

05

AXYS

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO Y CONTROL DE PALAS

SHOVEL INTEGRATED MONITORING AND CONTROL SYSTEM

El Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas de AXYS se basa en observar y procesar en tiempo real los movimientos y esfuerzos que realiza la pala, permitiendo mejorar el manejo de éstas y disminuir las detenciones por fallas.

The Shovel Integrated Monitoring and Control System developed by AXYS, is based on observing and processing in real time motion and stresses executed by the shovel, allowing improving their handling and reducing detentions due to faults.





AXYS S.A.
Ingeniería e Integración de Sistemas

CONTACTO / CONTACT:

Álvaro Urzúa
Gerente General

www.axys.cl
+56 2 27765357
Avenida 5 de Abril 4454-3b
Estación Central, Santiago - Chile

RESEÑA DE LA EMPRESA

AXYS S.A. comenzó el año 2004 con la clara idea de diferenciarse de las empresas tradicionales de tecnología en Chile que representan e integran soluciones y marcas internacionales. La compañía se propuso mostrar que desde su país era posible diseñar, construir y desarrollar integralmente tecnologías innovadoras que dieran soluciones a sectores como astronomía, defensa, minería, telecomunicaciones y transporte. AXYS fue fundada por Álvaro Urzúa y Sergio Muñoz, dos ingenieros con experiencia en múltiples desarrollos tecnológicos, que decidieron experimentar con soluciones electrónicas y de información para el monitoreo y control, entre otras, con el objetivo de no depender de terceros en el mundo tecnológico de productos y sistemas.

Sus primeras soluciones no fueron dirigidas a la industria minera, sino a telecomunicaciones y defensa. Ellos habían trabajado anteriormente en minería y conocían los requerimientos que debía cumplir una empresa para participar en dicha industria. Particularmente, contar con el patrocinio de un cliente que requiriera resolver sus necesidades desa-

rollando tecnologías. Por lo tanto, iniciar desarrollos en otras industrias, les permitió construir un historial y buenas referencias de proyectos, una masa crítica y acumulación de experiencia y aprendizaje que les permitió, años después, ser más conocidos para abrir oportunidades de negocio en minería.

Así, en el año 2011, desde el Programa de Proveedores de Clase Mundial fueron invitados a participar en un desafío de ahorro energético y mejoramiento de la calidad del proceso de electroobtención. Proyecto con resultados exitosos que les abrió los espacios para, posteriormente, ser invitados a construir una solución que mejorara la disponibilidad mecánica de las palas en la extracción de mineral.

Actualmente, AXYS está formada por aproximadamente 25 profesionales con amplia experiencia en distintas ramas de la ingeniería y que le permite enfrentar, desde múltiples disciplinas, problemas aplicados de alta complejidad, junto con ofrecer soluciones tecnológicas que los resuelvan en sectores como astronomía, defensa y minería.



COMPANY REVIEW

AXYS S.A. began in 2004 with the clear idea of distinguishing itself from traditional technology companies in Chile that represent and integrate international solutions and brands. The company proposed showing it was possible in Chile to integrally design, build, and develop groundbreaking technologies providing solutions in sectors such as astronomy, defense, mining, telecommunications, and transportation. AXYS was founded by Álvaro Urzúa and Sergio Muñoz, two engineers with experience in multiple technological developments, who decided to experiment with electronic and IT solutions for monitoring and control, among other matters, to not have to depend on third parties in the technological world of products and systems.

Their first solutions were not geared towards the mining industry, but rather towards telecommunications and defense. They had previously worked in mining and understood the requirements a company had to meet to participate in this industry. Specifically, one requirement was having the sponsorship of a client with a demand for resolving their needs by developing technologies. Therefore, initiating de-

velopments in other industries allowed them to build a track record and good project references, a critical mass, and accumulate experience and education. Years later, this allowed them to be more well-known and be able to create business opportunities in mining.

Thus, in 2011, they were invited from the World Class Suppliers Program to participate in a challenge involving energy-saving and improvement of the quality of the electrowinning process. This project saw successful results that opened-up the door later on for them to be invited to build a solution that would improve mechanic availability of the power shovels in mineral extraction.

Currently, AXYS is comprised of approximately 25 professionals with extensive experience in different engineering disciplines. As a result, they can address highly-complex applied problems from multiple disciplines, along with offering technological solutions in sectors such as astronomy, defense, and mining.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INNOVACIÓN

PROBLEMA

La disponibilidad de las palas mineras es un factor relevante para los procesos de extracción y carguío. Durante la operación se somete a esfuerzos importantes a todo el equipo y sus partes, ya que llegan a cargar varias toneladas de material.

Si una pala falla, impacta directamente en toda la cadena productiva. Mantenerlas en buen estado es crítico para el proceso productivo minero, por tanto, su disponibilidad tiene una alta prioridad. Considerando esta realidad, BHP vio la necesidad de aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las palas, es decir, aumentar el tiempo promedio entre fallas de estas para una de las operaciones de Pampa Norte.

Los daños que se producen en las palas son provocados por diversas situaciones, y algunas de ellas, están directamente relacionadas con la falta de información y su modo de operación, como por ejemplo, la extensión desmedida del balde vacío de la pala, la retracción exagerada del mango, el exceso de cargas laterales sobre el balde, producto de operaciones de excavación y giro simultáneo, que conducen a la pérdida del paralelismo de los brazos del mango. Es decir, forzar el balde y brazo de la pala con movimientos que salen fuera del rango promedio de extensión y carga de operación. Esto se produce cuando el operador no cuenta con la información en línea que le permita visualizar lo que ocurre y evitar a tiempo esas maniobras forzadas.

En el año 2012, BHP tomó contacto con AXYS para que participaran en el Programa de Proveedores de Clase Mundial con el objetivo de que hicieran un diagnóstico y desarrollaran una solución que extendiera la continuidad operacional de las palas en Cerro Colorado. Con sólo mejorar la disponibilidad de la pala en 1% se podía considerar el desarrollo como exitoso.



Fotografía Codelco Chile

DESCRIPTION AND CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION

PROBLEM

The availability of mining power shovels is an important factor for extraction and loading processes. During the operation, pieces of equipment and their parts are submitted to significant forces given they end up loading several tonnes of material.

If a power shovel malfunctions, this has a direct impact on the entire productive chain. Maintaining them in good condition is critical for the mining productive process, and, thus, their availability has high priority. Based on this reality, BHP observed the need of increasing reliability and availability of power shovels, meaning increase the average time between malfunctions for one of the operations in Pampa Norte.

Damages occurring in the power shovels are caused by various situations, and some of them are directly linked to the lack of information and modus operandi, such as the disproportionate extension of the empty bucket of the shovel, the excessive retraction of the dipper stick, the excess of lateral loads on the bucket, as a result of digging operations and simultaneous rotation, which lead to the loss of parallelism of the arms of the dipper stick. This implies forcing the bucket and arm of the shovel with movements that are outside of the average range of extension and load of operation. This occurs when the operator does not have on-line information allowing him to visualize what is happening and avoiding these forced maneuvers in a timely manner.

In 2012, BHP contacted AXYS inviting them to participate in the World Class Suppliers Program, so they could conduct a diagnostic assessment and develop a solution that would extend the operational continuity of the power shovels at Cerro Colorado. The development could be considered a success even if it only improves availability of the power shovel by just 1%.



SOLUCIÓN

El funcionamiento del Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas y Frente de Carguío de AXYS se basa en observar, recolectar y procesar en tiempo real, mediante sensores, lo que hace la pala y los esfuerzos que ésta realiza durante la operación. A través de la aplicación de modelos matemáticos y reglas en tiempo real, determina y valida, en cada punto de operación los consumos de energía y esfuerzos de la máquina, así como las desviaciones de buenas prácticas operacionales. La plataforma fue diseñada para que cada pala incorpore un computador que se encargue de capturar y analizar su operación y situaciones anómalas, lo que permite no depender de un sistema central para su correcta operación.

Esta solución consiste en una plataforma de hardware y otra de software. La primera está compuesta por concentradores de datos, sensores, un computador a bordo de la

pala, una pantalla en la cabina del operador y cámaras. La segunda, en tanto, captura, procesa, analiza y modela el movimiento y esfuerzos de la pala para evaluar en tiempo real las acciones y tipos de maniobras que realiza el operador. Esta solución es ofrecida por AXYS bajo la modalidad de licencia de uso anual. Tiene la capacidad de entregar información directa y comprensiva al operador para ayudarlo a mejorar el uso de la pala, reducir fallas y extender su disponibilidad. Adicionalmente, la información generada se puede centralizar para entregar más antecedentes del tipo y características de las operaciones realizadas, así como del estado de los componentes de la pala y dar apoyo al mantenimiento de ellas. La solución de AXYS, además, permite a los instructores de pala recabar información de la forma en que un operador la usa y entrenar de manera más específica su correcta operación.



Con la información de los múltiples sensores es posible analizar y comparar la operación de la máquina bajo ciertas condiciones que sean las adecuadas para funcionar sin causar daño. En caso que alguna operación de la pala salga de los límites normales de operación, o que presente riesgos para ella, el sistema entrega avisos específicos al operador.

Hasta el momento, esta solución tiene la particularidad de poder ser utilizada transversalmente por cualquiera de las marcas de palas mineras o por operaciones con marcas y modelos combinados, a diferencia del resto de las soluciones existentes en el mercado que son específicas para cada marca y modelo de pala.

SOLUTION

The operation of the Integrated Monitoring And Control System of the Power Shovels and loading front of AXYS is based on observing, collecting, and processing what the power shovel does in real time through sensors, and the forces exerted by the shovel during the operation. Using the application of mathematical models and rules in real time, it determines and validates the consumption of energy and forces of the machine at each point of operation, as well as the deviations from good operational practices. The platform was designed in such a manner each power shovel would incorporate a computer tasked with capturing and analyzing its operation and abnormal situations, which makes it possible to not depend on a central system for it to operate properly.

This solution consists of a hardware platform and a software platform. The hardware platform is comprised of data concentrators, sensors, a computer aboard the power shovel, a screen in the operator's cabin, and cameras. The software platform captures, processes, analyzes, and models the movement and forces of the power shovel to be able to evaluate the actions and types of maneuvers performed by the operator in real time. This solution is offered by AXYS under the modality of an annual user license. It can provide direct and comprehensive information to the operator to help him use the power shovel better, cut down on malfunctions, and prolong its availability. In addition, the information generated can be centralized to provide more information on the type and characteristics of the executed operations, as well as the status of the components of the power shovel, and to provide support in the maintenance of these. AXYS' solution also enables power shovel instructors to gather information on the manner by means of the operator uses the shovel, and train more specifically regarding proper operation.

With information obtained from multiple sensors, it is possible to analyze and compare the operation of the machine under certain conditions which are appropriate for operating without causing damage. In the event of an operation of the power shovel going outside of the normal limits of operation, or presenting risks for the operation, the system delivers specific warnings to the operator.

To date, this solution has the feature of being able to be used in a cross-cutting manner by any of the brands of mining power shovels or by operations with combined brands and models, which sets it apart from the rest of the solutions existing on the market which are specific for each brand and model of the shovel.

PROCESO DE INNOVACIÓN - FACILITADORES Y BARRERAS

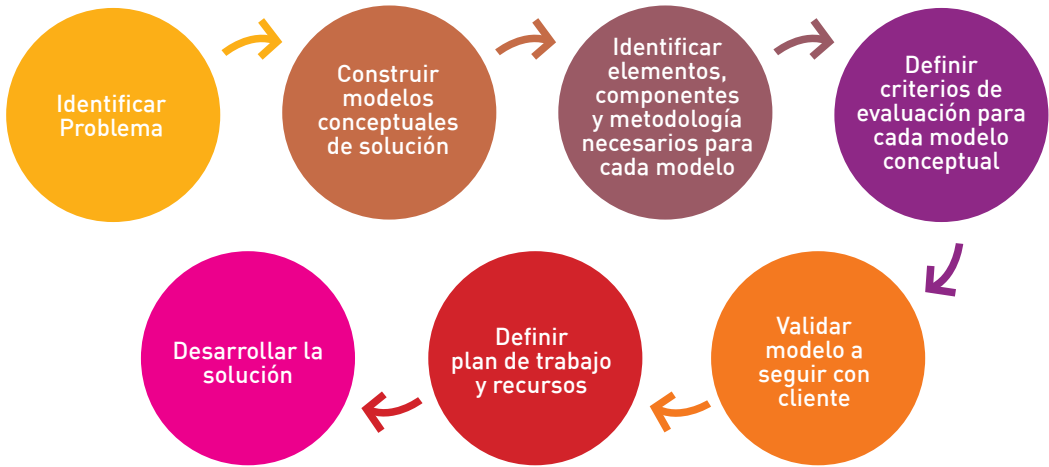
Para abordar nuevas oportunidades de desarrollo, AXYS ha adoptado para su aplicación una metodología de innovación basada en la Teoría y Técnica para Resolver Problemas de Invención, mejor conocida como TRIZ por sus siglas en ruso.

Su método comienza con la conformación de un equipo multidisciplinario que identifica el problema y realiza un primer diagnóstico de la situación. Luego, se proponen y analizan uno o más modelos conceptuales de solución que puedan resolver directamente el problema. En cada uno se identifican los elementos, componentes y aproximaciones necesarios para abordarlo. Posteriormente, se definen criterios de evaluación para cada modelo y sus parámetros. Luego se valida junto con el cliente el modelo más adecuado. Con estos antecedentes se define un plan de trabajo y los recursos necesarios para desarrollar la solución. Para el caso particular del Sistema Integrado de Monitoreo y Control de Palas este proceso comenzó el año 2012.

Primero se construyó un modelo funcional de laboratorio, compuesto por una pala mecánica a escala que replicó todos los movimientos y límites mecánicos de operación de una pala minera. Luego, se desarrolló un prototipo de automatización y control con un panel digital para guiar la toma de decisiones del operador de pala, cuya información también fue recibida y monitoreada por una central. Finalmente, se adaptó el prototipo a una plataforma que operaba con distintas marcas de palas.

Dentro de la etapa de desarrollo se hicieron todos los modelamientos para identificar y validar las mediciones de los sensores en la máquina. De acuerdo a la información levantada por AXYS, una pala minera viene desde fábrica con cientos y hasta miles de sensores, los cuales estudiaron en detalle para identificar lo que se podía medir y lo que faltaba, de modo de alimentar adecuadamente los modelos que representaban el comportamiento físico y funcional de ésta.

METODOLOGÍA TRIZ



INNOVATION PROCESS -FACILITATORS AND BARRIERS

To address new development opportunities, AXYS has adopted an innovation methodology for its application based on the Theory and Technique for Resolving Invention Problems, better known as TRIZ for its initials in Russian.

Its method begins with the formation of a multidisciplinary team capable of identifying the problem and conducts the first diagnostic assessment of the situation. Further, one or more conceptual models of the solution are proposed and analyzed, which could directly resolve the problem. In each one, the elements, components, and approaches necessary for addressing it are identified. After this, assessment criteria are defined for each model, along with their parameters. Then, the most appropriate model is validated together with the client. A work plan is defined using this information, as well as the resources needed for developing the solution. In the specific case of the Shovel Integrated Monitoring and Control System, this process began in 2012.

For the development of this system, first a functional laboratory model was built, including a scale-sized power shovel which reproduced all the movements and mechanical limitations of operation of a mining shovel. Next, an automation and control prototype were developed with a digital panel for guiding the decision-making of the operator of the power shovel, which information was received and monitored by a central control. Lastly, the prototype was adapted to a platform operating with different brands of power shovels.

All the modeling was executed during the development phase to identify and validate the measurements of the machine's sensors. According to the information gathered by AXYS, a mining shovel comes manufactured with hundreds and even thousands of sensors, which they studied in detail to identify what could be measured and what was missing, to properly feed the models representing the physical and functional behavior

Los modelamientos alcanzaron tal nivel de detalle que les permitió entender la forma de operar y evaluar los esfuerzos de la pala. Incluso, a través del proceso y correlación en tiempo real de variables de operación de la pala, pudieron estimar la calidad de la trocadura en el frente de carga, algo que no se había podido evaluar tan directamente. Este proceso de desarrollo concluyó a mediados del año 2013 y los resultados de las pruebas realizadas finalizaron a comienzos del 2014.

El Programa de Proveedores de Clase Mundial gatilló la posibilidad de desarrollar innovaciones tecnológicas para la industria minera. En particular hubo varios elementos que capturaron el interés de AXYS y permitieron su desarrollo tecnológico en esta industria.

El primer aspecto tuvo relación con que una compañía minera como BHP tomó contacto con la empresa para invitarlos a participar en desafíos de innovación. En segundo lugar, que la compañía minera haya explicado su problema sin condicionar la forma en que debía ser resuelto. Esto les permitió actuar con mayor libertad al momento de construir una solución adecuada. Incluso en AXYS pudieron capacitarse en la metodología TRIZ y aplicarla

para proponer una forma más efectiva de resolver el problema de su cliente. Además, al interior de la minera se generó un equipo multidisciplinario (operaciones y abastecimiento) que acompañó a AXYS en el proceso de desarrollo de su innovación. Esto permitió que desde la compañía minera hubiese una organización interna ocupada por asegurar el avance y cumplimiento de los resultados esperados, la que a su vez colaboraba con AXYS para resolver y facilitar las coordinaciones operacionales necesarias.

Junto a este impulso liderado por BHP, la participación del sector público contribuyó al desarrollo exitoso de la plataforma creada por AXYS. La invitación de CORFO a participar en el Programa de Alta Tecnología —hoy Programa de Innovación Empresarial de Alta Tecnología— financió parte del desarrollo de la solución. La iniciativa de la CORFO consiste en apoyar la generación de soluciones innovadoras a desafíos productivos complejos, a través de investigación y desarrollo de tecnología de punta con llegada al mercado.

Más organizaciones públicas, como el Ministerio de Economía y Minería, y privadas, como asociaciones gremiales de compañías mineras y de proveedores, han tomado una mayor



of the shovel. The modeling reached such a level of detail that it enabled understanding the mode of operation and evaluating the forces of the shovel. What is more, through the processing and correlation of the operation variables of the shovel in real time, they could estimate the quality of blasting at the front of the load, which is something that was not able to be evaluated so directly. This development process ended in the middle of 2013 and the results of the tests performed were finalized at the beginning of 2014.

The World Class Suppliers Program triggered the possibility of developing technological innovations for the mining industry. Specifically, there were various elements that caught the interest of AXYS and allowed for technological development in this industry.

The first aspect was related with the fact that a mining company such as BHP contacted the company to invite them to participate in innovation challenges. Secondly, the mining company explained their problem without demanding conditions on the way in which it had to be resolved. This allowed them to act with greater freedom when building an appropriate solution. Even at AXYS they were able to train

in the TRIZ methodology and apply it to propose a more effective way of resolving their client's problem. Furthermore, a multidisciplinary team (operations and supply) was created within the mine which lent support to AXYS in the development process of their innovation. This allowed for there to be internal organization in the mining company concerned with ensuring advances and fulfillment of the expected results, which also partnered with AXYS to resolve and facilitate essential operational coordination.

Along with this boost led by BHP, participation from the public sector contributed to the successful development of the platform created by AXYS. CORFO's invitation to participate in the High Technology Program, currently the Corporate Innovation Program of High Technology, funded part of the development of the solution. The initiative CORFO, consists of supporting the generation of innovative solutions to complex productive challenges through research and development of cutting-edge technology able to reach the market.

Other public agencies, such as the Ministry of Economy and Ministry of Mining, and private organizations, such as trade associations of mining companies and suppliers, have become more aware of and



conciencia y convicción de promover el desarrollo de la industria minera a través de la ampliación de la matriz productiva nacional, agregando valor y realizando iniciativas que promuevan la materialización y la creación de nuevas soluciones.

En la medida que haya más compañías mineras en Chile que se sumen a esta visión de la industria se abrirán las puertas para nuevos desarrollos y soluciones. Sin embargo, debido a la magnitud de las inversiones de capital en maquinaria, las compañías mineras son adversas a probar soluciones en operaciones que puedan generar fallas o detenciones al

proceso productivo. Es por esta razón que las soluciones de mayor preferencia para las compañías mineras son aquellas que han sido exitosamente probadas en otras operaciones, ojalá internacionales, y por un periodo de tiempo superior a tres años.

Esta realidad constituye una barrera importante para el desarrollo de soluciones innovadoras más radicales, es decir, que agreguen mayores eficiencias en un menor tiempo de prueba. Adicionalmente, el resto de las operaciones mineras con las que AXYS había interactuado no contaban con una estructura y cultura que promoviera, facilitara



y acompañara los procesos de innovación. Esto hizo más difícil adaptar la solución y que las demás mineras las adoptasen, ya que no existían los incentivos para que los trabajadores de las operaciones identificaran problemas y buscasen nuevas soluciones. Los incentivos han estado puestos en disminuir la variabilidad y riesgo a corto plazo del desempeño productivo y no en innovar con resultados en el mediano y largo plazo.

Un tercer desafío que AXYS enfrentó con su solución de monitoreo y control de palas, tuvo relación con los operadores. Esta plataforma, al levantar información tan detallada

generated a firmer belief in promoting the development of the mining industry through the expansion of the domestic productive matrix, thereby adding value and carrying out initiatives that encourage the solidification and creation of new solutions.

The more mining companies there are in Chile joining this vision of the industry, the more doors will open to new developments and solutions. However, due to the magnitude of the capital investments in machinery, mining companies are averse to testing out solutions in operations that could produce malfunctions or stoppages of the productive process. Therefore, the solutions preferred more by the mining companies are those that have been tested out successfully in other operations, preferably internationally, and for a period greater than three years.

This reality constitutes a significant obstacle to the development of more radical innovative solutions, meaning which add greater efficiency in less testing time. Furthermore, the rest of the mining operations with which AXYS has been involved did not have a structure and culture that promoted, facilitated, and supported innovation processes. This made it more difficult to adapt the solution and for the other mines to adopt it, given there were no incentives for the workers in the operations to identify problems and seek out new solutions. Incentives have been placed on reducing variability and risk over the short term of productive performance, and not on innovating with medium-term and long-term results.

A third challenge faced by AXYS with their monitoring and control solution of shovels had to do with the operators. In gathering such detailed information regarding the way in which the machine is used by

AXYS incorporó en el Sistema Integrado de Monitoreo cámaras de video que muestran en tiempo real lo que sucede permitiendo al operador manejar la pala de mejor manera.

de la forma en que la máquina es utilizada por ellos, debió considerar también la percepción y feedback de los operadores. Esta situación los llevó a ampliar su atención en entender los problemas de estos trabajadores y proponer soluciones que fortalecieran los beneficios de este sistema. Una de las principales preocupaciones de los operadores era que la pala fallara bajo su operación. Y una de las variables que podía indicar un problema general de la pala tenía relación con el cable que sostiene y mueve el balde. Cuando el cable se estira mucho, el operador tiende a frenar el brazo o, si ve que está muy suelto, lo recoge para mantenerlo más tenso, lo que puede producir un desenrollamiento y enredo de los cables. Ambas acciones fuer-

zan el comportamiento del cable tanto en su extensión como en el proceso de enrollado el que, producto de estos movimientos, puede llegar a cortarse. Y todo esto ocurre a casi 10 metros debajo de la cabina, lo que no permite al operador tener un mejor entendimiento de lo que está ocurriendo con el cable. Para dar solución a esto, AXYS incorporó en el Sistema Integrado de Monitoreo cámaras de video que muestran en tiempo real lo que sucede. Esto permite al operador manejar la pala de mejor manera, transmitiéndole mayor tranquilidad en la operación. De no haber considerado la preocupación de los trabajadores, es muy probable que el sistema no hubiese sido utilizado y adoptado por ellos.



operators, this platform should have also considered their perception and feedback. This situation led them to expand their focus in understanding the problems of these workers and proposing solutions that would increase the benefits of this system. One of the primary concerns of the operators was that the shovel would malfunction while they were operating it. And one of the variables that could indicate a general problem with the shovel had to do with the cable sustaining and moving the bucket. When the cable tightens in excess, the operator tends to brake the arm, or if he observes it is too loose, he tightens it to keep it tenser, which can cause unrolling and tangling of the cables. Both actions strain

the behavior of the cable in its extension and in the rolling process, which, due to these movements, could end up being cut. Additionally, if all of this occurs 10 meters underneath the cabin, it does not allow the operator to have a greater understanding of what is happening with the cable. To provide a solution for this, AXYS incorporated video cameras in the Integrated Monitoring System showing what is happening in real time. This allows the operator to better manage the shovel, thereby allowing him to be much calmer in the operation. If the concerns of the workers had not been taken into consideration, it is very likely the system would not have been used and adopted by them.

CREACIÓN DE VALOR

Parte fundamental de la selección del modelo conceptual y desarrollo de la solución de AXYS consideró establecer ciertos indicadores de desempeño. La idea era dar cuenta que el problema declarado por la compañía minera fue resuelto y produjo mejoras y beneficios específicos.

Para esto, AXYS y BHP establecieron en conjunto dos variables de mejora con sus respectivos resultados esperados. La primera fue la disponibilidad operativa de las palas, cuyo resultado esperado se fijó en aumentar 1% la disponibilidad general de la pala. De acuerdo a las estimaciones realizadas en el Informe de Productividad de la Gran Minería del Cobre el año 2017, el promedio nacional de tiempo disponible de la pala alcanza 18,5 horas de un total de 24 horas. De esta forma, la estimación de AXYS es que el aumento establecido como meta significa 11 minutos más de operación. De acuerdo a las mediciones realizadas por AXYS, se observó un aumento de disponibilidad general de la pala.

La segunda variable definida fue la cantidad de avisos de alarma registrados en la pala por la plataforma de AXYS. El resultado esperado para este caso fue disminuir en un 3% el número de alertas. El objetivo era mejorar efectivamente la forma de operar la pala, lo que se traduciría en menos fallas y, por tanto, mayor disponibilidad de ésta. El resultado obtenido por AXYS durante los primeros 6 meses de prueba arrojó una disminución de los avisos de alarma. Para BHP, contar con información histórica de la operación de las palas y sus alarmas, le permitió hacer una mejor gestión sobre éstas y determinar con más detalle potenciales daños y acciones para remediarlos y prevenirlos.



Fotografía Codelco Chile

VALUE CREATION

A fundamental part of the selection of the conceptual model and development of the solution of AXYS considered the establishment of certain performance indicators. The idea was to inform that the problem declared by the mining company had been resolved and improvements and specific benefits had been produced.

To do this, AXYS and BHP jointly defined two improvement variables with their respective expected results. The first variable was the operational availability of the shovels, and the expected result for this was to increase overall availability of the shovel by 1%. According to the estimates carried out in the Productivity Report of the Large-Scale Copper Industry in 2017, the national average of available time of the shovel reaches up to 18.5 hours out of a total of 24 hours. As such, AXYS' estimate is that the increase set as the goal represents 11 additional minutes of operation. According to the measurements performed by AXYS, an increase was observed in overall availability of the shovel.

The second defined variable was the quantity of alarm warnings recorded in the shovel by the platform of AXYS. The expected result for this was to reduce the number of warnings by 3%. The objective was to effectively improve the way of operating the shovel, which translated into less malfunctions and, thus, greater availability of the shovel. The result obtained by AXYS during the first 6 months of testing revealed a decrease in the alarm warnings. Having historic information on the operation of the shovels and alarms allowed BHP to wield better management over them and determine potential damages and actions to remedy or prevent these in greater detail.



La propuesta de valor de AXYS busca disminuir las detenciones no programadas por fallas de las palas en el corto plazo, con el fin de extender su vida útil. Esto se logra al señalar al operador de la pala la forma adecuada de manejarla. Adicionalmente, la solución se diseñó y construyó modularmente, y es compatible con distintos modelos y marcas de pala, como por ejemplo, P&H, Caterpillar y TZ Mining de procedencia china.

La creación de valor de esta plataforma se centra en tres factores relevantes. El primero es el aumento de disponibilidad de la pala. El segundo, la reducción de costos operacionales y de mantenimiento, ya que el sistema permite obtener información relevante y precisa de la operación y del estado de los

componentes para realizar las mantenciones en el momento adecuado, como también mejorar y retroalimentar a los operadores de la forma de uso que le están dando al equipo. El tercer factor es la prevención de la caída de pérdidas de Ground Engaging Tools (GET). Los GET son las herramientas que van alrededor de la pala y que se pueden desprender, como dientes, pasadores y adaptadores. Lo que se busca es estar informados en caso de desprendimientos para evitar que estos elementos pasen a chancado o molienda y, de ese modo, no afecten la continuidad operacional del proceso.

Si bien el segmento de mercado inicial de esta solución son las operaciones mineras, un hallazgo de AXYS es que la operación y man-



tenimiento de estas máquinas en algunos casos son delegadas a un proveedor minero, y por lo tanto, un potencial nuevo mercado para AXYS. Estos proveedores tienen la necesidad de garantizar la disponibilidad y continuidad operacional eficiente de la pala. Estimaciones realizadas por la empresa indican que en el mundo, al año 2017, hay más de 1700 palas de este tipo y en Chile más de 90.

AXYS ofrece una solución innovadora porque genera una mejora medible y demostrable en la operación de las palas. Además de desarrollar e implementar una solución tecnológica eficiente para una compañía minera internacional.

AXYS' value proposition seeks to reduce unplanned stoppages due to malfunctions of the shovels over the short term, to extend their useful life. This is achieved by indicating the best way to manage the shovel to its operator. Furthermore, the solution was designed and built modularly and is compatible with different models and brands of shovels, such as P&H, Caterpillar, and TZ Mining of Chinese origin.

The creation of value of this platform is focused on three relevant factors. The first is the increase in availability of the shovel. The second is the reduction of operating and maintenance costs given that the system allows for relevant and precise information to be obtained on the operation and the status of the components for performing maintenance at the appropriate time, as well as improving and providing feedback to the operators on the method of use they exhibit with the equipment. The third factor is the prevention of the fall of losses of Ground Engaging Tools (GET). The GET are the tools that go around the shovel and that can be detached, such as teeth, bolts and adapters. The aim is to be well-informed in the event of detachments so as to avoid sending these elements to crushing or milling, and ensure this does not affect the operational continuity of the process.

Even though the initial marketing segment of this solution was mining operations, one of AXYS' findings is that the operation and maintenance of these machines in some cases is delegated to a mining supplier, which is a potential new market for AXYS. These suppliers must guarantee availability and efficient operational continuity of the shovel. Estimates performed by the company indicate that, globally, in 2017, there were more than 1,700 of this kind of shovel, and over 90 in Chile.

AXYS offers an innovation solution because it generates a measurable and demonstrable improvement in the operation of shovels. It also develops and implements an efficient technological solution for an international mining company.

APRENDIZAJES

Uno de los aprendizajes que AXYS destaca es que es posible innovar en compañías mineras cuando hay un foco en la organización, un modelo que lo soporta y una cultura que promueve declarar problemas y buscar soluciones.

Hay que considerar que inicialmente este proyecto se materializó como un desarrollo específico para BHP. Actualmente, el modelo de comercialización de AXYS está bajo licenciamiento anual de uso y, de esta forma, da sostenibilidad a la plataforma y el negocio en el tiempo.

Además de considerar los problemas productivos expresados por la Gerencia de Minas, AXYS entendió que los operadores de palas jugaban un rol clave en el uso y adopción de su solución. De este modo tuvieron la flexibilidad de incorporar en su modelo de innovación la participación de los usuarios finales de la solución. En este caso, haber prestado atención a los actores claves involucrados facilitó su utilización en la operación minera.

AXYS indagó qué instituciones académicas, nacionales e internacionales, habían hecho investigación aplicada en torno a las palas. Se encontraron con múltiples publicaciones y trabajos de ingenieros en Canadá relacionados con temas mecánicos, hidráulicos, modelos matemáticos y de productividad, que fueron realizados en faenas con máquinas en operación. Esto les mostró que hay un espacio de crecimiento y mejora en la conexión entre la academia y la industria nacional, desde la investigación aplicada hasta el desarrollo conjunto de soluciones.



LEARNINGS

One of the lessons highlighted by AXYS is that it is possible to innovate in mining companies when there is a focus on organization, a model that supports this, and a culture that encourages problems to be declared and solutions to be sought.

It must be taken into consideration that this project was brought to life as a specific development for BHP. Currently, AXYS' marketing model is under annual user licensing, and, as such, grants sustainability to the platform and the business over time.

Along with considering the productive problems expressed by Mining Management, AXYS understood that the shovel operators played a fundamental role in the use and adoption of their solution. As such, they had the flexibility of incorporating participation of the end users of the solution into their innovation model. In this case, having paid attention to the key actors involved facilitated use in the mining operation.

AXYS did research on which academic institutions, both national and international, had conducted applied research on shovels. They came across multiple publications and engineering works from Canada related to mechanical and hydraulic issues, mathematical models, and productivity, which were conducted on activities with machinery in operation. This showed them there is room for growth and improvement in the link between academia and the domestic industry, ranging from applied research to the joint development of solutions.

La mayoría del equipamiento y tecnología minera se adquiere de países mineros extranjeros. AXYS aprovechó una oportunidad específica para agregar valor a la industria desde Chile, con la capacidad de funcionar internacionalmente con las principales marcas y modelos de palas.

Un problema que suele ocurrir con empresas chilenas innovadoras en minería es que se hace muy costoso y difícil probar sus soluciones a escala industrial. Acceder a espacios o centros de pilotaje minero por cierta cantidad de tiempo para probar una solución ayudaría a romper las dificultades de no poder validar soluciones a escala industrial. Así, se podrían generar mecanismos que mostraran los resultados positivos de los desarrollos y garantizaran la efectividad de las soluciones. Parte de estos problemas son los que se espera resolver con el Programa de Fortalecimiento de Capacidades en Pilotaje y Validación de Tecnologías para la Minería impulsado por CORFO.

Uno de los elementos clave para aumentar el éxito de una solución innovadora en minería es nacer de un problema o desafío real de

una operación. AXYS tuvo la oportunidad de participar en el Programa de Proveedores de Clase Mundial, donde BHP planteó su necesidad. De acuerdo a lo expresado por AXYS, no se habrían sentido atraídos a trabajar en la industria minera sin una iniciativa como la impulsada por BHP.

Siendo Chile uno de los principales productores mineros del mundo, la mayoría del equipamiento y tecnología se adquiere de países mineros como Canadá, Estados Unidos, Australia, entre otros. AXYS aprovechó una oportunidad específica para agregar valor a la industria desde Chile: diseñó, construyó e implementó una solución modular, adaptable y pionera en su tipo con la capacidad de funcionar internacionalmente con las principales marcas y modelos de pala disponibles.



One problem that typically occurs with innovative Chilean companies in mining is that it becomes very expensive and difficult to test out their solutions at an industrial scale. Having access to spaces or centers for mining pilot tests for a certain amount of time to test the solution would help to remedy the difficulties of not being able to validate solutions at the industry level. Thus, mechanisms could be generated that would demonstrate the positive results of the developments and guarantee the effectiveness of the solutions. Some of these problems are hoped to be resolved with the Program for Strengthening Capacities in Pilot Tests and Validation of Technologies for Mining, spearheaded by CORFO.

One of the key elements for increasing the success of a groundbreaking solution in mining is when it is born out of a real problem or challenge pertaining to operation. AXYS had the opportunity to participate in the World Class Suppliers Program where BHP presented their need. According to what has been expressed by AXYS, they would not have felt drawn to work in the mining industry without an initiative such as the one led by BHP.

Chile is one of the primary mining producers in the world and they purchase most equipment and technology from mining countries such as Canada, the United States, Australia, and others. AXYS capitalized on a specific opportunity to add value to the industry from Chile: they designed, built, and implemented a modular, adaptable, cutting-edge solution of its kind, with the capability of functioning internationally with the primary brands and models of available shovels.