



INNOVACIÓN CORPORATIVA, APORTE DE VALOR

En Codelco entendemos la innovación como el proceso de transformación de conocimiento en valor económico y en ese sentido trabajamos en dos ámbitos:

- a. Innovación disruptiva que, a través de una cartera de proyectos de innovación, aborda los desafíos estratégicos de la Corporación tanto en sustentabilidad como en el aumento de reservas mineras, a través del desarrollo de nuevas tecnologías.
- b. Innovación incremental, con proyectos focalizados en mejorar la competitividad de las operaciones en el corto y mediano plazo.

Para asegurar el cumplimiento de ambos objetivos Codelco mide año a año el valor generado por los proyectos de innovación implementados.

INNOVACIÓN DISRUPTIVA

Dado el compromiso de nuestra empresa con el cambio climático y la sustentabilidad, Codelco se ha venido consolidando como líder en electromovilidad. En 2018 operamos camionetas eléctricas dentro de las divisiones, mientras en 2019 probamos buses eléctricos en Chuquicamata y División El Teniente.

Además, comenzamos a operar el primer LHD híbrido en El Teniente, con reducciones importantes

en consumo de diésel, además llegamos a un acuerdo para realizar pruebas con un LHD completamente eléctrico.

En este mismo centro de trabajo, el equipo “descolgador de zanjas” (que opera mediante un brazo telescópico y un pegamento patentado) se ha utilizado exitosamente, más de 100 descuelgues en el segundo semestre. Esto nos permitió avanzar en la mecanización de una tarea que históricamente era manual, impactando positivamente la seguridad de los trabajadores. A fines de este año también comenzamos las pruebas de un “detector de inchancables”, desarrollo propio de nuestra compañía, que permitirá detectar y extraer elementos que pueden poner en riesgo la continuidad operacional de los procesos de conminución (reducción de materiales sólidos del tamaño de una partícula promedio a uno más pequeño, mediante procesos de trituración, molienda, corte, vibración u otros).

Con el objetivo de automatizar la mayor cantidad de tareas en minería subterránea, a fines de 2019 llegaron a Chile tres camiones autónomos para comenzar su prueba, lo que habilitará importantes ganancias de productividad en los niveles más profundos de la División El Teniente, mientras los dos LHD semiautónomos probados entraron a régimen operacional normal. En tanto, Chuquicamata Subterránea adquirió ocho equipos con la misma especificación técnica, con un inicio de operaciones programado para el primer trimestre de 2020.



Sistema de extracción de aire, Mina Chuquicamata Subterránea



Además, se lograron importantes avances en los ejes estratégicos de innovación disruptiva:

- **Lixiviación de sulfuros:** hemos realizado intensivas pruebas con varias tecnologías nacionales, internacionales y desarrollos propios, con importantes resultados. El éxito de este desarrollo permitirá habilitar el procesamiento de sulfuros de una manera rentable y más sustentable.
- **Minería subterránea en altos esfuerzos:** Dado el nivel de profundidad existente en los nuevos niveles de la División El Teniente y el inicio de operaciones subterráneas en la División Chuquicamata, en 2019 desarrollamos una hoja de ruta para enfrentar los desafíos geomecánicos y aumentar la productividad de nuestros métodos de explotación, mediante la

mejora de desarrollos propios de Codelco, como la aplicación de fracturamiento hidráulico para el debilitamiento de la roca y el trabajo colaborativo con especialistas de todo el mundo.

- **Lixiviación in-situ:** Definimos la necesidad de desarrollar un método de explotación minero menos invasivo, para procesar minerales que hoy no son factibles de explotar. Para ello, estamos trabajando en adaptar esta técnica, proveniente de la minería del uranio, al cobre.
- **Preconcentración:** Con el decrecimiento de las leyes en los últimos años, es imperativo introducir nuevas innovaciones que mejoren la selectividad del mineral procesado, reduciendo así consumos específicos de agua y energía. En esa línea, estamos trabajando en explorar y probar un set de tecnologías para enfrentar dicho desafío

- **Potenciamiento de fundiciones:** Con el objetivo de mejorar el desempeño productivo y sustentable de nuestras fundiciones, se estamos siguiendo tres líneas de acción que complementan las tecnologías de empresas chinas, con desarrollos propios. Así, en Fundición Caletones comenzamos la evaluación técnico-económica para implementar toberas de alta presión en los hornos de fusión; en la Fundición Potrerillos continuamos la validación industrial de los sensores en el Convertidor Teniente y concluimos exitosamente los estudios fundamentales que entregan información base para el diseño de la prueba industrial de la tecnología de conversión continua.
- **Procesamiento de impurezas:** En Codelco somos líderes mundiales, tanto en el procesamiento de concentrados con alto contenido de arsénico,

a través del tostador que opera en la División Ministro Hales, como en el procesamiento de polvos de fundición, también altos en arsénico, y en la estabilización de este residuo en forma de escorodita, a través de la planta Abastecimiento de Arsénico Antimonio (AAA) de Ecometales. En este sentido, nuestra compañía se está esforzando por mejorar aún más estas tecnologías, tanto respecto de su desempeño productivo como de su sustentabilidad.

- **Agua y relaves:** En Codelco, en línea con nuestra estrategia de sustentabilidad, estamos impulsando importantes desarrollos, con el objetivo de reducir nuestro consumo de agua y hacer aún más eficientes las técnicas de estabilización físicas y químicas de nuestros relaves.





INNOVACIÓN INCREMENTAL

La Gerencia Corporativa de Innovación ha desplegado en todas las divisiones una serie de iniciativas de proyectos incrementales con miras a capturar beneficios en el corto plazo. En los últimos cuatro años hemos implementado 57 proyectos que han generado importantes beneficios económicos, medioambientales y de seguridad.

Nuestro foco apunta a desarrollar e implementar nuevas tecnologías y capacidades para crear valor a la operación y aumentar la competitividad de la empresa. Para encausar los objetivos de los proyectos, durante 2019, establecimos seis focos estratégicos de la innovación incremental:

- Tratamiento
- Recuperación metalúrgica de Cu y subproductos
- Confiabilidad de correas transportadoras y ductos
- Desempeño de equipos móviles
- Consumo de agua, insumos críticos y mitigación de polvo
- Rentabilización de pasivos mineros

Algunos ejemplos de proyectos implementados son:

Enriquecimiento de concentrado:

la obtención de concentrado y cátodo de cobre de mejor calidad aumenta la competitividad y ayuda a reducir costos directos de la compañía. Un desarrollo implementado por la División Ministro Hales este año permitió dosificar la cal en el proceso de flotación en forma automatizada, según la relación de fierro-cobre de la alimentación, para así incrementar la ley de cobre presente en el concentrado.

Aprovechamiento de recursos hídricos:

para nosotros es de vital importancia la utilización eficiente de insumos críticos. Durante 2019, también en la División Ministro Hales, implementamos un proyecto que permite reasignar el agua en el proceso de conminución, frente a eventos de escasez hídrica.

Continuidad de marcha:

un histórico desafío operacional de las minas rajo de la corporación es la interrupción de los procesos de chancado debido a los dientes de pala que se desprenden al mineral. A través del tiempo hemos desarrollado distintos tipos de sensores o cámaras para alertar al operador de la pala, sin embargo, ninguna de ellas logró su cometido. La División Andina implementó una tecnología robusta que permite alertar la presencia de estos inchancables, solución que llegó como una transferencia tecnológica desde la División Gabriela Mistral.

En paralelo, a nivel corporativo gestionamos doce transferencias tecnológicas entre divisiones, como una oportunidad de acelerar las implementaciones, capturar el aprendizaje generado y establecer una estandarización tecnológica.

INNOVACIÓN ABIERTA

Propiciamos la interacción con el ecosistema de innovación, para combinar capacidades y conocimiento interno y externo que se traduzcan en soluciones innovadoras que se generen en menor tiempo, costo y riesgo. Con ese propósito, mantenemos convenios con universidades, centros de estudio, proveedores y centros de pilotaje. Participamos, además, en la Plataforma de



Innovación Abierta Expande, de Fundación Chile, instancia en la que interactuamos con proveedores de diversas tecnologías que dan respuesta a desafíos presentados por nuestras divisiones.

Durante el año desarrollamos nueve prospecciones de proveedores y cinco talleres presenciales, con la participación de las gerencias operacionales y proveedores seleccionados, lo que nos permitió conocer y evaluar la potencialidad de cada una de las tecnologías (*Demodays*).

Vigilancia tecnológica

Realizamos una vigilancia tecnológica constante para tener una visión sistemática y global de áreas de interés, nuevas tecnologías, competidores, potenciales socios o aliados, y proveedores, con el objetivo final de tomar decisiones informadas, apuntando hacia la inteligencia tecnológica.

Otros dos objetivos son estar al tanto de las nuevas solicitudes de patentes en Chile vinculadas a la minería y la metalurgia, y definir el curso de acción en torno

a la protección industrial de nuestros desarrollos. Durante el año desarrollamos más de 25 vigilancias tecnológicas, para visibilizar el mercado de proveedores asociado a un desafío operacional, información que pusimos a disposición de las áreas productivas, para asegurar la mejor decisión a la hora de incorporar tecnologías.

Prospección tecnológica

Las prospecciones nos permiten contar con información valiosa y actualizada para el desarrollo tecnológico, ya que ayuda a identificar nuevas tecnologías y proveedores a nivel local y global, además de generar modelos colaborativos, que incentiven al ecosistema a participar e involucrarse con nuestros desafíos, siempre preocupados de resguardar debidamente nuestra inversión.

El resultado de la gestión de propiedad intelectual nos ha posicionado como un referente en la industria, al contar con un portafolio significativo de derechos de propiedad industrial.



DURANTE 2019 REALIZAMOS 28 ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS, CON LA SIGUIENTE DISTRIBUCIÓN POR TEMÁTICAS:



CONCURSOS

Piensa Minería: esta iniciativa tiene como objetivo apoyar el financiamiento de programas de tesis que contribuyan a avanzar en nuevas tecnologías y conocimiento para el mundo de la minería.

En la versión 2019 participaron alumnos de siete universidades y los ganadores recibieron apoyo financiero para su arancel o matrícula, manutención y otros gastos para tres doctorados y cinco

magíster. Se destaca que los temas abordados van desde exploración hasta sustentabilidad, incluyendo minas, plantas y fundiciones, con postulantes de cuatro nacionalidades.

En 2019 como parte de su labor formativa, 11 practicantes de diversas especialidades de la carrera de ingeniería participaron en procesos formativos asociados a búsqueda y análisis de información funcionales al proceso de vigilancia tecnológica.

PROPIEDAD INTELECTUAL

PATENTES NACIONALES 1975-2019:

Total de patentes solicitadas: 282
 ● Concedidas: 181

DISTRIBUCIÓN SEGÚN SOLICITANTES:

- 100% Codelco: 127 (45%)
- Codelco y filiales (IM2, Biosigma, Codelco Tech): 124 (44%)
- Colaborativas: 31 (con universidades: 13, con empresas: 15 y con universidades + empresa: 3) (11%)

PATENTES NACIONALES 2019:

- Solicitadas 2019: 5
- Concedidas 2019: 6

PATENTES INTERNACIONALES:

- Total de patentes solicitadas: 127
- Solicitudes presentadas 2019: 5
- Total vigentes o en trámite: 54

PATENTES VIGENTES DISTRIBUCIÓN POR PAÍS



*ARIPO: African Regional Property Organization