

MINERÍA 4.0

Desafíos de la Autonomía en las operaciones mineras

La transición hacia la autonomía en las operaciones mineras trae grandes oportunidades, pero también presenta desafíos clave. Las nuevas tecnologías permiten mejorar la productividad y seguridad, pero requieren inversiones en infraestructura, capacitación y gestión de riesgos. Desde la profundidad de los rajos hasta la interoperabilidad de equipos, la industria debe superar obstáculos para adoptar con éxito estos sistemas y garantizar su sostenibilidad en el largo plazo.



La industria minera se enfrenta a un aumento sustancial de la demanda de materias primas en los próximos años, debido principalmente a la transición energética. Además, existen desafíos operacionales para satis-

facar esta demanda, como la reducción de leyes de mineral, el aumento de la profundidad de los rajos y la dureza del mineral, lo que conlleva a un aumento en los costos operativos. El avance tecnológico ha permitido que

las industrias optimicen y desarrollen sus cadenas productivas con procesos altamente autónomos, lo que implica múltiples beneficios como la reducción del riesgo para las personas, la disminución de costos, la mejora en la calidad de los procesos y el aumento de la productividad.

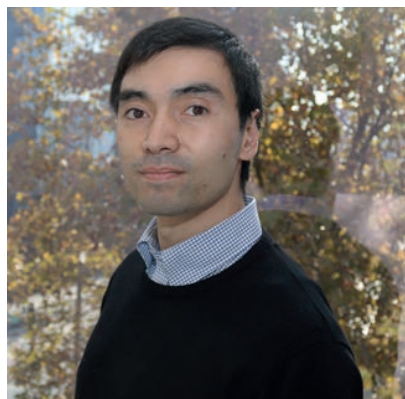
Los sistemas autónomos se caracterizan por la capacidad de realizar un proceso con un equipo o un conjunto de equipos sin la intervención directa de un operador, ya sea una perforadora o un equipo de transporte. Estos son controlados por medio de un sistema que puede tomar decisiones en tiempo real gracias a la información que recibe del entorno a través de distintos tipos de sensores, o instrucciones directas desde una sala de control remota. Debido a la complejidad del sistema, existen varios desafíos dentro de esta implementación, que se pueden categorizar en los cuatro pilares fundamentales del modelo operativo: Personas, Infraestructura, Tecnología y Procesos.

Desafíos a la implementación de sistemas autónomos

En el pilar Personas, los principales desafíos están relacionados con la formación de las nuevas capacidades requeridas por el sistema, los riesgos de este, el cambio de la estructura organizacional que permita la toma de decisiones en conjunto con todas las áreas involucradas y, finalmente, el desafío de generar



Diego Rojas, Gerente de Operations,
Industry & Domain Solutions en Deloitte.



Diego Liu, Consultor Senior de Operations,
Industry & Domain Solutions en Deloitte.



un cambio de mentalidad que habilite una mejor disciplina operacional. Para enfrentar todo esto, es vital el involucramiento de los líderes, la realización de un plan comunicacional que abarque a toda la organización, a las comunidades locales, y el desarrollo temprano de los planes de entrenamiento.

Los desafíos en Infraestructura incluyen la preparación del sitio para la adopción de la tecnología, lo que incluye la delimitación de la zona autónoma, nuevos patios, salas de control, antenas GNSS, ajustes en los caminos de acuerdo con especificaciones de los equipos. Además, la mantención de la zona cobra relevancia debido a que los equipos autónomos obtienen un mejor desempeño operacional mientras el ambiente se mantenga lo más estable posible.

Los sistemas autónomos dependen en gran medida de las comunicaciones inalámbricas, lo que genera desafíos como la interferencia por frecuencia, la utilización de canales, la distorsión de las señales, la propagación de las señales y la dinámica de la topografía de la zona. Además, la gestión de datos cobra relevancia debido a la gran cantidad de datos generados por el sistema, la robustez del sistema que requiere redundancia en los principales aspectos, y la dificultad de que un ciberataque no solo comprometa la seguridad de los datos, sino también el ambiente físico, causando un riesgo para las personas y los activos.

En relación a los Procesos, estos tienen el rol de preparar al equipo de operaciones para poder abordar la nueva tecnología. Para ello, se requiere planificar una estrategia de gestión de flota que incluya la interacción entre vehículos livianos tripulados y equipos autóno-

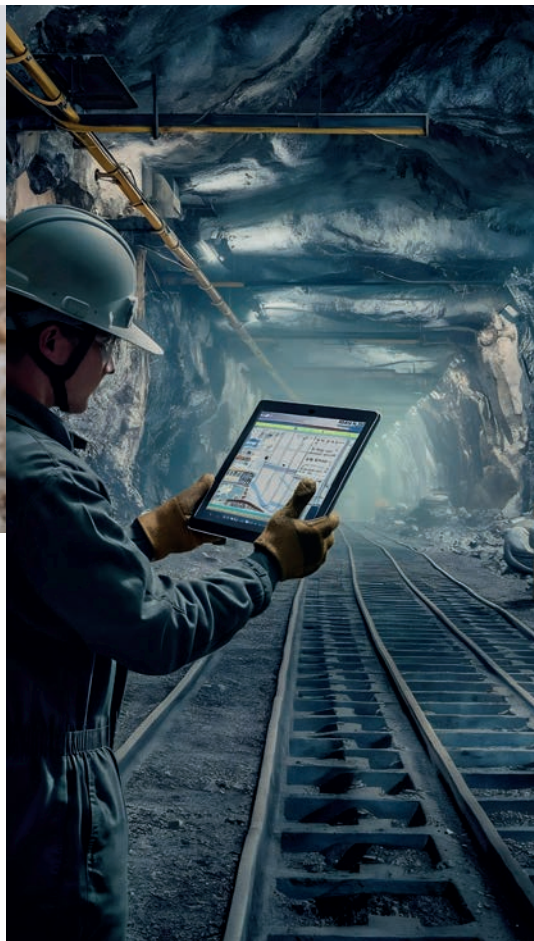
mos, un desarrollo de los nuevos procedimientos y estándares operacionales, las nuevas reglas de seguridad, planes de contingencia para asegurar la captura de valor de la tecnología a lo largo del tiempo y una gestión del riesgo adecuada a la nueva forma de operar, entre otros más. Además, la modificación en la planificación a mediano y largo plazo de los rajes, dada la modificación de los estándares de diseño.

El rol de la gestión riesgos materiales

Desde nuestra perspectiva, la gestión de riesgos materiales juega un papel crucial en la implementación exitosa de los sistemas autónomos, apuntan a reducir los eventos de riesgos, alinear a la operación y modelo operativo con los estándares de diseño de los controles críticos, así como también la gestión oportuna de los riesgos nos evitará retrabajo e implementaciones costosas para cerrar las brechas operacionales. Esta gestión debe estar de forma iterativa durante todo el ciclo de vida de los proyectos de implementación de sistemas autónomos, ya que con esto se podrá garantizar entregar la información necesaria a cada paquete de trabajo y lograr satisfactoriamente la operación de sistemas autónomos.

Desde la experiencia que tenemos en implementación de sistemas autónomos de distintos tipos, se desprenden, además de los desafíos ya mencionados, los siguientes:

- “Deep pit”, que se refiere a la creciente profundidad de los rajes mineros. Desafíos de cobertura de señales en lo más profundo del rajo.
- El “centelleo” o interferencia de las señales de comunicación inalámbrica



en entornos mineros debido a tormentas solares. Desafío de continuidad operacional.

- El “commingling” se presenta cuando integran flotas de equipos autónomos con flotas de equipos tripulados. Desafío de gestión de riesgos y modelo operativo.
- La “interoperabilidad” se refiere a la falta de estándares comunes entre los proveedores de los sistemas. El desafío es la estandarización, desarrollar interfaces compatibles e integración adecuada de componentes tecnológicos.

Todavía existen muchos desafíos en la implementación de los sistemas autónomos, pero cada vez estamos más cerca de lograr transiciones más fluidas y operaciones sostenibles en el tiempo, con casos de negocios de robustos, atractivos y con buenos retornos de inversión, no solo en aspectos financieros, sino que también en el desempeño operacional y seguridad de nuestros trabajadores. Los invitamos a abrazar estos desafíos para seguir trabajando en hacer operaciones mineras más seguras a lo largo del país y el mundo. **G**