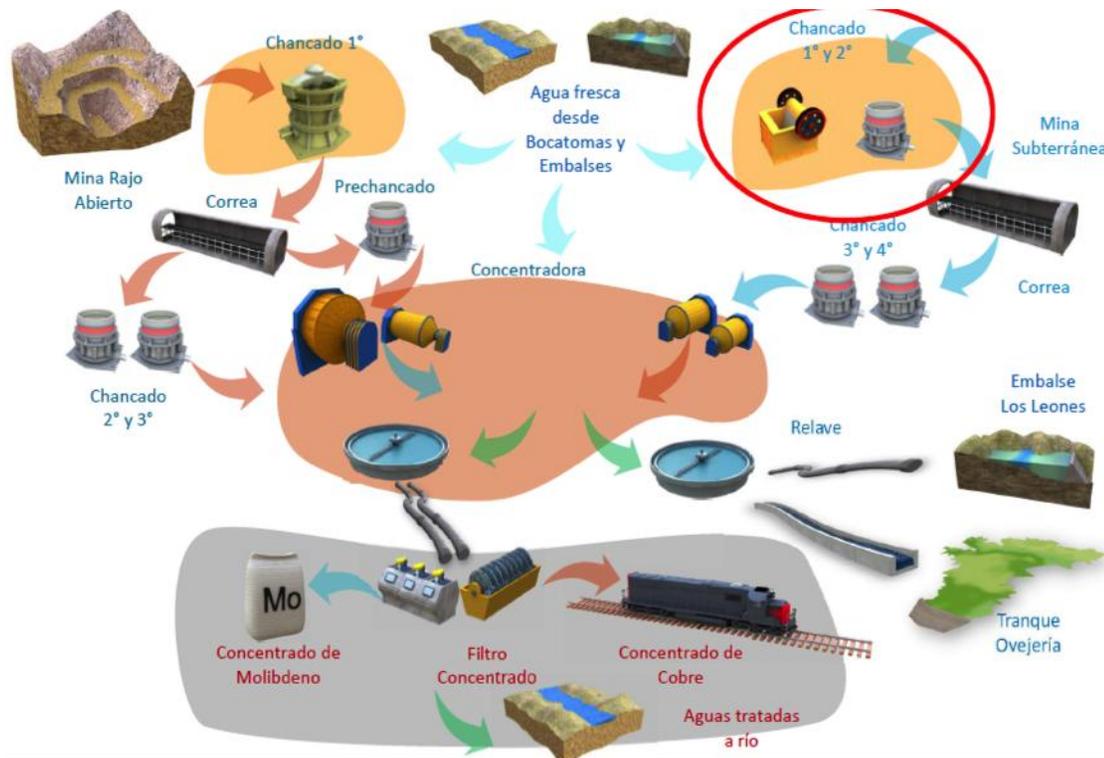


Figura 14. Proceso Productivo de Codelco Chile División Andina

Este alimentador bidireccional nace de la necesidad de alimentar una nueva planta de chancado primario desde un pique de mineral existente ya en la compañía, de modo

³ Run-of-Mine: Corresponde a mineral sin chancar, solamente con la reducción debido al proceso de tronadura. Esto genera normalmente la presencia de bolones de gran tamaño en la alimentación hacia el proceso agua abajo.

de hacerse cargo de la baja del fino natural que alimenta la mina al proceso de molienda. Al avanzar con la explotación del panel de hundimiento actual de operación de la mina subterránea, se avanza hacia sectores de mineral primario que hacen que las granulometrías sean mayores respecto al tamaño máximo, pero también ocurre que disminuye la cantidad de fino natural que es extraído desde la mina en tamaño bajo 2 pulgadas. Dado esto se desarrolla un proyecto de una nueva planta de chancado que permita asegurar una alimentación de 1800 tph⁴ con una granulometría de 100% bajo las 2 pulgadas para las líneas de molienda convencional, compuesta por tres conjuntos idénticos de un molino de barras y tres molinos de bolas.

Debido a dificultades relacionadas principalmente con tiempos de ejecución, montos de inversión y espacios disponibles, al tratarse de un sistema de transporte dentro de una caverna ya existente, el diseño original del alimentador consideró su accionamiento mediante un motor eléctrico ubicado en la cola del alimentador, respecto a su condición normal de operación (el 90% del tiempo el alimentador debe operar hacia la planta oeste y el 10% del tiempo restante hacia la antigua planta de chancado). Un ejemplo gráfico del sistema completo del alimentador se muestra en la figura a continuación:

⁴ Toneladas Métricas por Hora

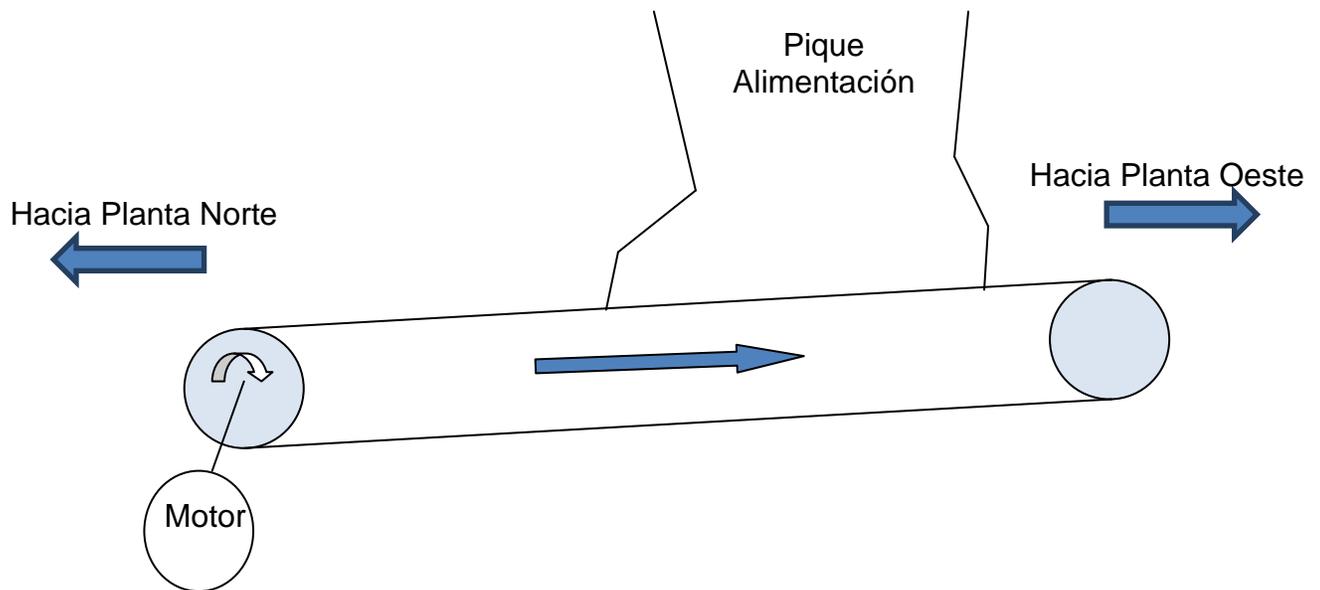


Figura 15. Esquema simplificado alimentador 1-A.

El modo de operación normal del sistema es hacia la planta oeste, 90% del tiempo total de operación en el mes, dejando la operación hacia la planta norte sólo en caso de fallas del lado oeste o por mantenimientos planificados semanales (alrededor de 10 hrs a la semana). Sin entrar en mayores detalles, se tiene que al operar en su condición normal, al tener el accionamiento en la cola del sistema, las tensiones que se requieren en la cinta para vencer la masa del mineral que llega a través del pique de alimentación y lograr el movimiento del alimentador hacia el sentido de la planta oeste, hacían imposible su operación ya que los empalmes⁵ de la cinta se abrían por la sobretensión⁶ aplicada necesaria para lograr el movimiento. Para poder salir de este problema rápidamente, ya que se tenía la producción detenida casi en un 40% del total, se instaló de manera provisoria, en el año 2010, un nuevo accionamiento del tipo hidráulico en la

⁵ El empalme corresponde a la unión vulcanizada de dos puntas de correas transportadora. En el caso de la cinta original del caso de estudio correspondía a un empalme de 5 escalones en tela de nylon y luego vulcanizado para su unión.

⁶ La apertura por sobretensión ocurre cuando se sobrepasa la tensión a la tracción que puede soportar el empalme, punto más débil de una correa transportadora.

otra polea del sistema, solución que permitió tener el alimentador funcionando en una condición de riesgo controlado hasta la realización del proyecto que se presenta en este caso de estudio. El proyecto de cambio finalmente se ejecutó en Septiembre del año 2013, entregando todos los resultados prometidos en la propuesta entregada al equipo ejecutivo de la División. Para mayor información se puede consultar [14] que además se encuentra en la sección Anexos la presentación realizada en el Congreso Belt 2013 en Lima Perú en el marco de la difusión de este proyecto y la innovación tecnológica realizada.

En este caso de estudio, el modelo de negocio busca aumentar el rendimiento efectivo del alimentador 1-A desde los 950 tph iniciales hasta 1.800 tph, junto con aumentar la disponibilidad del alimentador, buscando con esto una baja considerable en los costos de operación y mantenimiento de este equipo productivo clave dentro del proceso de chancado primario.

7.1.2. Dificultades detectadas

Para la ejecución del proyecto o la solución necesaria para minimizar las vulnerabilidades del sistema existente se requería de una serie de factores que debían alinearse para lograr el objetivo propuesto y fueron la principal piedra de tope para la obtención de los resultados buscados. La principal dificultad observada era la falta de credibilidad en los tiempo y los plazos comprometidos para la ejecución de la solución, ya que rara vez en la historia de la compañía este tipo de proyectos era ejecutado directamente por el área usuaria y no por la Gerencia de Proyectos, que era lo que usualmente se hace para este nivel de inversiones, en torno a los 2 MUSD. Por otro lado, la solución misma fue cuestionada en reiteradas ocasiones debido a que el elemento principal del proyecto, la cinta a utilizar en el nuevo alimentador, era una nueva y única aplicación en el mundo, por lo cual no había experiencia previa en el mercado, palanca importante para el mundo minero, muy reactivo a la innovación en los elementos que utiliza en sus equipos principales. Otra de las dificultades detectadas era la falta de compromiso de los distintos actores claves del proyecto, tanto aguas arriba como aguas abajo del proceso ya que la ejecución del proyecto requería de una detención del proceso de 7 días por lo que se debían alinear las distintas planificaciones

de actividades tanto de la planta de chancado para la ejecución del proyecto, como también las actividades de la mina subterránea que no iba a poder alimentar mineral por dicho pique, alrededor del 60% de su producción, y de las moliendas, proceso aguas abajo, que ya existía una alta probabilidad de quedar sin mineral para procesar debido a la detención.

7.1.3. Solución

Para buscar una solución a las dificultades detectadas y buscar cumplir con la promesa del modelo de negocio, se confeccionó el siguiente modelo canvas del proyecto que trata de mostrar de manera simplificada los distintos factores que apalancan que el desarrollo del proceso de innovación sea ordenado y consistente con el negocio y proceso productivo en el cual se encuentra inmerso.

PROYECTO CAMBIO ALIMENTADOR I-A

<p><i>Asociaciones Claves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipo Mecánico y Confiabilidad Andina • Equipo Mecánico Siemens • Equipo Planificación Andina • Dupont • Contitech • Equipo Gerencial de la División 	<p><i>Actividades Claves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Planificación Integral • Compra de Equipos y Herramientas especiales • Reuniones con equipo Ejecutor • Revisión de interferencias 	<p><i>Propuesta de Valor</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rentabilidad positiva del proyecto considerando la baja en los costos de mantenimiento del sistema. • Aumento del tratamiento efectivo de la Planta de Chancado Oeste, de 950 a 1250 tph. • Disminución de la exposición al riesgo de los trabajadores al trabajar en el alimentador. 	<p><i>Relaciones con Clientes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Creación de la innovación con Dupont • Integración del equipo Andina-Siemens • Generación de confianza en el equipo de Chancado • Integración vertical con Mina Subterranea y Moliendas 	<p><i>Segmentos de Mercado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso aguas abajo • Mantenedores • Mina Subterránea • Seguridad a las Personas
	<p><i>Recursos Claves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Técnica Equipo de Mantenimiento Andina • Compromiso Empresa Siemens • Apoyo del nivel Ejecutivo de la División • Compromiso Empresas Dupont y Contitech 		<p><i>Canales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentaciones • Reuniones técnicas e informativas • Difusión en prensa interna y congresos internacionales 	
<p><i>Estructura de Costos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Inversión en equipos, 800.000 USD • Pérdida productiva durante la ejecución del proyecto, 7 días, 3,8 MUSD aproximadamente • Pago de personal adicional y exclusivo para los trabajos de montaje 		<p><i>Fuentes de Ingresos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución en el costo de mantenimiento del sistema • Aumento de la confiabilidad y estabilidad del sistema • Aseguramiento del programa productivo del área • Aumento de la disponibilidad y utilización de la planta de chancado 		

Inicialmente, en las etapas tempranas del proyecto, el trabajo principal fue la generación de un círculo virtuoso con los actores claves del proyecto, partiendo desde los equipos de las empresas Dupont y Contitech inicialmente, para luego integrar a la parte ejecutante del proyecto quienes eran el equipo de confiabilidad de Codelco Andina y la empresa Siemens. Se observó que en la medida de que estos actores tienen clara su función y de cómo estos apalancan para un correcto desarrollo del modelo de negocios propuesto, el proyecto desarrollado rinde los frutos originalmente indicados en su propuesta de valor y muchas veces superandola como ocurrió en este desarrollo en relación a los tiempos de ejecución, ítem en el cual se logró entregar el sistema operativo 24 hrs antes de lo inicialmente provisto. Otro de los aspectos claves en este desarrollo fueron las distintas relaciones con los distintos clientes del modelo, principalmente la integración que se logró con la mina subterránea, permitiendo generar una sinergia y rendimiento en las operaciones diarias que finalmente permitió que durante todo el tiempo que duró la detención, las pérdidas asociadas a la falta de mineral fueran casi inexistentes, asegurando la utilización de los molinos en el proceso productivo aguas abajo.

En el proceso de desarrollo de este modelo de negocios, en las etapas tempranas se definieron las actividades claves que permitirían dar cumplimiento a la promesa de valor, las cuales están listadas en el ítem “Actividades Claves”. Inicialmente, dentro de las actividades claves no se tenía considerado incluir la actividad de seguimiento de compras de herramientas y equipos especiales ya que se supuso que esto se daba por hecho sin mayor seguimiento. La experiencia indicó que esta suposición estaba completamente herrada ya que los procesos de abastecimiento dentro de una compañía como Codelco poseen sus propias dinámicas y tiempos que necesariamente debían ser considerados como hitos dentro de la planificación y no como una actividad simple. Sin lugar a dudas que este ítem permitió contar con todas las herramientas necesarias en cantidad y calidad para asegurar una correcta ejecución de los trabajos en tiempo y calidad ya que de otra manera se hubiesen tenido atrasos indecisos debido a lo anterior.

7.2. ESTRATEGIA DE VENTILACIÓN EN PLANTA DE CHANCADO SUBTERRANEA

La innovación que se presenta a continuación tiene relación a una nueva estrategia desarrollada para hacerse cargo de un tema sumamente relevante en una planta de chancado subterráneo como lo es la ventilación y supresión de polvo.

7.2.1. Descripción del contexto

El tema de la ventilación al interior de una mina subterránea es altamente crítico en las operaciones diarias y en la sustentabilidad del proceso y del negocio completo. Esta componente del sistema productivo es la que permite que las operaciones se realicen buscando minimizar los impactos en la salud de los trabajadores y en el ambiente, transformándose en la componente clave del proceso productivo.

Debido a la naturaleza de las operaciones de chancado, es allí donde se genera la mayor cantidad de material particulado en suspensión que puede provocar posteriormente daños irreversibles a la salud de las personas que trabajan ahí, siendo el principal peligro la Silicosis. La sílice es un cristal mineral que se presenta naturalmente en los yacimientos mineros. La enfermedad que esto produce es la llamada Silicosis que corresponde a una neumoconiosis⁷ producida por la inhalación de partículas de sílice, generando una reacción patológica en el cuerpo humano especialmente del tipo fibroso. Esta enfermedad es de carácter irreversible y es considerada como una enfermedad profesional incapacitante en varios países.

Codelco Andina, como referente mundial en minería subterránea, ya que es la única operación de la gran minería del cobre donde convive una planta concentradora al interior de una mina subterránea, tiene un compromiso de erradicación de la silicosis al

⁷ Enfermedad pulmonar producida por la inhalación de polvo y la deposición de estos en los bronquios, ganglios linfáticos o el parénquima pulmonar.

año 2030, con una meta al 2015 de cumplir el 100% del LPP⁸ en todos los puestos de trabajo. A modo de ejemplo, en la figura siguiente se puede observar el número de nuevos casos detectados cada año desde el 1970 al 2011.

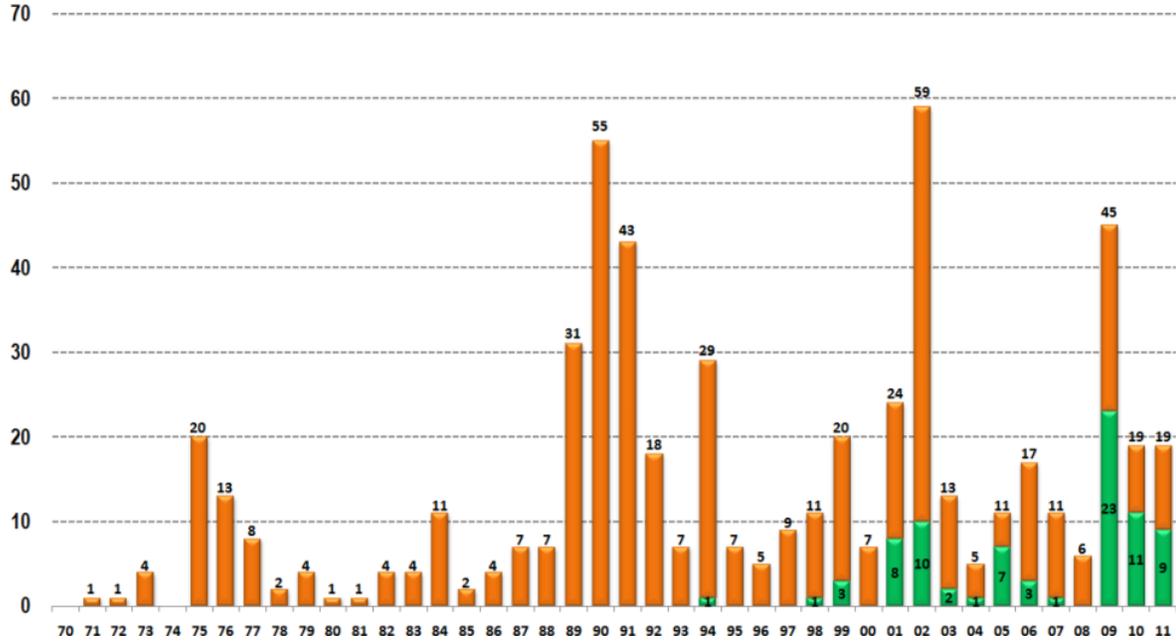


Figura 16. Número de nuevos casos detectados anualmente en Codelco División Andina.

Como se puede ver, a los inicio de la operación de la división los casos detectados eran bastante aislados, principalmente por una falta de preocupación y cultura respecto a esta situación. Ya a comienzos de los 90 se le toma el peso a este problema existente y se ve claramente como se aumenta el caso de gente detectada con silicosis, manteniéndose esta tendencia en años posteriores, hasta llegar a los estándares actuales donde anualmente en los exámenes ocupacionales de los trabajadores directos y terceros se realizan chequeos tendientes a detectar esta enfermedad y poder controlar de forma temprana su evolución. Estos chequeos anuales permiten evaluar de manera directa el impacto de las políticas implementadas para dar

⁸ Limite máximo permisible de polvo medido en mg/m3

solución a este problema que afecta a todos quienes desarrollan su trabajo al interior de la mina subterránea.

El modelo de negocios que se presenta en esta sección está fuertemente apalancado por el compromiso de erradicación de la silicosis de la División al año 2030 y está centrado fuertemente en la generación de una cultura que impulse la preocupación de todos quienes trabajan al interior de la planta de chancado en mejorar las condiciones diarias a las que se exponen. Los detalles del plan se pueden ver en [18] , documento del Ministerio de Salud al cual Codelco adhirió en el año 2009.

7.2.2. Dificultades detectadas

Si bien se entiende el peso que tienen los sistemas de colección y supresión de polvo en la sustentabilidad del proceso dado su impacto en la salud de los trabajadores, no necesariamente esto implica que exista una cultura o un sistema robusto que apalanque el correcto funcionamiento de estos sistemas que aseguren el cumplimiento de su parte dentro del proceso. Esto se da principalmente porque los efectos sobre la salud de los trabajadores se ve en el largo plazo (exposiciones por sobre los 5 años) y esto de alguna manera permite que estos sistemas sean dejados fuera de servicio frente a alguna falla menor que ponga en riesgo la producción de la línea, efecto que es inmediato en el negocio. Este mismo efecto hace que aparezca la principal dificultad detectada en este modelo de negocios, que está relacionada con la falta de credibilidad por parte de los trabajadores respecto a que tan importante son estos temas frente al peso real que tiene la producción en el día a día y como esto influye en la toma de decisiones operacionales diarias. Esta dificultad es la más difícil de vencer ya que está impregnada en la cultura existente debido a la historia pasada y que necesariamente se debe considerar para sustentar el logro de esta mejora.

Otra gran dificultad observada y que también es parte de la cultura existente, es relacionar la solución a problemas solamente a la realización de proyectos de inversión, dicho de otra manera, buscando la solución al problema agregando equipos e invirtiendo grandes sumas, dejando de lado soluciones innovadoras en la gestión como la que se presenta en este caso de estudio. Esto queda más claro cuando se revisan

las inversiones desde el año 1990 en adelante en relación a este problema, donde el monto hasta el año 2013 llega a los 53,3 MUSD (Listado en sección anexos) pero si se revisa con detención es posible observar que ninguna inversión del listado se hace cargo del capital humano que operará o mantendrá estos equipos, enfocándose pura y únicamente en el montaje de nuevos equipos y distintas tecnologías para poder lograr el objetivo.

7.2.3. Solución

El modelo de negocios con el cual se busca dar con los puntos claves para la generación de una cultura que permita una real y certera manera de abordar la ventilación se muestra a continuación. Cabe señalar que este modelo fue iterado varias veces hasta dar con una mejor identificación de los nueve puntos claves del modelo canvas.

ESTRATEGIA DE VENTILACION EN PLANTA DE CHANCADO SUBTERRANEA

<p><i>Asociaciones Claves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipo Mecánico y Confiabilidad Andina • Equipo Mecánico Siemens • Equipo Ventilación Siemens • Equipo Aseo Industrial Siemens • Equipo Planificación Andina 	<p><i>Actividades Claves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Planificación Integral Semanal • Catalogación de repuestos inexistentes • Generación de Plan Matriz de mantenimiento • Seguimiento Semanal a compromisos y cumplimiento del plan 	<p><i>Propuesta de Valor</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la exposición de los trabajadores al polvo en los distintos puntos de trabajo de la planta • Disminución de emisiones de polvo en los puntos críticos históricos 	<p><i>Relaciones con Clientes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Integración del equipo Andina-Siemens • Generación de confianza en el equipo de Chancado por parte de los trabajadores • Sinergia entre equipo de Aseo Siemens y Equipo Mecánico Siemens 	<p><i>Segmentos de Mercado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajadores • Familiares de los trabajadores • Equipo ejecutivo divisional
<p><i>Estructura de Costos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • No cumplimiento de planes de mantenimiento mecánicos por priorización de actividades de ventilación • Horas hombre de equipo de planificación en codificación de repuestos para ingreso a catalogo de compras estandar de la compañía 	<p><i>Fuentes de Ingresos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de disponibilidad y utilización de los sistemas de ventilación y colección de polvo • Disminución de los niveles medidos de polvo permisible en los distintos pultos de trabajo • Mejora de la credibilidad de parte de los trabajadores en el equipo de la Gerencia de Plantas 			
<p><i>Recursos Claves</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Técnica Equipo de Mantención Andina • Compromiso y entendimiento del problema por parte de la empresa Siemens • Empoderamiento de los trabajadores en ser parte de la solución 	<p><i>Canales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentaciones a trabajadores • Reuniones informativas semanales • Difusión mensual de los valores medidos de polvo a todo nivel 			

Para que el modelo de negocios propuesto sea efectivo en su cometido y pueda cumplir con su promesa de valor es de suma importancia darle a los sistemas de ventilación un tratamiento adecuado a su posición dentro de la cadena productiva. Luego de varias iteraciones al respecto de cómo esto debía ser abordado, se observó que la manera que daba los mejores resultados era simplemente considerar a los equipos de ventilación y colección de polvo como un equipo más dentro del proceso productivo, pero no como un equipo auxiliar o especial, sino como un equipo que es parte del proceso y que debe operar para poder generar valor al mineral tratado. Esto si bien es simple de indicar, el que estos sistemas sean considerados como parte del proceso productivo y no como un anexo, empuja a toda la organización de la planta de chancado a controlar distintos parámetros tal como se haría con un chancador o una correa transportadora, entendiendo que el valor que generan estos equipos es la mejora en la salud de todos quienes habitan esa planta, y a la vez hacen sustentable la operación de la planta de chancado en el tiempo.

Uno de los puntos claves en el logro de la propuesta de valor del modelo de negocios es la sinergia lograda por el equipo de Aseo Industrial de Siemens con su par de mantenimiento mecánico. La generación de polvo es inevitable dentro de un proceso de trituración y gran parte de su control se basa en que tan bien se encuentran sellados los distintos equipos para impedir que el polvo escape. Luego, dado lo anterior, es posible levantar los focos críticos en función de las estadísticas que se llevaban del equipo de aseo en cuanto a los lugares y cantidades de material retirado, datos que eran revisados y analizados semanalmente. Utilizando esta información y generando la sinergia con el equipo de mantención mecánica Siemens se pudo lograr una notable mejora en la calidad de los trabajos realizados por el contratista, asegurando los sellos de los distintos puntos de traspaso de mineral. Esto a la vez provocó una severa disminución de las cantidades de material retirado semanalmente por el equipo de aseo, mostrando de manera indirecta las mejoras en los sistemas de contención de polvo existentes en los equipos del proceso productivo.

El punto más importante a acatar en este modelo de negocios tenía relación con recuperar la confianza perdida por parte de los trabajadores respecto a que la

ventilación si era un producto importante dentro del proceso productivo. Para poder asegurar este hito se comenzó a trabajar en solucionar el punto crítico histórico de la planta de chancado primario, que era el traspaso del chancador secundario a la correa de sacrificio, denominada correa 4, que luego alimentaba el sistema de transporte. Este punto históricamente presentaba los niveles más altos de generación de polvo de toda la División, siendo frecuentemente visitado por el equipo ejecutivo en sus visitas a terreno y por las autoridades sindicales, ya que era un claro ejemplo de cómo estaba preocupación por el polvo en la planta. Utilizando este punto como punta de lanza en el lanzamiento de esta nueva forma de atacar la ventilación, se desarrollaron una serie de reuniones para dar con las posibles soluciones al problema, reuniones multidisciplinarias donde todo quien asistía tenía algo que decir. De la observación de esas reuniones y de otras nace el primer modelo de negocios para enfrentar el problema de la ventilación que luego fue iterado hasta llegar al presentado anteriormente. En el trabajo de la solución al problema de la correa 4, se identificaron cuatro actividades claves que luego fueron replicadas a todos los demás procesos como parte de la creación de esta cultura. Estas actividades eran:

- Planificación Integral Semanal
- Catalogación de repuestos inexistentes
- Generación de Plan Matriz de mantenimiento
- Seguimiento Semanal a compromisos y cumplimiento del plan

La primera actividad es parte integral de la sustentabilidad del proceso productivo y es clave para la toma de decisiones respecto a las detenciones planificadas del sistema. Para poder entregarle la importancia que se requería para las actividades de ventilación, se definió que estas tenían prioridad por sobre cualquier otro trabajo a realizar, por ejemplo, si se tenía que trabajar en un colector de polvo de una cinta transportadora y a la vez personal mecánico debía trabajar en el cajón guía de la cinta, el trabajo que se programaba era el de ventilación y el trabajo mecánico quedaba para la semana siguiente o si había tiempo se realizaba en la misma mantención una vez retirado el personal de ventilación.

La segunda actividad clave del modelo era la catalogación de repuestos para poder historizar su compra y poder estimar su consumo anual. Historicamente debido a la urgencia con la cual se abordaban estos temas, las compras de repuestos usualmente se realizaban por cargo directo, quedando nula historia en los sistemas de administración de la compañía y luego repercutiendo en una muy mala base de datos para la generación de puntos de reorden automatizados para compras o la estimación del presupuesto anual.

La tercera actividad clave era la generación de un plan matriz de mantenimiento de los sistemas, al mismo nivel del existente para los equipos productivos. Sólo de esa manera, igualando el tratamiento a los distintos equipos, se puede lograr una real cultura respecto a la importancia de estos sistemas dentro del proceso productivo, al ponerlos al mismo nivel de los equipos principales.

La última actividad clave detectada e indicada en el modelo de negocios es el seguimiento de los compromisos y cumplimiento de los planes propuestos. Es imposible tener una cultura robusta sin hacerse cargo del “Accountability⁹” o rendición de cuentas ya que con esto se logra una transparencia de acciones y decisiones a todo nivel, control que de alguna manera permite que los trabajadores sientan de que el tema está siendo tratado con la seriedad que se merece. De las cuatro actividades claves propuestas en el modelo de negocios se puede indicar que esta última resultó ser clave para apoyar el favorable resultado obtenido en la generación de esta cultura proactiva respecto a la ventilación. Respecto a los resultados reales obtenidos se muestra a continuación la evolución de los indicadores de polvo respirable en la planta de chancado denominada “Chancado Grueso Convencional”.

⁹ Según el experto Alnoor Ebrahim se define el concepto de Accountability como la responsabilidad de responder por un desempeño particular ante las expectativas de distintas audiencias o partes interesadas.

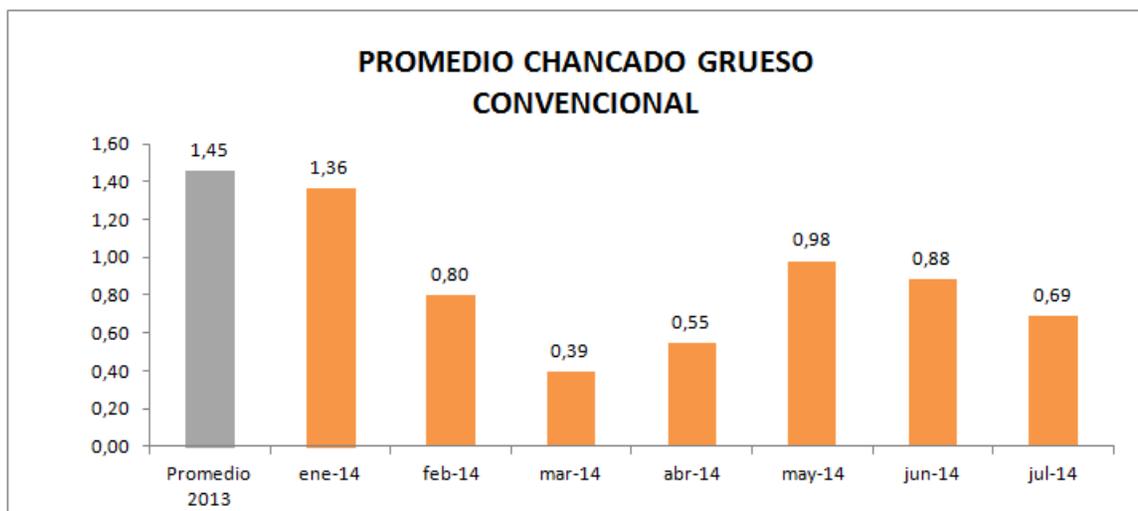


Figura 17. Evolución indicadores de polvo respirable en Planta de Chancado Grueso Convencional.

Como se observa en la figura anterior, el promedio del año 2013 en la planta era de un 1,45 mg/m³ que luego del trabajo realizado con el modelo de negocios mostrado anteriormente, sin realizar ninguna inversión en nuevos equipos, se llegó a un promedio de 0,69 mg/m³, logrando mínimos históricos de 0,39 mg/m³ en el mes de marzo del 2014. Esto es sin duda el indicador principal del cual el modelo de negocios busca hacerse cargo, involucrando a todos los actores relevantes dentro de la solución. Esta manera de buscar la solución al problema permitió que todos los trabajadores de la planta dejaran de lado una actitud pasiva respecto al tema, apalancada fuertemente debido a que la solución se buscaba históricamente a través de proyectos de inversión, transformándose en actores claves en la reportabilidad del sistema y posterior planificación de trabajos.

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

En el trabajo realizado se muestran experiencias de innovación en la utilización de nuevas tecnologías para dar solución a un problema técnico existente y una innovación respecto a la estrategia utilizada para atacar un problema. Cada uno de estos tipos de innovación tienen características en comunes y otras que son particulares para cada caso y que deben ser claramente identificadas para que la innovación y el proceso creativo tengan una correcta aplicación y puesta en marcha. Es importante destacar si que lo primordial de lo mostrado en los casos de estudio es la utilización de la metodología propuesta, pudiendo aplicarse a cualquier ambito de manera simple y directa.

En el caso de las innovaciones tecnológicas, es de suma importancia el compromiso de personal de carácter técnico altamente calificado que permita entregar sus capacidades en el marco de las etapas previas y por sobre todo en la implementación final de la innovación tecnológica aplicada. Son muchos los casos que se ven, sobre todo en la industria minera, que nuevas tecnologías que podrían provocar un enorme impacto en indicadores claves del negocio, quedan sin utilizarse principalmente por fallas en las etapas de planificación e implementación, dado en general por una falta de claridad de los distintos factores que deben considerarse para tener un modelo de negocios exitoso.

Esto ocurre generalmente en este tipo de innovaciones dado que el creador del producto normalmente no es capaz de observar en su totalidad el impacto de al innovación propuesta, y que muchas veces su no implementación o funcionamiento adecuado no son un problema de carácter técnico, sino del tipo adaptativo, siendo esto el elemento principal que se debe atacar en la implementación de la innovación. En los problemas adaptativos se requiere de un aprendizaje en la definición del problema a resolver, al igual que el trabajo mismo de solución e implementación. En los problemas adaptativos el foco principal de responsabilidad son los grupos de interes que se relacionan con la solución o innovación propuesta y esto es claramente identificable en los nueve elementos del modelo de negocios utilizando la metodología canvas propuesta en este trabajo. Esto es precisamente que lo busca utilizar la metodología

como herramienta de apoyo para la generación de modelos de negocio exitosos, al indicar de manera gráfica y simple los nueve factores claves que claramente identificados permiten aumentar considerablemente las probabilidades de éxito del modelo propuesto.

En el caso de las innovaciones en estrategias o centradas en una nueva manera de gestionar algún proceso o grupo de personas, son de suma importancia las actividades identificadas como claves, y por sobre todo la revisión de compromisos o “Accountability”. Este seguimiento permite dar sustentabilidad al proceso de cambio de gestión y de alguna manera permite que se apalanque de manera positiva en la cultura esta nueva manera de gestionar y quede impregnada en el ADN de cada uno de sus integrantes.

En este tipo de innovaciones es también de gran importancia las relaciones existentes con los distintos actores, listado indicado en el ítem “Relaciones con Clientes” ya que solamente mediante una fuerza conjunta de toda la organización, independiente de que tengan una relación directa con la innovación a desarrollar, esta debe ser empujada por todos, pero más importante es detectar de manera temprana los llamados incentivos perversos que puedan existir en las distintas organizaciones. Un ejemplo claro de esto es lo que ocurrió en la relación entre el equipo de mantenimiento mecánico y de aseo de la empresa Siemens en el modelo de negocio presentado. El contrato con Siemens fue desarrollado de tal manera que no existieran incentivos perversos entre sus distintas unidades de negocio, en cambio, si se hubiese tenido por ejemplo un contrato separado para el aseo, con sus pagos variables asociado a las toneladas retiradas de mineral, como se tenía en el contrato anterior de aseo, es claro que no existe ningún incentivo real a mejorar las condiciones ambientales de la planta de chancado ya que al contener el polvo y eliminar las fugas por parte del equipo de mantención mecánica, el contrato de aseo se ve directamente afectado en sus utilidades, presentándose una situación que no apalanca el objetivo final que es eliminar el polvo en suspensión. Estas relaciones son extremadamente importantes a la hora de implementar una innovación en la gestión respecto a atacar un problema importante, si

no se detectan estas relaciones que pueden ser opuestas en las etapas tempranas del negocio, sin duda que las probabilidades de éxito disminuyen considerablemente.

En las innovaciones en gestión es también importante una correcta identificación de las estructuras de costos y fuentes de ingresos ya que normalmente no se tienen ingresos directos por la innovación realizada. En el caso de estudio de la estrategia para el control del polvo, uno de los principales costos en la implementación fue el no cumplimiento de los planes de mantenimiento mecánicos por priorización de tareas de ventilación. Esto repercutió en pequeñas pérdidas productivas por mantenimientos no planificados que debieron ser asumidas dentro del proceso de implementación y es ahí donde se reafirma el compromiso de los trabajadores en la generación de esa cultura, al entender claramente que la administración de la compañía está dispuesta a tener pérdidas de producción si eso asegura el cumplimiento de la promesa de valor del modelo que es la disminución de la exposición de los trabajadores al polvo en los puntos de trabajo. Muchas veces este tipo de innovaciones no tienen una generación de ingresos que sean fácilmente calculables, pero si es posible identificar de mejor manera la pérdida de valor en la compañía que generan estas condiciones, pudiendo ser considerados estas cuantificaciones en la estructura de costos de la innovación desarrollada.

En relación a la metodología para la generación de modelos de negocios utilizada, se puede indicar que la utilización de ésta facilita de sobremanera la definición de cualquier modelo de negocio a desarrollar y apalancar las posibilidades de éxito de la propuesta de valor, eje central del modelo. Básicamente la definición del modelo de negocio se sustenta en la identificación de los restantes ocho bloques del lienzo y para esto el equipo de trabajo involucrado en la innovación es clave para éste desarrollo. En ambos casos estudiados se muestra que la correcta identificación de los factores del modelo es lo que permite asegurar las posibilidades de éxito de la promesa de valor.

Es importante aclarar en esta discusión el porque utilizar esta metodología y relacionarla directamente con la aplicación de innovación en una industria como la minería. Principalmente esta metodología se utiliza por emprendedores, quienes están en la búsqueda de alguna forma que permita llevar una idea aislada de negocio a un

modelo de implementación simple. Esta simplicidad es lo que hace atractivo el uso de esta metodología, alejada de teorizaciones demasiado profundas o requerimientos de evaluaciones de proyectos “perfectas”, muchas veces muy alejadas de la realidad y en el caso de la innovación, con muchas incertidumbres en las etapas iniciales de la ejecución de las iniciativas. Esta simplicidad permite acercar la innovación a una industria ajena a esto como lo es la minera, en particular en su etapa de explotación del yacimiento. Como se revisó en capítulos anteriores, el negocio minero requiere de altos grados de certidumbre en su etapa de explotación, asumiendo grandes riesgo en la etapa de exploración principalmente. Con la realidad actual del negocio minero, cada vez se hace más dificultoso la creación de nuevos proyectos mineros, por lo que la búsqueda de mejoras en los procesos ya existentes, invita a innovar en los distintos ámbitos que forman parte de una industria como la minera, y con una herramienta simple como el modelo Canvas, esto es posible de ejecutar al interior de cualquier equipo multidisciplinario en la industria minera.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] Osterwalder, A, "The Business Model Ontology, A Proposition In A Design Science Approach", Phd Tesis, University of Lausanne, Switzerland, 2004.
- [2] Reseña de la Innovación Tecnológica en la Minería del Cobre : "El Caso Codelco",
http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/innovacion/resena_de_la_innovacion_caso_codelco.pdf
- [3] Lagos G.E., 2007, Editor, Innovación en Minería, Volumen V, Foro en Economía de Minerales, Ediciones Universidad Católica de Chile.
- [4] Cutifani Mark, Anglo CEO, "A Critical Imperative – Innovation and a Sustainable Future", World Mining Congress, Montreal Canada, January 2014.
- [5] "Taller Metodología Canvas, Modelos de Negocios", Cámara de Comercio de Santiago
- [6] Osterwalder A., Pigneur Y, "Generación de Modelos de Negocio".
- [7] "Una mirada a la productividad del sector minero en Chile", Dirección de Estudios, Comisión Chilena del Cobre, Agosto 2013.
- [8] "Competitividad de la Minería Chilena", Andres Mac-Lean, Comisión Chilena del Cobre, 19 de junio de 2013.
- [9] "The Future Of Mining in Chile", Csiro Chile, Julio 2014.
- [10] "Proveedores de la Minería Chilena, Estudio de Caracterización 2014", Innovum Fundación Chile, Abril 2014.
- [11] "Desafíos para la Minería en Chile: Una Oportunidad de Crecimiento y Desarrollo", 6º Seminario de Acercamiento Tecnológico, Calama, 5 de julio de 2012.
- [12] Tidd J, Bessant J, Pavitt K, "Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change, John Wiley & Sons, 3º Edition, 2005.
- [13] Drucker P, "The Discipline of Innovation", Harvard Business Review, Agosto 2002.
- [14] "Experiencia de Colaboración Codelco Andina-Contitech-Dupont: Alimentador 1-A con refuerzo de Kevlar", Congreso Belt Perú, Noviembre 2013.

- [15] Taboada, Jorge, "Planificación y Control de Proyectos", Curso Control de Proyectos, MBA Industria Minera, Universidad de Chile, 2014.
- [16] McCarty, Dawn; Jinks, Beth (January 19, 2012). "Kodak Files for Bankruptcy Protection". Bloomberg. Retrieved January 19, 2012.
- [17] "Blockbuster Reaches Agreement on Plan to Recapitalize Balance Sheet and Substantially Reduce its Indebtedness" (Press release). Blockbuster. September 23, 2010. Retrieved 2010-09-23.
- [18] "Plan Nacional para la Erradicación de la Silicosis, Estrategia 2009-2030", Ministerio de Salud, Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Gobierno de Chile.

10.ANEXOS

**10.1. PRESENTACIÓN CONGRESO BELT 2013, LIMA PERÚ,
“EXPERIENCIA DE COLABORACIÓN CODELCO ANDINA-CONTITECH-
DUPONT: ALIMENTADOR 1-A CON REFUERZO DE KEVLAR”**



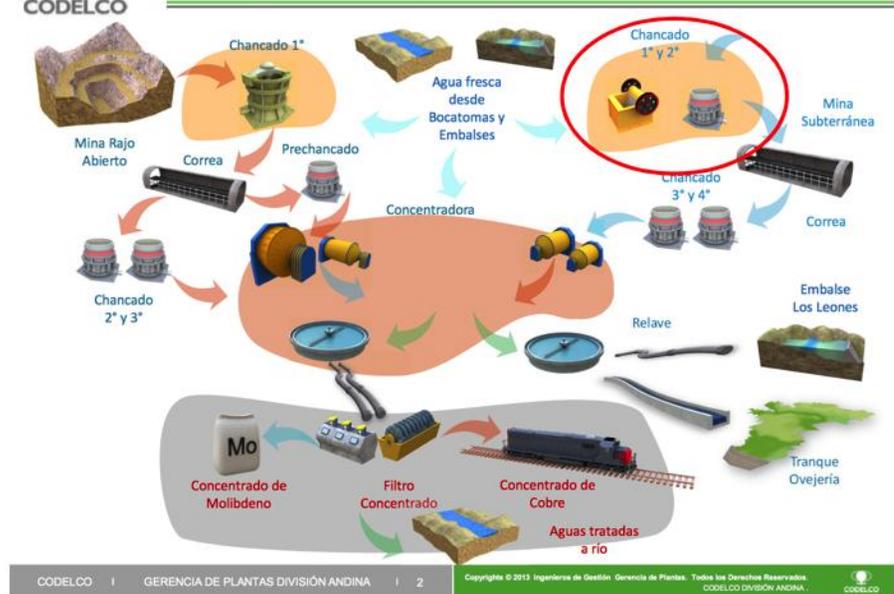
**Experiencia de Colaboración Codelco Andina-
ContiTech™-DuPont™: Alimentador 1 A con Refuerzo
de Kevlar®**

Gerencia de Plantas

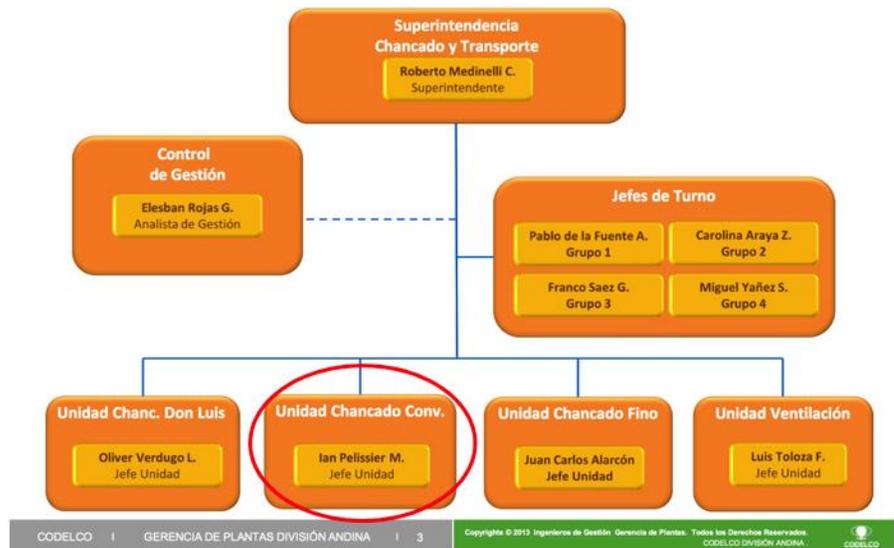
Noviembre 2013

Copyrights © 2013 Gerencia de Plantas, CODELCO división ANDINA Todos los Derechos Reservados

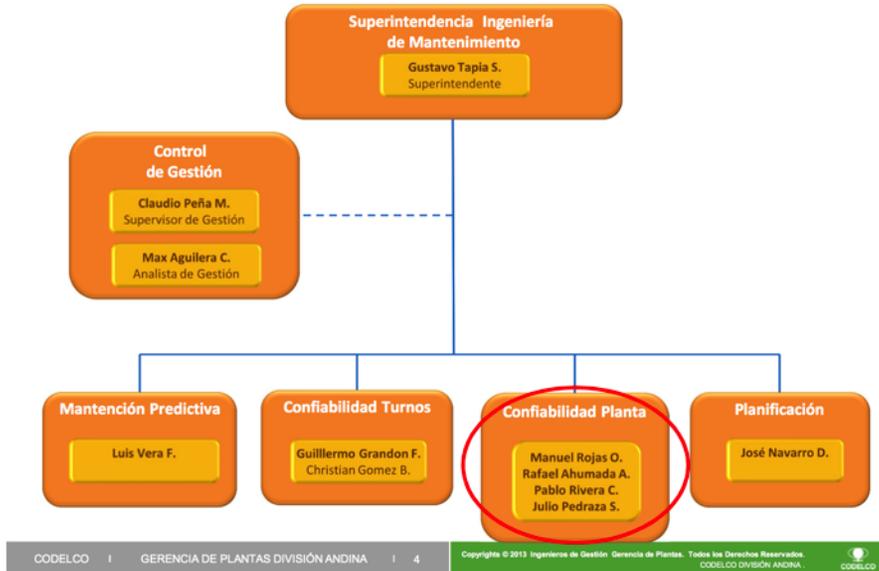
Diagrama de Flujo Gerencia de Plantas



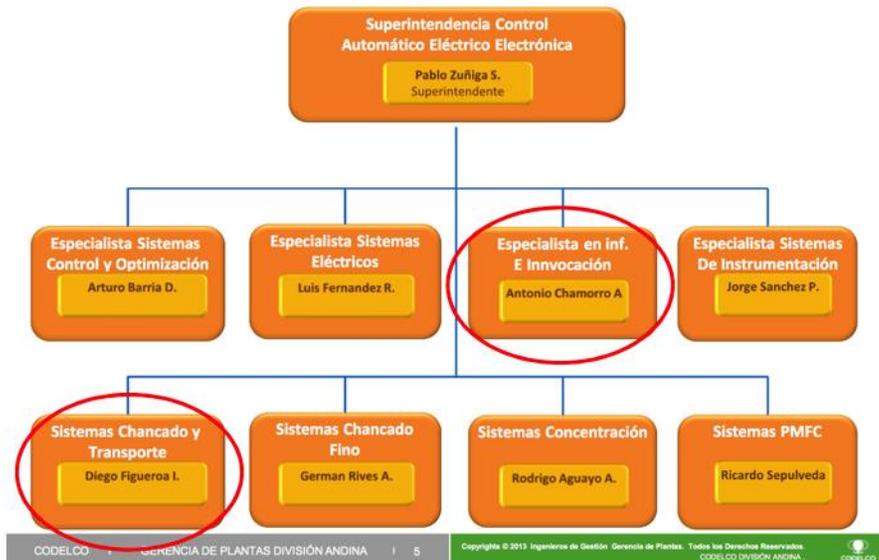
Superintendencia Chancado y Transporte



Superintendencia Ingeniería de Mantenimiento



Superintendencia Control Eléctrico Electrónica



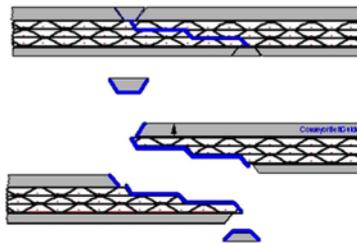


- **Elongación**
 - La correa actual convencional, puede llegar a elongarse hasta un 5% de su longitud total. Esto genera problemas de **tensado y desalineo**.
- **Punción**
 - Caída de «colpas» y materiales (metales, maderas, etc.) directo desde la tolva genera daños pasados sobre la cinta actual.
- **Corte**
 - Caída de «colpas» y materiales (metales, maderas, etc.) provenientes desde la mina subterránea, que perforan la cinta y quedan trabados en el chute o en la cama de impacto, generando la propagación del daño

- **Correa Bidireccional**

- Empalme tradicional escalonado no permite resistencia en ambos sentidos de avance

- Eficiencia: $\frac{100(n-1)}{n}$ n: numero de telas

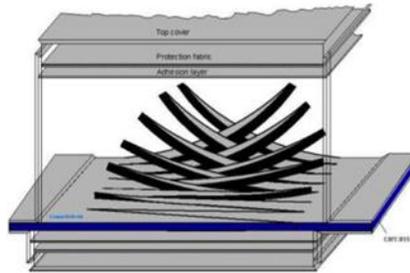


Vida útil cinta entre 3 a 4 meses, 40 hrs promedio para cada cambio

- Alta fuerza de cizalle:
 - Cuando la correa queda atollada por colpas, se necesita aumentar la energía entregada a la cinta para poder vencer **la fuerza de cizalle que es la principal resistencia al movimiento**
- Indentación:
 - Un factor contribuyente es la indentación de los elementos de rodado en la zona de transferencia de la cinta

- Alta exposición de los trabajadores por tareas de reparación y montaje: **Media de 120 hrs al año aproximado/18 trabajadores por cambio**
 - Al aumentar los MTBF el riesgo disminuye por menor exposición
- Accionamientos actuales presentan fugas por lubricación debido a lo adverso de las condiciones
 - Se generan RILES debido a las fugas, se afecta el ambiente laboral y se desvían recursos para contención y limpieza

- Uso de nueva tecnología en tela
 - Desarrollo de Codelco Andina-Dupont-Contitech en Correa 72' con tela de Kevlar® (Aramida)
 - Utilizar empalme de dedos (simétrico => resistencia bidireccional a la tracción)
 - Eficiencia Estática > 90%



Chaleco Antibalas



- Cambio en accionamientos
 - Originalmente un motor eléctrico y otro hidráulico
 - Nuevo diseño con dos motores eléctricos
 - Sincronización master/esclavo entre motores
 - No existe patinamiento en pulleys
 - Control preciso en todo el rango de velocidades
 - Estabilidad en velocidad
 - Cajas reductoras planetarias con montaje al eje
 - Transmisión directa de potencia y torque al sistema
 - Robustez para operación en condiciones adversas

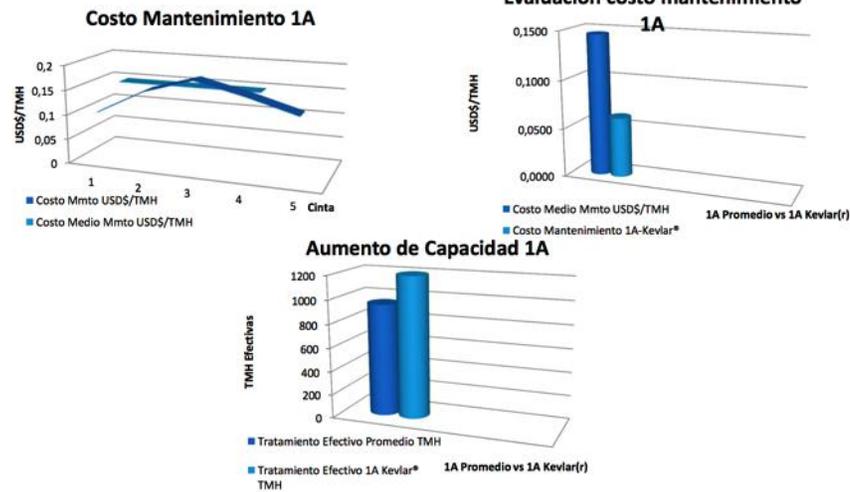
Realización del Trabajo



Video Funcionamiento



- Mejorada resistencia de la cinta al impacto repetitivo producto del tamaño característico del mineral (evaluación del monto de OT's en curso vs historia)
- Empalme de dedos ha sacado las fallas de empalme como una de las actividades de mantenimiento de la correa
- Mejorada operatividad asociada al alineamiento de la cinta y su baja elongación además del mejoramiento de sistemas de transmisión
- Cinta de mayor clase de tensión aumenta «catch up» del sistema (950 TMH a 1250 TMH)
- **Mejorada resistencia a impacto, punción y propagación de rasgo por elementos no estándar (accidentes operacionales) ha mantenido a la cinta en operación, dando continuidad al proceso**



3 a 4 cambios al año

Del laboratorio al campo



Beneficios Proyectados

- USD 1.944.843 en gastos por OT's en alimentador desde mayo de 2010
- USD 362.100 en cinta EP2000/5, en 10 cambios de cinta
- **USD 2.306.943 en gastos en 3 años y 5 meses**
- El valor del proyecto asciende a **USD 787.908**, cargado a Overhaul Planta
 - Incluye cajas reductoras y nuevos motores (gasto por una vez, USD 694.954)
 - Incluye nuevos pulleys y modificaciones en conveyor

Evaluación a 4 años
Tasa de descuento 12%

Se evalúa diferencia de VAN en situación con y sin proyecto

VAN USD 2.718.593

- Recursos Humanos y Seguridad
 - Cada cambio de cinta requiere de 40 hrs de trabajo y se requieren los siguientes recursos:
 - 2 Operadores
 - 2 Ingenieros de Confiabilidad
 - 8 Mecánicos Ejecutores
 - 6 Mecánicos de empalme
- 2880 HH al año en cambios de cinta**
Con el cambio de tecnología se espera llegar a 720 HH al año,
ahorro de 2160 HH de exposición a riesgos
- Tratamiento Efectivo
 - Aumento Tratamiento Efectivo => desde 950 a 1250 tph (sólo por estabilidad en la operación de la nueva cinta)

- Con esta aplicación se espera que la cinta aumente su vida útil a 6 meses, manteniendo el tiempo medio para reparar en una primera etapa. La segunda versión de la cinta (incluir breaker de kevlar y mayor espesor) busca llegar a los 10 meses de duración.
- La principal causa de falla es la resistencia del **empalme**. Con este nuevo tipo de empalme se podrá operar en ambos sentidos sin resentir éste.
- Este tipo de aplicación de Kevlar® es único en el mundo, desarrollado en una Alianza Tecnológica Codelco-ContiTech-Dupont
- Tecnología extrapolable a otros equipos en planta. Se está desarrollando la aplicación en alimentadores A2, A5, 81, M1 y correas 4, 72B, 1K, M3.
- Finalmente todo este trabajo busca reducir la exposición de nuestros trabajadores y colaboradores en tareas que puedan representar un peligro a su salud



- Roca de 1,4 x 0,9 m cae desde la mina subterránea
- Cinta (faja) sufre daño pasado de sólo 4 pulgadas
- Roca es expulsada de la carcasa y extrae 3,2 m de caucho desde la cubierta de carga, **tela de Kevlar® salvo el piquete no presenta daño mayor**
- Se realiza una reparación vulcanizada y se vuelve a operación en 24 horas
- La consecuencia habitual de un incidente de esta magnitud es el corte de la correa y su cambio (costo: 60 horas de detención+cinta nueva+ empalme)

Esta experiencia muestra que la colaboración entre usuario final y proveedor, genera innovación aplicada con mayor probabilidad de éxito que el trabajo individual y aislado, solucionando problemas reales y haciendo las soluciones sustentables

10.2. LISTADO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PARA LA ERRADICACIÓN DE LA SILICOSIS, 1990 AL 2013

Año	API	Nombre	KUS\$
1990	90-10-08	Estudio Sistema General Ventilación Mina	60
1991	911003	Sistema Ventilación Integral Mina Subterránea	1639
1992	920516	Estudio Sistema Captación Polvo Chancado	36
1996	960503	Ing Conceptual Solución Partículas Suspensión Concentrador	11
1997	970808	Ing Básica Disminución Partículas Suspensión Conc	86
2003	A03M315	Reemplazo Vía Extracción Circuito Ventilación Nv 8	368
2003	A03M315	Ing Concep Ventila y Extracc Polvo Pta Chancado	36
2004	A04M340	Moderniza Eq Capta Polvo Chanc Nv 19	482
2004	A04M408	Mejora Cond Ambiental MS Etapa 1	2076
2005	A05M126	Ing Básica Ventila y Extracc Polvo Ptas Chancado	136
2005	A05M127	Ing. Básica Distribución Aire Mina Subte.	140
2006	A06M113	Prefactibilidad Ventila MS Etapa 2	110
2006	A06M324	Mejora Ventilación y Extracción Polvo Chancado Etapa 1	324
2006	A06M404	Proyecto Distribución Aire Mina Subte.	2733
2007	A07M417	Mejora Ventilación y Extracción Polvo Chancado Etapa 2	6.048
2008	A08M422	Implementación Proyecto Integral de Ventilación Fase II Mina Subterránea	3.126
2009	A09M117	Prefactibilidad Mejoramiento Integral Ventilación Plantas de Chancado y Concentradora	259
2009	A09M126	Prefactibilidad Aspiración Industrial Polvo Planta Concentradora Subterránea	245
2009	A09M314	Mejoramiento Ventilación Control Polvo Chancado Norte y Sur	966
2010	A10M207	Factibilidad Mejoramiento Ventilación Plantas DAND	701
2010	A10M322	Mejoramiento redes de Agua Equipos de Polvo Planta Concentradora	1.254
2010	A10M321	Construcción Sistema limpieza Industrial Plantas	606
2010	A10M417	Mejora Ventilación Chancado Fino	4.435
2011	A11M343	Mejoramiento del Sistema Control Polvo Planta de Chancado Secundario y terciario	951
Sub Total			26.828
2012	A12M445	Mejoramiento Condiciones Medioambientales Laborales NV 8 Traspaso y Chanc. Don Luis	13.510
2013	A12M491	Mejoramiento Ventilación Plantas (incluye Prechancado, cabezal C5 y A7)	13.000
Total			53.337