

Diploma de Postítulo

Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos

17ª Versión - online

2022

Xavier Emery

Director Académico
Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile

Introducción

El Departamento Ingeniería de Minas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, ofrece a la comunidad minera el Diploma de Postítulo en **Evaluación Geoestadística de Yacimientos**.

El programa busca ofrecer de manera sistemática una visión acerca de las distintas etapas involucradas en el cálculo de recursos y reservas, incluyendo un análisis crítico del estado del arte en la materia y de las nuevas técnicas de modelamiento existentes, de modo de formar en los participantes una base de conocimiento de suficiente profundidad para poder aplicar las metodologías estudiadas y entender nuevas propuestas en el área.

Este programa está dirigido a geólogos, ingenieros de minas y otros profesionales involucrados en las distintas etapas de la evaluación de recursos geológicos y reservas mineras, que deseen profundizar sus conocimientos en temáticas de modelamiento de yacimientos, muestreo, geoestadística y su aplicación práctica al problema de evaluación de recursos y reservas, categorización y cuantificación de incertidumbre geológica.

Objetivos

El objetivo del programa es entregar a los participantes las herramientas teóricas y prácticas avanzadas de evaluación de recursos geológicos y reservas mineras, incluyendo aspectos de modelos geológicos de yacimientos, teoría de muestreo y geoestadística aplicada a la evaluación de yacimientos.

Al finalizar el programa, los y las participantes serán capaces de desarrollar un proyecto de evaluación de yacimientos utilizando herramientas avanzadas y con una visión de todos los aspectos relevantes del proceso.

Organización del Programa

El Diploma de Postítulo en Evaluación Geoestadística de Yacimientos se divide en 6 cursos de una semana de duración cada uno:

1. Modelos Geológicos de Yacimientos
2. Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos
3. Simulación Geoestadística de Geología y Leyes
4. Muestreo y Control de Calidad para Evaluación de Yacimientos
5. Tópicos Especiales de Geoestadística
6. Categorización y Reporte de Recursos y Reservas

El programa contempla un total de 320 horas:

- Docencia directa total: 240 horas
- Trabajo personal total: 80 horas

- Cinco cursos intensivos de una semana de duración cada uno, en temas formativos y de actualización de conocimiento (40 horas por curso).
- Dedicación personal entre los cursos, donde se desarrolla un trabajo individual que debe materializarse en una entrega final en el último curso del Programa.
- Una sesión final de categorización y reporte de recursos y reservas, donde se realizan además las presentaciones finales del trabajo de término (unidad 6).
- Se requiere que los estudiantes tengan un manejo adecuado del idioma inglés de modo que puedan estudiar el material bibliográfico entregado como parte del contenido de este Diploma.
- A la docencia se debe agregar el estudio personal de los estudiantes, en períodos de receso del programa, orientado a preparar cada curso.

Formato

Modalidad online, vía streaming en la plataforma ZOOM.

Para cursar el Diploma de Postítulo en Evaluación Geoestadística de Yacimientos se considera que cada estudiante dedique exclusividad a los horarios de clases, para un buen rendimiento y aprendizaje en cada módulo. En caso contrario si el estudiante trabaja simultáneamente cuando se dictan las clases, será de exclusiva responsabilidad de cada un@ su rendimiento y cumplir con las evaluaciones en los tiempos establecidos por cada módulo y la coordinación académica del programa.

Calendario 2022

MODULO	CURSO	FECHA
1	Modelos Geológicos de Yacimientos	2 al 6 de mayo
	Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos	06 al 10 de junio
2	Muestreo y Control de Calidad para Evaluación de Yacimientos	11 al 15 de julio
	Simulación Geoestadística de Geología y Leyes	22 al 26 de agosto
3	Tópicos Especiales de Geoestadística	24 al 28 de octubre
	Categorización y Reporte de Recursos y Reservas	28 de noviembre al 2 de diciembre

Evaluación

Cada uno de los cursos del programa se evaluará por separado mediante controles, lecturas, presentaciones, informes y/o examen.

- La nota mínima de aprobación es 4.0; escala de 1.0 a 7.0.
- Cada curso deberá contar con 85% de asistencia mínima.

Profesores del programa

PROFESORES	TÍTULO, GRADO	UNIVERSIDAD
Xavier Emery	Ing. Matemático, PhD.	Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Francia
Antoni Magri	Ing. Agrónomo, PhD.	Cornell University, USA
Eduardo Magri	I. C. de Minas, PhD.	University of the Witwatersrand, Sudáfrica
Mohammad Maleki	I. C. de Minas, PhD.	Universidad de Chile
Nadia Mery	I. C. de Minas, Magíster	Universidad de Chile
Brian Townley	Geólogo, PhD.	Queen's University, Canadá

Requisitos de admisión y postulación

El proceso de postulación está abierto y finaliza el **25 de marzo, 2022**.

Los cupos son limitados y se ofrecen por estricto orden de inscripción y cumplimiento de requisitos.

Podrán postular al Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimientos, quienes cumplan con las siguientes formalidades:

- Estar en posesión del Grado de Licenciado en una disciplina afín al programa. Asimismo, podrán postular quienes posean un título profesional cuyo nivel, contenido y duración de estudios correspondan a una formación equivalente a la del grado de Licenciado en la Universidad de Chile. Éste deberá acreditarse mediante fotocopia notarial del certificado correspondiente.
- Enviar currículum vitae.
- Formulario de postulación: <https://forms.gle/e8QcUDo5MiVANjfX6>
- Orden de Compra (Exclusivo para financiamiento de empresas en Chile).

Cada postulación será resuelta por el Director Académico del Programa, quien decidirá la aceptación o rechazo a su admisión, según los antecedentes presentados.

Horario

Lunes a viernes de 9:00 a 13:00 - 14:00 a 18:00 horas.

Organizador

Departamento Ingeniería de Minas – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile - Beauchef 850, Santiago Centro.

Valor y forma de pago

El costo del programa (*) es CLP 5.192.000 - US\$6.656 y la forma de pago dependerá si es financiado de manera personal o patrocinado por la empresa.

- Tod@s postulante al ser aceptado deberá pagar una inscripción (**) de CLP 500.000 (US\$641), antes del **25 de marzo, 2022**.
- Alumn@s patrocinados por empresas en Chile, deberán formalizar mediante O/C, antes del **25 de marzo, 2022**.
- Forma de pago: webpay o transferencia bancaria.

Consideraciones

- El Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimiento deberá estar pagado en su totalidad antes del **30 de noviembre, 2022**.
- (*) El valor del programa en dólares podrá variar dependiendo el tipo de cambio publicado por la U. de Chile y podrá ajustarse en el último curso.
- (**) El pago de la inscripción está incluida en el total del programa.
- En caso de retiro del Diploma, previo al inicio de clases, el valor de la inscripción no será reembolsado y podrá ser usada en otra versión u otro programa.
- El programa no cuenta con franquicia SENCE (Chile).
- El Diploma en Evaluación Geoestadística de Yacimientos convalida asignaturas del Magíster en Minería de la Universidad de Chile.

Certificado

A la aprobación de todos los requisitos del programa, el estudiante recibirá un Diploma de Postítulo en Evaluación Geoestadística de Yacimientos, emitido por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Contacto

Educación Continua - Postítulo
Ingrid Thiele – Verónica Möller
diploma@minas.uchile.cl
Departamento Ingeniería de Minas
Universidad de Chile

Observaciones

1. Los organizadores se reservan el derecho a cancelar el Diploma, si los inscritos no se ajustan a un número mínimo necesario y/o por motivos de fuerza mayor.
 - i. La confirmación definitiva del programa se comunicará el viernes 18 de abril, 2022, en caso de no contar con el número mínimo necesario.
2. Ante la eventualidad del retiro de algún docente, el Programa se compromete a encontrar un reemplazante adecuado.



Anexo

Programa Académico

Diploma

Evaluación Geoestadística de Yacimientos



CURSO: Modelos Geológicos de Yacimientos

OBJETIVO

El propósito del curso es entregar a las y los participantes los conocimientos y herramientas (competencias) necesarias para reconocer, clasificar e interpretar los tipos y estilos de alteración y mineralización hidrotermal y la paragénesis de éstos. Además aprenderán a interpretar ambientes de formación, para evaluar los impactos físicos y químicos aplicados, tanto a exploraciones mineras como al modelamiento geológico y geometalúrgico de yacimientos minerales. Finalmente los participantes adquirirán una base crítica para entender y aplicar lo que observan directamente en terreno, en superficie o sondaje, y a partir de ello, ser capaz de evaluar aspectos relevantes a modelar, ya sea para exploraciones o producción.

CONTENIDOS

Introducción

- Conceptos y definiciones
- El negocio minero

Hidrotermalismo

- Fuente de fluidos hidrotermales
- Alteración hidrotermal
- Estabilidad de sulfuros
- Procesos de alteración y Mineralización hidrotermal

Modelos de Depósitos

- Modelos de depósitos-introducción
- Yacimientos de tipo pórfido cuprífero
- Yacimientos del tipo skarn
- Yacimientos del tipo epitermal de metales preciosos
- Yacimientos del tipo estrato ligado de Cu
- Yacimientos del tipo óxido Fe-Cu-Au y óxido Fe-P
- Otros tipos de yacimientos minerales

Este curso incluye un apunte en español y se adjuntarán copias de publicaciones relevantes. El apunte anexa un listado completo de referencias.

En las presentaciones se muestran ejemplos fotográficos de sitios y muestras, de tal forma de ilustrar los conceptos con casos reales. Además, se incorporará discusión y ejemplos de aplicación de conocimiento.

CURSO: Geoestadística Aplicada a la Evaluación de Yacimientos

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar herramientas necesarias para conocer los principales métodos geoestadísticos y sus aplicaciones a la industria minera, en especial, en lo que se refiere a la evaluación de los recursos minerales a partir de una toma de muestras. Los conceptos estarán ilustrados con aplicaciones prácticas a ejemplos reales.

Al finalizar la actividad, los y las participantes estarán en condiciones de manejar y analizar una base de datos regionalizados, modelar su comportamiento espacial y llevar a cabo la estimación de los recursos, tanto a nivel global como local.

CONTENIDOS

Conceptos Básicos de Evaluación de Yacimientos y Geoestadística

- Introducción
- Objetivos y aplicaciones de la geoestadística
- Nociones fundamentales
- El modelo geoestadístico

Estudio Exploratorio de Datos Regionalizados

- Validaciones preliminares
- Herramientas exploratorias: univariadas, bivariadas, multivariadas, espaciales
- Representatividad de los datos; desagrupamiento
- Compósitos
- Definición de unidades geológicas; análisis de contacto

Análisis Variográfico

- El variograma experimental
- Definición y propiedades de un variograma teórico
- Modelos básicos de variograma y modelos anidados
- El efecto pepita
- Modelamiento de anisotropías
- Recomendaciones prácticas
- Validación cruzada

Estimación de Recursos

- Construcción del kriging
- Plan de kriging
- Propiedades del kriging
- Variantes del kriging; kriging de bloques
- Elementos sobre categorización de recursos y reservas
- Elementos sobre simulación geoestadística.

CURSO: Muestreo y Control de Calidad para Evaluación de Yacimientos

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes conceptos teóricos y prácticos de muestreo y control de calidad. Se explorarán múltiples aplicaciones de estos conceptos en los diversos procesos de una operación minera, por ejemplo, al estudiar la heterogeneidad de diferentes sectores, evaluar y optimizar protocolos de toma y preparación de muestras de pozos de tronadura y de sondajes de exploración, en el muestreo en las plantas de concentración y el muestreo de los productos finales.

Los conceptos y criterios prácticos se expondrán en detalle a través presentaciones y en ejercicios prácticas que los participantes deberán desarrollar usando datos reales.

Temas asociados, tales como buenas prácticas y auditorías, certificaciones de laboratorios, etc. también forman parte del curso, con el objetivo de desarrollar en los participantes un set de criterios esenciales para poder evaluar el desempeño de las actividades que respaldan los datos de estimación de recursos, de explotación del yacimiento y de la operación de los procesos de recuperación.

Al finalizar el curso, los participantes estarán en condiciones de aplicar herramientas estadísticas para cuantificar y mejorar la calidad de la información proveniente de muestras y evaluar críticamente el control de calidad asociado.

CONTENIDOS

Introducción

- Definiciones
- Tipos de errores
- Equipos de toma y preparación de muestras
- Error fundamental
- Método paramétrico
- Tests de heterogeneidad
- Desarrollo de Protocolos de Toma y Preparación de Muestras
- Diseño de estaciones/torres de muestreo
- Muestreo de distribución granulométrica
- Error de agrupamiento y segregación
- Error de delimitación
- Error de extracción
- Error de preparación
- Control de Calidad
- Tratamiento de resultados para duplicados
- Tratamiento de resultados para estándares
- Error de análisis: Test de Ingamells
- Principios de la Cronoestadística
- Mediciones de Densidad
- Certificaciones de Laboratorios
- Tipos especiales de muestreo
- Auditorías
- Códigos y buenas prácticas

CURSO: Simulación Geoestadística de Geología y Leyes

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes la teoría y práctica de la simulación geoestadística, para aplicaciones en minería.

La actividad cubrirá las herramientas típicamente utilizadas en el desarrollo de una evaluación de recursos geológicos o reservas mineras, de manera de poder incorporar la incertidumbre en la definición de los tipos de roca y de las leyes. En conjunto pondrán en práctica los conceptos en detalle, a través de casos de estudio y aplicaciones prácticas desarrolladas por los participantes con datos reales.

Al finalizar el curso, los y las participantes estarán en condiciones de aplicar herramientas de simulación geoestadística, para la evaluación de recursos y reservas, considerando la incertidumbre geológica.

CONTENIDOS

Modelamiento de Incertidumbre Geológica

- Introducción
- Repasos de técnicas de análisis variográfico y predicción espacial
- Modelamiento de incertidumbre local; ejemplo del modelo multi-Gaussiano
- Modelamiento de incertidumbre espacial

Modelos y Algoritmos de Simulación Geoestadística

- Simulación multi-Gaussiana para variables continuas (leyes)
- Simulación plurigaussiana para variables categóricas (tipos de roca)
- Validación de las simulaciones
- Post-proceso de las simulaciones

Aplicaciones y Casos de Estudio



CURSO: Tópicos Especiales de Geoestadística

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes los conocimientos y aplicaciones para profundizar los principales métodos geoestadísticos y sus aplicaciones a la industria minera, en especial en lo que se refiere a la evaluación de los recursos minerales a partir de una toma de muestras. Los conceptos estarán ilustrados con aplicaciones prácticas a ejemplos reales.

Al finalizar el curso, los participantes conocerán métodos para el cálculo de recursos y reservas recuperables, manejo de conjuntos de datos multivariados y aplicaciones avanzadas de herramientas geoestadísticas.

CONTENIDOS

Geoestadística Multivariable

- Introducción
- Análisis de datos multivariados
- Variogramas directos y cruzados
- Cokriging
- Cosimulación
- Aplicaciones

Casos de Estudio

- Exposición de casos de estudio en modelamiento geoestadístico, evaluación de recursos geológicos y cuantificación de incertidumbre geológica
- Desarrollo práctico de un caso de estudio.



CURSO: Categorización y Reporte de Recursos y Reservas

OBJETIVOS

El objetivo del curso es entregar a los participantes es conocer los códigos, conceptos básicos y metodologías prácticas para categorizar y reportar recursos geológicos y reservas mineras.

Esta unidad considera también las presentaciones de parte de los alumnos de sus trabajos finales (miércoles los alumnos trabajarán solo preparando sus presentaciones finales de Estudio de Caso. Jueves y/o viernes, los alumnos harán sus presentaciones finales de su desarrollo de trabajo personal).

CONTENIDOS

- Introducción
- Códigos internacionales de reporte de recursos y reservas
- Principios de categorización y caso de estudio
- Metodologías de categorización
- Lectura de códigos internacionales y artículos técnicos
- Presentaciones de expertos de la industria sobre categorización y reporte de recursos y reservas
- Presentaciones finales de trabajos individuales

