

## Cursos Técnicos Virtuales previos a Minería Digital 2026

Acceso gratuito para todos los participantes registrados en el congreso

Lunes, 3 de agosto

### ACTIVIDADES PREVIAS AL CONGRESO

ONLINE

Cursos Técnicos Virtuales | Gratis para participantes del Congreso

ENG

10:00 –  
13:00

#### Procesamiento de minerales críticos impulsado por la IA: de la mineralogía a la simulación digital

**Dr. Selo Ndlovu**, Profesor, Universidad de Arizona, EE. UU.;

**Dr. Thandie Moyo**, Profesor Asistente, Universidad Estatal de Pennsylvania, EE. UU.;

**Dr. Nathalie Risso**, Profesor Asistente, Universidad de Arizona; y  
**César Araujo**, Doctor en Química Industrial e Ingeniería de Reacciones



SPA

14:00 –  
17:00

#### Herramientas avanzadas para el monitoreo del estado y la autonomía de baterías para la toma de decisiones en electromovilidad minera

**Dr. Kevin Espinoza**, Ingeniero, Advanced Mining Technology Center (AMTC), Universidad de Chile

**Jorge García**, Investigador, Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE), Universidad de Chile

**Francisco Jaramillo**, Investigador, Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE), Universidad de Chile

**Diego Troncoso**, Ingeniero, Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE), Universidad de Chile



Martes, 4 de agosto

## ACTIVIDADES PREVIAS AL CONGRESO

ONLINE

Cursos Técnicos Virtuales | Gratis para participantes del Congreso

SPA

10:00 –  
13:00

**IA y machine learning en geomecánica minera: rajo abierto y subterránea**

**Gonzalo Bouldres**, Académico, Universidad de Atacama  
**Julie Supanta**, Docente, Universidad de Tarapacá



UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ  
Universidad del Estado

ENG

14:00 –  
17:00

**Machine Learning en los procesos industriales: aspectos clave para la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia**

**Gustavo Pessin**, Investigador Titular, Instituto Tecnológico Vale



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO  
VALE

## Procesamiento de minerales críticos impulsado por la IA: de la mineralogía a la simulación digital

Escuela de Ingeniería de Minas y Recursos Minerales, Universidad de Arizona, en colaboración con Metso, Finlandia

### CUÁNDO

Lunes, 3 de agosto, 10 AM

### IDIOMA

Inglés

### DURACIÓN

3 horas

### DESCRIPCIÓN

Este curso ofrece una visión general sobre el diseño de esquemas de proceso adaptativos para la recuperación de minerales críticos a partir de recursos no convencionales, como los residuos mineros. El curso hace hincapié en la integración de los principios de la hidrometalurgia, la inteligencia artificial (IA) y el *Machine Learning* (ML), así como en el software de simulación real HSC. Los participantes comprenderán cómo las propiedades mineralógicas influyen en la selección de procesos, cómo utilizar métodos basados en datos para respaldar el diseño de diagramas de flujo y cómo evaluar el rendimiento de los procesos según los principios de la economía circular.

### OBJETIVOS GENERALES

Comprender cómo las características mineralógicas influyen en la selección y el rendimiento de los esquemas de procesamiento de minerales críticos.

Aplicar la digitalización, los conceptos de IA/aprendizaje automático y las herramientas de simulación HSC para facilitar el diseño adaptativo de procesos y la toma de decisiones.

### CONTENIDO Y PROGRAMA

| Comprensión de las materias primas no convencionales: desafíos y oportunidades |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| 10:00 - 11:00  | <ol style="list-style-type: none"> <li>Limitaciones relacionadas con la mineralogía en la selección de diagramas de flujo</li> <li>Comportamiento del proceso y diseño de diagramas de flujo</li> </ol> | Dr. Selo Ndlovu & Dr. Thandie Moyo |
| 11:00 - 11:10  | Preguntas y Discusión Módulo 1  |                                    |
| 11:10 - 11:20  | Break 1   |                                    |

|               |  |                    |
|---------------|--|--------------------|
| 11:20 - 12:00 | <b>Fundamentos de la inteligencia artificial y el <i>Machine Learning</i> en el procesamiento de minerales</b> | Dr. Nathalie Risso |
| 12:00 - 12:10 | Preguntas y Discusión Módulo 2   |                    |
| 12:10 - 12:20 | Break 2  |                    |
| 12:20 - 13:10 | <b>Diseño y optimización de procesos en HSC: demo</b>  | Cesar Araujo       |
| 13:10 - 13:50 | <b>Un caso práctico de hidrometalurgia en HSC</b>  | Cesar Araujo       |
| 13:50 - 14:00 | Preguntas y Discusión Módulo 2   | Cesar Araujo       |

## CÁPSULA BIOGRÁFICA DEL INSTRUCTOR(ES)



**Dr. Sehlielo (Selo) Ndlovu** es profesora de la Facultad de Ingeniería de Minas y Recursos Minerales de la Universidad de Arizona. Es licenciada en Ingeniería Metalúrgica por la Universidad de Zimbabue y doctora en Ingeniería de Minerales por el Imperial College de Londres (Reino Unido). Cuenta con más de 20 años de experiencia en metalurgia extractiva e hidrometalurgia, centrándose en la recuperación sostenible de metales críticos y preciosos a partir de diversas fuentes. Ndlovu goza de reconocimiento internacional por su investigación en caracterización de minerales, lixiviación y biolixiviación, extracción con disolventes, procesamiento de minerales de baja ley y refractarios, y valorización de residuos mineros, residuos metalúrgicos y drenaje ácido de minas. Su trabajo integra las interacciones entre minerales y soluciones, y entre minerales y microorganismos, con el desarrollo de procesos y diagramas de flujo para hacer posibles tecnologías de recuperación de metales escalables para elementos de tierras raras, cobre, cobalto, elementos del grupo del platino y oro.



**Dr. Nathalie Risso** es profesora adjunta con posibilidad de obtener la titularidad en la Facultad de Ingeniería de Minas y Recursos Minerales de la Universidad de Arizona y dirige el Laboratorio de Automatización Minera y Sistemas Autónomos. Su trabajo se centra en la integración de la automatización y los sistemas ciberfísicos para permitir un comportamiento autónomo en entornos mineros en los que la seguridad es fundamental. Su investigación se centra en soluciones para condiciones adversas y con escasa conectividad, en las que la seguridad, la solidez y la colaboración entre los sistemas autónomos y los humanos son esenciales. Risso recibió la Beca de Desarrollo Profesional 2023 de SME Freeport-McMoRan Inc. para la investigación sobre sistemas ciberfísicos impulsados por IA para aplicaciones mineras.



**Cesar Araujo, PhD**, es doctor en Química Industrial e Ingeniería de Reacciones y cuenta con más de 15 años de experiencia en modelización y simulación de procesos en los ámbitos de la electroquímica, el refinado de petróleo, los combustibles renovables y la metalurgia. Tiene más de 10 años de experiencia en I+D gestionando proyectos de modelización a gran escala y colaborando con diversos *stakeholders*. Su trabajo actual se centra en la digitalización de procesos y la aplicación del aprendizaje automático y la inteligencia artificial a la modelización y optimización de procesos, integrando la ingeniería química y metalúrgica con técnicas avanzadas de modelización. Sus principales intereses incluyen las redes neuronales basadas en la física, el aprendizaje por refuerzo profundo y el *Machine Learning* científico.



**Dr. Thandazile Moyo** es profesora adjunta de Ingeniería Energética y Mineral en la Universidad Estatal de Pensilvania y experta en la extracción sostenible de metales a partir de recursos primarios y secundarios. Obtuvo su doctorado en Ingeniería Química por la Universidad de Ciudad del Cabo y combina la investigación fundamental con la experiencia industrial en la explotación de plantas auríferas. Su investigación se centra en la recuperación responsable de minerales críticos mediante estudios multiescala, análisis electroquímicos y técnicas avanzadas de lixiviación para optimizar el procesamiento de minerales complejos y residuos electrónicos. Su trabajo integra métodos a nivel molecular, como la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) y la Espectroscopia Fotoelectrónica de Rayos X (XPS), con estudios de lixiviación en tanques, en pilas y a presión. A través de la mineralogía de procesos, también promueve el uso de subproductos mineros, incluidos los materiales derivados del carbón, para aplicaciones de economía circular, vinculando la ciencia de superficies con el procesamiento a escala industrial para mejorar la recuperación de recursos y la gestión medioambiental.

## Herramientas avanzadas para el monitoreo del estado y la autonomía de baterías para la toma de decisiones en electromovilidad minera

Advanced Mining Technology Center (AMTC), Universidad de Chile en colaboración con el Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE), Universidad de Chile

### CUÁNDO

Lunes, 3 de agosto 14 PM

### IDIOMA

Español

### DURACIÓN

3 horas

### DESCRIPCIÓN

El curso está diseñado para presentar conceptos clave y herramientas avanzadas para el monitoreo del estado y la autonomía de baterías en electromovilidad minera. Se abordan indicadores como Estado-de-Carga (SoC), Estado-de-Salud (SoH) y Estado-de-Máxima-Potencia-Disponible (SoMPA), junto con metodologías de estimación en línea, inferencia predictiva y análisis de datos operacionales, con el objetivo de anticipar eventos críticos, evaluar la autonomía energética y apoyar la toma de decisiones en la gestión de flotas eléctricas mineras.

### OBJETIVOS GENERALES

Introducir indicadores de condición asociados al monitoreo del estado y la autonomía de baterías en aplicaciones de electromovilidad minera.

Revisar herramientas y metodologías para la estimación en línea, inferencia predictiva y caracterización de incertidumbre de estos indicadores.

Explorar el uso de estos indicadores y herramientas en la evaluación de autonomía energética y la toma de decisiones para la gestión de flotas eléctricas mineras.

## CONTENIDO Y PROGRAMA

|               |   |                                       |
|---------------|---|---------------------------------------|
| 14:00 - 14:50 | <b>Módulo 1</b><br><b>Monitoreo en tiempo real de señales vitales de baterías, pronóstico de autonomía energética y degradación</b>   | Kevin Espinoza<br>Francisco Jaramillo |
| 14:50 - 15:00 | Preguntas y discusión Módulo 1  |                                       |
| 15:00 - 15:10 | Break 1   |                                       |
| 15:10 - 15:50 | <b>Módulo 2</b><br><b>Caracterización de ciclos de operación, potencia eléctrica instantánea y consumo energético en equipos electromóviles mineros</b>                               | Diego Troncoso                        |
| 15:50 - 16:00 | Preguntas y Discusión Módulo 2  |                                       |
| 16:00 - 16:10 | Break 2   |                                       |
| 16:10 - 16:40 | <b>Módulo 3</b><br><b>Caso de estudio: Estimador de autonomía de rango en vehículos eléctricos utilizando modelos inspirados en la física y algoritmos de aprendizaje de máquinas</b> | Jorge García                          |
| 16:40 - 16:50 | Preguntas y Discusión Módulo 3  |                                       |
| 16:50 - 17:00 | <b>Conclusiones y Cierre del Curso</b>  |                                       |

## CÁPSULA BIOGRÁFICA DEL INSTRUCTOR(ES)

**Kevin Espinoza Oyanedel**, Ingeniero Civil Eléctrico y Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención Eléctrica de la Universidad de Chile. Experiencia en investigación sobre herramientas de estimación y pronóstico eficiente del estado de carga en baterías de ion-litio, con aplicaciones en electromovilidad. Actualmente es ingeniero en proyectos de electromovilidad en minería subterránea del Advanced Mining Technology Center (AMTC), enfocado en el análisis técnico de tecnologías de carga y dimensionamiento de infraestructura eléctrica.

**Jorge García Bustos**, Ingeniero Civil Electrónico y candidato a Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Chile. Su investigación se centra en el desarrollo de metodologías avanzadas para el diagnóstico, pronóstico y gestión del estado de salud y autonomía de baterías de ion-litio en vehículos eléctricos, aplicando técnicas

de inteligencia artificial y modelado físico. Es investigador en el Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE), donde participa activamente en proyectos de electrificación de flotas en minería subterránea y urbana. Cuenta con más de cuatro años de experiencia en electromovilidad, optimización de flotas, análisis de datos y sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Ha liderado el desarrollo de herramientas para el monitoreo en tiempo real de vehículos eléctricos, integrando modelos predictivos con aplicaciones industriales.

**Francisco Jaramillo Montoya**, Ingeniero Civil Electrónico de la Universidad de La Frontera (Temuco, Chile) y Doctor en Ingeniería de la Universidad de Chile (Santiago, Chile). Actualmente se desempeña como investigador postdoctoral en el Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE). Sus líneas de investigación se enfocan en aprendizaje automático, sistemas de control, y diagnóstico y pronóstico de fallas mediante algoritmos Bayesianos. Estas metodologías han sido desarrolladas y aplicadas en diversos contextos de la ingeniería, incluyendo el tratamiento de aguas residuales mediante reactores biológicos a escala piloto, la estimación del estado de carga y el pronóstico del tiempo de descarga en baterías de ion-litio, y el monitoreo de la salud estructural de aspas de turbinas eólicas.

**Diego Troncoso Kurtovic**, Ingeniero Civil Eléctrico y Magíster en Ciencias de la Ingeniería, mención Eléctrica, por la Universidad de Chile. Cuenta con experiencia en investigación aplicada en baterías de ion-litio, procesamiento de datos para el análisis de indicadores de salud y proyectos de electromovilidad en minería a cielo abierto. También se ha desempeñado como coordinador en postulaciones a fondos para proyectos de Electromovilidad y Descarbonización en Minería. Actualmente se desempeña como ingeniero de proyectos en el Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad (CASE), con estudios asociados a baterías de segunda vida, modelamiento de vehículos mineros eléctricos y electromovilidad en minería a cielo abierto y subterránea.

## IA y Machine Learning en geomecánica minera: rajo abierto y subterránea

University of Tarapacá, Chile, in collaboration with University of Atacama, Chile

### CUÁNDO

Martes, 4 de agosto, 10 AM

### IDIOMA

Español

### DURACIÓN

3 horas

### DESCRIPCIÓN

La operación minera actual enfrenta condiciones geotécnicas más complejas, tanto en rajo abierto (taludes globales más exigentes, interacción con agua subterránea y efectos de tronadura) como en minería subterránea (yacimientos más profundos, mayores esfuerzos in-situ, estabilidad de pilares/realces y peligrosidad sísmica). En este escenario, la continuidad operacional y la seguridad dependen de una gestión del riesgo que combine comprensión geomecánica, monitoreo, y toma de decisiones informada. Paralelamente, la transformación digital ha incrementado la disponibilidad de datos provenientes de instrumentos geotécnico y sistemas OT-IT (radar, prismas, InSAR, extensometrías, micro-sísmica y registros de tronadura) habilitando así el uso de analítica avanzada e inteligencia artificial como soporte a la gestión del riesgo geomecánico.

El curso técnico aborda la aplicación de inteligencia artificial en geomecánica minera como herramienta para el análisis y modelamiento del comportamiento del macizo rocoso, proporcionando un marco técnico y aplicado para integrar IA y Machine Learning en contextos reales de operación. El enfoque es práctico, abordando diagnóstico, pronóstico y apoyo a la toma de decisiones, incluyendo sistemas de alerta temprana, definición de umbrales de riesgo, priorización de inspecciones y fortalecimiento de planes de respuesta.

### OBJETIVOS GENERALES

Explicar las principales condiciones geomecánicas presentes en la minería actual.

Comprender los fundamentos de la IA y las técnicas de Machine Learning aplicadas a la geomecánica minera.

Analizar casos reales de aplicación de IA y Machine Learning utilizados en geomecánica minera.

## CONTENIDO Y PROGRAMA

|               |   |                         |
|---------------|---|-------------------------|
| 10:00 - 11:00 | <b>Módulo 1</b><br><b>Introducción a la Geomecánica Minera</b>                                  | Julie Supanta Quispe    |
| 11:00 - 11:10 | Preguntas y discusión Módulo 1  |                         |
| 11:10 - 11:15 | <b>Break 1</b>  |                         |
| 11:15 - 12:45 | <b>Módulo 2</b><br><b>Aplicaciones Prácticas de IA y Machine Learning en Geomecánica Minera</b> | Gonzalo Bouldres Vargas |
| 12:45 - 12:55 | Preguntas y discusión Módulo 2  |                         |
| 12:55 - 13:00 | <b>Conclusiones y Cierre del Curso</b>  |                         |

## CÁPSULA BIOGRÁFICA DEL INSTRUCTOR(ES)

**Julie Supanta Quispe**, Ingeniera Civil en Minas egresada de la Universidad de Atacama y Magíster en Geotecnia. Cuenta con experiencia profesional en importantes operaciones mineras como Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi y Radomiro Tomic. Actualmente se desempeña como docente en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Tarapacá, impartiendo formación en áreas relacionadas con minería y análisis de materiales. Además, participa como gestora de múltiples proyectos de prestación de servicios, colaborando con entidades públicas y empresas del sector privado en iniciativas vinculadas a ingeniería, minería y desarrollo tecnológico.

**Gonzalo Bouldres Vargas**, Ingeniero Civil en Minas y Magíster en Ingeniería Industrial. Actualmente cursa estudios de Magíster en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial, además de Ingeniería en Matemática y Computación. Se desempeña como académico del Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de Atacama, en áreas de geomecánica, geotecnia, planificación minera subterránea y ciencia de datos aplicada a minería. Ha participado como consultor geomecánico en proyectos de minería subterránea y cielo abierto, desarrollando modelamiento numérico, análisis de estabilidad y diseño de sostenimiento. Es fundador del Grupo de Excelencia Minera en Transformación Digital, iniciativa orientada a impulsar tecnologías digitales, analítica avanzada e inteligencia artificial aplicada a la minería.

## **Machine Learning en los procesos industriales: aspectos clave para la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia**

Gustavo Pessin

Investigador Titular, Instituto Tecnológico Vale

### CUÁNDO

Martes, 4 de agosto, 14 PM

### IDIOMA

Inglés

### DURACIÓN

2,5 horas

### DESCRIPCIÓN

Los sensores virtuales son modelos que permiten estimar los valores de una variable basándose en otra información del proceso, sin necesidad de medir dicha variable directamente. Las principales ventajas de los sensores virtuales son: (1) representan una alternativa de bajo coste en comparación con los sensores físicos; (2) pueden funcionar conjuntamente con sensores físicos, incluso para detectar cuándo fallan; (3) permiten su implementación en dispositivos existentes; y (4) proporcionan estimaciones en tiempo real, lo que los convierte en una opción para mediciones en las que los sensores físicos dependen de análisis que requieren mucho tiempo. En este curso, vamos a aprender a desarrollar un sensor virtual basado en datos utilizando Python, teniendo en cuenta técnicas basadas en datos como las redes neuronales, los árboles de decisión y otras técnicas de regresión. Además del desarrollo del sensor virtual, analizaremos aspectos clave para desarrollar modelos más seguros, fiables y eficientes. Los aspectos clave implican comprender el riesgo de no tener en cuenta la extrapolación de los modelos, el efecto de la calidad y la cantidad de datos al construir los modelos, y la importancia de la distribución de errores además de las métricas generales. Tras construir los modelos, analizaremos buenas prácticas para mejorar la eficiencia, cómo supervisar el rendimiento y cómo realizar la calibración de los modelos. En los ejemplos se utilizarán datos reales de procesos industriales.

### OBJETIVOS GENERALES

Exponer los fundamentos para el desarrollo de sensores virtuales basados en datos, así como las herramientas y procedimientos necesarios para su creación, tales como redes neuronales, modelos basados en árboles y modelos de regresión lineal.

Describir los aspectos clave para la seguridad de los modelos, tales como (1) la degradación del modelo, (2) la calidad de los datos y (3) los límites de los datos.

Describir los aspectos clave para la fiabilidad de los modelos, tales como (1) la distribución de errores del modelo más allá de su rendimiento general, (2) el entrenamiento, las pruebas, la validación y la evaluación estadística, y (3) la gestión de la incertidumbre.

Describir los aspectos clave para la eficiencia de los modelos, tales como (1) métricas de referencia como el tiempo de ejecución, la complejidad computacional, el uso de memoria y el consumo de energía, (2) la evaluación de diferentes hiperparámetros, y (3) la ingeniería y selección de características.

Presentar cómo transformar un sensor virtual basado en datos creado en un lenguaje de alto nivel (como Python) en texto estructurado para ejecutarlo en los PLC.

## CONTENIDO Y PROGRAMA

|               |   |                |
|---------------|---|----------------|
| 14:00 - 14:30 | <b>Fundamentos, herramientas y procedimientos para el desarrollo de sensores virtuales basados en datos</b> | Gustavo Pessin |
| 14:30 - 14:35 | Preguntas y discusión   |                |
| 14:35 - 14:55 | <b>Aspectos clave para la seguridad de los modelos</b>  | Gustavo Pessin |
| 14:55 - 15:00 | Preguntas y discusión   |                |
| 15:00 - 15:20 | <b>Aspectos clave para la fiabilidad de los modelos</b>   | Gustavo Pessin |
| 15:20 - 15:25 | Preguntas y discusión   |                |
| 15:25 - 15:45 | <b>Aspectos clave para la eficacia de los modelos</b>   | Gustavo Pessin |
| 15:45 - 15:50 | Preguntas y discusión   |                |
| 15:50 - 16:10 | <b>Traducción de un lenguaje de alto nivel (como Python) a texto estructurado de PLC</b>                    | Gustavo Pessin |
| 16:10 - 16:15 | Preguntas y discusión   |                |
| 16:15 - 16:30 | <b>Conclusiones y Cierre del Curso</b>  | Gustavo Pessin |

## CÁPSULA BIOGRÁFICA DEL INSTRUCTOR(ES)

Gustavo Pessin, D.Sc. (2013), cuenta con una sólida experiencia en el desarrollo de aplicaciones inteligentes, integrando el aprendizaje automático, el Internet de las cosas y la robótica para implementar aplicaciones industriales y medioambientales. Pessin se ha dedicado a crear sistemas mejores y más seguros para la industria y a contribuir a la comprensión de los sistemas ecológicos. Se han desarrollado sistemas inteligentes para la industria destinados a actividades mineras, mejorando la seguridad en el transporte y optimizando tanto la extracción como la producción mediante la instrumentación y el desarrollo de herramientas de *Machine Learning* para el reconocimiento de imágenes y sonidos, la detección de anomalías y los modelos de predicción. La investigación sobre entornos ecológicos se realizó mediante el estudio del uso de RFID para el seguimiento de la fauna silvestre. Se realizó a nivel internacional con colegas del Reino Unido, Australia y EE. UU. Además, el despliegue de un robot y sus servicios para cartografiar instalaciones geológicas ha contribuido a la comprensión de las cavidades naturales. Pessin obtuvo su doctorado en Ciencias de la Informática en la Universidad de São Paulo, como miembro del Laboratorio de Robótica Móvil. Durante su doctorado, Pessin llevó a cabo investigaciones con el Laboratorio de Robótica de la Universidad Heriot-Watt, en Edimburgo, Reino Unido, y con el Grupo de Sistemas de Comunicación y Distribuidos de la Universidad de Berna, Suiza. En 2015, Pessin ocupó un puesto de investigador visitante en el Media Lab del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Actualmente, Pessin es investigador titular en el Laboratorio de Robótica del Instituto Tecnológico de Vale. Además, Pessin forma parte de tres programas de posgrado: uno en informática, otro en automatización y otro en tecnologías emergentes para la minería. Pessin ha publicado más de 120 artículos en revistas y congresos revisados por pares y ha dirigido más de 30 tesis.