

Diplomado en GEOTECNIA E HIDROGEOLOGÍA APLICADA A RELAVES MINEROS



Webinars en Vivo

Por Especialistas

Aula Virtual 24/7

Todas las Clases Quedan
Grabadas

Evaluación en Línea

Compatible con Horarios
Laborales



Dedicación

90 Horas Lectivas +
90 Horas
Dedicación Personal



Duración

8 Meses



Modalidad

Clases en Vivo y Clases
Asincrónicas

DESCRIPCIÓN

El Diplomado en Geotecnia e Hidrogeología Aplicada a Relaves Mineros entrega una formación avanzada para profesionales que buscan especializarse en el diseño, operación y cierre de depósitos de relaves, integrando los principios de la ingeniería geotécnica con la gestión hidrogeológica. Su objetivo es desarrollar competencias técnicas para evaluar la estabilidad física, el comportamiento del flujo subterráneo y la sostenibilidad ambiental de los depósitos, considerando estándares internacionales como la Norma Global de Gestión de Relaves (GISTM) e ICOLD/ANCOLD.

El programa combina clases en vivo, contenidos asincrónicos y webinars con expertos internacionales, permitiendo compatibilizar el aprendizaje con la vida laboral. A través de un enfoque teórico-práctico, los participantes aplican herramientas de geotecnia e hidrogeología, análisis de riesgo, monitoreo e instrumentación, fortaleciendo su capacidad de tomar decisiones informadas y seguras en proyectos de relaves.

El cuerpo académico está compuesto por doctores e ingenieros con destacada experiencia en investigación y operación minera, lo que garantiza una formación actualizada, aplicada y de alto nivel. En conjunto, el programa prepara a los participantes para liderar proyectos de gestión de relaves bajo criterios de eficiencia, seguridad y sostenibilidad.

CONTENIDO

CURSO 1: GEOTECNIA APLICADA Y DEPÓSITOS DE RELAVES

CURSO 2: INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO PARA LA GESTIÓN DE RELAVES

CURSO 3: GESTIÓN DE CIERRE Y POSTCIERRE DE DEPÓSITOS DE RELAVES

CURSO 4: HIDROGEOLOGÍA APLICADA Y MANEJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

CURSO 5: HIDROGEOLOGÍA DE RELAVES MINEROS

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa está estructurado en cinco cursos que proporcionan una base sólida y avanzada en la gestión de relaves mineros. Adicionalmente, los participantes podrán seleccionar un curso electivo de una oferta diseñada para complementar su formación según sus intereses y necesidades específicas. Esta flexibilidad permite personalizar la experiencia académica y abordar áreas de especialización que potencien el desarrollo profesional.

Cursos Fundamentales

- Curso 1: Geotecnia Aplicada y Depósitos de Relaves
- Curso 2: Instrumentación y Monitoreo Geotécnico para la Gestión de Relaves
- Curso 3: Gestión de Cierre y Postcierre de Depósitos de Relaves
- Curso 4: Hidrogeología Aplicada y Manejo de Aguas Subterráneas
- Curso 5: Hidrogeología de Relaves Mineros

Cursos Electivos

- Electivo 1: Gestión Sostenible de Relaves Filtrados
- Electivo 2: Balance Hídrico Aplicado a Relaves Mineros
- Electivo 3: Gestión Ambiental de Relaves Mineros: Tecnologías, Impactos y Estrategias Sostenibles

CURSO 1: GEOTECNIA APLICADA Y DEPÓSITOS DE RELAVES

Módulo 1: Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica

- Introducción
- ¿Qué es un depósito de relaves?
- Introducción a la Ingeniería Geotécnica de relaves mineros
- Análisis y clasificación de suelos con enfoque en depósitos de relaves
- Principios generales de compactación
- Conductividad hidráulica
- Principios de filtración y consolidación
- Conceptos básicos: permeabilidad, drenes, licuación, suelos finos
- Resistencia de las arenas: contractiva, densidad, no-drenada residual, presencia de finos
- Estabilidad de taludes
- Clasificación de depósitos de relaves
- Introducción a los mecanismos de fallas
- Aspectos legales para la gestión de depósitos de relaves

Módulo 2: Diseño y Construcción de Tranques de Relaves

- Selección del sitio para el depósito del relave
- Diseño y construcción de muros
- Métodos constructivos: Método de aguas arriba, aguas abajo y eje central
- Caracterización geotécnica materiales de muro
- Sistemas de impermeabilización y drenaje
- Análisis de conductividad hidráulica, permeabilidad y filtraciones
- Estándares internacionales y seguridad
- Modelamiento de presas de tranques de relaves, modelos constitutivos
- Aplicaciones de softwares geotécnicos a presas de tranques de relaves

Módulo 3: Estabilidad de Depósitos de Relaves

- Mecánica de suelos y rocas para la gestión de depósitos de relaves
- Análisis de estabilidad de taludes, laderas y depósitos de relaves
- Modelación numérica y física de depósitos de relaves
- Estudio de fallas y riesgos geotécnicos en depósitos de relaves
 - Licuación sísmica
 - Inestabilidad de taludes
 - Rebalse
 - Erosión interna
 - Capacidad de soporte
- Metodología FMEA (Análisis de modos de falla y sus efectos)
- Análisis de distancia peligrosa (Dam Break Analysis)
- Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes
- Depósitos que generan drenaje ácido
- Lecciones aprendidas y análisis de casos prácticos

CURSO 2: INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO PARA LA GESTIÓN DE RELAVES

Módulo 1: Fundamentos de la Instrumentación Geotécnica

- Introducción y principios básicos:
 - Contexto de la instrumentación en depósitos de relaves.
 - Importancia del monitoreo: estándares actuales, herramientas y tecnologías.
 - Definiciones básicas de instrumentación geotécnica.
 - Introducción a los parámetros geotécnicos para la estabilidad de relaves.
- Conceptos básicos de instrumentación:
 - Elementos clave en la medición: detección, acondicionamiento, indicación, automatización y telecomunicación.
 - Exactitud, precisión, resolución y rango de medición.
 - Factores críticos de falla en depósitos de relaves y su relación con la instrumentación

- Funcionamiento de instrumentos geotécnicos:
 - Tipos de piezómetros: Casagrande, cuerda vibrante, fibra óptica y venteados.
 - Extensómetros, inclinómetros, sensores de nivel y acelerómetros.
 - Características y criterios de instalación para cada tipo de instrumento.
- Deformaciones y normativa:
 - Estimación y monitoreo de deformaciones en muros y presas.
 - Normativas nacionales e internacionales para la instrumentación geotécnica en depósitos de relaves.
 - Métodos de estimación de deformaciones y estándares vigentes.

Módulo 2: Instrumentación y Monitoreo Geotécnico Avanzado

- Métodos de instrumentación y monitoreo:
 - Clasificación de métodos: invasivos, semianvasivos y no invasivos.
 - Instalación de instrumentos según método elegido y características del depósito de relaves.
- Selección, calibración y mantenimiento de instrumentos:
 - Selección de instrumentos según el tipo de depósito y modos de falla creíbles.
 - Actividades de calibración y mantenimiento de instrumentos geotécnicos.
 - Frecuencias de calibración y mantenimiento.
- Tendencias en monitoreo y seguridad de relaves:
 - Nuevas tecnologías: comunicación inalámbrica, InSAR, drones, plataformas de gestión de datos.
 - Integración de monitoreo con planes de acción, operaciones y preparación ante emergencias.
 - Definición de umbrales de desempeño y TARP (Trigger Action Response Plan).

CURSO 3: GESTIÓN DE CIERRE Y POSTCIERRE DE DEPÓSITOS DE RELAVES

Módulo 1: Legislación y normativa sobre cierre de faenas e instalaciones mineras

- Aspectos Generales
 - ¿Qué es un Plan de Cierre?
 - ¿Cuáles son las ventajas de preparar e implementar un Plan de Cierre?
- ¿Cuál es la Regulación Aplicable?
 - Normativas en Chile
 - Normativas en Perú y otros países sudamericanos

Módulo 2: Planificación y ejecución del cierre de depósitos de relaves

- Planificación del cierre de depósitos de relaves
- Aspectos Generales
- Contenidos Mínimos de los Proyectos de Plan de Cierre
- Fases de la vida de un proyecto minero
- Desarrollo de un plan de cierre de faenas mineras

Módulo 3: Recuperación y rehabilitación de áreas impactadas por relaves

- Identificación de Criterios Ambientales, Aspectos Técnicos y Medidas Mínimas para el Cierre
- Criterios ambientales
- Aspectos técnicos y medidas mínimas para el cierre
 - Rajos abiertos y canteras
 - Minas subterráneas
 - Tranques de relaves

Módulo 4: Aspectos financieros del cierre de minas

- Aspectos generales
- Análisis y evaluación de los costos de cierre
- Generación de garantías financieras para el cierre

Módulo 5. Dimensiones Sociales y Gobernanza en el Cierre de Minas

- Introducción a la gobernanza en el cierre minero
- Justicia procedimental y riesgo social
- Impactos socioeconómicos del cierre de minas
- Participación comunitaria y resolución de conflictos
- Sostenibilidad e integración postcierre

Módulo 6. Innovaciones en el Cierre de Minas y Relaves: Integración Ambiental en el Ciclo de Vida Minero

- Introducción al cierre de minas desde un enfoque ambiental
- Modelos geoambientales para la planificación del cierre
- Desulfurización de relaves: Estrategias para la reducción del impacto ambiental
- Aplicaciones de residuos mineros en estrategias de cierre
- Evaluación del impacto del cambio climático en estrategias de cierre

CURSO 4: HIDROGEOLOGÍA APLICADA Y MANEJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Módulo 1: Introducción a la Hidrogeología y Manejo de Aguas Subterráneas

- Definición y alcance de la hidrogeología
- Tipos de acuíferos (libres, confinados y semiconfinados)
- Ciclo hidrológico y relación con aguas subterráneas
- Procesos de recarga y descarga de acuíferos
- Factores geológicos y estructurales que controlan el movimiento de agua subterránea

Módulo 2: Caracterización de Acuíferos y Propiedades Hidráulicas

- Conductividad hidráulica, transmisividad y almacenamiento
- Ensayos de bombeo y métodos de evaluación de permeabilidad
- Determinación de coeficientes de almacenamiento y transmisividad
- Evaluación de anisotropía y heterogeneidad en acuíferos
- Técnicas geofísicas para la caracterización de acuíferos

Módulo 3: Flujo Subterráneo y Transporte de Contaminantes

- Ley de Darcy y ecuación de continuidad
- Transporte advectivo y dispersivo
- Disolución y adsorción de contaminantes
- Migración de contaminantes y barreras hidráulicas
- Técnicas de monitoreo y control de contaminación

Módulo 4: Modelación de Flujo Subterráneo y Análisis Numérico

- Métodos de modelación (elementos finitos, diferencias finitas)
- Introducción al software especializado
- Calibración de modelos y análisis de sensibilidad
- Propagación de frentes de saturación
- Modelación de sistemas heterogéneos y fracturados

Módulo 5: Captación y Explotación de Acuíferos

- Diseño y operación de pozos profundos
- Interferencia entre pozos y efectos en la presión hidráulica
- Métodos de perforación y revestimiento de pozos
- Técnicas de bombeo y recuperación de agua
- Evaluación del rendimiento y eficiencia de pozos

Módulo 6: Gestión Sostenible de Recursos Hídricos

- Evaluación de disponibilidad de agua subterránea
- Estrategias de conservación y reutilización de agua
- Evaluación de impacto ambiental (EIA) en acuíferos
- Gestión de zonas de recarga y descarga
- Monitoreo y control de sobreexplotación

Módulo 7: Interacción Agua-Suelo y Estabilidad Geotécnica

- Efecto de la presión intersticial en estabilidad de taludes
- Deslizamientos y fallas inducidas por agua subterránea
- Problemas de licuación y saturación
- Estrategias para mejorar la estabilidad mediante control de flujo
- Drenaje y alivio de presión intersticial

Módulo 8: Planificación Estratégica y Evaluación de Riesgos Hídricos

- Evaluación de riesgos hídricos en proyectos de infraestructura
- Evaluación de impacto en proyectos agrícolas e industriales
- Estrategias de mitigación para eventos extremos (sequías, inundaciones)
- Evaluación de escenarios de cambio climático en acuíferos
- Casos de estudio y proyectos aplicados

CURSO 5: HIDROGEOLOGÍA DE RELAVES MINEROS

Módulo 1: TSF – Agua, riesgo y estándares

- Introducción
- Tipologías de TSF: aguas arriba/centro/abajo, espesados y filtrados/dry-stack.
- Rutas de fuga: bajo cimiento, borde, interfaces depósito-fundación y estructuras de descarga.
- Gobernanza y gestión del riesgo hídrico: GISTM (roles, EOR, ciclo de vida).
- Guías internacionales para seepage/operación.
- Marco local para agua subterránea y monitoreo: exigencias clave DS-248.

Módulo 2: Propiedades hidro-geotécnicas y flujo no saturado en relaves

- Matriz porosa de relaves: granulometría, estructura, heterogeneidad y anisotropías.
- Curva de retención (SWCC): parámetros, interpretación y rangos típicos.
- Conductividad hidráulica relativa: dependencia con succión.
- Implicancias para infiltración, humectación/secado y control de la línea freática.
- Medición y control de calidad: succión, humedad y permeabilidad en no saturado.

Módulo 3: Seepage en TSF convencionales – Control de la línea freática

- Conceptualización de seepage: trayectorias laterales y bajo cimiento; efectos de heterogeneidad.
- Sistemas de control: drenajes internos/externos, filtros y transiciones, pantallas, liners.
- Manejo de aguas superficiales y alivio hidráulico; criterios de operación para reducir la línea freática.
- Verificación conceptual con instrumentación hidrogeológica (alcances y limitaciones).
- Recomendaciones de guías (ICOLD/ANCOLD) para selección de medidas y criterios mínimos.

Módulo 4: Relaves filtrados (dry-stack) – Infiltración multianual

- Balance hídrico del apilamiento.
- Influencia climática: escenarios áridos/húmedos y eventos extremos; sensibilidad temporal.
- Evolución de humedad y campos de seepage durante la operación y cierre.
- Medidas de minimización de infiltración y buenas prácticas operacionales.

Módulo 5: Monitoreo hidrogeológico y calidad de agua (plumas, AMD/ML)

- Redes de piezometría alrededor de TSF: ubicación, niveles, gradientes e instrumentación básica.
- QA/QC en monitoreo hidrogeoquímico; parámetros trazadores (sulfatos, metales, conductividad, pH, Eh).
- Plumas subterráneas asociadas a TSF: delineación conceptual y métricas de seguimiento.
- AMD/ML en relaves sulfurados: frentes de oxidación, neutralización y medidas de control.

Módulo 6: Gestión integrada y cierre – De GISTM a cumplimiento local

- Ciclo de vida del TSF con foco en agua subterránea: operación, cierre y postcierre.
- KPIs de gestión del agua en TSF: niveles, gradientes, caudales de drenaje y calidad.
- Roles de revisión y aseguramiento (EOR, auditorías) bajo GISTM.
- Convergencia de prácticas globales (ICOLD/ANCOLD) con exigencias del DS-248.

PROYECTO DE CERTIFICACIÓN

El **Proyecto de Certificación** es el componente final del postítulo, diseñado para poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el programa a través de la resolución de un caso real sobre la gestión de relaves mineros. Los participantes trabajarán con el apoyo de tutores expertos, lo que asegura un proceso de aprendizaje guiado y especializado.

Este proyecto tiene dos objetivos fundamentales:

- **Aplicación práctica de conocimientos:** Los estudiantes aprovecharán desafíos reales de la industria, aplicando las metodologías, técnicas y herramientas aprendidas a lo largo del diplomado.
- **Desarrollo del trabajo colaborativo:** Los equipos trabajarán de manera colaborativa, potenciando sus habilidades de liderazgo y coordinación, esenciales en proyectos geotécnicos de gran envergadura. Esta dinámica también fomenta la creación de redes de contacto entre profesionales con intereses y especialidades afines.

CAPACIDADES QUE ADQUIERES

Al finalizar el Diplomado en Geotecnia e Hidrogeología Aplicado a Relaves Mineros, el egresado será capaz de:

- **Analizar y evaluar la estabilidad geotécnica e hidrogeológica** de depósitos de relaves, aplicando principios de mecánica de suelos, flujo subterráneo y control de presiones intersticiales.
- **Diseñar sistemas de instrumentación y monitoreo geotécnico**, interpretando datos en tiempo real para la gestión preventiva de riesgos y la toma de decisiones operacionales.
- **Conocer herramientas de modelación numérica y análisis hidrogeológico** que simulan procesos de infiltración, transporte de contaminantes y comportamiento del agua en medios porosos y no saturados.
- **Evaluar el comportamiento hidrogeológico de los relaves y su interacción con el entorno subterráneo**, identificando rutas de seepage, zonas de recarga y descarga, y aplicando estrategias de control y monitoreo del flujo y calidad del agua en depósitos espesados y filtrados.
- **Integrar criterios de sostenibilidad y cumplimiento normativo** en la planificación, operación y cierre de instalaciones de relaves, alineándose con estándares internacionales como GISTM, ICOLD y ANCOLD.

POR QUÉ ELEGIR ESTE PROGRAMA

- **Cuerpo Académico Reconocido:** Este programa está impartido por expertos reconocidos a nivel mundial, con una amplia experiencia en la investigación y aplicación práctica en el ámbito de los relaves mineros.
- **Flexibilidad y Accesibilidad:** La modalidad del programa combina clases en vivo con contenido asincrónico, ofreciendo la posibilidad de estudiar a su propio ritmo y sin interrumpir la vida laboral, con acceso 24/7 a un aula virtual.
- **Enfoque Teórico-Práctico:** A través de estudios de caso y ejemplos reales, los participantes podrán aplicar los conceptos teóricos a situaciones concretas, fortaleciendo así su capacidad de resolver problemas complejos en la gestión de relaves.
- **Certificación de Alta Reputación:** Obtener un certificado emitido por un programa especializado en gestión de relaves mineros proporciona un valor adicional a los profesionales, destacándolos en un mercado laboral altamente competitivo.
- **Actualización Constante y Vanguardia Tecnológica:** El contenido del programa se mantiene actualizado con las últimas innovaciones tecnológicas y normativas, asegurando que los profesionales se mantengan al día en un sector en constante evolución.

PROYECCIÓN LABORAL Y OPORTUNIDADES PROFESIONALES

Los egresados del Diplomado en Geotecnia e Hidrogeología Aplicado a Relaves Mineros podrán desempeñarse en diversos ámbitos del sector minero y ambiental, destacando por su capacidad técnica y visión integral. Entre sus principales oportunidades laborales se encuentran:

- **Empresas mineras:** participación en áreas de geotecnia, hidrogeología, gestión de relaves, ingeniería de proyectos, operación y cierre de minas.
- **Consultoras especializadas:** desarrollo de estudios geotécnicos e hidrogeológicos, evaluación de estabilidad y control de infiltraciones.
- **Entidades públicas y reguladoras:** apoyo técnico en fiscalización, evaluación ambiental y revisión de planes de manejo y cierre de depósitos de relaves.
- **Centros de investigación y universidades:** colaboración en proyectos de innovación, sostenibilidad y monitoreo de relaves y recursos hídricos.
- **Gestión de proyectos interdisciplinarios:** liderazgo en iniciativas orientadas a la seguridad física, gestión hídrica y sostenibilidad de instalaciones de relaves bajo estándares internacionales.

CUERPO ACADÉMICO

DR. LUKE CLARKSON

- Civil Engineering, University of Queensland, Australia
- PhD in Geotechnical Engineering, University of Queensland, Australia

DR. MATÍAS SILVA

- Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile
- PhD in Civil Engineering, Université Grenoble Alpes, Francia

MSC. JOSÉ LUIS DE LA CRUZ

- Superintendente de Relaves – Minera Kinross, Chile
- Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

DR. GERARDO ZAMORA

- Ingeniero Metalúrgico, Universidad Técnica de Oruro, Bolivia.
- Doctor en Metalurgia, Universidad RWTH Aachen, Alemania.

ING. EDUARDO LÓPEZ

- Ingeniero Civil, Universidad de Concepción, Chile.
- Diplomado en Ingeniería Geotécnica, Universidad de Chile, Chile

MSC. DENNIS RADDATZ

- Ingeniero Civil, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- Master of Science in Civil Engineering – Geotechnical – University of Massachusetts Amherst, USA.

CUERPO ACADÉMICO

DR. EDER PICEROS

- Ingeniero Civil Químico, Universidad de Concepción, Chile.
 - Magíster en Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción, Chile.
 - Doctor en Ingeniería de Procesos de Minerales, Universidad de Antofagasta, Chile.
-

ING. SERGIO VERGARA

- Ingeniero Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile, Chile.

VICTOR ARIAS DONOSO

- Geología – Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, Chile
- Postgrado en Hidrología Subterránea – Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España
- Magíster en Hidrogeología y Modelación Numérica – Universidad de Barcelona, Barcelona, España