

» El incremento de la productividad y el fortalecimiento de la seguridad representan unas de las principales ventajas de la automatización en la industria minera.

» El futuro del sector apunta a que la actividad sea cada vez más automatizada. Para implementar estas estrategias y cosechar sus frutos, es necesario generar una cultura organizacional que conciba esta alternativa como el eje rector de sus procesos. Un convencimiento y una decisión que debe nacer y ser internalizada por cada compañía.

» La incorporación de tecnología, pasar de una operación manual a una automática, implica una mayor especialización de los trabajadores, como también una oportunidad para el desarrollo de sus competencias.

## AUTOMATIZACIÓN EN MINERÍA

# El futuro es ahora

**Alejandro Pavez V.**

PERIODISTA CONSTRUCCIÓN MINERA

**L**A ACTIVIDAD minera es una de las más antiguas del mundo, qué duda cabe. Su desarrollo se ha forjado paralelamente junto con la historia y la evolución cognitiva del ser humano, en una continuidad que hoy pareciera traspasar los límites de la misma Tierra, mirando las estrellas. No obstante, más allá de eso, lo cierto es que la minería pasó de ser un proceso centrado netamente en el trabajo físico, a una industria intensiva en el uso de grandes máquinas, que hoy se abre paso a la aplicación más concreta del conocimiento y la tecnología. ¿El fin? Mejorar los índices de productividad y seguridad de las faenas y ser cada vez más amigables con su entorno.

El avance tecnológico, especialmente el relacionado con la comunicación, generó un punto de inflexión en cómo se estaban gestando las diversas dinámicas de la producción minera. El acceso a estas tecnologías facilitó la inclusión de nuevas formas de producción, mucho más específicas, eficientes y seguras. La mirada a otras industrias, permitió, a su vez, introducir otros conceptos como el de automatización, que comenzaron a incidir en el desarrollo de los procesos productivos.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de automatización? En términos generales, indica Manuel Duarte del Depto. de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile y Jefe del Grupo Automatización en Minería del Advanced Mining Technology Center (AMTC), "el concepto de control automático surge en contraposición a los controles manuales, que se usaron desde un comienzo en la industria y durante mucho tiempo. Los avances en la teoría y aplicaciones del control automático, dieron paso al concepto de automatización, el que incluye al control automático en todas sus manifestaciones (desde las clásicas hasta las avanzadas), pero que además incorpora disciplinas tales como instru-



**"El objetivo de cada cliente es extraer el producto desde su mina de la manera más segura, eficiente y rentable posible. Las soluciones automatizadas de minería e innovaciones de software asociadas, son esenciales para la optimización de estos objetivos, ya sea en una operación minera a pequeña o gran escala", indican desde Sandvik.**

## Iniciativas en Codelco

Dentro de la estrategia "Codelco Digital", la empresa donde la automatización cumple un rol protagónico, se ha posibilitado innovar en los procesos productivos con la aplicación de tecnologías, permitiendo desarrollar una minería "más eficiente". Entre sus variadas iniciativas destacan, el Programa de Automatización de Plantas Concentradoras de alcance corporativo, que se ha desarrollado para las divisiones Chuquibambilla, Ministro Hales, Salvador, Andina y El Teniente, "que ha permitido alcanzar altos estándares de automatización de estas plantas", señalan en la Corporación. También destaca la Transferencia de Mejores Prácticas Información Geológica, de alcance corporativo, que les ha permitido estandarizar y automatizar las tecnologías de captura, almacenamiento, acceso y manejo de la información de geología. Este sistema permite disponer de una plataforma para la administración de información geológica de las divisiones, garantizando, según explican, la trazabilidad y auditabilidad de la información básica para la estimación de los Recursos Minerales y Reservas de la minera estatal. A ello se suma la Teleoperación de Actividades de Alto Riesgo en Desarrollo Subterráneo, en la División Andina. Este año se concretó el primer prototipo funcional para el Sistema de Reconocimiento Robótico Tele-asistido, que considera la implementación de un robot para el reconocimiento de colgaduras de rocas en la mina subterránea, un robot de comunicaciones y un sistema de telecomando.

mentación y sensores, sistemas digitales y computadores, inteligencia artificial, procesamiento de señales y software, robótica y electrónica, además de una serie de otras disciplinas de reciente aparición".

Automatización, por tanto, correspondería a la conversión de un proceso, procedimiento o equipo, a una operación que se realiza sin la intervención del ser humano. En el caso particular del sector minero, existen diversas aplicaciones en distintos niveles. Procesos donde se coordina automáticamente la operación de varios equipos o procedimientos de análisis de información en tiempo real, que permiten mejorar la toma de decisiones y también automatizar la generación de reportes. "El concepto fundamental que está detrás de la automatización es el control de procesos, que es la regulación o manipulación de variables que influyen en la conducta de un proceso, de forma tal de obtener un producto en la cantidad y calidad deseada, de una manera eficiente. La automatización que permite realizar el control de los procesos con la mínima intervención de las personas, tiene como objetivo global lograr el máximo beneficio económico de estos, teniendo en cuenta a todas las



## Experiencia en Anglo American

Anglo American plc (a nivel global) con todas sus unidades de negocio, y en particular la unidad de negocios Cobre basada en Chile, ha definido una estrategia de desarrollo para el control y automatización de sus procesos, contando con un estándar técnico que es transversal a todas las operaciones. “En su visión de futuro la automatización juega un rol fundamental, y ha establecido un ‘roadmap’ en este ámbito, así como en las otras disciplinas del negocio para alcanzarla”, cuenta Romero. Dentro de sus iniciativas ya implementadas o en desarrollo, se pueden indicar, por ejemplo, para la mina: sistemas de despacho de camiones, GPS de alta precisión, monitoreo geomecánico, sistemas anticolidión; y para las plantas de procesamiento de minerales (incluyendo fundiciones y refinerías): instrumentación para análisis elemental y mineralógico en línea, visión artificial para medición en línea de granulometría en coqueas y características de espuma de flotación, tecnología no intrusiva de sensores para diversas variables basada en láser, ultrasonido y radar, buses de campo digitales de alta velocidad, sistemas de control (DCS o PLC), control avanzado (sistemas expertos, control predictivo basado en modelos, etc.), bases de datos en tiempo real; automatización de chancadores y de puentes grúa para cosecha de cátodos, y máquinas de cátodos robotizadas. Además, “se está participando en conjunto con varios centros de investigación en diversas iniciativas I+D en el ámbito de la automatización”, puntualiza su gerente de Control de Procesos.

partes interesadas”, explica Fernando Romero, gerente de Control de Procesos de Anglo American.

### OBJETIVOS

Desde una perspectiva práctica, la incorporación de tecnología tendría que facilitar los procesos en cualquier industria. El objeto de ello es acelerar los procedimientos y elevar los estándares de calidad y seguridad, incidiendo directamente en los costos de la producción. La industria minera no es la excepción. Como ya se ha esbozado, la aplicación de estrategias de automatización en minería apunta a la posibilidad de producir minerales de manera competitiva para los mercados internacionales, a la vez de minimizar los efectos sobre el medioambiente. “Las principales razones de su aplicación corresponden generalmente al incremento de productividad, pero sin duda también permite mejorar significativamente las condiciones de trabajo de la minería, generando ambientes más seguros y de mejor calidad de vida. Un ejemplo, es la operación telemandada desde el valle de un equipo en interior mina”, señala Marco Orellana, gerente TICA de Codelco. En lo es-

pecífico, estas estrategias apuntarían a facilitar “la disminución de los costos de producción del metal, la mantención constante de la calidad del producto final, la minimización del consumo energético e hídrico, la minimización del impacto ambiental del proceso productivo y la reducción de accidentes del trabajo del personal”, agrega Manuel Duarte del AMTC.

De lo que se ha hablado hasta ahora, dice relación con la productividad y seguridad; no obstante, ¿en qué se manifiestan concretamente los beneficios de la automatización? A juicio de Fernando Romero, la principal ventaja de esta estrategia tiene que ver con hacer viable el control de cualquier proceso industrial de una manera segura y eficiente. Y es que “existen procesos que por su naturaleza son de difícil control para el ser humano, por ejemplo: es necesario controlar muchas variables a la vez, existen algunas que cambian a una velocidad mayor a la que es capaz de actuar el ser humano, las relaciones entre las variables de entrada (manipuladas) y salida (controladas) del sistema son complejas, el ambiente de trabajo para el operador es muy riesgoso, se requiere de una muy alta precisión en las acciones, etc. De hecho existen procesos que no se podrían controlar, y por lo tanto generar los resultados esperados, si no se hace de una manera automatizada”. De este modo, indica, Cleve Lightfoot, gerente de tecnología de BHP Billiton, división Cobre, las ventajas principales se traducirían en “la mejor estabilidad de la operación, un cambio cuántico en la productividad, y costos operacionales más bajos”.

Lo anterior se manifestaría en “reducción de costos de producción, aumento de la calidad del producto, mantención constante de la calidad, monitoreo, análisis y evaluación permanente del proceso (in situ y remoto), mejoramiento de la seguridad industrial, incremento de la calidad del empleo de los trabajadores, disminución de la polución y daños al medioambiente, entre otros”, complementa Manuel Duarte. No obstante, también habrían ciertas desventajas que en una primera instancia estarían ligadas con el capital humano de cada compañía. Y es que la introducción de procesos de automatización podría significar una reducción de puestos de trabajo, indican los expertos. Sin embargo, una segunda mirada indicaría que estos procedimientos crearían nuevos puestos de trabajo, pero de mayor nivel de preparación técnica (mano de obra más especializada). Un capital humano capaz de manejar los sistemas automatizados. Una situación que también es vista como oportunidad, pues facilitaría la capacitación de los trabajadores y el desarrollo de cada una de sus competencias. “El otro aspecto que podría ser considerado como una desventaja es la inversión asociada a la automatización, lo cual es discutible ya que si se cuantifican los beneficios, estos podrían compensar -en el corto plazo- la inversión realizada”, afirma Duarte. A ello, se sumaría el hecho de que, en contadas situaciones, no existirían tecnologías de automatización ad-hoc a las soluciones que se buscan, por lo que la única alternativa es adaptarlas al contexto, lo que conlleva a tiempos de desarrollo y costos elevados.

De esta forma, “las desventajas pesan mucho en una in-



## Aporte desde la academia

En el Advanced Mining Technology Center (AMTC) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, se están desarrollando una serie de proyectos orientados a la automatización. Entre ellos destacan: la automatización, tele-operación y robotización de vehículos y maquinaria minera móvil. En ella se incluye la construcción de librerías de control de robots móviles y vehículos de propósito general, el desarrollo de simuladores de vehículos móviles, la robotización de vehículos comerciales y finalmente la tele-operación y robotización de equipos mineros móviles. También sobresale el desarrollo de tecnología UAV (Unmanned Aerial Vehicle) para aplicaciones mineras, entre las cuales destacan prospección de geo-recursos (minerales, agua, etc.), levantamientos topográficos y magnéticos, modelamiento 3D de taludes y mediciones medioambientales, en especial en terreno de topografía compleja como interior de minas subterráneas y rajas. Igualmente se dedican al desarrollo de tecnologías para la sensorización, adquisición de datos y toma de decisiones en tiempo real en minas subterráneas y de cielo abierto, con el fin de aumentar los niveles de seguridad al interior de las minas, mejorar los procesos de operación y planificación minera, realizar trazabilidad de personas, equipos y materiales, así como validar modelos físicos que redunden en mejores diseños mineros. Igualmente a la invención de tecnologías para el aseguramiento de la productividad bajo condiciones óptimas de seguridad y de salud laboral, evitando pérdida de continuidad operativa por conceptos de accidentes del trabajo o fallas humanas en tareas o toma de decisiones dependientes del operario.

dustria con poca tolerancia al riesgo y es bien posible que una estrategia de automatización se termine después de cualquier fracaso, pequeño o grande. Nuestra industria empezó a explorar los temas de automatización en los años setenta y aún no tenemos una faena 100% automatizada. Creo que esto indica que no es un tema fácil de introducir en forma masiva en la industria”, comenta Cleve Lightfoot.

Entonces, ¿cómo cuantificar los beneficios? En términos concretos existen diferentes variables el sector para identificar los indicadores que permitan evaluar los resultados de estos sistemas y es que “resulta difícil ponerse de acuerdo en la ponderación de cada uno de ellos para generar un indicador global. Los indicadores parciales más usados son la producción de concentrado por unidad de tiempo, costo de producción por libra, gasto energético (o agua) necesario para producir una tonelada de concentrado, etcétera”, señalan desde el AMTC. Dicho de otra forma, las estrategias de control automático de procesos se podrían evaluar comparando su desempeño, en relación a las mismas soluciones realizadas de forma manual (por el ser humano). “Por ejemplo si un proceso industrial que se controla en forma manual genera una cierta cantidad de producción, a un determinado costo, nivel de seguridad (personas e instalaciones) e impacto ambiental, se esperaría que si el control de este proceso se hace de forma parcial o totalmente automatizada, al menos alguno de los indicadores (resultados) anteriores mejore sin perjudicar a los otros,

esto es, obtener del mismo proceso una mayor producción y/o menores costos y/o con mayor seguridad y/o con menor impacto ambiental. Para el logro de lo anterior no solo basta con disponer de la tecnología para la automatización, sino que debe ser aceptada por la organización e incorporada en su modelo de operación y negocio; lo anterior es uno de los factores críticos de éxito (quizás el más importante) de cualquier proyecto de automatización”, añade Fernando Romero.

### CAMBIO CULTURAL

La introducción del control automático de los procesos en minería ha sido más lenta que en otras industrias. Una cuestión que radicaría en el modelo de operaciones y negocios del sector que, por su larga data, tendría fuertemente arraigadas formas de operación que aún no considerarían los conceptos de automatización. “Sin embargo, los avances tecnológicos propios de los equipos que se emplean en la industria, así como el exponencialmente creciente uso de las tecnologías de información y comunicaciones en prácticamente todos los ámbitos del negocio, han ido dejando en un muy buen pie a esta industria para automatizar cada vez más sus procesos. Considerando las aplicaciones existentes, el desarrollo del control automático de procesos ha sido mayor en las plantas de procesamiento de minerales que en las minas”, ilustra el gerente de Control de Procesos de Anglo American.

Ahora bien, para gozar de los beneficios que entregan estas estrategias, se requiere una actualización en los modelos de operación y gestión, puesto que la introducción de tecnología, cambia los procesos productivos, el cómo se hacen las cosas y ese es un profundo cambio cultural en una compañía. Aquí, la gestión del cambio se torna en un elemento clave. Y es que a la aplicación tecnológica se le debe concebir como un aliado para mejorar la competitividad y no como una amenaza, especialmente para el capital humano, que debe mantenerse informado y capacitado. “Para incorporar automatización en el sector productivo, deben conjugarse básicamente de dos factores; convencimiento de que este es el camino a seguir para competir en el sector preservando el medioambiente, y la decisión (a todos los niveles de la empresa) de realizar las inversiones necesarias. La industria minera (grande y mediana) no solo está en condiciones de incorporar y adoptar la automatización en sus procesos, sino que en el último tiempo ha estado constantemente realizando esfuerzos en esta dirección, los cuales le han significado notables avances en el manejo de sus procesos. Esto ha sido fruto del esfuerzo mancomunado de directivos, ingenieros, técnicos y empleados quienes se han convencido que la automatización es el camino para mejorar significativamente sus procesos”, comenta Manuel Duarte.

Esta situación crearía una cultura en dos ámbitos claves, según explica Orellana. “El primero en el contexto del uso de la tecnología y de todo lo que implica movilizar el recurso humano en pos de aprovechar las ventajas de ésta; y segundo, se genera una práctica en los proyectos de negocio de ir incorporando tecnologías como una parte natural de su quehacer”. En este sentido, si el programa de ges-

tió de cambio no es exitoso, el potencial de los beneficios esperados disminuiría drásticamente. “No hay que olvidar que la tecnología es, en esencia, la extensión de las capacidades humanas para realizar una tarea en forma más efectiva y eficiente, y la ‘tecnologización’ de la cultura organizacional no es, sino, una evolución natural que va más allá de cualquier industria”, puntualiza Romero. De todas formas, “la transición va a ocurrir en pequeños pasos, para mitigar el riesgo asociado con el cambio; partiendo con los áreas más fáciles de automatizar y aprendiendo en el camino. La mano de obra estará cada vez más capacitada técnicamente para supervisar y mantener los sistemas automatizados. Quizás en los próximos 20 años podamos ver automatización en algunas operaciones; por ejemplo, aquellas de hierro y carbón. En las de cobre podríamos imaginar más del 80%”, proyecta Cleve Lightfoot.

En definitiva, este proceso que enfrenta la industria hacia esta “minería del futuro” solo será exitosa si “logra consolidarse y validarse, primero como un negocio eficiente y luego y más importante, que a través de acciones concretas se transforme en un negocio sustentable, inserto en un ecosistema global de industrias respetuosas y empáticas con su entorno. En todos estos ámbitos, las tecnologías de automatización han demostrado tener el potencial para acompañar, liderar y dar impulso a las transformaciones que este proceso considerará”, concluyen desde la compañía estatal. Su aplicación e internalización, significa un pro-

fundo cambio cultural en la organización, sobre todo para los trabajadores. “El efecto neto de este avance en automatización es positivo y corresponde a la creación de más empleos en las áreas de tecnologías y servicios especializados”, agrega Fernando Romero.

## COSTOS

Cuantificar los costos de inversión en la aplicación de estas estrategias, es una tarea compleja, ya que depende de la particularidad de cada proyecto. No obstante, es posible realizar una aproximación. Lo más importante, eso sí, es que los expertos coinciden que, en la gran minería, los costos representan un porcentaje menor respecto de la inversión total del proyecto. Según indican desde el AMTC, “se estima que los costos asociados a la automatización podrían corresponder entre un 5% y un 20% del costo total del proyecto. Esto porque los costos asociados a los equipos mineros, construcciones e instalaciones son considerablemente altos. Por otro lado, resulta interesante notar que, representando solo un pequeño porcentaje de los costos del proyecto, la automatización es la que le imprime a todo el proceso las características de eficiencia que este posee”.

En un cálculo promedio, y siempre hablando de la gran minería, ya que la mediana y pequeña manejan otros montos de inversión, Fernando Romero es gráfico: “para un proyecto nuevo de una planta concentradora de cobre con una capacidad de procesamiento entre las 70.000 [ton/d]



ARMSTRONG & ASSOCIATES

**PEQUEÑAS  
SOLUCIONES  
PARA GRANDES  
RESULTADOS**

## EQUIPOS DE APOYO CAT®

Para que grandes equipos puedan hacer mejor su trabajo, se necesita de pequeños equipos que apoyen la tarea. Esos también los tenemos en Finning.

Porque en la minería todas las tareas aportan grandes resultados, te invitamos a realizarlas con los mejores equipos de apoyo.

600 228 2000  
FINNING.CL  
f /finningsudamerica



VISITANOS EN EL STAND 21B, ZONA DESCUBIERTA  
LOS MEJORES EQUIPOS DE APOYO PARA LA MINERÍA:  
Minicargadores / Grúas / Horquillas / Excavadoras / Retroexcavadoras.



y las 150.000 [ton/d], la inversión en automatización corresponde a menos del 2% de la inversión total, considerando la ingeniería, equipos, montaje y puesta en servicio, lo que de acuerdo a datos de mercado se sitúa en el rango de US\$7 millones a unos US\$ 20 millones. Esta estimación no incluye la infraestructura de TIC (tecnologías de información y comunicaciones) que podría significar alrededor de un 3% adicional. Obviamente para un proyecto de automatización en una planta existente, el costo puede diferir de lo anterior según la antigüedad de los equipos de proceso, el diseño de éste, etcétera". ¿En cuánto tiempo se recupera la inversión? El experto agrega, "para un proyecto de automatización exitoso sobre un proceso existente, el tiempo de recuperación de la inversión es usualmente un año o menos".

## CONSTRUCCIÓN

¿Qué rol juega el diseño y la construcción en la incorporación de estrategias de automatización en los proyectos mineros? ¿Estos se deben adaptar a estos nuevos conceptos o si se desean aplicar deben ser concebidos desde la concepción del proyecto? La respuesta no es compleja. En el caso de proyectos existentes, debería ser necesario ejecutar todas las modificaciones necesarias para incorporar el control automático de los procesos productivos. En el caso de los proyectos en etapa de diseño, la automatización (si es considerada para la operación) debe ser un elemento fundante y capaz de incorporarse naturalmente al proyecto. Y es que "un proceso minero (mina y plantas de procesamiento de minerales) posee criterios de diseño diferentes si se considera con control automático, por ejemplo: espacio para la instalación de sensores y actuadores y los accesos para su mantenimiento, cableado o definición de enlaces inalámbricos para redes comunicación de datos, salas especiales acondicionadas para el sistema de control, salas de control diseñadas con los más altos estándares de ergonomía para una operación continua, considerando la posibilidad de una sola sala centralizada para la gestión integral de toda la operación, y finalmente tan importante como el diseño físico de los procesos es el (nuevo) diseño de los flujos de trabajo y toma de decisiones, que implican una nueva forma de operar y por lo tanto un modelo de negocio más avanzado y eficiente", ilustra el gerente de Control de Procesos de Anglo American.

La clave de este proceso, radicaría en considerar la automatización como parte del proyecto, como una disciplina más del equipo de trabajo. "Hoy la oportunidad está en la incorporación temprana de los aspectos tecnológicos en los desarrollos, con el fin de aprovechar las ventajas que esta trae consigo, y de esta forma diseñar los proyectos desde un inicio con la mirada digital", concluye Marco Orellana.

## TECNOLOGÍA

Actualmente, el mercado ofrece diversas tecnologías que habilitan el control automático de los procesos. "La innovación resulta una pieza fundamental para la incorporación de elementos, como movilidad, big data, cloud computing y realidad virtual. Su integración al negocio minero y relacionadas con las tecnologías de automatización que

**En el caso de los proyectos en etapa de diseño, la automatización (si es considerada para la operación) debe ser un elemento fundante y capaz de incorporarse naturalmente al proyecto.**

vamos incorporando, facilitarán la manera de integrar inteligencia digital en los procesos, habilitando nuevas formas de interactuar y de utilizar la información para la toma de decisiones en tiempo real. De esta forma, los sistemas de gestión pasarán de entornos reactivos a entornos de gestión predictiva, por ejemplo", comentan en Codelco.

Por citar algunos ejemplos, Fernando Romero indica que actualmente la industria chilena está utilizando "sistemas automatizados de despacho de camiones, sistemas de posicionamiento satelital (GPS) de alta precisión con uso en palas y perforadoras, sistemas anticolidión de equipos móviles; camiones autónomos; LHD autónomos; FFCC automáticos; teleoperación de martillos romperroca y perforadoras; monitoreo en línea de macizo rocoso y de estabilidad de taludes, etc. En plantas, instrumentación para análisis elemental y mineralógico en línea; visión artificial para medición en línea de granulometría en correas y características de espuma de flotación; tecnología no intrusiva de sensores para diversas variables basada en láser; ultrasonido y radar; buses de campo digitales de alta velocidad; nuevos y más poderosos sistemas de control (DCS o PLC), software de análisis multivariable en línea, software para el desarrollo de algoritmos de control avanzado (sistemas expertos, control predictivo basado en modelos, etc.); bases de datos en tiempo real; automatización de chancadores y de puentes grúa para cosecha de cátodos; máquinas de cátodos robotizadas; monitoreo inalámbrico de naves de electrodeposición, etcétera. En general para equipos principales de minas y plantas, sistemas de monitoreo basado en condiciones (CBM en inglés) que permiten medir el estado o salud de éstos. Toda esta tecnología está disponible y se usa en varias empresas de la gran minería en Chile".

Manuel Duarte, del AMTC de la Universidad de Chile, que se dedica a desarrollar proyectos de investigación y desarrollo para resolver problemas de automatización para minería, aclara que "la tecnología está disponible o se puede desarrollar tanto en Chile como afuera. Existen, eso sí, temas para los cuales es necesario desarrollar soluciones específicas, para lo cual el esfuerzo conjunto entre universidades, centros de investigación, empresas y gobierno es de vital importancia. Por razones estratégicas convendría que las soluciones no disponibles fueran desarrolladas en el país".

## EL FUTURO

Los expertos coinciden en que el control automático de procesos en la industria minera presentaría enormes oportunidades de valor. La rápida evolución de la ciencia y tecnología en todos los frentes, apuntaría a que los procesos de producción minera sean cada vez más automatizados. “Una de las ideas en que ha estado trabajando en esta dirección es el concepto de minería continua, a diferencia de lo que ocurre en estos momentos en que el proceso se desarrolla de manera discontinua, debido a múltiples razones. En el caso de lograrlo se tendría una serie de operaciones comenzando en la extracción del mineral desde la mina hasta la obtención del concentrado en el otro extremo, sin tiempos de espera en las diferentes etapas del proceso. Para lograr este objetivo, la automatización juega un rol fundamental”, puntualiza Duarte.

Marco Orellana asegura que una tendencia que se profundizará en el corto plazo será el concepto de Minería Inteligente. La focalización en la provisión de soluciones en el ámbito de automatización y robótica, junto con una aplicación creciente de tecnologías para facilitar la comunicación machine-to-machine. Este priorizará aquellos procesos en los que existe un riesgo inherente para el operador por la naturaleza de la actividad minera”. El objetivo final es “optimizar la utilización de activos a través de la operación en automático, disponer de un servicio que facilite el cambio de prácticas y evite que los sistemas de automatiza-

ción se vuelvan obsoletos manteniendo sus beneficios en largo el tiempo; es decir, que finalmente ha permitido reducir la variabilidad de los procesos y, de esta forma, lograr mayores niveles de eficiencia y recuperación”, concluyen en la estatal.

Finalmente, pareciera ser que, las tecnologías de automatización pueden y deberían estar presentes en toda la cadena de valor del negocio minero, desde la geología hasta la comercialización de los productos. “Los avances tecnológicos en comunicación, computación y sensores, junto con sus costos atractivos significan que estamos en un punto en la historia donde la transición a faenas automatizadas es técnicamente factible. Esto, junto con la necesidad de hacer avances en la productividad y bajar los costos para mantenernos competitivos, nos impulsa a hacer el cambio. Pero todo ello en un clima donde los accionistas no quieren aumentar la intensidad de capital, precios de los metales más bajos, y en una industria que históricamente tiene poca tolerancia al riesgo”, puntualiza Cleve Lightfoot. “Prácticamente todos los desafíos que actualmente enfrenta esta industria pueden enfrentarse de mejor forma contando con estas tecnologías, paradójicamente y en particular para suplir el déficit de mano de obra calificada y además incrementar su eficiencia, lo que ha sido destacado en forma específica como un factor de pérdida de competitividad de la minería en Chile”, concluye Fernando Romero. El futuro es ahora. //



BARRIO CÍVICO DIVISIONAL MINISTRO HALES, CODELCO

## PRESENTES EN MINERIA



CIO MINISTRO HALES,  
CODELCO



BODEGA LOS BRONCES  
ANGLO AMERICAN