

# CASOS DE INNOVACIÓN DE PROVEEDORES EN LA MINERÍA CHILENA

INNOVATION CASES OF CHILEAN MINING SUPPLIERS





CASOS DE  
INNOVACIÓN  
DE PROVEEDORES  
EN LA MINERÍA  
CHILENA

*INNOVATION CASES OF CHILEAN MINING SUPPLIERS*



---

Esta publicación fue elaborada en el marco del convenio “Innovación Abierta en la Cadena de Valor de la Gran Minería” de la Subsecretaría de Minería; y del convenio “Desarrollo de PYME Proveedoras en la Cadena de Valor Minera mediante Innovación Abierta” del Banco Interamericano de Desarrollo.

**Primera edición**

Santiago, 2016

**Comité Editorial**

Fundación Chile: Enrique Molina y Ricardo Morgado.

**Equipo de Redacción y Desarrollo de Contenidos**

Fundación Chile: Andrés Pesce, Enrique Molina, Ricardo Morgado, Ignacio Garrido, Karin Mora, Macarena León, Mauricio Becerra y Erika López.

Subsecretaría de Minería: Domingo Fuenzalida.

Phibrand: Cristián Mansilla, María José Riquelme y Marta Lillo.

**Equipo de Edición**

Fundación Chile: Nicole Valdebenito.

**Se agradece la valiosa colaboración de**

Subsecretaría de Minería: Ignacio Moreno.

Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN): Patricio Díaz.

BHP Billiton: María José Araneda y Javier Cabello.

Codelco: Sebastián Carmona y Nicolás Puelma.

**Diseño y Diagramación**

Constanza Arends G.

**Impresión**

Imprenta Abaco.

**Fotografía Portada**

Codelco.

Elaborado por



Financiado por



Con el apoyo de





# CONTENIDO

## CONTENT

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CARTAS DE PRESENTACIÓN</b>                                                          | <b>09</b> |
| Presentation Letter                                                                    |           |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                    | <b>17</b> |
| Introduction                                                                           |           |
| <b>CASO DE INNOVACIÓN 01 / INNOVATION CASE 01</b>                                      | <b>29</b> |
| TESRA Technology & Engineering Services<br>for Radical Advancement                     |           |
| Observar para Resolver<br><i>Observe to Resolve</i>                                    |           |
| <b>CASO DE INNOVACIÓN 02 / INNOVATION CASE 02</b>                                      | <b>45</b> |
| Gesecology                                                                             |           |
| Cartografías del Riego<br><i>Risk Cartographies</i>                                    |           |
| <b>CASO DE INNOVACIÓN 03 / INNOVATION CASE 03</b>                                      | <b>59</b> |
| HighService Technology                                                                 |           |
| Alta Eficiencia y Gestión<br><i>High Efficiency and Management</i>                     |           |
| <b>CASO DE INNOVACIÓN 04 / INNOVATION CASE 04</b>                                      | <b>77</b> |
| Geoblast                                                                               |           |
| Conciliando Conocimiento y Operaciones<br><i>Conciliating Knowledge and Operations</i> |           |
| <b>CASO DE INNOVACIÓN 05 / INNOVATION CASE 05</b>                                      | <b>93</b> |
| Power Train Technologies                                                               |           |
| Innovación sobre ruedas<br><i>Innovation on Wheels</i>                                 |           |







# CARTAS DE PRESENTACIÓN

## PRESENTATION CARDS

PATRICIO DÍAZ  
BID-FOMIN (IADB/MIF)

Fundación Chile y el Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se asociaron el año 2015 con el fin de implementar el proyecto “Desarrollo de PYME Proveedoras en la Cadena de Valor Minera mediante Innovación Abierta” (ATN/ME-14984-CH), iniciativa que busca ampliar el Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM), en alianza con CORFO, el Ministerio de Minería y la industria.

El objetivo del proyecto es establecer un mecanismo para fomentar la innovación desarrollada por las PYME proveedoras de la cadena de valor minera. El mecanismo opera por medio de una **“plataforma de innovación abierta”** en la cual las grandes compañías mineras ponen sus retos operativos en conocimiento de las empresas proveedoras así como de instituciones de investigación, para permitir que todos los actores de la cadena de valor del sector colaboren en el desarrollo de soluciones innovadoras.

Se espera que el proyecto, durante sus tres años de ejecución, beneficie directamente a 500 PYME y 50 empresas con alto potencial de crecimiento

Fundación Chile and the Multilateral Investment Fund (MIF) of the Inter-American Development Bank (IADB) came together in 2015 to implement the project “Development of the SME Suppliers in the Mining Value Chain through Open Innovation (ATN/ME-4984-CH)”, initiative which aims to expand the World Class Suppliers Program (PPCM) in a joint venture with CORFO (Chilean Economic Development Agency), the Chilean Ministry of Mining and the mining industry.

The project objective is to establish a mechanism to foster innovation developed by the SMEs that supply the mining value chain. The mechanism operates through an “open innovation platform” in which the large mining companies place their operational challenges within reach of both, supply companies and research institutions, to bring together all of the participants of the value chain to contribute to the development of innovative solutions.

It is expected that during its three years of execution, the project will directly benefit 500 SMEs and 50 newly created companies with high-potential growth. The following

de reciente creación. Los componentes del proyecto contemplan las siguientes actividades: (i) información, captación y formación de empresas que acceden por primera vez a la plataforma de innovación abierta; (ii) coordinación y promoción del intercambio de conocimientos y de la interacción entre las grandes compañías mineras, las PYME proveedoras, las nuevas empresas creadas, las universidades y los centros de investigación y desarrollo; (iii) el fortalecimiento de capacidades gerenciales para la innovación en las PYME participantes; y (iv) la divulgación de casos de éxito, lecciones aprendidas y mejores prácticas. En efecto, esta publicación de casos es un ejemplo de uno de los productos de conocimiento que ha sido generado en el marco del proyecto que está ejecutando Fundación Chile con el apoyo del FOMIN.

La publicación de estos cinco casos es una valiosa contribución para fomentar y dar visibilidad a la innovación en Chile. Este trabajo destaca los esfuerzos que han hecho empresas del sector por introducir mejoras tecnológicas de alto impacto para la industria minera. Estas empresas nos muestran diferentes aproximaciones al desarrollo de soluciones innovadoras, pero todas ellas han decidido usar con éxito la innovación como estrategia competitiva. Sin duda, la lectura de estos casos permite entender mejor **lo que significa innovar** para las empresas proveedoras de la minería en este país.

activities are included in the project: (i) inform, capture and train companies that access the open innovation platform for the first time; (ii) coordinate and promote knowhow exchange and the interaction among large mining companies, supply SMEs, newly created companies, universities and research centers; (iii) to strengthen innovation management skills among participating SMEs; and (iv) to disseminate lessons learned and best practices from success stories. In fact this publication is one of the knowledge products generated within the project being executed by Fundación Chile with the support of the MIF.

The publication of these five cases is a valuable contribution to promote and showcase innovation development in Chile. This work highlights the efforts made by companies to implement high-impact technological improvements for the mining industry. These companies describe different approaches in developing innovative solutions. Nonetheless, all of them have decided to apply innovation as a competitive strategy and have succeeded. No doubt that the perusal of these cases will provide better understanding of what impacts innovation development can have for mining suppliers in this country.

## MARCOS KULKA

### FUNDACIÓN CHILE

---

La minería ha sido por muchos años una de nuestras principales industrias en términos de exportaciones, ingresos fiscales y generación de empleos directos e indirectos. No obstante, la industria minera también tiene el potencial de generar un efecto multiplicador, el cual se traduce en la posibilidad de desarrollar productos y servicios intensivos en conocimiento y tecnologías.

Tal como lo ha relevado el Roadmap Tecnológico de la Minería Chilena al 2035, el crecimiento y sustentabilidad futura del sector minero se encuentra estrechamente vinculada a la resolución de un conjunto de desafíos, cuya magnitud y complejidad vuelven insuficientes los esfuerzos individuales por abordarlos. Se requiere, por tanto, de la colaboración de un conjunto amplio de actores del sector. En este sentido, el rol de los proveedores, universidades, centros de I+D y del Estado es fundamental para avanzar en la dirección deseada.

Es por esta razón que Fundación Chile ha impulsado hace varios años el Programa de Proveedores de Clase Mundial (PPCM). La idea tras esta iniciativa es desarrollar una **plataforma de innovación abierta** en la que proveedores puedan generar soluciones

For many years, mining has been one of our main industries in terms of exports, fiscal revenues, and direct and indirect employment generation. However, the mining industry has the potential to create a multiplier effect also, which translates into the ability to develop knowledge and technology-intensive products and services.

As revealed in Mining in Chile: a Technological Roadmap Towards 2035, the future growth and sustainability of the mining sector is closely related to the resolution of a number of challenges whose magnitude and complexity render all individual efforts insufficient to address such issues. Therefore, the collaboration of a wide variety of players is required in this scenario. Thus, the role of suppliers, Universities, R&D centers, and the State is key to move towards the desired direction.

It is for this reason that Fundación Chile has promoted, in recent years, the World Class Suppliers Program (PPCM, for its acronym in Spanish). The idea behind this initiative is to develop an open innovation platform where

innovadores a los problemas que enfrenta la industria, estableciéndose así una dinámica virtuosa que ayuda a la competitividad de la minería y, a su vez, genera espacios que estimulan a las empresas proveedoras a desarrollar conocimiento y tecnología con potencial de ser escalada, comercializada y exportada.

Este esfuerzo no habría sido posible sin el apoyo de múltiples actores e instituciones, entre ellos, BHP Billiton, Codelco, CORFO, el Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN) y el Programa Nacional de Minería Alta Ley. También destacar, de manera muy especial, el compromiso mostrado por el Ministerio de Minería en esta iniciativa, que a través del diseño, fomento y difusión de políticas mineras en torno a la sustentabilidad e innovación tecnológica ha contribuido a maximizar el aporte sectorial de esta industria al desarrollo económico, ambiental y social del país.

Lo casos que se presentan en este documento demuestran cómo el efecto multiplicador de la minería se materializa en proyectos concretos que nos ayudarán a avanzar hacia una economía del conocimiento.

suppliers can devise innovative solutions to issues faced by the industry. This would not only establish a virtuous dynamics for mining competitiveness but would also create room where supplier companies would be encouraged to develop knowledge and technology, with the potential to be scaled-up, commercialized, and exported.

This effort was made possible only because many actors and institutions lent their support; among them are BHP Billiton, Codelco, CORFO, the Multilateral Investment Fund (MIF), and the Alta Ley National Mining Program. Special mention should be made of the commitment to this initiative showed by the Ministry of Mining which, through the design, furtherance, and dissemination of mining policies dealing with sustainability and technological innovation has helped maximize the this industry's contribution to the economic, environmental, and social development of our country.

The cases analyzed in this document prove how the multiplier effect triggered by the mining industry is translated into concrete projects that will help us transition towards the knowledge economy.

## IGNACIO MORENO

### SUBSECRETARIO DE MINERÍA

---

Uno de los pilares fundamentales para el crecimiento de la minería local, es el sector de proveedores. Su desarrollo es vital para la diversificación de la industria nacional, y mejorar a través de la innovación los distintos procesos involucrados en la producción minera. Es por ésta, y tantas otras razones, que se han implementado diversas políticas que tienen como fin impulsar su crecimiento.

Tal es el caso del Programa Nacional de Minería Alta Ley, iniciativa promovida por el Gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet a través del Ministerio de Minería y la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) a principios de 2015. Alta Ley ha buscado crear una agenda compartida de I+D+i que sea coherente con los desafíos estratégicos de la minería y que incremente las exportaciones de bienes y servicios, con una gobernanza público-privada que cuenta con la participación de instituciones públicas, universidades, centros de investigación, empresas mineras y proveedores.

En su primer año se logró construir una hoja de ruta que identifica 5 núcleos traccionantes y 4 núcleos habilitadores. Su meta en materia de proveedores es que, a 2035, se alcancen los US\$ 4.000 millones

One of the core drivers for local mining growth lies in its suppliers. Their development is key to diversify the national industry and, through innovation, enhance the different processes involved in mining production. It is for this, and many other reasons, that a number of policies intended to boost its growth, have been implemented.

Such is the case of the Alta Ley National Mining Program, promoted by President Michelle Bachelet, through the Ministry of Mining and the Chilean Economic Development Agency (CORFO), since early 2015. Alta Ley is focused on pursuing a shared R+D+i agenda, consistent with mining strategic challenges, capable of increasing goods and services exports, governed by a public-private board, with the participation of public institutions, universities, research centers, mining companies and suppliers.

During the first year, a roadmap was developed where 5 driving and 4 enabler axes were defined. In matters of suppliers, Alta Ley is set on two main objectives: that, by 2035, US\$ 4,000 millions are reached in goods

en exportaciones de bienes y servicios; y desarrollar al menos 250 empresas proveedoras.

La temática desarrollada por Alta Ley no ha sido única en su tipo. Uno de estos primeros esfuerzos se ve en el trabajo realizado por el ex Subsecretario de Minería Iván Valenzuela, quien impulsó el Programa Chile Exporta Minería en 1993.

La preocupación de los distintos gobiernos ha sido el dar con una fórmula que permita el desarrollo de los proveedores nacionales. Durante el primer gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet se creó el Programa Clúster Minero, luego de la recomendación del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC) en 2007.

Durante la anterior administración, la iniciativa cambió y pasó a llamarse Programa Proveedores de Clase Mundial (PPCM). Las compañías mineras Codelco y BHP Billiton en 2010, se encargaron de impulsar el sector de proveedores, con una meta de convertir a 250 compañías en empresas de clase mundial. Hoy esta iniciativa está inserta en el Programa Alta ley.

Pero, ¿por qué estas políticas no se han consolidado? ¿Qué hace falta para que éstas se mantengan en el tiempo? Las experiencias internacionales nos han demostrado que se requieren al menos 20 años de trabajo constante para consolidar un clúster

and services exports and that, at least, 250 supplying companies are developed.

The agenda proposed by Alta Ley is not one of a kind. One of the first of these efforts was the work carried out by former Under Secretary of Mining Iván Valenzuela who launched the Chile Exporta Minería Program (Chile Exports Mining Program) in 1993.

The concern expressed by the different governments has been centered on finding the best formula to develop national suppliers. During President Michelle Bachelet's first term, the government created the Mining Cluster Program, following the recommendation made by the National Innovation Council for Competitiveness (CNIC) in 2007.

In the past administration, changes were introduced and the initiative was renamed as World Class Suppliers Program (PPCCM, for its acronym in Spanish). In 2010, mining companies Codelco and BHP Billiton took the lead in boosting the suppliers segment and set themselves the goal of converting 250 ventures into world-class companies. Today, this initiative is part of the Alta Ley Program.

But, why have these policies failed to consolidate? What do we need to sustain them in time? International experience has proved that, at least, 20 years of constant work are needed for a sectorial cluster to consolidate, as is the

sectorial, como es el caso de Australia o Finlandia. Esta situación, hasta hace un tiempo, no se había logrado en Chile.

El gran desafío para estas políticas de desarrollo de proveedores, es lograr ser lo suficientemente robustas para no ser cuestionadas frente a los cambios de ciclo político.

Un elemento fundamental para lograr robustecer estas iniciativas es la participación de la gran mayoría de los actores del sector. Si bien el PPCM es un caso interesante por el impacto que ha logrado tener, éste se ha remitido a dos empresas de la gran minería. Hoy es necesario, para la consolidación de los proveedores, una participación mucho más amplia no sólo del sector público, sino que también de los mundos académico e industrial. En este sentido, Alta Ley ha logrado sumar adherentes de todos los sectores, que a través del consenso ha dado con una hoja de ruta lo suficientemente fuerte que permite augurar el éxito, siempre y cuando continuemos trabajando en conjunto bajo el principio de una minería virtuosa, inclusiva y sostenible. Sin embargo, debemos redoblar esfuerzos para lograr incorporar otros actores de la industria que hoy pueden aportar.

case of Australia and Finland. Until recently, this was not the situation in Chile.

The biggest challenge faced by these supplier development policies lies in being robust enough to elude questioning when political cycles change.

A key element in making these initiatives more robust is to engage the participation of most sectoral players. While the PPCM is an interesting case due to the impact it has reached, this has been limited to two large-mining companies. These days, in order to achieve suppliers' consolidation, a much more powerful engagement is required not only from the public sector but also from the academic and industrial worlds. In this sense, Alta Ley has managed to add supporters from all areas that, based on consensus, have elaborated a roadmap strong enough to predict success, as long as we keep working together, under the virtuous, inclusive and sustainable mining approach. However, we must double our efforts to incorporate other industry-related players whose contribution can be significant to the activity.



# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCTION

La inversión anual que Chile hace en I+D corresponde al 0,35% (US\$814 millones)<sup>1</sup> de su PIB en el 2013, lejos de Israel, por ejemplo, cuya inversión es de un 4,11% en relación a su PIB (US\$10.800 millones)<sup>2</sup> o con el promedio de la OCDE que ese mismo año representaba 2,38% de su PIB. Durante 2013, específicamente la inversión de la industria minera en I+D representó 6,19% (US\$50,4 millones)<sup>3</sup> del gasto total de Chile.

Esta realidad dista mucho de lo que se vive en otro país minero, Australia, donde en total se invirtió en 2014 un 2,3% del PIB (US\$23.400 millones)<sup>4</sup> y de este gasto la industria minera representó 9,1% (US\$2.100 millones)<sup>5</sup>.

Esta particularidad no hace más que agravar la sostenida pérdida de competitividad regional y mundial que ha experimentado la industria minera nacional en los últimos años, explicada por altos costos de producción, principalmente dados los altos costos energéticos, laboral y deterioro de la calidad de los yacimientos (menor ley, mayor dureza, profundidad de yacimientos, presencia de contaminantes), entre otros aspectos.

Bajo este escenario, una mayor productividad implica necesariamente nuevas tecnologías, de lo contrario se espera una disminución de 4 millones de toneladas métricas al 2025<sup>6</sup>. Y por las características del negocio minero es indudable que este

Chile's yearly investment in R&D was equivalent to the 0.35% of its GDP (US\$814 million)<sup>1</sup> in 2013, far from Israel's for example, whose R&D investment is 4.11% of its GDP (US\$10.8 billion)<sup>2</sup> or from the OECD average whose investment in the same year reached 2.38% of its GDP. More specifically, during 2013 the R&D investment of the Chilean mining industry was 6.19% (US\$50.4million)<sup>3</sup> of the total amount invested by the country.

These facts are far different from other mining country such as Australia, whose total investment in 2014 equaled 2.3% of their GDP (US\$23.4 billion)<sup>4</sup>. From this amount the local mining industry invested 9.1% (US\$2.1 billion)<sup>5</sup>.

This peculiar condition aggravates the steady loss of regional and worldwide competitiveness experienced by the local mining industry during the last years, due to operational high costs resulting from increased energy and labor costs and the deterioration of the ore deposits (lower grades, rising hardness, greater deposit depth, presence of contaminants) among others.

In this scenario, the increased overall productivity necessarily implies the use of new technologies. Otherwise we may expect a reduction of 4 million metric tons by 2025<sup>6</sup>. Due to the characteristics of the mining business, the required innovation undoubtedly ought to

<sup>1</sup> Main Science and Technology Indicators, OECD, 2014.

<sup>2</sup> The Global R&D Funding Forecast, 2014.

<sup>3</sup> Developed by Phibrand, based on the 4th National Survey on Spending and Personnel in R&D, by INE, Chile, 2014..

<sup>4</sup> Calculation based only on the investment made by the companies.

<sup>5</sup> The Global R&D Funding Forecast, Battelle, 2014.

desarrollo innovador debe provenir de las empresas proveedoras, por supuesto, en colaboración con las compañías mineras. Por su parte la participación activa de los centros de investigación, académicos y universidades en esta materia no hace más que mejorar la capacidad de entender y absorber la demanda de soluciones.

Es prioridad de las instituciones relacionadas a la industria minera promover la asociatividad entre empresas proveedoras de distintos tamaños y al mismo tiempo motivar a que adopten capacidades tecnológicas, complejicen su oferta de productos y servicios innovadores, escalen a otros mercados y finalmente constituyan un foco de desarrollo de la industria más allá de la explotación de minerales.

Es por esta razón que distintas instituciones públicas y privadas, tales como el Ministerio de Minería, Banco Interamericano de Desarrollo a través del Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN), CORFO, Programa Nacional de Minería Alta Ley y tantos otros que desde sus posiciones apoyan estos objetivos y promueven iniciativas como las de este estudio. En esta línea, se destaca el rol de BHP Billiton y Codelco, quienes dieron inicio al Programa Proveedores de Clase Mundial en 2010.

En este contexto, el presente trabajo destaca los esfuerzos que han hecho empresas del sector por introducir mejoras tecnológicas de alto impacto para

come from suppliers, working in collaboration with the mining companies. The active participation of academic research centers and universities in this undertake will increase the capacity to understand and absorb the demand for solutions.

It is a priority for the institutions related to the mining industry to promote alliances among supply companies of different sizes, and simultaneously, stimulate the incorporation of technological capabilities, increase the complexity of their innovative goods and services, scale up to other markets, and finally build up a development focus beyond mining extraction.

These considerations justify that several government and private institutions, such as the Mining Ministry, the IADB via the IMF, CORFO, Alta Ley National Mining Program and others, which from their bench, support objectives and promote initiatives such as this study. In this line of work stand out BHP Billiton and Codelco, who initiated the World Class Suppliers Program in 2010.

In the context above, this work recognizes the efforts done by mining suppliers in order to introduce high-impact technological improvements for the industry. A

---

<sup>5</sup> Newsletter Drive by Innovation, Minerals Council of Australia, Decembre 2015.

<sup>6</sup> "Desde el Cobre a la Innovación", Roadmap Tecnológico 2015-2035, Programa Nacional de Minería Alta Ley, 2016.

<sup>7</sup> "From Copper to Innovation", Technological Roadmap 2015-2035, Alta Ley National Mining Program, 2016.

la industria. A través de un breve relato se describe como estos proveedores identificaron un problema y desplegaron distintas estrategias para lograr una solución eficiente, impactando positivamente la operación de sus clientes y, al mismo tiempo, sus propias empresas.

Las experiencias de las cinco empresas que a continuación se presentan, nos muestran diferentes aproximaciones a la innovación y también las distintas estrategias que han implementado para sortear barreras comunes que enfrentan las empresas innovadoras del sector.

## CÓMO ENTENDER ESTE ESTUDIO: ETAPAS DEL CICLO Y CASOS DE INNOVACIÓN

### Tipologías de empresas innovadoras

Para comprender el comportamiento y el desarrollo de una empresa innovadora, es importante reconocer que sea cual sea su ámbito de acción o su nivel de desarrollo, cada una de estas empresas ha elegido una estrategia competitiva para generar utilidades y para esto usan sus activos, entre ellos el conocimiento. Las ganancias pueden incrementarse al elegir, por ejemplo, una estrategia de diferenciación o bien una de reducción de costos de producción. Es por esta razón que, desde la perspectiva competitiva, la innovación como cualquier otra estrategia competitiva puede otorgar, o no, ventajas a la empresa.

brief narrative describes how these suppliers identified a problem and deployed different strategies to achieve an efficient solution, which had a positive impact on their clients' operations and in turn, on their own companies.

The experience of the five companies presented in this publication, describe different approaches to innovation and the strategies displayed in order to cope with different barriers commonly encountered by the innovative companies in the industry.

### HOW TO UNDERSTAND THIS STUDY: INNOVATION CYCLE PHASES AND INNOVATION CASES

#### Typologies of innovative companies

In order to understand the behavior and development of an innovative company, it is important to recognize that whatever the field they choose or their level of development, each of them has chosen a competitive strategy to generate profit using its assets, among which is knowledge. Profits can be incremented by using a differentiation or a production costs reduction strategy. For this reason from a competitiveness point of view, innovation as any other competitive strategy could grant or not, advantages to the company.

Según el estudio realizado por Phibrand con la colaboración de Fundación Chile y el Ministerio de Minería<sup>7</sup>, podemos clasificar a las distintas empresas proveedoras de la minería según su estrategia competitiva y la gestión del conocimiento que aplican. Así podríamos reconocer a un proveedor del **Tipo 1** como aquella empresa constituida en torno a una innovación. Este tipo de empresas crea tecnología o adapta una existente en base a un conocimiento avanzado y específico. Si la empresa no presenta una estructura formal de gestión constante de la innovación, al menos un miembro tiene como misión la detección constante de necesidades y oportunidades para el desarrollo de algún producto o servicio mejorado.

Los proveedores del **Tipo 2** que son las empresas que ofrecen productos o servicios que ya existen en el mercado, pero que buscan ofrecer mejoras con el fin de diferenciarse o aprovechar mejores oportunidades del mercado. Aun cuando en algún momento desarrollan estrategias de I+D y aplican conocimiento avanzado, no necesariamente adaptan su estructura actual para mantenerlas en el tiempo. Más bien este desarrollo tecnológico se enfoca en complementar la base de su desarrollo a través de la prospección de nuevos o mejores negocios, más que necesidades insatisfechas que requieran conocimiento avanzado.

According to the study carried out by Phibrand with the collaboration of Fundación Chile and the Mining Ministry<sup>7</sup>, we can classify the mining supply companies as per their competitive strategies and how they manage knowledge. Thus, we could identify a Type 1 supplier as a company created in order to develop an innovation. This type of company develops technology, or adapts an existing one, based on a particular advanced knowledge. If the company does not have a formal structure to permanently manage innovation, at least one member has the mandate to detect needs and opportunities to develop an improved good or service.

Type 2 suppliers are companies that sell goods or services already found in the market, but add improvements to stand out from others or take advantage of certain market opportunities. Even though in a given moment they develop R&D and apply advanced knowledge, not necessarily they adapt their current structure for long-term innovation. This approach is focused on complementing its growth base through prospection of new or better business, but not the unsatisfied needs which require advanced know-how.

---

<sup>7</sup> Estudio de Barreras de Entrada a la Innovación en Minería en la región de Antofagasta”, realizado por Phibrand S.A., 2016, para Ministerio de Minería. [www.phibrand.com](http://www.phibrand.com)

Study entitled “Barriers to Innovation in the Mining Industry in the Antofagasta Region”, carried out by Phibrand S.A., 2016, for the Ministry of Mining and funded by CORFO. [www.phibrand.com](http://www.phibrand.com)

Para efectos de este estudio, entenderemos como innovación la definición del Manual de Oslo, el cual la define como: “Es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. Los principales tipos de innovación: producto, proceso, mercadotecnia y organización”<sup>8</sup>.

Es importante reconocer que no existen empresas “perfectas” o transversalmente exitosas y menos en materias de innovación. **Las empresas que a continuación se destacan como casos de innovación, corresponden a aquellas que han decidido usar la innovación como estrategia competitiva o han definido patrones de desarrollo de productos y servicios innovadores**<sup>9</sup>. Sin embargo, no todas las empresas que, según esta definición entendemos por “innovadoras”, tienen los mismos patrones de innovación, ya que obedecen a motivaciones particulares y por ende, su foco competitivo es distinto. Por ejemplo, pueden presentar distintos niveles de conocimiento (experto o científico), métodos disímiles para promover el desarrollo de ideas, enfoques particulares para acercarse a los problemas, distintas aproximaciones al patentamiento, escalamiento, comercialización o a la configuración de sus propios sistemas de gestión de innovación.

For the purpose of this study we will understand innovation as defined by the Oslo Manual, i.e.: “An innovation is the implementation of a new or significantly improved product (good or service), or process, a new marketing method, or a new organizational method in business practices, workplace organization or external relation. The main types of innovation are: product, process, marketing and organizational”<sup>8</sup>.

It is important to acknowledge that there are no “perfect” companies or transversely successful companies, less so in innovation. The companies that stand out as innovation cases are the ones which have chosen innovation either as a competitive strategy or have defined innovative goods or services development models. However, not all companies that according with this definition are considered “innovative”, have the same innovation models, since they follow particular motivations thus, their competitive focuses are different. As an example, they can have different levels of knowledge (expert or scientific), unlike methods to promote ideas development, particular approaches to problem-solving, different ways to deal with patents, marketing or the configuration of their own innovation management systems.

---

<sup>8</sup> Manual de Oslo, 2005, página 56 / *The Oslo Manual, 2005, page 56.*

<sup>9</sup> Phibrand S.A., *ibid.*, *idem.*

## CASOS DE INNOVACIÓN

En esta primera versión de la presente publicación, las variables utilizadas en la selección de las empresas destacadas incluyeron: presencia de un equipo altamente capacitado; alto nivel de sofisticación de la innovación; escalamiento y exportación de innovación; alto nivel de vinculación con otros proveedores, universidades e instituciones públicas y privadas.

Respecto de la configuración y presentación de los casos de innovación, diremos que la estructura utilizada para sistematizar la información<sup>10</sup> sigue las etapas básicas y generales del ciclo de innovación (ver diagrama) donde los cinco casos de innovación que se expondrán se destacan en al menos una de ellas, y donde esa experiencia en particular genera un conocimiento valioso para otras empresas que busquen también innovar en este sector. Esta estructura representa asimismo las estrategias mediante las cuales cada empresa es reconocida en esta publicación. Entre ellas destacan las capacidades de observación, también las capacidades de comprender las reales necesidades del cliente, la asociatividad y la búsqueda de soluciones eficaces más allá de las fronteras de la industria y del propio conocimiento.

La figura muestra las etapas más generales de la generación de innovación en la columna de la

## INNOVATION CASES

In the first version of this publication, the variables used to qualify the companies selected included: presence of a highly qualified team; sophisticated innovation; scale-up and exportation; and alliances with other suppliers, universities, and public and private institutions.

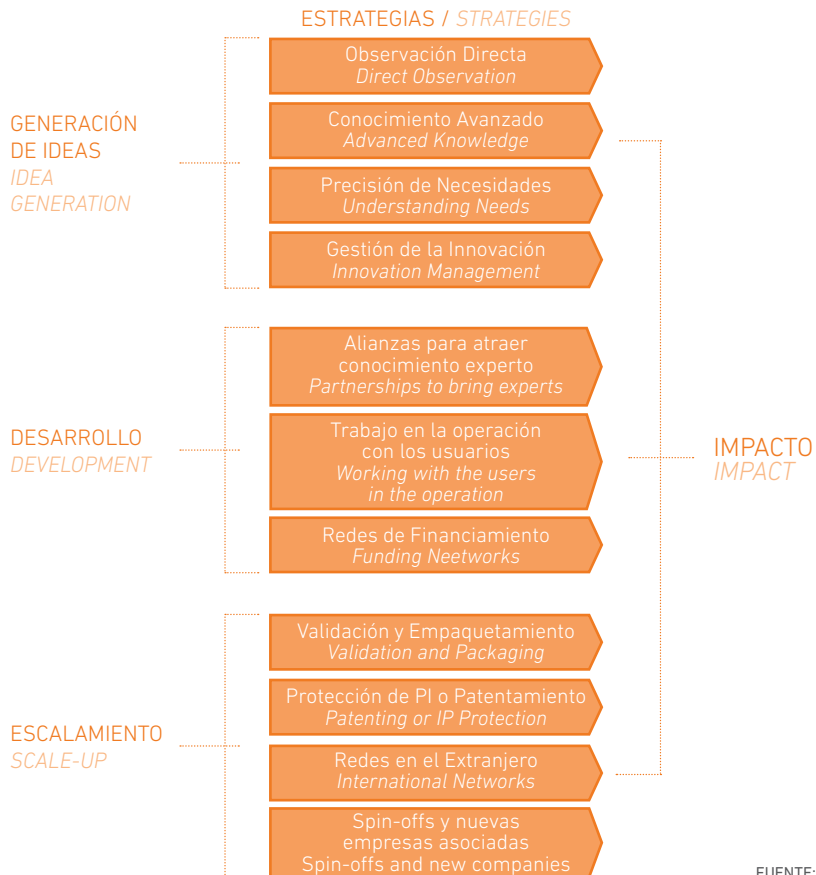
In regards to the configuration and presentation of the innovation cases, the structure used to systematize the information<sup>10</sup> follows the basic and general phases of the innovation cycle (see diagram), where all five cases to be described include at least one of them which are highlighted to emphasize the generation of valuable know-how for other companies interested in innovating in the mining sector. Likewise this structure shows the strategies which each company is recognized for in this publication. Among them stand out their observation capacity, their ability to understand their client's real needs, establish partnerships and the search for effective solutions beyond the boundaries of the industry and their own knowledge.

The figure above shows in the left column the general phases of the innovation generation for both "technology

---

<sup>10</sup> Developed by Phibrand based on McCoy, Tasic, Chagpar, "Rapid Innovation Cycle", Conference paper, ANDEAN SUMMIT, 2012; and Nathan Furr & Jeff Dyer, "The Innovator's Method", 2014, Harvard Business Review Press.

Figura 1  
Etapas generales  
de la generación  
de innovación



FUENTE: Fundación Chile

izquierda, ya sea para la estrategia de “technology push” o “demand pull”. Las estrategias aplicadas en cada etapa según su tipología y estrategia competitiva, están a la derecha. Como se verá más adelante, resulta interesante como ellas se ajustan a distintas realidades que se encuentran en la base misma de su historia de conformación y evolución.

## GENERACIÓN DE IDEAS

Sin duda, todas las empresas estudiadas se destacan por un exitoso desarrollo de ideas y de un alto nivel de sofisticación en sus soluciones. Sin embargo, existe un gran valor en la variedad de las aproximaciones que cada empresa usa para detectar necesidades y construir innovaciones.

Por ejemplo, en algunas empresas existe un sistema organizacional diseñado para la generación sistemática de ideas. Otras utilizan la observación in situ, transversal también al equipo de trabajo; mientras en otras, el alto conocimiento de sus miembros y la experimentación están en el centro de su estrategia competitiva.

Adicionalmente, todas estas empresas han sabido vincular su conocimiento a las necesidades específicas de sus clientes, entendiendo a fondo y precisando a cabalidad las necesidades del cliente, incorporando el acervo de los propios operarios de las faenas. Por tanto, podría asumirse que in-

push” or “demand pull” scenarios. The strategies applied according to their typology and competitive model are shown on the right side of the diagram. As described farther on, it is interesting to note how they respond to different realities which lay in the history of their establishment and evolution.

## IDEA GENERATION

No doubt, all the companies analyzed stand out for a successful development of ideas and highly sophisticated solutions. However, there is great value in the diversity of approaches used to identify needs and build up innovations.

As an example, in some companies an organizational system has been designed for the systematic idea generation; other companies use field observation, transversal to the team members; while in others, the members' high knowledge and experimentation are in the heart of their competitive strategy.

Moreover, all the companies have been able to connect their knowledge to the client's specific needs, understanding in depth and stating precisely what they demand, which includes reaching out to plant operators' know-how and input. So we could assume that, independently of the

dependiente de las fortalezas que cada empresa tenga, el entendimiento de las necesidades reales de nuestros clientes es la piedra angular de todo desarrollo futuro.

## DESARROLLO

En esta etapa se valora mucho por parte de las compañías mineras<sup>11</sup> la capacidad de la empresa de entender completamente los procesos involucrados en la solución; recoger la experiencia y conocimientos de los usuarios directamente; generar confianza mutua (cumplimiento de plazos, por ejemplo); generar soluciones simples, que interrumpen lo menos posible los sistemas ya implementados; y, finalmente, que la innovación tenga un impacto real en términos de aumento de productividad y/o reducción de costos.

Otras estrategias que se destacan en este estudio son, por ejemplo, la búsqueda de alianzas o la inversión directa para traer conocimiento experto al proceso de desarrollo de la solución. En otros casos destaca la inversión en infraestructura, como por ejemplo, en centros de I+D o pilotaje.

## ESCALAMIENTO

Esta etapa es de alta exigencia para las empresas, tal como la anterior, dado que deben dedicar recursos humanos a tareas muchas veces ajenas al

strength of each company, the comprehension of the actual needs of our clients is the cornerstone for any future development.

## DEVELOPMENT

In this phase the mining companies<sup>11</sup> assign high value to the supplier's ability to fully understand the processes involved in the solution; to gather the experience and knowledge directly from the users; to develop mutual confidence (for instance, meeting deadlines); to generate simple solutions with the least possible interruptions of the systems already in use and conveying a meaningful impact in productivity increment and/or cost reduction.

Other strategies highlighted in this study, are, for example, pursuing alliances or direct investment to bring expert knowledge to the solution development process. In other cases, stand out the investment in infrastructure, such as R&D centers or pilot testing.

## SCALE-UP

As the previous phase, scale-up is highly demanding for the companies since they must assign human resources to

---

<sup>11</sup> Phibrand, 2016, *ibid.idem*.

núcleo técnico del negocio; tareas que son largas, complejas y requieren también de un alto esfuerzo de inversión.

Las materias del escalamiento son ajenas, en la mayoría de los casos, a los aspectos técnicos centrales del nuevo producto y servicio. Tienen que ver con los ámbitos del negocio, la comercialización, la valorización y la colocación en el mercado.

Es por esto que para muchas empresas proveedoras de la minería el escalamiento es casi tan desafiante como el desarrollo de la propia solución tecnológica.

Algunas de las empresas reconocidas en este estudio han construido negocios exitosos en torno a sus innovaciones y hoy en día están explorando otras industrias y mercados y, a la vez, realizando adaptaciones internas para soportar tal crecimiento.

## IMPACTO

Según el estudio sobre barreras de entrada de innovación en minería, es vital para un exitoso proceso de comercialización de innovación que el desarrollador y la compañía minera trabajen juntos para magnificar el valor que añade la solución. Específicamente se refiere a identificar la tecnología que sustituye, cuantificar la mayor productividad o los ahorros en costos que genera, y establecer claramente bajo qué condiciones de

tasks frequently unconnected with the business technical core. They are laborious and complex tasks, demanding also high efforts in terms of funding.

In most cases, scale-up activities are not connected with the key technical aspects of the new good or service. They are more linked to business development, such as marketing, valuing and sales activities.

This is why for many mining suppliers scale-up is as challenging as the technological solution.

Some of the companies selected in this study have mounted successful businesses around their innovations, and presently are exploring other industries and markets, simultaneously to the implementation of internal adjustments to support the future growth.

## IMPACT

As per the study on the barriers to innovation, it is essential for a successful innovation marketing process that the innovator and the mining company work together to exalt the value added by the solution. Specifically, to identify the technology replaced, to quantify the increased productivity or cost savings generation, and clearly establish under what implementation conditions these values change in order to reduce the risks and implementation costs to

implementación estos valores cambian con el fin de reducir al mínimo los riesgos y costos de aplicación. Algunos de los impactos pueden traducirse en horas hombre, reducción de detenciones en las operaciones, aumento en la seguridad, eficiencia energética, entre otras.

Por otra parte, el impacto se refiere también a los beneficios que pueda traer a la empresa como, por ejemplo, nuevas oportunidades de negocios, redes en el extranjero, mejor gestión de la innovación al interior de la empresa y la generación de nuevas innovaciones, entre otros que encontraremos en los casos que se exponen a continuación.

the minimum. Some of the impacts can be expressed in man hours, operation stoppages reduction, increment in safety conditions, energy efficiency, among others.

On the other hand, the impact refers as well to the benefits for the supplier, for example new business opportunities, international networks, management refinements within the company, and the generation of new innovations, among others to be found in the following cases.





# 01

## TESRA

OBSERVAR PARA RESOLVER  
*OBSERVING TO RESOLVE*

---

El Tankhouse Thermal Monitoring System (TTMS) y otras mejoras asociadas lograron que Minera Spence aumentara su eficiencia de corriente en la nave de electrowinning (EW) en al menos 9%. Además, mejoró la eficiencia en la eliminación de cortocircuitos en las celdas, redujo riesgos a la seguridad de operarios y aportó a la trazabilidad y a los procesos internos de la minera.

*The Tankhouse Thermal Monitoring System (TTMS) and related improvements allowed Minera Spence to increase electrical efficiency in its electrowinning tankhouse (EW) by at least 9%. Also, it improved effectiveness in elimination of breakdown voltages in EW cells, reduced risks to the operators safety and contributed to the traceability and improvement of the mining company internal processes.*



## PROBLEMA Y SOLUCIÓN

### PROBLEM & SOLUTION

Los cortocircuitos y fugas de energía son habituales en las naves EW en faenas de cobre. Su monitoreo suele ser manual, costoso y lento. TESRA adaptó tecnología existente para desarrollar un sistema automático de monitoreo térmico que identifica y elimina estas anomalías en fase temprana en las celdas y permite conocer el estado de situación general de la nave.

Breakdown voltages and energy leaks are common in EW tankhouses in copper operations. Its monitoring is manual, costly and slow. TESRA adapted existing technology to develop an automatic thermal control system that identifies and removes these abnormalities in cells at an early stage and allows knowing the general status of the tankhouse.



### TESRA TECHNOLOGY & ENGINEERING SERVICES FOR RADICAL ADVANCEMENT

#### GERARDO OLIVARES

Gerente General / *General Manager*

#### JUAN VERGARA

Gerente de Operaciones / *Operations Manager*

#### PABLO SAFRANA

Gerente Comercial / *Commercial Manager*

#### CONTACTO

#### PABLO SAFRANA

Gerente Comercial  
*Commercial Manager*

[www.tesra.cl](http://www.tesra.cl)  
Azapa 6390, Antofagasta, Chile  
+56 55 2945377  
Formada el año 2005  
*Business Initiation Year 2005*  
8 empleados / 8 employees

## HISTORIA

### HISTORY

Corría 1999 y los ingenieros civiles Gerardo Olivares y Juan Vergara realizaban inspecciones en las vías férreas de Ferrocarriles de Antofagasta a Bolivia (FCAB). La metodología consistía en utilizar una regla "Trocha" tomando mediciones mientras se caminaba por días completos midiendo la separación entre rieles para asegurar que la línea continuara soportando el paso del tren de carga.

Era un trabajo pesado, repetitivo y demoroso, que podía tomar hasta un mes, dependiendo del estado de las líneas; alcanzaban a cubrir un par de kilómetros al día como máximo.

Sabían que en ese entonces existían en Estados Unidos y Europa vehículos que recorrían las vías férreas haciendo un sinnúmero de mediciones a gran velocidad. Pero no era más que un referente. La idea siguió rondando sus cabezas incluso después de salir de FCAB.

It was 1999 and civil engineers Gerardo Olivares and Juan Vergara were carrying out inspections for the privately-owned railroad company Ferrocarriles de Antofagasta a Bolivia (FCAB). The methodology consisted in walking entire days along the tracks using a "Gauge" scale to measure the gap between rails, to ensure that the line continued supporting the freight train passage.

It was a heavy, repetitive and time-consuming task that could take up to a month, depending on the lines status; they only managed to cover a couple of kilometres per day at the most.

At the time, they knew that there were vehicles in the United States and Europe playing along railways taking numerous measurements at high speed. However, it was no more than a benchmark. The idea continued to haunt their heads even after leaving FCAB.

Minera Spence selecciona propuesta de TESRA para solucionar problema de cortocircuitos en naves EW.

TESRA utiliza cámaras infrarrojas para detectar tempranamente las anomalías.

Durante el desarrollo del TTMS, TESRA observa necesidades en funcionamiento de las pilas LIX en la nave EW.

En 2005 Gerardo funda Technology & Engineering Services for Radical Advancement, o TESRA, empresa de soluciones tecnológicas innovadoras enfocadas en minería y ferrovías con un enfoque radical. En 2008, Juan ingresa a la sociedad y juntos deciden desarrollar un vehículo de inspección de vía férrea que cumpliera con las necesidades locales y ofrecérselo a FCAB.

Con la ayuda de la línea de innovación empresarial de InnovaChile de Corfo, entre 2009 y 2010 la empresa desarrolló un vehículo bivial multipropósito que transita tanto caminos como vías férreas, mide parámetros con el apoyo de tecnología láser y procesamiento de imágenes y aloja estas mediciones en un banco de datos.

Si bien el vehículo y la práctica existían, TESRA supo adaptar tecnología existente a necesidades particulares. Los socios ofrecieron el servicio a

In 2005, Gerardo founded Technology & Engineering Services for Radical Advancement, or TESRA, company of innovative technological solutions with a radical approach to mining and railways. In 2008, Juan entered the society and together with Gerardo decided to develop a rail inspection vehicle that complied with local needs, and to offer it to FCAB.

With the help of the InnovaChile business innovation subsidy line of CORFO (Chilean Economic Development Agency), the company developed a multi-purpose road/rail vehicle between 2009 and 2010 that measures parameters with the support of laser technology and image processing, measurements which are then stored in a data bank.

Although both vehicle and practice already existed, TESRA knew how to adapt existing technology to particular needs. The partners offered the innovation to mining companies

TESRA logra mayor eficiencia y eficacia en la detección y eliminación de cortocircuitos en la nave EW, menos detenciones y menores riesgos a la seguridad de los operarios.

Impacto del TTMS en seguridad de operadores recibe premio Valor al Mérito de los HSEC Awards que otorga BHP Billiton a nivel mundial.

empresas mineras con sistema de ferrovías y fue Codelco División Chuquicamata que contrató primero el servicio.

La innovación le abrió las puertas a nuevas oportunidades y clientes. “Nos posicionó en el mercado como una alternativa de mejor calidad que la ofrecida por los otros contratistas”, explica Gerardo.

with rail systems, and it was the Codelco Chuquicamata division who contracted the service first.

This innovation opened the doors to new opportunities and customers.

“It placed us as a better-quality alternative than what was being offered by other contractors in the market”, Gerardo explains.

“ TESRA supo adaptar tecnología existente a necesidades particulares ”  
*“TESRA knew how to adapt existing technology to particular needs”*

## LA INNOVACIÓN

### THE INNOVATION

En 2010 la empresa fue seleccionada por Minera Spence en el marco del Programa Proveedores de Clase Mundial (PPCM), iniciativa implementada en conjunto por BHP Billiton, Codelco y Fundación Chile.

Fue entonces que enfrentó su mayor reto hasta ese momento: mejorar la eficiencia energética de las naves de electro obtención de cobre o electrowinning (EW) de Minera Spence.

La enorme cantidad de electricidad que ocupan estas naves genera permanentemente cortocircuitos y fugas de energía. Normalmente, el monitoreo era manual, costoso y lento. En Spence, un equipo de seis personas realizaba la actividad de monitoreo de los cortocircuitos varias veces al día sumando hasta ocho horas en cada jornada.

En lugar de identificar ellos mismos una necesidad en la actividad minera, ahora el requerimiento era específico y provenía de un cliente. Haciendo honor a sus siglas, TESRA no tenía la solución a mano, pero la tendría.

In 2010, TESRA was selected by Minera Spence to be part of the World Class Suppliers Program for the Chilean mining sector (PPCM, for its acronym in Spanish) initiative, implemented jointly by BHP Billiton, Codelco and Fundación Chile.

The company then faced its greatest challenge yet: to improve the energy efficiency of the electrowinning tankhouses (EW) at Minera Spence.

The significant amount of electricity occupied by these tankhouses permanently generates breakdown voltages and energy leaks. Normally, the monitoring is manual, costly and time-consuming. At Spence, a team of six people carried out breakdown voltages monitoring several times a day, totalling up to eight hours per day. Instead of identifying a need in the mining operation on their own, now the requirement was specific and came from a client.

In honour to its acronym, TESRA did not have the solution at hand, but it would.

## DESARROLLO DEVELOPMENT

Así, propuso desarrollar e implementar el sistema automático de monitoreo térmico en las naves de electrowinning, conocido como "Tankhouse Thermal Monitoring System" o TTMS.

Esto consistió en aplicar tecnología termográfica (cámara infrarroja) que reconoce las diferencias en temperaturas en los circuitos EW, para así identificar y clasificar los cortocircuitos generados en fase temprana para su pronta eliminación. Fue un trabajo conjunto con la empresa canadiense Sixth Sense Processware, a cuyo dueño Gerardo conoció en Compañía Minera Zaldívar de Barrick Gold, que proveyó las cámaras infrarrojas de última generación.

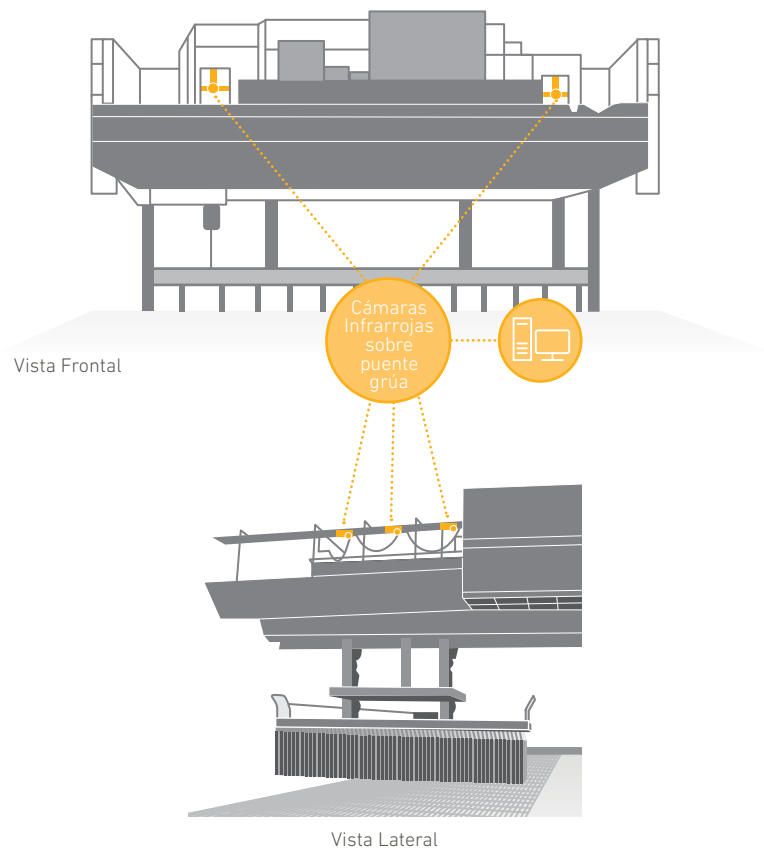
Las cámaras fueron montadas en los puentes grúa de la nave EW para aprovechar su movimiento, y así escanear la totalidad de las celdas electrolíticas, en un proceso automatizado que dura menos de dos minutos. La imagen infrarroja obtenida es procesada para generar un informe con el detalle de cortocircuitos identificados y localizados. Todo el proceso finaliza en un tiempo máximo de entre siete a diez minutos. Posteriormente, la información obtenida es almacenada para análisis y desarrollo de propuestas de mejora. Todo esto sin interrumpir o impactar de forma alguna la operación de las naves.

Thus, the company proposed developing and implementing an automatic thermal monitoring system in the EW tankhouse, named "Tankhouse Thermal Monitoring System" or TTMS.

It consisted in applying thermal-imaging technology (infrared cameras) that recognises differences in temperatures in EW circuits, to identify and classify at an early stage the short circuits for their timely removal. It was a joint work with Canadian company Sixth Sense Processware, whose owner Gerardo met at Barrick Gold's Compañía Minera Zaldívar, which provided the cutting-edge infrared cameras.

The cameras were mounted on the bridge crane of the EW tankhouse to take advantage of its movement, to scan the totality of the electrolytic cells, in an automated process that takes less than two minutes. The infra-red image obtained is then processed to generate a detailed report of the short circuits that were identified and located. The entire process takes a maximum time of between seven and ten minutes. Afterwards, the recorded information is stored for analysis and the development of proposals for improvement. The process takes place without interrupting or influencing the operation of the tankhouse in any way.

Figura 2  
Ubicación de  
cámaras IR  
instaladas





Fotografía Codeco, División Gabriela Mistral

## IMPACTO

### IMPACT

Para TESRA, la innovación ayudó a comprender mejor la política de operación de la minera y significó un aumento en la eficiencia de su cliente.

Entre los principales beneficios de la innovación, destacan la mayor eficiencia y eficacia en la detección y eliminación de cortocircuitos en la nave EW, menos detenciones y menores riesgos a la seguridad de los operarios.

"Los datos obtenidos de TTMS nos permitieron obtener información trazable de cortocircuitos. Esta trazabilidad puso la presión necesaria para mejorar nuestros índices de desempeño. Asimismo, con el equipo TTMS y una serie de otras mejoras asociadas, lograron que en Minera Spence aumentáramos la eficiencia de corriente en la nave de Electro Winning (EW) en aproximadamente un 9%", y por otro lado, "ayudó a conocer el estado completo de la nave de EW y a modificar procesos internos. Gracias a la información entregada por el TTMS y otras acciones, pudimos realizar cambios al mantenimiento integral de las celdas. Además, se optimizó el proceso de monitoreo, dado que ya no fueron necesarias inspecciones en terreno lo que, no sólo tiene beneficios en productividad, sino que también en eliminar exposición de nuestros operadores a neblina ácida" sostiene Juan Larenas, actual Lead Category Management de BHP Billiton.

Este último beneficio obtuvo el premio Valor de Mérito de los HSEC Awards que BHP Billiton otorga a mejoras en sus operaciones a nivel mundial.

For TESRA, this innovation helped to better understand the mining company's operation policy of and resulted in an increase of efficiency of its customer.

Among the main benefits of this innovation are greater efficiency and effectiveness in the detection and elimination of short circuits in the EW tankhouse, fewer deferrals and fewer risks to the safety of operators.

"The data obtained through the TTMS delivered us traceable information about the breakdown voltages. This traceability made us to improve our performance indicators. Likewise, with the TTMS equipment and many other initiatives, we raised our energy efficiency in the EW tankhouses at Minera Spence by 9%", and on the other side, "helped us to monitor the complete status of the EW tankhouse and to modify our internal processes. Thanks to the information delivered by the TTMS and other actions, we were able to perform integrated maintenance to the cells. In addition, we improved the monitoring process, since field inspection were no longer necessary, which not only is beneficial in terms of productivity, but also we eliminated our workers' exposure to acid mist emitted in the EW process," says Juan Larenas, current Lead Category Management at BHP Billiton.

This benefit received the Merit Award by the BHP Billiton Global HSEC Awards that the company grants to improvements to its operations at a global level.

## NUEVAS OPORTUNIDADES *NEW OPPORTUNITIES*

Las innovaciones de TESRA también generan un valor agregado mayor al costo de su desarrollo, precisa Gerardo. Tal es el caso de su Sistema Integrado de Armado y Desarme de Pilas LIX, que emergió del trabajo realizado en la nave EW en Minera Spence. La optimización del armado, desarme y regadío de las pilas de lixiviación es una necesidad constante. El proceso continuaba siendo artesanal, aunque había sido objeto de mejoras.

Fue así que TESRA desarrolló una innovación en trabajo colaborativo con Minera Spence mediante la modificación de un equipo que permitió un armado más eficiente de pila.

Igualmente, se negocia implementar el sistema de pilas LIX en Codelco División Gabriela Mistral y Antofagasta Minerals Minera Centinela. Mientras, BHP Billiton evalúa replicarla en sus divisiones Cerro Colorado y Escondida. "Hubo un beneficio compartido. Minera Spence cuantifica el potencial beneficio a través de mejoras de eficiencia operacionales, energéticas y de producción, mientras que a TESRA le permite considerar el potencial de escalamiento de la solución en el mercado" explica Pablo Safrana, Gerente Comercial.

Asimismo, TESRA presentó los avances de su sistema de monitoreo TTMS en Spence en la conferencia Hydroprocess 2015. La innovación llamó rápidamente la atención de los ejecutivos de Minera Escondida

Innovations by TESRA also generate an added value larger than the cost of development, Gerardo underlines. Such is the case of the Integrated System for Assembly and Disassembly of LIX pile, a secondary product of the work performed at the EW tankhouses at Minera Spence. The optimization of construction disarmament and irrigation of each piles is a constant need. The process was still handmade, but had been improved.

Thus, TESRA, in a joint effort with Minera Spence, developed an innovation through the adaptation of an equipment which allowed a more efficient construction of the pile.

Currently, the pile construction system is under consideration at Codelco's Gabriela Mistral Division and Antofagasta Minerals' Minera Centinela. All the while, BHP Billiton evaluates replicating it at its Cerro Colorado and Escondida assets.

"There was a shared benefit. Minera Spence quantifies the potential benefit by improvements in operational efficiency, energy and production, while TESRA considers the potential of scaling up the solution in the market," Pablo Safrana, Commercial Manager, explains.

TESRA also submitted a report on the progress of the TTMS at the Hydroprocess 2015 conference. The innovation quickly drew the attention of executives at Minera Escondida present at the event. This paved the



Fotografía CODELCO, División Gabriela Mistral

presentes. La presentación permitió facilitar el camino para contratar el servicio. Hoy en día el proyecto está en etapa de desarrollo, añade Gerardo.

Actualmente, tanto el TTMS como el camión bivial y otras innovaciones en mineroductos están en proceso de solicitud de patente ante el Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI).

way to contract the service. Today the project is in the development stage, Gerardo adds.

Currently, the TTMS and the multi-purpose road/rail truck, as well as other innovations in mining pipes, are undergoing a patent application process before Chile's National Institute of Industrial Property (INAPI).

## CULTURA DE INNOVACIÓN *CULTURE OF INNOVATION*

La historia de TESRA y los orígenes de sus innovaciones reflejan la capacidad de observación que tienen sus socios fundadores, una habilidad que Gerardo trata de traspasar a su equipo cada vez que puede.

Pero no ha sido fácil, admite. "Salen de la universidad con muchas ideas, pero con poco convencimiento. Siempre les digo que se mantengan informados, que vean lo que hay, que conozcan a otros proveedores, para cuando tengamos una necesidad en algún proyecto". De hecho, en cada viaje de negocios en Chile como el extranjero lleva a sus ingenieros para que puedan conocer a nuevos proveedores o tecnologías y otras culturas.

Para Gerardo, la clave está en inculcar un cambio de mentalidad en la industria de proveedores de la Gran Minería en general. Es decir, convencerlos y organizar el rico conocimiento ya disponible en el sector.

"La industria del cobre en Chile ya está a la vanguardia tecnológica. Si nosotros no desarrollamos el siguiente paso, nadie lo hará. Pero no hay una generación de conocimiento alineada con eso. Las empresas no se creen capaces de hacer las cosas. Tampoco están las confianzas", insiste.

El fundador de TESRA también recalca la actual brecha que existe entre la industria y la academia

The history of TESRA and the origins of its innovations reflect the capacity of observation of its founding partners, a skill that Gerardo tries to pass on to his team every time he can.

However, it has not been easy, he acknowledges. "They come out university with many ideas, but with little conviction. I always tell them that they need to be informed, to see what is out there, and to get to know other suppliers, for when we have a specific need in some project."

In fact, on every business trip he makes, whether in Chile or abroad, Gerardo takes his engineers to introduce them to new suppliers or technologies and other cultures. For Gerardo, the key is to inspire a change of mentality in Large Scale Mining in general. In other words, convince them and organize the rich knowledge already available in the sector.

"The copper industry in Chile is already at the forefront of technology. If we do not develop the next step, no one else will. But there is not a generation of knowledge aligned with that. The companies do not believe themselves capable of doing things. There's no confidence", insists. Gerardo also highlights the current gap between industry and academic research in the generation of innovations. "Many suppliers have a very deep level of understanding of the environment, but do not possess the capabilities to transmit this to academic research, nor have a formula within their organisation to capture this knowledge, process it and transform it into solutions. We are losing an opportunity," he insists.

para la generación de innovaciones. “Muchos proveedores tienen un nivel de conocimiento muy grande del entorno, pero no cuentan con las capacidades de transmitir eso a la academia, como tampoco tienen una fórmula dentro de su organización para captar ese conocimiento, procesarlo y convertirlo en soluciones. Estamos perdiendo una oportunidad”, insiste.

Por eso aboga porque las empresas proveedoras de soluciones tecnológicas aprovechen oportunidades como el PPCM. Para Gerardo, la participación de TESRA fue provechosa, ya que les ofreció la oportunidad de llegar a nuevos mandantes, formalizar su cultura de innovación y su modelo de negocio. “El modelo de cluster creó un ecosistema en donde fue posible creernos el cuento”, afirma.

Therefore, he advocates for companies that provide technological solutions to take advantage of opportunities like the PPCM. For Gerardo, TESRA's participation in the program was useful because it offered the opportunity to reach new clients, formalize its culture of innovation and its business model. “The cluster model created an ecosystem in which it was possible for us to ‘believe the dream,’” he concludes.

“La industria del cobre en Chile ya está a la vanguardia tecnológica. Si nosotros no desarrollamos el siguiente paso, nadie lo hará”

*“The copper industry in Chile is already at the forefront of technology. If we do not develop the next step, no one else will”*





# 02

## GESECOLOGY

CARTOGRAFÍAS DEL RIESGO  
*RISK CARTOGRAPHIES*

---

El sistema GeoAlert provee un mapa de riesgos que permite pronosticar inestabilidades y zonas de riesgo futuras en minas de cielo abierto, reduciendo el riesgo de pérdidas de vidas humanas e interrupciones en la producción, las cuales pueden llevar a pérdidas incommensurables.

*The GeoAlert system delivers a map of risks used to predict instabilities and hazardous areas in open pit mines, reducing the risk of human casualties and shutdowns which could lead to incommensurable losses.*



“LO QUE NO SE MIDE, NO SE  
CONTROLA”. LA EMPRESA DE  
INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN  
GEOINFORMACIÓN GESECOLOGY CREÓ  
EL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL  
DE RIESGOS GEOALERT PARA APOYAR  
LA TOMA OPORTUNA DE DECISIONES  
EN GEOTECNIA.

*“WHAT YOU DON'T MEASURE CANNOT BE  
CONTROLLED”. THE ENGINEERING AND CONSULTING  
COMPANY SPECIALIZED IN GEOINFORMATION,  
GESECOLOGY, CREATED THE INTEGRATED RISK  
MANAGEMENT SYSTEM GEOALERT TO SUPPORT  
EARLY DECISION-MAKING IN GEOTECHNICS.*

## PROBLEMA Y SOLUCIÓN

### PROBLEM & SOLUTION

Los deslizamientos y caídas de macizos rocosos en las faenas mineras arriesgan la seguridad de los trabajadores y la paralización total de una mina. Gesecology desarrolló una tecnología que integra y correlaciona información geotécnica y geológica a partir de modelos matemáticos para generar alarmas ultra tempranas de potenciales desprendimientos.

Landslides and mass movements can endanger workers and could cause the total shutdown of the mine. Gesecology developed a technology that integrates and correlates geotechnical and geological data, using mathematical modeling to generate ultra-early alarms for potential rock falls.



GESECOLOGY CHILE LTDA.

LEONARDO ROJO

Gerente General / General Manager

#### CONTACTO

DIEGO ROJO

Subgerente Comercial  
Commercial Assistant

[www.gesecologygroup.com](http://www.gesecologygroup.com)  
Av. Argentina Oriente 17, Of. 403  
Los Andes, Chile  
+56 34 2406308  
Formada el año 2008  
Business Initiation Year 2008  
40 empleados / 40 employees

## HISTORIA

### HISTORY

Los movimientos en masa de rocas, deslizamientos, flujos, entre otros, están presentes en los procesos de evolución geológica de la Tierra desde sus inicios.

Estos deslizamientos ocurren en procesos naturales y en aquellos que son resultado de la intervención del hombre como, por ejemplo, la producción minera. En este último caso responden a una combinación de diferentes factores, que van desde la naturaleza de la roca misma hasta las técnicas implementadas para la extracción o remoción industrial. Todo esto genera un desequilibrio y redistribución de esfuerzos en el estado natural del macizo rocoso. Y crea una condición de riesgo de colapso.

Las metodologías para administrar los riesgos de caídas de roca son diversas pero insuficientes. Sea una mina de cielo abierto o subterránea, cada vez que esto ocurre las operaciones enfrentan desde el riesgo de pérdida de vidas humanas, cierre temporal, hasta la paralización total de la producción.

Mass movements, landslides, flows, among others, have been part of the Earth's geological evolutionary process since the very beginning.

These landslides occur in natural processes and in those resulting from human intervention, such as mining activities. In the latter case, they result from a combination of different factors, from the nature of the rock itself, to the techniques used in industrial extraction or ground motion. All of this generates instability and redistribution of efforts in the natural state of the solid massif, creating a condition of collapse risk.

The methodologies used to manage collapse risks are diverse but insufficient. Be it in open or underground pit mining, each time this occurs, operations face the risk of losing human lives, temporary shutdowns or even the total interruption of the operation.

Gesecology da primeros pasos en desarrollo de un sistema de detección temprana de potenciales caídas de roca en proyecto con Codelco División Andina.

Continúa perfeccionando su sistema GeoAlert en Minera Escondida, pudiendo acceder a mayor cantidad de datos geotécnicos.

La empresa comienza a correlacionar datos, a través de nuevos algoritmos matemáticos desarrollados en conjunto con CMM de la U. Chile.

Trabaja en el desarrollo de nuevas aplicaciones mineras de tecnología de interferometría satelital y radares interferométricos terrestres de apertura sintética.

Encontrar una solución ya rondaba en la cabeza de los socios de la empresa de ingeniería y consultoría en geoinformación Gesecology cuando en 2012 es seleccionado por el Programa Proveedores de Clase Mundial (PPCM) para desarrollar una investigación de la caída de rocas en laderas adyacentes al camino industrial en la división Andina de Codelco.

Para una faena de la Gran Minería como ésta, explica Leonardo Rojo, Gerente General de Gesecology, por un día paralizada la mina pierde una suma importante de dinero. La detención afecta un flujo muy importante de trabajadores y colaboradores que sube a la mina diariamente. En el caso de una paralización por desprendimiento de roca, los riesgos de perder maquinaria y peor aún, vidas humanas, son todavía más altos.

Por ende, al aceptar el desafío Gesecology vislumbró que el foco debía ser identificar primero la fenomenología del problema.

La experiencia ganada en este proyecto I+D permitió a Gesecology dar continuidad a la investigación enfocada en la prevención de las caídas de rocas. Con este conocimiento, la empresa inició otro proyecto similar en Minera Escondida, para establecer correlaciones que generaran Alertas Ultratempranas de posibles deformaciones. De esta manera, dio el primer paso hacia la creación de lo que hoy es conocido como sistema de integración y correlación de información geotécnica, "GeoAlert".

In 2012, finding a solution was already on the minds of Gesecology's partners when the company –focused on geological engineering and consultancy services– was selected by the World Class Suppliers Program (WCSP) to carry out research on the rock falls of the slopes next to the industrial road at Codelco's Andina division.

Leonardo Rojo, Gesecology's General Manager, explains that a big mine such as this one, can lose a huge amount of money for each day of interruption. A detention affects the flow of a significant amount of workers and collaborators that ascend to the mine each day. In the case of rock falls, the risks of losing machinery and even worse, human lives are even greater.

Therefore, when Gesecology took the challenge, they envisioned that the focus should be to first identify the phenomenology of the problem.

The experience gained through this R&D project allowed Gesecology to continue researching in the field of rock falls. With this knowledge, the company initiated a similar project at Minera Escondida, with views to establish the correlations at the root of Ultra Early Alerts of potential strains. This way, the company gave its first steps in the creation of what today is known as the integration and correlation system of geotechnical information, "GeoAlert".

## DESARROLLO DEVELOPMENT

En esta búsqueda de nuevas soluciones fueron identificando diversos desarrollos tecnológicos que permitieran monitorear con mayor precisión y cobertura las condiciones de riesgo geotécnico presentes en una operación minera, como son la interferometría satelital y los radares interferométricos terrestres de apertura sintética. Tecnologías que en su momento eran pioneras en Chile y que fueron introducidas por Gesecology en la Gran Minería, sostiene Leonardo.

La interferometría satelital permite medir una deformación del terreno mediante el análisis de imágenes radar capturadas por satélite, en escala milimétrica y con una gran cobertura. Por otro lado, los radares interferométricos de tierra ofrecen un mayor alcance y precisión que los tradicionales sistemas parabólicos de apertura real.

No obstante, si bien estas tecnologías eran capaces de capturar millones de datos, éstos no permitían por sí solos explicar la causa de la caída de rocas. Esa fue la primera dificultad que enfrentó el equipo. "Evidentemente, no bastaban los datos de los equipos e instrumentos, que son valiosos en términos de monitoreo, pero son aislados. No ayudaban a entender la génesis", explica Leonardo.

La segunda dificultad que enfrentó el equipo fue cultural. Es decir, debió vencer la resistencia al cambio de los distintos actores involucrados en

In this search for new solutions, they identified diverse technological developments that would enable a more accurate and extensive monitoring of geotechnical hazards present in a mine operation, such as satellite interferometry and the ground-based interferometric synthetic aperture radar. Technologies which, at the time, were pioneer in Chile and were introduced in the large-scale mining industry by Gesecology, Leonardo states.

Satellite interferometry allows the measurement of ground deformation through the analysis of radar images captured by satellite at a milimetric scale and great coverage. On the other hand, ground-based interferometric radars offer greater reach and accuracy compared to the traditional parabolic real aperture systems.

However, even though these technologies were capable of capturing millions of data, these could not explain rock falls by themselves. This was the first difficulty they faced. "Obviously, the data obtained from the equipment and instruments, are valuable in terms of monitoring, but not when they are isolated. They didn't help us to understand the origin of the problem", Leonardo explains.

The second obstacle the team faced was cultural. They had to overcome the resistance to change shared among different workers of the mine involved in the project. "We



Fotografía Codelco, División Andina

el proyecto en la minera. “Había que proponer hacer las cosas de otra manera, lo cual genera incerteza respecto los resultados. Frente a esta realidad Gesecology estableció mesas de trabajo multidisciplinarias buscando la viabilidad técnica, la construcción de indicadores clave de desempeño (KPIs, por sus siglas en inglés) y a entender una compleja problemática”, añade el gerente.

Por último, había que unir los cabos sueltos. Fue entonces que Gesecology contactó al Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile y firmó una alianza para trabajar con la data y correlacionar esta información a través de nuevos algoritmos matemáticos complejos, que dieran cuenta del comportamiento del fenómeno.

had to propose a different way of doing things, which generates uncertainty with respect to the results. In the light of this, Gesecology established multidisciplinary workshops in order to assess the innovation technical feasibility, the development of key performance indicators (KPIs) and to understand this complex issue”, the General Manager adds.

Finally, they had to tie up loose ends. At this point Gesecology contacted the University of Chile’s Center for Mathematical Modeling and signed an agreement to work together with the data and correlate the information, through new complex mathematical algorithms that could explain the phenomenon.

## NACE GEOALERT

### *GEOALERT IS BORN*

A través del proyecto de I+D en Minera Escondida, Gesecology pudo profundizar el desarrollo de su innovación porque contó con un acceso a datos geotécnicos de la minera.

Así, Gesecology hizo la investigación y Minera Escondida proveyó la información y capacitación técnica, en una articulación invaluable junto con el Centro de Modelamiento Matemático.

El proceso de depuración de los datos a través de equipos y algoritmos fue realizado por un equipo de alrededor de seis profesionales técnicos más los académicos del Centro.

El desafío fue lograr proyectar deformaciones futuras a partir de datos históricos "y ahí estuvo el principal hallazgo", precisa Leonardo.

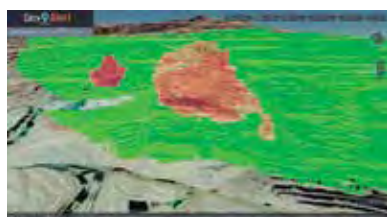
Through this R&D project at Minera Escondida, Gesecology was able to strengthen the development of its innovation, because they accessed the mine's geotechnical information.

Thus, Gesecology carried out the research and Minera Escondida supplied the information and technical training, in an invaluable partnership with the Center for Mathematical Modeling.

Data depuration using equipments and algorithms was conducted by a team of around six technical experts plus the academic researchers from the Center.

The challenge was to predict future deformations from historical data "and there was the first finding" Leonardo points out.

Figura 3  
Sistema GeoAlert



## IMPACTO

### IMPACT

Terminado el proyecto en enero de 2016, los modelos implementados por GeoAlert encontraron interrelaciones entre la múltiple data histórica para generar pronósticos de inestabilidad y zonas de riesgo futuras. Según precisa Minera Escondida, "esta plataforma permite relacionar información de diferentes instrumentos geotécnicos, generando sinergias entre esta información y, en un futuro, permitirá tomar decisiones ante eventuales inestabilidades geotécnicas con una antelación importante. El tipo de análisis que hace esta plataforma no es practicable debido al tiempo que tomaría procesar toda esta información de manera manual. De esta forma el principal beneficio de GeoAlert será poner a disposición información de manera eficiente, cosa de poder tomar decisiones de manera oportuna".

Asimismo, "dado que esta herramienta permite correlacionar datos de distintos instrumentos, es más fácil incorporar nuevos sensores dado que la información que éstos generan se puede procesar de manera eficiente. Sin embargo aún falta mucho por desarrollar para llegar a obtener niveles de confianza suficientes para que sea una herramienta utilizable en nuestra operación". Durante el segundo semestre de 2016, Gesecology espera realizar demostraciones de la tecnología en faenas en Chile y en el extranjero, información que permitirá darle una mayor solidez al desarrollo, incluyendo mayor cantidad de eventos históricos que permiten validar la consistencia y calibración de los modelos.

Once the project concluded in January 2016, the GeoAlert models implemented found inter-correlations between the multiple historical data that could allow them to generate predictions with respect to instabilities and future risk areas. According to Minera Escondida, "this platform allows us to integrate information collected by different geotechnical instruments, generating synergies between this information and, thus, in the future, make decisions with respect to geotechnical instabilities in good time. The kind of analysis this platform performs, is not otherwise feasible due to the time it would require to process that amount of information manually. This way, the main benefit of GeoAlert would be to make available the information efficiently, in order to make decisions at the proper time".

Likewise, Minera Escondida explains that "since this tool allows the correlation of data coming from different sources, it is easy to incorporate new sensors, given that the data they would generate, can be processed effectively. However, there is still development to be made in order to obtain a reliability level that could allow it to be usable in our operation". During the second semester of 2016, Gesecology seeks to carry out further demonstrations in Chile and abroad, which results would allow them to add solidity to their technology, including more historical information to validate the consistency and calibration of the models.

## NUEVAS OPORTUNIDADES

### NEW OPPORTUNITIES

Durante el segundo semestre de 2016, Gesecology cerrará alianzas con tres divisiones del distrito norte de Codelco (Chuquicamata, Radomiro Tomic y Ministro Hales) y también con Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, para aplicar GeoAlert.

El objetivo es complementar sus modelos con otras realidades, de entornos geológicos y geotécnicos que permitan mejorar los pronósticos de deformación.

Asimismo, Gesecology se adjudicó un subsidio de la línea de Validación y Empaquetamiento del Programa de Innovación Tecnológica Empresarial de CORFO para escalar el prototipo a escala industrial. En paralelo, la empresa trabaja en el proceso de patentamiento del sistema GeoAlert.

“Todo este desarrollo ha concitado interés internacional en distribuidores mineros de Brasil, México, Perú y Sudáfrica”, afirma Leonardo.

During the second half of 2016, Gesecology will sign partnerships with three divisions of Codelco North District (Chuquicamata, Radomiro Tomic and Ministro Hales) and also with Doña Inés de Collahuasi Mining Company, to implement GeoAlert.

The objective is to feed their models with new information from geological and geotechnical environments that would allow to improve deformation predictions.

In addition, Gesecology was granted a subsidy from the Validation and Product Packaging line of CORFO's Business Technological Innovation Program to scale up the prototype to an industrial level. Also, the company is working on the patent for their GeoAlert system.

“All of these developments have attracted international interest among mining distributors from Brazil, Mexico, Peru and South Africa”, Leonardo asserts.

Figura 4  
Países  
interesados en  
GeoAlert



## CULTURA DE INNOVACIÓN

### *CULTURE OF INNOVATION*

Para Gesecology, la primera razón para innovar nace del entendimiento de la necesidad de agregar valor a través del conocimiento y desarrollo de nuevas soluciones prácticas, que atiendan y den respuesta en muchos casos a problemas frecuentes de la industria.

Es así que desde sus inicios en 2008 y antes de GeoAlert, Gesecology busca aplicar nuevas tecnologías y desarrollar soluciones innovadoras que fuesen a su vez aplicables a la industria minera, en particular a las áreas de geotecnia y tranques de relaves. “Apuntamos al nicho minero porque tiene necesidades y problemas endémicos que están presentes en cualquier otro lugar del mundo donde se desarrolle esta actividad y donde nuestras soluciones tecnológicas sean aplicables”, dice Leonardo.

Particularmente, Gesecology centraba sus actividades de innovación en la aplicación de tecnología satelital óptica y radar y la utilización de submarinos robóticos para estudios batimétricos y de calidad de agua. “En Chile se sabía poco del tema, lo más cercano era que se hacían vuelos aerofotogramétricos a un gran costo, por sobre US\$1 millón; y en el tema batimétrico los estudios se realizaban con métodos convencionales”, comenta Leonardo. En ese entonces el espacio para crecer era vasto en materia de levantamiento de mediciones a gran escala, y a eso se dedicó la empresa en sus primeros dos años.

For Gesecology, the first reason to innovate comes from embracing the need to add value through knowledge and the development of practical solutions, which attend and give answer to problems in many cases frequently found in the industry.

Therefore, since its beginnings in 2008 and before GeoAlert was developed, Gesecology sought to apply new technologies and develop innovative solutions which could also be applicable in the mining industry, especially in geotechnics and tailings dams. “We focus on the mining niche because this industry has endemic needs and problems that are found in any part of the world where this activity is performed and where our technological solutions are applicable”, Leonardo says.

Particularly, Gesecology focused its innovation activities in the application of optic and radar satellite technology and the use of robotic submarines for bathymetry and water quality studies. “In Chile, we knew very little about these issues. The nearest we got was the photogrammetry flights, at a very high cost, over US\$1 million; and in the field of bathymetry, studies were performed using conventional methods”, Leonardo illustrates.

Back then, there were plenty of opportunities to grow in the area of big-scale measurements and this was the company's focus for the first two years.

En este período, pudo constatar que algunos de los problemas operacionales de la industria debían abordarse en conjunto con las áreas técnicas directamente en la faena. “Eso hizo una diferencia tremenda analizando conjuntamente en mesas de trabajo las problemáticas y sus posibles soluciones”, sostiene Leonardo.

Actualmente, el proceso de innovación se concentra en la Subgerencia de Investigación y Desarrollo de Gesecology, que cuenta con un equipo multidisciplinario de profesionales y con el apoyo de centros de investigación.

En tanto, por política de la empresa, se busca siempre trabajar con los clientes mineros bajo el formato cluster, es decir, de colaboración y participación continua desde el inicio del proyecto. “Esto nos permite nutrirnos de sus necesidades en distintos ámbitos como consultoría, gestión, operaciones, etc.,” afirma Leonardo.

In this period, they learned that the operational problems of the industry should be approached bringing in the technical areas directly on site. “This made a huge difference; analyzing the problems and possible solutions together in these working sessions”, Leonardo adds.

Currently, the innovation process lies in Gesecology’s Research and Development Division formed by a multidisciplinary team of professionals and with research centers support.

In parallel and as a company policy, they always seek to work with their clients in the mining industry, following the cluster model, i.e., in collaboration and continuing partnership since the initial phase of the project. “This gives us the chance to learn about their needs in different areas, such as consultancy, management, operations, etc.,” Leonardo states.

## REDES E INSTRUMENTOS DE APOYO

### NETWORKS AND SUPPORT INSTRUMENTS

Gesecology evalúa como positiva su participación en el PPCM, programa que le permitió dar un paso decisivo hacia la participación formal en el mundo de la investigación y desarrollo de nuevos productos y servicios para la industria minera. “Fue una experiencia valiosa por el knowhow que alcanzamos desde todas las perspectivas. Se estableció una visión y un liderazgo fuertemente orientado hacia la innovación, lo que permitió proponernos y cuestionar como se hacen las cosas y cómo podríamos hacerlas mejor”, dice Leonardo.

En el proceso, la empresa pudo identificar talentos y aportes individuales de profesionales de su equipo de ingenieros y sus socios: “Pudimos experimentar, crear, colaborar y finalmente juntos comenzar a construir una cultura de innovación en nuestra organización”, resalta Leonardo.

Gesecology regards their participation in the WCSP as positive, since the program allowed them to take a decisive step forward towards a systematic approach to the world of research and the development of new products and services in the mining industry. “In every respect, it was a valuable experience because of the knowhow reached. We established a vision and a leadership strongly oriented towards innovation, which enabled us to propose and question how things were being done and how we could improve them”, Leonardo sets out.

In the process, the company was able to spot individual talents and contributions from professionals in their own engineering team as well as among their partners: “We were able to experiment, create, collaborate and finally, together we built a culture of innovation inside our own organization” Leonardo highlights.

“La primera razón para innovar nace del entendimiento de la necesidad de agregar valor a través del conocimiento y desarrollo de nuevas soluciones prácticas”

*“The first reason to innovate comes from embracing the need to add value through knowledge and the development of practical solutions”*





# 03

## HIGH SERVICE TECHNOLOGY

ALTA EFICIENCIA Y GESTIÓN  
*HIGH EFFICIENCY AND MANAGEMENT*

---

La innovación Sistema de Sensor de Desgaste para Revestimientos de Molinos y Placas de Desgaste (SSD) permite verificar en línea el estado de desgaste de revestimientos en molinos de plantas concentradoras sin paralizar la producción de cobre, lo que significa mejorar la disponibilidad operacional de un equipo que es parte de la ruta crítica del proceso minero.

*The Smart Wear Sensor for Mill Liners and Wear Plates (SWS) innovation enables the online-identification of the coating's wear in concentrator plant grinding mills, avoiding the detention of copper production, which results in the improvement of the operational availability of an equipment that is part of the mining process' critical route.*



CON SUS DOS INNOVACIONES  
MÁS RECIENTES ENFOCADAS EN  
SENSORES ELECTRÓNICOS PARA  
PLANTAS CONCENTRADORAS DE  
COBRE, HIGHSERVICE TECHNOLOGY  
BUSCA LLEVAR LOS SERVICIOS DE  
MANTENCIÓN EN LA GRAN MINERÍA  
UN PASO MÁS ALLÁ.

*WITH THE LATEST TWO INNOVATIONS FOCUSED  
IN ELECTRONIC SENSORS FOR COPPER  
CONCENTRATOR PLANTS, HIGH SERVICE  
TECHNOLOGY SEEKS TO TAKE BIG MINING  
MAINTENANCE SERVICES TO A NEXT LEVEL.*

# PROBLEMA Y SOLUCIÓN

## PROBLEM & SOLUTION

El desgaste de los revestimientos por abrasión e impacto en los molinos de las plantas concentradoras es normal. Su inspección es costosa y lenta; puede demorar hasta 6 horas. HighService Technology desarrolló la tecnología SSD que permite conocer en línea y predecir el deterioro de las piezas, planificar las mantenciones preventivas, y cambiar los revestimientos gastados en su punto óptimo maximizando la producción.

Lining abrasion in grinding mills operation is customary. Its replacement is time-consuming and costly. It can take up to 6 hours. HighService Technology developed a mill lining and wear plates abrasion sensor (the SSD technology) which allows online detection of the components' condition before any failure occurs; plan preventive maintenance; and replace the damaged liners at the exact point, maximizing the operation.



### HIGHSERVICE TECHNOLOGY

GUILLERMO VIDAL  
*Gerente General / General Manager*

#### CONTACTO

GUILLERMO VIDAL  
Gerente General  
*General Manager*

[www.highservice.com](http://www.highservice.com)  
Coyancura 2283, Of. 401,  
Providencia, Santiago, Chile  
+56 2 26635709 / +56 9 42473001  
Formada el año 2014  
*Business Initiation Year 2014*  
8 empleados / 8 employees

## HISTORIA

### HISTORY

HighService fue fundada en 1999 inicialmente como una empresa de servicios de mantención enfocada en minería. En 2014, las necesidades de la industria motivaron a la empresa a transformarse en un holding conformado por cuatro empresas independientes: HighService Service, HighService Engineering & Construction, Mining Industry Robotic Solutions (MIRS, un spinoff) y HighService Technology, el brazo de innovación tecnológica del grupo creado en 2001.

No obstante, una de las innovaciones estrella liderada por HighService Technology dio sus primeros pasos antes de su formación.

Hacia fines de los 90s, Hugo Salamanca, entonces superintendente de mantención eléctrica de Chuquicamata (futuro fundador de HighService) observó una necesidad. El desgaste de los revestimientos en los molinos de las plantas concentradoras era

HighService was founded in 1999 initially as a maintenance services company focalized in the mining sector. Shortly after, due to the industry's needs the company was restructured in a group formed by four independent business units, i.e.: HighService Service, Engineering & Construction, Mining Industry Robotic Solutions (MIRS, a spin-off) and HighService Technology. The last one, created in 2001, is the group's technological innovation arm.

However, one of the "star" innovations managed by HighService Technology matured before its establishment.

Towards the second half of the 90's, Mr. Hugo Salamanca, (future High Service founder) as Chuquicamata mine's Electrical Superintendent, detected a necessity: the habitual lining abrasion repair in the grinding mills.

Recambio de los revestimientos en molinos era costos y lento.

En 2004 High Service constata que solución debe incorporar un sensor y sin detener la operación del molino.

Desarrollo de sistema SSD y prueba en molinos en Minera Escondida en 2011.

habitual. Su inspección era costosa y lenta. Lo mismo pasaba con chancadores, chutes de traspaso del chancado primario y harneros. Y la información de que se disponía para programar el cambio de los revestimientos era insuficiente.

Sin embargo, el molino es clave para una planta concentradora de cobre. Su funcionamiento afecta toda la línea productiva, desde el almacenamiento del mineral hasta la flotación y espesamiento. Operadores y gerencias por igual buscan que su disponibilidad operacional se mantenga al máximo, minimizando las detenciones.

“Detenerlo significa parar la operación. Dependiendo del tamaño del molino, tenerlo una hora sin funcionar cuesta entre US\$200 mil y US\$250 mil de producción”, explica el actual gerente general de HighService Technology, Guillermo Vidal.

Their replacement was time-consuming and costly. This condition repeated itself in concentration plant crushers, transfer chutes, and sieves. The fact was that the available information required to proceed with the replacement of the not-to-spec components was insufficient.

The mill is key for a copper concentrator plant. Its operation has an impact on the total of the production line, from the ore storage through the flotation and thickening processing. Both, operators and management aim to increase operational availability to the maximum, minimizing stoppages. Shutting down the mill means to stop the whole operation. According to Mr. Guillermo Vidal, current HighService General Manager, “the estimated cost of shutting down a mill for one hour ranges between US\$ 200,000 to US\$ 250,000 equivalent to production cost, depending of the size of the mill”.

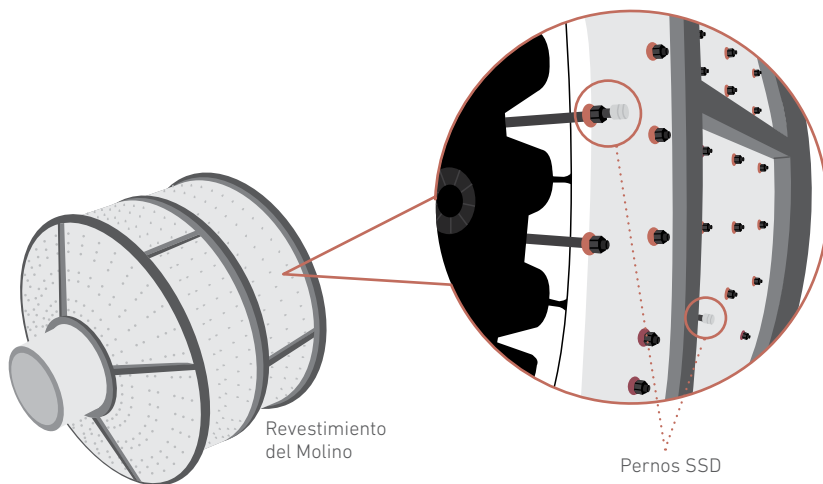
A partir de conocimiento del SSD, empresa genera dos nuevos sensores para diferentes aplicaciones.

Prototipos de nuevas innovaciones en sensores entran a proceso de validación y empaquetamiento de CORFO.

Los revestimientos (liners y lifters) son clave. Estos movilizan la carga interior para que ocurra el proceso de molienda y, a su vez, protegen el manto. Su desgaste influye en el resultado de la molienda, en cómo se realiza el frente de levante, cómo fluye el mineral y el volumen final disponible.

Mill liners and lifters are key for the milling process. They promote the most favorable motion of the charge to enable the grinding process. Lining abrasion has a direct impact on the milling results, on how the front lifting works, mineral flowability and available final ore volume.

Figura 5  
Radiografía  
del Molino  
(Revestimiento y  
sensor)



# LA INNOVACIÓN

## THE INNOVATION

Más de quince años atrás, Hugo ya sabía que debía haber una manera eficiente de alargar la vida útil de los revestimientos, conocer y predecir correctamente los niveles de desgaste, y detener el molino sólo cuando fuera estrictamente necesario.

Una vez fundada la empresa y con su brazo de innovación tecnológica armado, en 2004 HighService constató que la solución debía ir por el monitoreo en línea, sin interrumpir la operación del molino y sin requerir el ingreso de personal o equipos al interior de éste.

Así, arribó a la conclusión de que el uso de sensores electrónicos inalámbricos permitiría cumplir con estas tres condiciones.

More than fifteen years ago, Hugo already knew that there would be an efficient way to extend the lifespan of the liners; to know and correctly predict the levels of abrasion; and to stop the mill only when strictly necessary.

Once High Service technology was founded and the technological innovation resources implemented, sometime in 2004, they confirmed that the solution should be based on an online monitoring system, avoiding stoppages and without putting personnel or additional equipment inside the mill.

The conclusion was then that the solution must include wireless electronic sensors to achieve objectives above.

## DESARROLLO DEVELOPMENT

HighService Technology comenzó entonces el diseño, prueba y fabricación de distintas piezas que forman parte de los revestimientos y además cumplen una función de monitoreo.

Así dio forma a su Sistema de Sensor de Desgaste para Revestimientos de Molinos y Placas de Desgaste (SSD). Éste permite conocer en línea el avance del desgaste de las piezas, predecir con un elevado grado de precisión el tonelaje al cuál se deben cambiar los revestimientos, e identificar cambios en la tasa de desgaste, todo sin detener los equipos. Asimismo, este sistema permite detectar cambios de la dureza de los minerales.

“Si bien se trata de un problema común en la producción minera, el equipo de High Service es el único que ha logrado llegar a una solución que permita el monitoreo sin detener el proceso productivo”, dice Guillermo. Ha sido probado en otros equipos también que presentan desgaste y que funcionan con revestimientos.

La innovación fue desarrollada a lo largo de los años, llegando a su versión mejorada que fue puesta a prueba en Minera Escondida en 2011 inicialmente en dos molinos SAG. Y, desde inicios de 2015, la versión actual opera en el molino SAG4 Laguna Seca con 30 sensores.

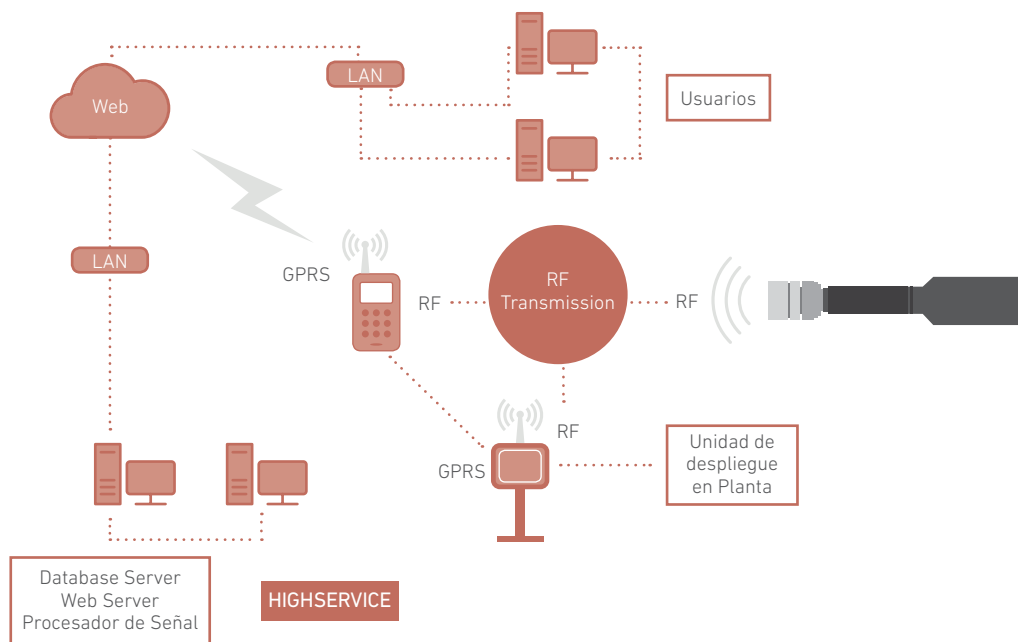
HighService Technology started the design, fabrication and testing of the parts included in the liners assembly that will perform the monitoring function.

The Smart Wear Sensor for Mill Liners and Wear Plates (SWS) had been created. This system detects the wear of the parts online; predicting –with high levels of certainty– the tonnage at which the liners shall be replaced, and identifying changes in the abrasion rate, all without stopping the equipment. Likewise the system also allows the detection of the ore's hardness.

“Although this problem is common to the mining industry as a whole, the HighService invention is the only one which provide a solution that includes monitoring activities without shutting down the operational process”, states Guillermo. The SWS system has been successfully used in other equipment which is exposed to parts abrasion and use liners.

The system was upgraded through the years until its testing in Minera Escondida in 2011 initially in two SAG mills, and since the beginning of 2015 the most up to date version in one SAG 4 mill in Laguna Seca plant with 30 sensors.

Figura 6  
Sistema SSD



FUENTE: Fundación Chile

## IMPACTO

### IMPACT

“De no existir esta solución, se tendría que detener el molino para verificar en terreno la condición de los revestimientos. Estas paradas podrían tomar un tiempo de hasta 6 horas. Gracias a la solución implementada, se mantiene el control del revestimiento sin necesidad de comprometer la producción”, señala Jorge Sciberras, Ingeniero de Confiabilidad de Planta Concentradora, Minera Escondida.

Por otra parte. “El que esta solución tuviese éxito, ha abierto la puerta para realizar pruebas en otras aplicaciones tales como generar un programa de cambios de sentido de giro del molino SAG; probar nuevos diseños de revestimientos de molino SAG manteniendo el control a través de medición en línea; control de desgaste de revestimientos de molinos de bolas y monitoreo de desgaste de placas en chutes críticos de la planta como es el caso del harnero”, dice Jorge Sciberras, Ingeniero de Confiabilidad de Planta Concentradora Laguna Seca, Minera Escondida.

“Without this solution, the mill would have to stop in order to verify the liners’ condition. These stoppages would have taken up to six hours each. Thanks to the SWS, the liners’ condition is under control and the production is not compromised” says Jorge Sciberras, Reliability Manager Laguna Seca Concentrator Plant, Minera Escondida.

“The success of this innovation has open doors to test other applications such as to generate a program to reverse the SAG Mill rotation; to test SAG Mill liners new designs maintaining control through online measurements; liners abrasion control in Ball Mills and monitoring plate abrasion in critical chutes in the plant such as the sieve.” says Jorge Sciberras, Reliability Engineer at the Laguna Seca Concentrator Plant, Minera Escondida.

## NUEVAS OPORTUNIDADES

### NEW OPPORTUNITIES

En 2015 surgió la idea de orientar y fortalecer los contratos vigentes de la empresa de servicios de mantenimiento HighService Service. Fue así que HighService Technology comenzó a apoyar este crecimiento como proveedor de ideas e innovaciones.

Para lograrlo, primero debía consolidar las innovaciones ya desarrolladas. Fue así que fortaleció su servicio de SSD prestado a Minera Escondida. Ejemplo de ello es que cuando la minera quiso probar nuevos revestimientos, el proveedor se ajustó al requerimiento y adaptó sus sensores eléctricos a las nuevas dimensiones.

En paralelo, la empresa buscó dar un paso más con todo el aprendizaje en sensores que desarrolló con SSD. Para ello Guillermo y su equipo iniciaron en octubre de 2015 una ambiciosa tarea: visitar a cada cliente de HighService Service para detectar potenciales oportunidades, consultar problemas y evaluar soluciones innovadoras.

La empresa cruzó la información y creó un catastro de problemas comunes en la Gran Minería, el cual estuvo listo el 1 de marzo de 2016 (una segunda actualización está programada para el segundo semestre de 2016).

Dos ideas destacaron por sobre el resto: la necesidad de sensores en las plantas de flotación donde se separa el concentrado de cobre de la ganga; y

In 2015 they decided to orientate and strengthen the current contracts of the maintenance services company, and HighService Service was implemented. Thus, HighService Technology started to support this effort as a supplier of new ideas and innovations.

To achieve this objective it was required to consolidate all the innovations already developed. With this in mind the SWS services provided to Minera Escondida were reinforced. As an example of these effort is the action taken with the vendor to adapt the electrical sensors to new dimensions to suit the liners Minera Escondida was testing.

In parallel, the company took a step further using the SWS sensors development learning experience. With this purpose Guillermo and his team initiated in October 2015 an ambitious task: to visit each HighService Service's Client in order to detect potential opportunities, identify problems and evaluate innovative solutions. The information gathered was processed and a record of common problems in the big mining companies was composed and completed by March 1, 2016 (a second updated version is scheduled to be appear by the second semester of 2016).

The analysis of the information gathered showed that two ideas stood out, both in concentrator plants: the need of installing sensors in flotation plants where the copper is separated from the gangue; and the installation of

la instalación de sensores inalámbricos para detectar la posición (apertura/cerrado) de válvulas y compuertas, ambas en plantas concentradoras.

Fue así que comenzó un trabajo de equipo para aplicar los aprendizajes logrados con el SSD. Entre los resultados inmediatos, están los prototipos de flotación pronto a ser instalados en una minera y el sensor de posición de compuertas, ya instalado.

Según explica Guillermo, su desarrollo y aplicación no son caros, complejos, ni invasivos. Asimismo, la recepción de esta nueva camada de innovaciones ha sido positiva ya que permitió involucrar más a los operarios de las faenas en su desarrollo.

Actualmente, algunos prototipos están postulando a la línea de Validación y Empaquetamiento del Programa de Innovación Tecnológica Empresarial de CORFO. "Nos gustaría terminar estas dos nuevas innovaciones con un producto mucho más empaquetado. Como empresa, quisiéramos volver a contratar una mayor cantidad de técnicos y profesionales, e ir generando ventas que nos sustenten en el largo plazo", dice Guillermo.

El uso de estas tecnologías también tiene un mérito valioso para HighService. Su instalación permite contar con un verdadero "laboratorio real en línea". Esto ayuda a perfeccionar tanto el conocimiento del proveedor como el del cliente mismo, un valor

wireless sensors to detect the valves and gates open/close position.

As a result, they initiated a team effort to apply the lessons learned with the development of the SWS. The flotation prototypes will soon be installed in a mine, and the gates position sensor has already been installed.

As per Guillermo comments, its development and implementation are not expensive, complex, or invasive. Likewise the reception of this new batch of innovations has been welcoming since the plant operators have had a greater involvement.

Currently some prototypes have been submitted to the Validation and Product Packaging line of the Business Technological Innovation Program offered by CORFO.

"We would like to be able in the end to have these two products more elaborated. As a company we would like to hire again a larger number of personnel, and progressively increase sales to sustain ourselves in the long term", states Guillermo.

The application of new technologies has a valuable merit for HighService as well. Their implementation provides a truly "online lab" which helps to upgrade both the supplier's and the client's knowledge which makes up an added



Fotografía BHP Billiton

agregado ventajoso para HighService. “Esto motiva al cliente a pensar en nosotros cuando imagina mejoras posibles, enfocado en la industria 4.0”, enfatiza Guillermo.

En cuanto a la protección industrial e intelectual de sus innovaciones, HighService Technology prioriza trabajar con el secreto industrial. Esta estrategia les permite un mayor control sobre el conocimiento generado.

value for HighService. “This is an incentive for the client to choose HighService to address further improvements for a cutting-edge industry”, stressed Guillermo.

In regards to the industrial and intellectual property rights protection of the innovations, HighService prioritizes to work under the industrial secret. This strategy allows an increased control of the involved knowledge.

"Al presentar nuestros productos, las patentes de invención deben ser publicadas en el Diario Oficial, pasando desde ese momento a ser públicas. Así cualquier persona puede saber cómo hacemos nuestros desarrollos, qué hay detrás de ellos y copiarlos", añade el gerente general.

Finalmente, el secreto industrial está también contemplado en las leyes, tiene respaldo jurídico, y permite seguir avanzando en innovación permanente sin dar a conocer cómo funcionaban los modelos anteriores. "Claramente el modelo actual de sensores de desgaste dista mucho de lo que sabíamos en 2004", afirma Guillermo.

"The approved invention patents are published in the Official Gazette therefore from that moment they become of public knowledge. Thus any person would have access to the information of the product, being able to produce a replica", added HighService General Manager.

Finally, the industrial secret is widely defined in the laws, have legal back up, and allow to a permanent stage of progressive innovation without obligation to disclose how the original models worked. "Definitively the current abrasion sensor design is quite different from what we knew in 2004", clarifies Guillermo.

“En cuanto a la protección industrial e intelectual de sus innovaciones, HighService Technology prioriza trabajar con el secreto industrial”

*"In regards to the industrial and intellectual property rights of the innovations, HighService prioritizes to work under the industrial secret"*

# CULTURA DE INNOVACIÓN

## CULTURE OF INNOVATION



Según explica Guillermo, HighService Technology es reconocida en el mercado como un innovador tecnológico. Conceptualmente, la empresa capta las necesidades de los clientes, y levanta información en cada proyecto que realiza.

Su forma de trabajo es también innovadora. Su organigrama circular con encuentros semanales de detección de necesidades, oportunidades y levantamiento de ideas permanente, permite un flujo mayor de soluciones acordes a la realidad de la industria. “Somos una célula. Todos aportamos y tratamos de hacerlo entretenido”, precisa Guillermo.

Los miembros del equipo son también incentivados a capacitarse y a participar en el proceso de difusión y venta de las innovaciones, en particular en cuanto a la medición de la recepción potencial que pueda tener entre sus clientes.

As described by Guillermo, HighService Technology is recognized in the market as a technological innovator. Conceptually, the Company gathers the clients' needs and generates the information for each Project to be developed. Its working methodology is also innovative. The circular organizational structure includes weekly meetings to share the detection of needs, opportunities and ongoing ideas which facilitates the processing of a greater flow of solutions tailored to the industry's needs. “We are a cell. Each person makes contributions and we try to have a good time”, states Guillermo.

The team members are also encouraged to train themselves and to be part of the innovation promotion and sale process, in particular in terms of the potential reception among their clients.

Contar con su propia fábrica y talleres contribuye también a mantener el flujo de ideas. Allí se hacen las pruebas piloto, las electrónicas y la fabricación de los prototipos. Asimismo, les ayuda a manejar mejor los tiempos y les permite experimentar con la tecnología y hardware disponible.

Por ahora trabajan con licencias abiertas pero no se cierran a trabajar con alguna tecnología mediante alianzas.

"También nos ayuda a proteger nuestras innovaciones. Se terceriza la fabricación de los componentes a gran escala, pero mantenemos separado el diseño completo para evitar copias", sostiene Guillermo.

Having its own factory contributes to a permanent flow of new ideas. This is the place where the pilot testing and the electronics configuration take place and the prototypes are built. At the same time it helps to an improved planning and enables the testing with the technology and hardware available today.

Although currently they work with open licenses, they are open to work with third party technology based on joint ventures.

"Likewise this helps to protect our inventions. The fabrication is done in larger volumes by a third party, but we isolate the design to avoid replications by others", states Guillermo.

## REDES DE FINANCIAMIENTO Y APOYO

### *FINANCING AND SUPPORT NETWORKS*

Actualmente, HighService está postulando para registrar su centro de innovación en el Registro de Centros I+D de CORFO. "Estamos en proceso de obtención de este reconocimiento."

Con respecto a su experiencia en el Programa Proveedores de Clase Mundial (PPCM), señala que fue positiva. "Nos obligó a ser más rigurosos, ordenarnos, y cumplir las metas que nos habíamos comprometido. Nos apoyó en la gestión de la innovación del SSD", sostiene Guillermo.

At the present time, HighService is applying for the registration of its innovation center in CORFO's Research Centers Registry. "We are in the process to obtain this validation," confirmed Guillermo.

In regards to his experience in the World Class Suppliers Program (WCSP), he indicates that it was positive. "It forced us to be stricter, organize ourselves and meet deadlines we had committed to. It gave us support in the SWS innovation process", says Guillermo.





# 04

## GEOBLAST

### CONCILIANDO CONOCIMIENTO Y OPERACIONES

*CONCILIATING KNOWLEDGE AND  
OPERATIONS*

---

El software GConciliation reduce de manera importante el tiempo dedicado a la conciliación geotécnica en la construcción de un talud, pasando de días a horas, y permitiendo cumplir con las metas de seguridad y costos junto con alargar la vida útil de la explotación.

*GConciliation software significantly reduces the time required for geotechnical conciliation in slope construction from days to hours, and contributes to meet security and cost objectives along with useful life extension of the exploitation.*



LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA  
APLICADA A LA GEOTECNIA Y  
TRONADURA ESTÁ EN LOS CIMIENTOS  
DE GEOBLAST, EMPRESA QUE  
BUSCA INNOVAR Y CONSOLIDAR  
CONOCIMIENTO EN EL COMPLEJO  
PROCESO MINERO.

*TECHNOLOGICAL INNOVATION APPLIED TO  
GEOTECHNICS AND BLASTING IS IN THE  
FOUNDATIONS OF GEOBLAST, A COMPANY THAT  
SEARCHES AND CONSOLIDATES KNOWLEDGE  
APPLIED TO THE COMPLEX MINING PROCESS.*

# PROBLEMA Y SOLUCIÓN

## PROBLEM & SOLUTION

La conciliación geotécnica manual para el diseño y construcción de taludes es un proceso demoroso cuyo resultado puede ser inexacto. Geoblast desarrolló e implementó un software que compara y consolida los datos geotécnicos y de tronadura en tiempo real y disminuye significativamente la probabilidad de error.

Manual technical conciliation for slope design and construction is time consuming and its results may be inaccurate. Geoblast developed and implemented a software, which compares and consolidates geotechnical data and blasting in real time and significantly decreases error probabilities.



**GEOBLAST S.A.**

**CARLOS SCHERPENISSE**

Socio Fundador y Director de Ingeniería  
*Founding Partner and Engineering Director*

**RODRIGO ALMENDRAS**

Gerente Comercial / *Commercial Manager*

### CONTACTO

**RODRIGO ALMENDRAS**

Gerente Comercial  
*Commercial Manager*

[www.geoblast.cl](http://www.geoblast.cl)  
Antonio Bellet 444,  
Providencia, Santiago, Chile  
Calle Las Codornices 104,  
Surquillo, Lima, Perú  
Codornices 126, Portal del Sur,  
Saltillo, Coahuila, México  
+56 2 27144200  
Formada el año 1996  
*Business Initiation Year 1996*  
116 empleados / 116 employees

## HISTORIA HISTORY

Geoblast está en permanente búsqueda de innovaciones que permitan optimizar las prácticas de trabajo de sus clientes.

Si bien comenzó como empresa consultora, su knowhow adquirido en 20 años de trayectoria la llevó naturalmente al mundo de la innovación tecnológica en minería. “La innovación surge de manera natural porque está internalizada dentro de nuestra empresa. Estamos constantemente buscando oportunidades de mejora”, explica Carlos Scherpenisse, Socio Fundador y Director de Ingeniería de Geoblast.

La empresa tiene claro que innovar en geotecnia y tronadura requiere constancia y dedicación, por ello busca generar al menos un proyecto de innovación al año que pueda ser convertido en producto. Asimismo, sus profesionales son capacitados y alineados en esta lógica.

Geoblast is in a permanent search for innovations aiming to optimize its clients' work practices.

Although it started as a consulting Company, its know-how acquired during 20 years, led them naturally into the mining innovation world. “Innovation arises naturally because it is embodied within the company. We are permanently looking for improvement opportunities” explains Carlos Scherpenisse, Geoblast founding partner and Engineering Director.

It is understood by the company that geotechnic and blasting innovation requires perseverance and dedication, for this reason they seek to develop at least one project per year with sales potential. Likewise, its professionals are trained and aligned with this logic.

Geoblast detecta que la conciliación geotécnica estaba siendo realizada de forma manual en gran parte de la minería a cielo abierto.

A lo largo de diez años y diversos proyectos, Geoblast desarrolla el software GConciliation, cuya versión 1.0 estuvo lista en 2015.

La flexibilidad y adaptabilidad de GConciliation permitieron su aplicación a nivel mundial.

El software GConciliation es actualmente un producto destacado de Geoblast. Al igual que todas sus innovaciones, surgió de la misma inquietud que originó la creación de la empresa: cómo entregar valor a los clientes.

Hasta hace poco, muchas minas de rajo abierto hacían este proceso de forma manual, lo que puede demorar días o semanas. En este contexto, la empresa observó que el proceso de conciliación geotécnica, en el cual se compara la construcción real de taludes versus lo planificado, debía ser correcto, seguro, y realizarse en mejores condiciones.

Así fue que Geoblast identificó una oportunidad para generar un software que facilitara la conciliación geotécnica de una manera automática y precisa.

Currently, the GConciliation software is Geoblast's flagship product. Like all of its innovations, it raised from the same question which originated the company: how to deliver value to its clients.

Until very recently, many open pit mines did this process manually which can take days if not weeks. In this context, the company observed that geotechnical conciliation, in which the actual slope construction is compared to the design, should be correct, secure, and performed under improved conditions.

Thus Geoblast identified an opportunity to develop a software which facilitates geotechnical conciliation in an automatic and precise way.

Se implementa versión 1.0 del software en cerca de 15 clientes en Chile, Colombia y Perú con minas a cielo abierto en expansión o construcción.

Geoblast trabaja en desarrollo de versión 2.0 del software con el apoyo de línea de financiamiento de CORFO.

## LA INNOVACIÓN

### THE INNOVATION

Los primeros pasos hacia GConciliation surgieron con la práctica operacional de Full Control, una política de trabajo que comenzó a ser implementada en Chile hacia 2004 y que buscó la construcción de taludes más verticales, que requerían mayor control, pero que al estar sanos y estables permitirían mejorar y garantizar el futuro de la producción, entre otros objetivos.

De esta manera, se comenzó a acuñar la idea de que “las cosas bien hechas redundan en un gran impacto para la Gran Minería de rajo abierto”, dice Carlos. Principios que hoy ya están instalados en todo el sector.

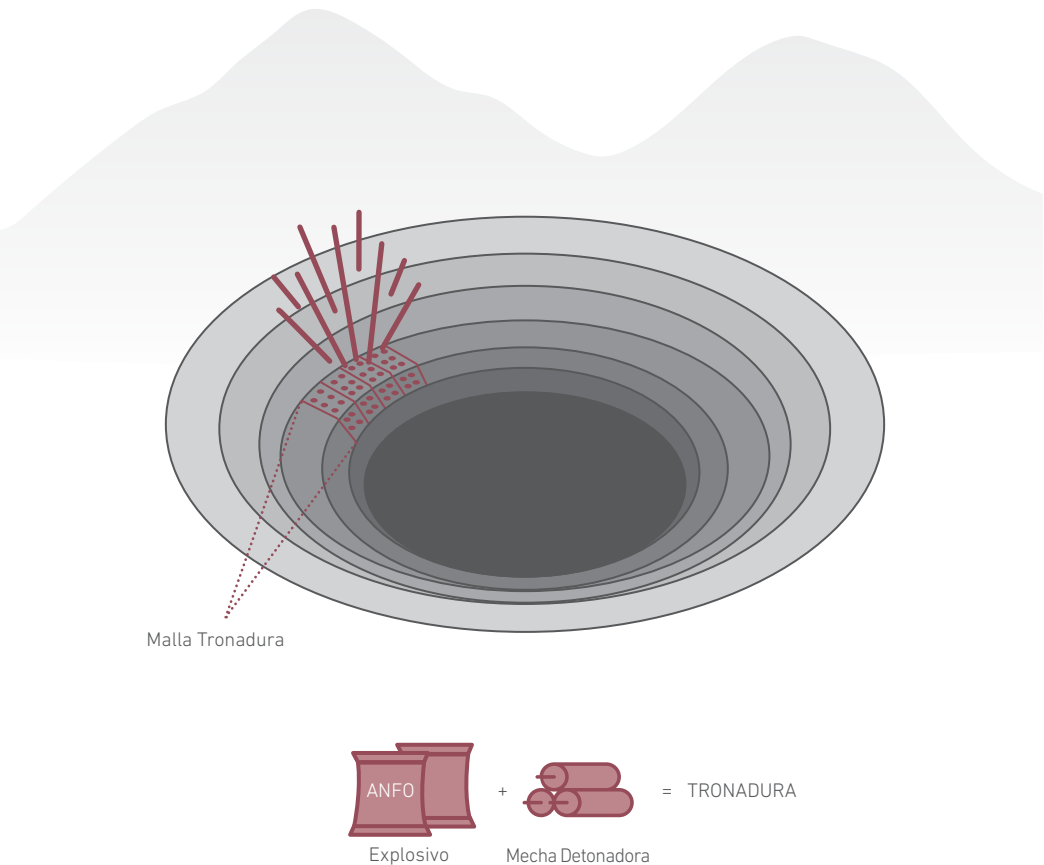
Inspirados en ese espíritu, Geoblast dio los primeros pasos hacia su futuro producto de conciliación de datos geotécnicos, que ha ido limando y mejorando en los últimos diez años a través de diversos proyectos. Fue así como surgió la primera versión del Software GConciliation en 2015.

The first steps toward GConciliation arose along with Full Control operational practice, a work policy implemented by 2004 oriented to build more vertical slopes, which required increased control, but for being healthy and stable would allow to improve and ensure future production, among other objectives.

In this way the idea of “things well done lead to a great impact on the open pit large-scale mining” started to flourish. These principles are already installed for good in the whole sector.

Inspired by this spirit, Geoblast took the first step toward its future geotechnical data conciliation product, which has been under constant improvement for the last ten years, through several projects. This was how the first version of the GConciliation Software materialized in 2015.

Figura 7  
Tronadura en mina  
cielo abierto



## DESARROLLO DEVELOPMENT

El software permite comparar en tiempo real y en línea la geometría planificada con el resultado real de los bancos, considerando aspectos como la pata, cresta, cara de banco, berma y el ángulo inter rampa, entre otros.

"Podría parecer fácil, pero el software de conciliación tiene componentes de un aprendizaje de cálculo, que toma estos miles de puntos que describen una superficie y lo vuelven una línea comparable. Esta línea, que ya es un proceso interno matemático, compara los ángulos que se quieren. Es un proceso que está en permanente mejora. Construye una superficie conciliada, no es real ni teórica", sostiene el ejecutivo.

Si bien el software hace el cálculo, su importancia relativa está en la expectativa del cliente. Por eso durante todo el proceso de desarrollo y en la utilización práctica con distintos clientes, se logró comprender a cabalidad cuáles son las necesidades geotécnicas y geomecánicas de las empresas mineras y cuáles son también sus prácticas habituales, como por ejemplo, la evaluación de taludes antes del GConciliation. "Todo esto hizo la diferencia", asegura Carlos.

Pero había un desafío más por superar. Para poder escalar el producto y llevarlo a empresas mineras en otros países, debía cumplir con los estándares de seguridad internacionales. La flexibilidad y

The software enables a real time wireless comparison between the planned geometry and the real bench results, considering such aspects as toe of slope, pit crest, bench face, shoulder and the interramp angle among others.

"It seems to be easy, but the conciliation software contains calculus learning components which take thousand of points describing a surface in a comparable line. This line which is already an internal mathematical process, compares the required angles. This takes place under an ongoing improvement. It builds a conciliated surface, which is not real nor theoretical", the executive states.

Even though the software makes the calculations, its relative relevance lays in the client's expectations. That is why during the development process and in the practical utilization with different clients, a full comprehension about the geotechnical and geomechanical needs of the mining companies was achieved and more over, which are their common practices as well, for example the slopes evaluation before GConciliation "All these made the difference", Carlos claimed.

But there was still another challenge to overcome. In order to scale the product and take it to foreign mining companies, it must meet international safety standards.



Fotografía Codeito

adaptabilidad del producto permitieron que fuera habilitado para funcionar en aplicaciones a nivel mundial, lo que da mayor legitimidad al sistema.

The product's flexibility and adaptability qualified it to operate in worldwide applications, adding legitimacy to the system.

## IMPACTO

### IMPACT

"Desde el punto de vista del impacto económico, si GConciliation se implementa de forma efectiva en las operaciones mineras a cielo abierto, para las cuales el diseño de taludes es crítico para cumplir con las metas de seguridad y de costos de explotación, se logra mantener en el tiempo la sustentabilidad del negocio minero, alargando la vida útil de las explotaciones a cielo abierto, retardando la transición hacia una minería subterránea, lo que redundará en una mayor eficiencia de las explotaciones que hoy mantienen operaciones mineras en rajo", añade Rodrigo Almendras, Gerente Comercial.

A esto se añade también una simplificación de algunos procesos, como lo confirma Minera Spence, quien señala que la innovación "permitió definir una metodología más simple en nuestro proceso diario."

Más aún, Rodrigo destaca que según datos disponibles de Codelco, un 1% más de ángulo de talud en la zona Oeste de una mina como División Chuquicamata significaría la menor extracción de unas 300 millones de toneladas de lastre, lo que puede reducir el costo mina en unos US\$ 450 millones (utilizando un valor estimado costo mina de 1,5 US\$/ton).

Por otra parte, Minera Spence destaca "se han observado cambios desde que empezamos a usar este software. Ha habido buena adopción de parte del equipo, a pesar de que estos procesos de innovación no son fáciles. Los principales impactos tienen que ver con la eficiencia del trabajo en el área pues se ha visto una leve mejora en este sentido.

"From the economic point of view, if GConciliation is implemented in an effective way in open pit mining operations -for which the slope design is critical to meet security and exploitation costs goals-, the sustainability of the mining business is achieved extending the useful life of the open pit operation, deferring the transition towards underground mining, which leads to a greater efficiency of the exploitation open pit mining operations have today", adds Rodrigo Almendras, Marketing Manager.

As per Minera Spence claims, a simplification of some processes can be observed. In particular, the innovation offered by the software "contributed to define a more simple methodology in our daily process".

Furthermore, Rodrigo states that as per Codelco, a 1% increase of the slope angle in the west side of a mine the size of Chuquicamata Division could bring down the extraction to 300 million tons of waste stone which could reduce the mine cost in US\$450 millions (using the estimated mine cost of 1.5 US\$/ton.)

Otherwise, Minera Spence underline that "changes have been observed since we started using this software. There was a good take up by the team in spite of that these innovation processes are not easy. The main impacts relate to the area work efficiency, since slight improvements can be perceived in this regards. The solution contributes to the original pit design, since achieving what have been planned, modifications are avoided".

La solución aporta al diseño original del rajo ya que al cumplir lo planificado, se evitan modificaciones.”

Este impacto –señala Rodrigo– adquiere mayor preponderancia ante el actual escenario de pérdida de competitividad en la minería producto de altos costos operacionales, bajos precios de los metales y el envejecimiento natural de los yacimientos en Chile. Asimismo, cada vez menores leyes de mineral y mayores niveles de dureza están incrementando los niveles de lastre extraído en faena. “Hoy en muchas minas de cobre hay cada vez más lastre minero, es decir, mucho material con cero presencia de mineral. Normalmente la razón es 3:1, pero a veces llega a ser de 7:1”, dice Carlos.

Por ende, cualquier oportunidad que exista para mejorar el ángulo de la mina completa puede tener una gran repercusión en el resto de la operación. Es así que GConciliation, como innovación, permite a los clientes mineros realizar un control riguroso en aquellos rajes ya excavados que necesitan expandir su vida útil. La innovación ayuda a calcular la cantidad de lastre de mineral que se extrae y, sobre todo, tener mayor control de los niveles de seguridad de las personas y equipos que trabajan en el rajo.

La demanda sobre el producto impactó la forma en que el proveedor entregaba el servicio de postventa, el cual debió mejorar. “Reconocemos que subestimamos el tiempo que lleva el servicio de soporte. No se trata sólo de vender. El nivel de servicio es fundamental”, admite Carlos.

This impact acquires more relevance when considering the current competitiveness drop scenario faced by the mining industry resulting from high operational costs, low metal prices and the natural aging of the deposits in Chile.

In this way, lower mineral grades and increased ore hardness are incrementing the levels of the sterile extracted on site. “In many copper mines sterile is increasing, in other words, a lot of material with zero content of mineral. Normally the ratio is 3:1, but sometimes it reaches 7:1”, Carlos states.

Thus, any opportunity that improves the slope angle in the mine could have huge repercussions in the rest of the operation.

It is so that GConciliation, as an innovation, enables the mining clients perform a strict control in those pits already excavated that need to expand their life cycle. The solution helps calculate the quantity of the mineral sterile extracted and moreover, to have more control over the safety of the operators and the equipment working in the pit.

The product demand impacted the way in which Geoblast provided the post-sale service, which had to improve. We acknowledge that we underestimate the time assigned to support service. “It is not just sales. The service level is fundamental”, Carlos recognizes.

## NUEVAS OPORTUNIDADES

### NEW OPPORTUNITIES

Actualmente la versión 1.0 de GConciliation está disponible también en México, Colombia y Perú, países donde también se desarrolla minería a cielo abierto. Por ahora el servicio de postventa se enfoca en entregar respuesta a consultas que surgen en los primeros dos meses de uso de software.

A su vez, Geoblast mantiene una retroalimentación permanente mediante seminarios realizados en las cercanías de las principales faenas mineras, tanto para nuevos clientes como para mineras que ya utilizan la licencia, para que conozcan mejor el producto o capaciten a nuevos miembros del equipo técnico.

El software en este momento es líder del mercado. "Creemos tener ya una parte importante del mercado chileno. Ahora nos interesa tener una parte importante del mercado latinoamericano y lograr una parte importante de éste", asevera Rodrigo.

Para ello Geoblast ya trabaja en el "Desarrollo y Empaquetamiento de un Sistema de Conciliación para el Diseño de Taludes en Minería a Cielo Abierto", o versión 2.0 de su software, que cuenta con el apoyo de la línea de Empaquetamiento y Validación de CORFO.

El objetivo es modernizar el actual software utilizando nuevos algoritmos que mejoren la gestión del diseño de los taludes y así optimizar su

Currently the GConciliation 1.0 version is also available in Mexico, Colombia and Peru, countries where open pit mining is developed. For now, the post-sale service focuses on responding to inquiries born in the first two months of the software usage.

At the same time, Geoblast seeks a permanent feedback through seminars nearby the main mining operations, so much for new clients as those already using the license, so they have a better knowledge of the product or can train new technical staff members.

The software in this moment is leader in the market. "We believe to have an important segment of the Chilean market. Now we are interested in a share of the Latin American market and reach an important part of it" Rodrigo asserts.

With this purpose, Geoblast is already working on the "Development and Packaging of a Conciliation System for the Slope Design in Open Pit Mining", or version 2.0 of its software, which has the support of CORFO's Product Packaging and Validation Line.

The objective is to modernize the current software using new algorithms to improve the management of slope design thus optimizing their construction.

construcción. Además, se ingresará información acerca de las condiciones del talud. Este "Factor de Condición" sumado al "Factor de Diseño" aumentará la información crítica que los expertos geotécnicos requieren para sus decisiones.

Este desarrollo incluye también una plataforma más moderna e integrada que permita a todo usuario obtener mejores resultados en el proceso de conciliación.

"Básicamente, con CORFO nos dimos cuenta de que no sólo tenía que verse bien, sino que estuviera bien estructurado y que fuera fácil de intervenir por cualquier otro desarrollador informático", enfatiza Carlos.

A partir de todo el conocimiento capturado durante el desarrollo de GConciliation, la empresa detectó otra oportunidad de negocio en el área de geotecnia y tronadura. Fue así que comenzó el desarrollo del FBlast, que tiene como fin predecir los niveles de fragmentación esperados post tronadura, dado el tipo de roca y diseño implementado en terreno.

El objetivo es que la herramienta ofrezca un servicio hecho a la medida de las características específicas que requieran las unidades de geometalurgia de las mineras. FBlast ya fue puesto a prueba en terreno y está siendo evaluado por nuevos clientes mineros, dice Rodrigo.

Furthermore, slope conditions information will be included. This "Condition Factor" added to the "Design Factor" will increase the critical information that the geotechnical experts require for the decisions-making process.

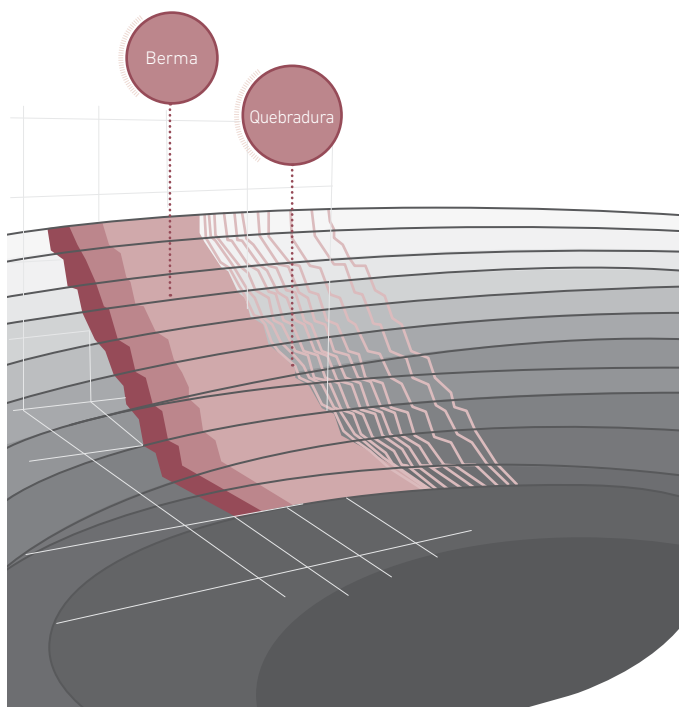
This development also includes a more modern and integrated platform which allow all users to obtain better results in the conciliation process.

"Basically, we realized, with CORFO that not only it should look good but also to be well structured and easy to intervene by any other IT developer", Carlos emphasizes.

From all the knowledge captured throughout the GConciliation development, the company detected another business opportunity in the geotechnical and blasting areas. Thus, the FBlast development was initiated with the objective to forecast the expected post-blasting fragmentation levels given the rock type and the design implemented on site.

The objective is that this tool could offer a service tailor made to the specific characteristics required by the mines' geometallurgy units. FBlast was already field tested and is being evaluated by new mining clients, Rodrigo points out.

Figura 8  
Empaquetamiento  
de GConciliation



## REDES Y SISTEMAS DE APOYO

### NETWORK AND SUPPORT SYSTEMS

Para Geoblast, la participación en el Programa Proveedores de Clase Mundial (PPCM) durante 2013 y 2014, permitió a la empresa conectar mejor con una necesidad que ya venía observando y generar una solución válida en ese contexto.

Por eso, Carlos considera clave aumentar este tipo de oportunidades, en especial el formato que implementó en un principio el PPCM. Éste consistió en exponer los problemas ante un grupo diverso de proveedores en conjunto con el o los mandantes y desde ahí, motivar diversas propuestas. “Varios respondimos en el momento lo que consideramos podía ser la solución”, recuerda el socio fundador de Geoblast. “Llegar a la minera con un producto armado no necesariamente se ajusta a las necesidades del momento”, señala.

En tanto, su experiencia con CORFO ha sido positiva a lo largo de los últimos diez años a través de variados proyectos. “CORFO tiene una visión de desarrollo para toda la industria. Ha sido muy útil y flexible, y nos ha permitido realizar más de un desarrollo a la vez”, añade Carlos.

For Geoblast, the participation in the World Class Suppliers Program (WCSP) during 2013 and 2014 enabled the Company to improve the connection with a detected need and generate a valid solution in this context.

Carlos believes that to meet this goal, a key issue is to increase these type of opportunities, specifically the format implemented originally with the WCSP, which consisted in explaining the problem to a diverse group of suppliers together with the client(s) agent(s) and from there, generate different proposals. “Several of us responded immediately with what we considered the solution”, recollect Geoblast’s founding partner. “To present the client with a product already structured not always fits its current needs”, Carlos states.

Meanwhile, his experience with CORFO over the last 10 years with a variety of projects has been positive. “CORFO has a development vision for the whole industry. It has been very useful and flexible and has enabled us to work simultaneously in more than one project”, Carlos added.





# 05

## POWER TRAIN TECHNOLOGIES

INNOVACIÓN SOBRE RUEDAS  
*INNOVATION ON WHEELS*

---

El High Altitude Pack incrementa o, en algunos casos, supera la vida útil definida por el fabricante de los motores de la familia 3500 en los camiones de minería en altura emplazadas en el altiplano, llegando a sobrepasar las 20 mil horas en operaciones sobre 4.000 metros de altura en Bolivia.

*The High Altitude Pack increases or, in some cases, exceeds the life cycle defined by the manufacturer of 3500-family engines in high-altitude mining trucks operating in the Altiplano, reaching over 20,000 hours above 4,000 mts asl in Bolivia.*



ARREGLANDO SE APRENDE.  
ASÍ INNOVA POWER TRAIN  
TECHNOLOGIES, QUE APLICA IDEAS  
DESARROLLADAS EN SU CENTRO I+D  
A SUS SERVICIOS DE REPARACIÓN Y  
MANTENCIÓN DE EQUIPOS MINEROS.

*LEARNING BY FIXING*  
*THIS IS HOW POWER TRAIN TECHNOLOGIES*  
*INNOVATES, BY APPLYING IDEAS DEVELOPED IN ITS*  
*R&D CENTER TO ITS MINING EQUIPMENT REPAIR AND*  
*MAINTENANCE SERVICES.*

# PROBLEMA Y SOLUCIÓN

## PROBLEM & SOLUTION

Las condiciones climáticas y la altura característicos de la minería en Chile dañan los motores de camiones de alto tonelaje, desgastando sus componentes, lo que reduce su vida útil. Power Train Technologies desarrolló un conjunto de cien mejoras denominado High Altitude Pack, que van desde la mantención hasta el reemplazo de componentes de los motores.

The climatic conditions and high altitude present in Chilean mining, damage heavy-duty haul truck engines, eroding their components and reducing their lifecycle. Power Train Technologies developed a set of improvements named High Altitude Pack, which ranges from performing maintenance works to the replacement of engine components.



### POWER TRAIN TECHNOLOGIES

**JUAN MARCOS GONZÁLEZ**  
Jefe Área I+D / Chief R&D Area

**RICARDO PARADA**  
Ventas / Sales

### CONTACTO

**RICARDO PARADA**  
Ventas  
Sales

[www.powertraingroup.com](http://www.powertraingroup.com)  
Barón de Juras Reales 5050,  
Conchalí, Santiago, Chile  
+56 2 28994000  
Formada el año 1998  
Business Initiation Year 1998  
150 empleados / 150 employess

## HISTORIA

### HISTORY

El Centro I+D de Power Train Technologies parece un verdadero laboratorio forense. En medio de una de sus salas, yace un motor diesel completamente desmantelado.

El conjunto de sus piezas cubre mesas completas; tuberías, cilindros, blocks, entre otros componentes. El desarme forma parte del proceso de identificación de problemas y soluciones que hace la empresa para cada innovación que realiza. Todo, en apoyo al principal negocio de la empresa: el overhaul de componentes de camiones mineros de alto tonelaje y cargadores frontales de minería y flotas de apoyo.

El despiece es muchas veces lo que revela la raíz de las fallas de los equipos, explica el Jefe del Área I+D de Power Train Technologies, Juan Marcos González. Y es también donde nace la innovación.

Power Train Technologies' R&D Center seems like a real forensic lab. In the middle of one of its chambers lies a diesel engine completely dismantled. The set of its parts covers full tables; pipes, cylinders, blocks, among other components.

Disassembling is part of the process of identifying problems and solutions that this company adopts for each innovation it develops. All in support of the main business: The overhaul of components of heavy-duty haul mining trucks, front end loaders, and support fleets.

In many occasions, the disassembly is what reveals the root of the failures in the equipment, says the Head of R&D of Power Train Technologies (PTT), Juan Marcos González. And is also where innovation is born.

Power Train Technologies constata que camiones en minería en altura presentan fallas habituales en el desempeño del motor.

Se desarrolla la primera versión del High Altitude Pack en 2005. La última versión incorpora más de cien mejoras prácticas.

El desarrollo de la innovación motiva la creación del Centro I+D así como de nuevos productos y servicios relacionados.

Power Train comienza la captura de nuevos clientes mediante la comercialización del Pack.

# LA INNOVACIÓN

## THE INNOVATION

A principios de la década del 2000, no había mucha competencia en overhaul de maquinaria minera. Fue en esa misma época que comenzó un repunte clave en la producción. Toda la maquinaria comenzó a ser exigida al máximo, por ende comenzaron a surgir fallas reiteradas. Las empresas de servicios de mantención y reparación fueron puestas a prueba. Power Train Technologies (PTT) observó una oportunidad de negocio para la cual la innovación podía ser una herramienta útil.

Ya en 2005 PTT se había percatado de un problema particular en la mantención de los trenes de potencia de camiones de alto tonelaje que operan en minería en altura. Años después, los intereses y esfuerzos se alinearon con los de BHP Billiton cuando la compañía lanzó un desafío del Programa Proveedores de Clase Mundial (PPCM) que pretendía resolver justamente este problema particular en los camiones 793 C/D.

La intensidad de este trabajo hacía mella en su vida útil; el bajo oxígeno forzaba un mayor consumo de combustible y las condiciones climáticas desgastaban rápidamente los componentes. La falla era habitual puesto que la mayoría de los camiones no son fabricados pensando en el clima y la altura característicos de la minería en Chile.

Al observar que muchos clientes mineros sufrían el mismo problema, Power Train Technologies se abocó a conocer el problema.

At the beginning of the 2000s, there was not much rivalry in the overhaul of mining equipment. During that time, a key recovery in production began to take place. The whole machinery was stretched to the limit. Therefore failures began to emerge repeatedly. Maintenance and repair service companies were put to the test. The company thus observed a business opportunity for which innovation could be a useful tool.

Already in 2005, PTT became aware of a particular problem in the maintenance of power trains of heavy-duty mining trucks that operate at high altitudes. Years later, these interests and efforts aligned with those of BHP Billiton when the mining company launched a challenge to the World Class Suppliers Program (WCSP) initiative, intended to address a particular problem in its 793 C/D truck fleet.

The work intensity was taking a toll on its life cycle; the low oxygen forced higher fuel consumption and climatic conditions eroded components quickly. The failure was persistent, given most of the trucks are manufactured without taking into account the harsh climate and the height conditions of Chilean mining.

Noting that many mining clients suffered the same problem, Power Train Technologies addressed the problem.



Fotografía Power Train Technologies

Había que lograr que el motor durara más.

Al observar que muchos clientes mineros sufrían el mismo problema, Power Train Technologies se abocó a conocer el problema. Había que lograr que el motor durara más.

Surge así el High Altitude Pack, un kit que incluye cerca de cien mejoras prácticas que incluyen la optimización de componentes originales hasta el reemplazo de algunas partes de motores de camiones que operan en altura.

Las mejoras incorporadas se localizan en los sistemas de inyección, de lubricación y de llenado volumétrico de cilindros, entre otros.

The engine had to last longer.

Thus, the High Altitude Pack emerged, a kit consisting of nearly one hundred practical improvements like optimising original components and the replacement of some parts of the engines that operate at high altitudes.

The enhancements are located in the injection systems, lubrication and volumetric filling of cylinders, among other areas.

# IMPACTO

## IMPACT

El éxito del High Altitude Pack entre los clientes que lo han aplicado a sus camiones mineros radica en su utilidad.

Entre los principales beneficios está que reduce las emisiones de carbono del motor así como la quema casi total del combustible (eliminando la nube negra).

Asimismo, facilita el ahorro de combustible por mayor eficiencia termodinámica, y es reversible (todos sus componentes pueden ser reemplazados a su vez por los originales). Finalmente, el Pack logra expandir el tiempo TBO (tiempo de reposición, según sus siglas en inglés) del motor.

Desde entonces y hasta hoy, el Pack forma parte del servicio de overhaul estándar de Power Train Technologies.

Según se precisa desde la compañía minera BHP Billiton, el Pack fue probado en su flota CAT 793C/D de Minera Escondida.

“En la flota CAT 793 C/D de Minera Escondida, se consiguió mejorar la vida útil de los motores desde 14.000 a 18.000 horas, lo que tuvo beneficios en costos.

La disponibilidad de esta flota bajó en las primeras horas de operación, debido a los ajustes que se debían hacer, pero una vez en régimen, se consi-

The success of the High Altitude Pack among customers who have applied it to their mining trucks lies in its functionality.

Among the main benefits are reducing carbon emissions of the engine and allows almost total burning of fuel (reducing black cloud emissions).

It also facilitates fuel savings by greater efficiency thermodynamics and it is reversible (all its components can be replaced back with the originals). Finally, the Pack expands the engine's Time Between Overhaul (TBO).

Since then, the Pack is part of the standard overhaul service that PTT provides.

According to BHP Billiton, the Pack was tested on the CAT 793 C/D fleet at Minera Escondida. “In the CAT 793 C/D of Minera Escondida, we managed to improve the life cycle of the engines from 14,000 to 18,000 hours, which had benefits in costs. The availability of the fleet fell in the first few hours of operation due to the adjustments that were made, but once they became operational, the expected results were achieved.”

guieron los resultados esperados", indican desde Minera Escondida.

Igualmente, la compañía minera afirma que "el mayor impacto tiene que ver con el cambio de estrategia que se experimentó en Minera Escondida.

"Ahora la compañía está abierta a que reparadores distintos a los Original Equipment Manufacturer (OEM) se hagan cargo de algunos componentes, en la medida que entreguen un valor agregado en la reparación" (por ejemplo, aumenten su vida útil). "En tanto, su aplicación le abrió puertas a Power Train Technologies para nuevos contratos", asegura Ricardo Parada, encargado de Ventas.

"Muchos clientes nos compran porque somos únicos en I+D, porque hacemos algo a la medida, y porque cumplimos los plazos de entrega", afirma.

Likewise, BHP Billiton states that "the largest impact had to do with the change of strategy experienced in Minera Escondida.

"Now the mining company is open to repairers, other than the Original Equipment Manufacturer (OEM), to take charge of some components, provided they add value (for example, increased duration)".

"Meanwhile, its implementation opened the doors to new contracts for Power Train Technologies", says Ricardo Parada, in charge of Sales.

"Many customers purchase our products because we are unique in R&D, because we do custom-fitting, and we respect delivery times," Ricardo asserts.



Fotografía Power Train Technologies

## NUEVAS OPORTUNIDADES

### NEW OPPORTUNITIES

A partir del desarrollo del High Altitude Pack, Power Train Technologies logró un punto de inflexión en su negocio de overhaul y escaló en varias dimensiones. Una de ellas es la mayor captación de nuevos clientes. Hoy en día, más de 50% de la base de clientes de Power Train Technologies llegó a la compañía a través de esta innovación.

Igualmente, la internacionalización de la compañía está directamente vinculada con la aplicación del Pack. Así fue como éste les dio acceso a clientes de otros mercados como Argentina, Bolivia y Perú, donde se desarrolla una minería en altura con desafíos y características similares a la chilena.

Otra incidencia de relevancia es que la innovación motivó a la empresa a sistematizar y formalizar el desarrollo de nuevos productos a través de un Centro de I+D, hoy fuertemente demandado por los mismos clientes para desarrollar nuevas soluciones. Así, todo lo desarrollado en su Centro está enfocado en realizar pruebas y prototipos con el fin de sacar de manera constante y rápida nuevas tecnologías de apoyo a los servicios estándar de mantención y reparación.

Esto se ve facilitado todavía más al disponer de completos bancos de prueba y estudios de trazabilidad de la solución entre el equipo de innovación y el cliente mismo.

With the High Altitude Pack, Power Train Technologies reached a turning point in its overhaul business and escalated in several aspects.

One of them is the growing numbers of new customers. Currently, more than 50% of Power Train Technologies' customer base comes from this innovation.

Equally, the internationalisation of the company is linked directly to the implementation of the Pack. This innovation provided them access to customers in other markets such as Argentina, Bolivia and Peru, where high-altitude mining also takes place, with challenges and characteristics similar to that of Chile's.

Another relevant aspect is that this innovation prompted the company to systematise and formalise the development of new products through the R&D Center, today strongly demanded by the same customers to develop new solutions. Thus, everything under development at the Center focuses on testing and prototyping to release new technologies constantly and quickly, in support of the company's standard maintenance and repair services.

This task is facilitated even more by having extensive test banks and traceability studies of the solution, applied by

"Ciertamente, la empresa había hecho I+D antes del Pack. Siempre tuvo un enfoque tecnológico. Pero la implementación del Centro I+D se dio en parte gracias a esta innovación", dice Ricardo.

Incluso, algunos de los nuevos desarrollos en el laboratorio son ajenos a su actividad principal, que es el servicio de overhaul.

Éste mismo se ha ido complejizando en el tiempo en diferentes aspectos. Uno de ellos es del desarrollo de nuevos bancos de prueba en el Centro I+D, los cuales minimizan el riesgo de tiempo perdido para el cliente y permiten tener certeza de que el servicio o producto funcionará en faena antes de su ejecución,

the innovation team and by the customer.

"Indeed, the company did R&D before the Pack. We always had a technological approach. However, the implementation of the Center was in part thanks to this innovation," Ricardo says.

Even more, some of the new developments in the laboratory are different to its main overhaul service. The latter has become even more complex in various aspects through time.

One of them is the development of new test banks at the R&D Center, which minimise the risk of wasting the customer's time and allows PTT to attain certainty that the future service or product will perform on the site before its implementation, Ricardo highlights.



Fotografía Power Train Technologies

precisa Ricardo. “Tenemos bancos de prueba para motores, transmisiones, inyectores, entre otros. Por ejemplo, una vez que terminamos de reparar el motor, lo conectamos a un dinamómetro, que gira, y mediante esto observamos cómo se comporta el motor en condiciones de funcionamiento reales. Siempre lo hacemos antes de implementar el producto en faena. Es nuestro control de calidad.

Como beneficio adicional, todos nuestros bancos de prueba incorporan cámaras para que el cliente pueda ver la prueba en vivo”, agrega.

En paralelo, Power Train Technologies ha sumado servicios relacionados al Pack, como por ejemplo personal y asesoría para la puesta en marcha, armado y mantención, entre otros.

Como consecuencia de esta escalabilidad de la innovación, se requiere una constante capacitación de los miembros del equipo I+D. Igualmente, operarios del cliente también reciben entrenamiento en piezas y procesos nuevos dado que serán ellos los que implementarán los cambios.

Por último, el éxito de la aplicación del High Altitude Pack en la flota 793 C/D, motivó a la empresa a seguir expandiendo su comercialización hacia motores de la familia 3500 utilizados en otro tipo de maquinaria, como son cargadores frontales y bulldozer.

“We have test banks for engines, transmissions, injectors, among other things. For example, once we finish repairing the engine, we connect it to a dynamometer, which rotates and through this, we observe how it would behave in real operating conditions. We always do this before deploying the product on the mining site. It is our quality control. As an additional benefit, all our test banks incorporate cameras so the customer can watch the test live,” Ricardo adds.

In parallel, PTT has added new services related to the Pack, like a specialised staff and consulting services for the commissioning process, assembly and maintenance, among others.

As a result of the scalability of the innovation, the members of the R&D team require constant training. Similarly, the client's operators also receive training on new parts and processes since they will be implementing the changes.

Finally, the success of the implementation of the High Altitude Pack in the 793 C/D fleet prompted the company to continue expanding its marketing towards the 3500-family engines used in another type of equipment, such as front loaders and bulldozers.

Actualmente PPT evalúa desarrollar nuevos packs para otros tipos de motores y familias de camiones diesel. Además, explora generar desarrollos tecnológicos en el tren de potencia de camiones de extracción, específicamente en la transmisión.

Para ello, la empresa desarrolló en 2014 un prototipo que soluciona fallas constantes en este componente, proyecto que actualmente postula a un subsidio de la línea de financiamiento de Validación y Empaquetamiento de CORFO.

"Esto quiere decir que el prototipo ya hizo pruebas en terreno, y entró en su etapa final, ingresando a nuestra cadena productiva y comercial.

Para lo anterior fue necesario desarrollar un nuevo banco de pruebas, que corrobora las mejoras del prototipo y certificar la calidad de nuestro trabajo", sostiene Ricardo.

Currently, PTT is considering developing new packs for other types of engines and families of diesel trucks. They also explore generating technological developments in the power train of extraction trucks, specifically in the transmission.

For this, in 2014 the company developed a prototype that fixes constant failures featured in this component, a project which is currently applying for a CORFO Validation and Product Packaging subsidy fund.

"This means that the prototype already has made field tests and began its final stage, entering into our production and commercial chains.

For this it was necessary to develop a new test bank that corroborates improvements made to the prototype and certifies the quality of our work," Ricardo explains.

“Hoy más de 50% de la base de clientes de Power Train Technologies llegó a la compañía a través de esta innovación”

*"Currently, more than 50% of Power Train Technologies' customer base comes from this innovation.*

## CULTURA DE INNOVACIÓN

### *CULTURE OF INNOVATION*

Al recoger constantemente las necesidades de los clientes, que incluyen talleres mecánicos hasta las gerencias generales de las compañías, Power Train Technologies está al día con las inquietudes de la industria. De gran ayuda es su baja inercia, que le permite dar una respuesta rápida y de calidad.

Igualmente, la constante interacción con las gerencias de mantenimiento, talleres, maestranzas y con los usuarios en las faenas de las compañías mineras, permite a los ingenieros del equipo de innovación probar y desarrollar soluciones proactivamente.

No obstante, todas las ideas que logran superar exitosamente el estricto proceso de aprobación de Power Train Technologies, que comienza en la sala de reuniones del Centro I+D hasta recibir la venia del directorio para su comercialización, deben ser fáciles de empaquetar y útiles para la industria, explica Juan Marcos.

Es decir, si la idea no es útil para sus procesos estándares de mantención o reparación, o bien no responde a una necesidad vigente en la industria, no se desarrolla.

Un ejemplo de innovación que superó todos los pasos anteriores y hoy está en etapa de desarrollo es un sistema que mejora la supervisión de las naves de mantenimiento de los camiones.

Constantly listening to our clients' needs, which range from mechanical workshops to general managers, Power Train Technologies is up to date with the concerns of the mining industry. The company's low inertia, which allows it to provide a quick, high-quality response, is also of great help.

Likewise, the constant interaction with maintenance management offices, equipment workshops, and end-users in mining sites, allows R&D engineers to test and proactively develop solutions.

However, all the ideas that successfully overcome the strict approval process of Power Train Technologies, which begins at the R&D Center meeting room and ends with the Board of Director's approval for commercialization, must be easy to pack and useful for industry, Juan Marcos insists.

Therefore, if it is not helpful to their maintenance or repair standard processes, or it does not respond to a current need in the industry, the idea is left aside.

An example of an idea that overcame all the previous steps and today is under development is a system that improves monitoring of truck maintenance facilities.



Fotografía Power Train Technologies

"Es un problema transversal de la industria. Ahora bien, no se relaciona con componentes sino con mantenimiento, pero es un problema que afecta a los componentes", enfatiza Juan Marcos.

"It is a problem that cross-cuts the industry. Although it does not relate to components but maintenance, it is an issue that does affect the components," Juan Marcos adds.



# INNOVACIÓN EN LA MINERÍA CHILENA

## *INNOVATION IN CHILEAN MINING*

Éste es sólo el comienzo de lo que esperamos continúe siendo un beneficioso y próspero desarrollo de innovaciones en la Gran Minería. Por ello, les dejamos invitados a conocer la próxima versión 2017 en [www.fch.cl](http://www.fch.cl), donde conoceremos a más empresas que se atreven a enfrentar el desafío y están dejando su huella.



“NO VAYAS POR DONDE EL  
CAMINO TE LLEVE. VE POR  
DONDE NO HAY CAMINO  
Y DEJA TU RASTRO”

RALPH W. EMERSON





