

# CATEDRA GEOLOGIA DE MINAS (FCNyM-UNLP)

PROGRAMA CURSO 1995

I- ESQUEMA DE UNA INVESTIGACION MINERA. Investigación minera, definición y alcances. Distribución de concentraciones minerales. El riesgo de la investigación minera. Estrategias de la investigación minera.

II- ANALISIS DEL RIESGO EN INVESTIGACION MINERA. Presencia de depósitos minerales: modelos de ocurrencia. Detectabilidad de depósitos minerales. Económicidad y probabilidad económica de depósitos minerales.

III- PLANIFICACION DE TRABAJOS DE EXPLORACION. Prospección y Exploración. Dinámica de la exploración en relación a los riesgos. Sistemas de exploración y posibilidades de aplicación a distintos tipos de yacimientos. Análisis técnico-económico de la exploración.

IV- VARIABILIDAD DE DEPOSITOS MINERALES. Alcances de la estadística y la geoestadística en la investigación minera. Parámetros estadísticos básicos y aplicación a yacimientos minerales. Yacimientos y su variabilidad (geométrica y genética).

V- PERFORACIONES EN LA EXPLORACION GEOLOGICO MINERA. Sistemas de perforación en investigación minera: percusión, rotación y rotopercusión. Tendencias en los sistemas de perforación para exploración. Planificación de equipamiento. Rendimientos de perforaciones.

VI- NOCIONES GENERALES SOBRE EXPLOSIVOS. Explosión, deflagración. Características de los explosivos y clasificación. Detonadores; cordón detonante; mechas. Usos de explosivos en distintos tipos de trabajos mineros. Ley de armas y explosivos y normas de seguridad.

VII- METODOS DE VOLADURAS Y CALCULO DE CARGAS. Disposición de barrenos en distintos tipos de trabajos mineros. Cargado de barrenos; orden de encendido. Elección del sistema de voladura y relación con el equipamiento minero.

VIII- CONTROL GEOLOGICO. Exploración por perforaciones: programación y control de operaciones. Muestreos. Síntesis de la información. Exploración por laboreos subterráneos: para distintos tipos de yacimientos; planimetría y mapeo; muestreo. Actividad en la producción minera.

IX- ESTIMACION DE LEYES Y RESERVAS. Estimación clásica, estadística y geoestadística. Estimación geoestadística y sus herramientas: continuidad espacial, variogramas (construcción y aplicación). Análisis estructural mediante variogramas. Precisiones de la estimación: varianzas, estimadores (Matheron, Krigeado). Concepto de "Reservas in situ" y "Reservas recuperables".

X- PROYECTOS MINEROS. Minería subterránea y "a cielo abierto". Criterios de proyecto en una explotación a cielo abierto.

# CATEDRA GEOLOGIA DE MINAS (FCNyM-UNLP)

PROGRAMA ANALITICO CURSO 1995

CONTENIDO TEORICO

## UNIDAD A: TEMAS GENERALES

### Tema I: Esquema de una Investigación Minera

- 1- Investigación minera: definición, objetivos, componentes, interacción y funciones del geólogo.
- 2- Distribución estadística de elementos y de concentraciones minerales; las características anómalas de estas últimas.
- 3- Bases y componentes del riesgo en la Investigación Minera. Fórmula de riesgo probabilístico (Azcarate): presencia, detectabilidad y economicidad.
- 4- Distintos planteos estratégicos en la investigación minera: la estrategia numérica, la investigación científica, el planteo económico.

### Tema II: Análisis de riesgo en investigación minera

- 1- Presencia de depósitos minerales: Modelos teóricos de ocurrencia numérica. Modelos geológicos de ocurrencia geográfica: provincias metalogénicas, distritos mineros y metalotectos.
- 2- Generación de modelos de depósitos minerales. Modelos y subtipos: descriptivos, genéticos, de ley-tonelaje, etc. Información que brindan los modelos a la exploración. Introducción a los modelos cuantitativos.
- 3- Detectabilidad de depósitos minerales. Densidad de malla. Detección con perfiles. Modelos geométricos.
- 4- Economicidad probable de depósitos minerales. Filtros económicos.

### Tema III: Planificación de los trabajos de exploración

- 1- Fases de la Investigación Minera. Definición de prospección y exploración. Las etapas de exploración: tiempos y costos. Exploración preliminar y detallada
- 2- Dinámica de la exploración en relación a los riesgos. Tiempos, inversiones e información.
- 3- Definición de "sistemas de exploración". Revisión de los trabajos de exploración física: laboreos superficiales y subterráneos; perforaciones y trabajos mixtos.
- 4- Factores que determinan la elección del "sistema de exploración" y su análisis técnico-económico. Posibilidades de aplicación de los "sistemas de exploración" a los distintos tipos de yacimientos; diagramación y diseño.

### Tema IV: Variabilidad de depósitos minerales

- 1- Variabilidad de concentraciones minerales. Causas de la variabilidad. Caracteres morfológicos y genéticos de yacimientos y su variabilidad.
- 2- Conceptos de aplicación de técnicas estadísticas y geoestadísticas en el análisis

de yacimientos.

3- Descripción de parámetros estadísticos y su aplicación en la exploración minera.

#### UNIDAD B: TEMAS TECNICOS

##### Tema I: Perforaciones en la exploración geológico-minera

- 1- Sistemas de perforación mas utilizados en minería. Sondeos y barrenos.
- 2- Sistemas a rotación. Rotación pura. Rotación con corona de diamantes y tubo sacatestigos. Perforadoras, bombas, accesorios. Normas de fabricación.
- 3- Sistemas a rotopercusión. Martillo de fondo (DTH). Martillo de cabeza. Sistemas de circulación reversa.
- 4- Wagon-drills, jumbos. Equipos. Compresores.

##### Tema II: Nociones generales sobre explosivos

- 1- Explosión y explosivos. Velocidad de reacción. Valor fuerza. Sensibilidad. Resistencia a la alteración. Clasificación y principales características de explosivos comercializables en el país.
- 3- Detonadores: comunes y eléctricos; instantáneos y con retardo. Mechas: lentas y rápidas. Cordón detonante.
- 4- Ley de armas y explosivos; normas de seguridad.

##### Tema III: Método de voladuras y cálculo de cargas

- 1- Esquemas de disposición de barrenos para diferentes cortes en labores subterráneas y en voladura de bancos a cielo abierto. Orden de encendido. Fórmula de Fraenkel y otras.
- 2- Problemas de voladuras de rocas de ornamentación. Explosivos y recuperación. Otros métodos.
- 3- Cargado de barrenos: carga de fondo, de columna y cuello. Retacado.
- 4- Elección del sistema de voladura en relación a los equipos de movimiento de rocas.

#### UNIDAD C: TEMAS DE CONTROL GEOLOGICO

##### Tema I: Control Geológico en exploración por perforaciones

- 1- Diagramación de programas de perforación. Control de operaciones y confección de un programa ajustado de pozos. Control del desarrollo.
- 2- Señalamiento y posicionamiento del equipo de sondeo; desde superficie y desde labores subterráneas.
- 4- Obtención y recepción de muestras (testigos, cuttings, polvo).
- 5- Descripción y síntesis de la información ("loggeo"). Interpretación, corrección y correlación de datos.

##### Tema II: Control Geológico en exploración por laboreos mineros

- 1- Ejemplos en diferentes tipos de yacimientos. Planimetría y mapeo geológico. Representaciones gráficas.
- 2- Muestreo; espaciamiento en relación al carácter de la mineralización; usos de las herramientas estadísticas y geoestadísticas en la densidad de muestreo.

##### Tema III: Control Geológico en la producción minera

- 1- Objetivos.

2- Planimetría.

3- Relación con la ingeniería de minas. Ejemplos de organización en emprendimientos mineros.

#### UNIDAD D: TEMAS DE EVALUACION DE YACIMIENTOS

##### Tema I: Estimación de leyes y reservas

1- Estimaciones Clásica (o geométrica), Estadística y Geoestadística.

2- Métodos y análisis de la estimaciones. Modelos. Estimación global y puntual.

3- Geoestadística y sus herramientas: introducción a las variables regionalizadas, efecto proporcional, continuidad espacial. Introducción a variogramas.

3- El Variograma: definición, construcción, tipos y aplicaciones.

4- Anisotropías y análisis estructural mediante variogramas.

5- El variograma como modelo de la estimación.

6- Precisiones de la estimación: Varianza de estimación; cambio de soporte; varianza de dispersión; coeficiente de dispersión absoluto ( $\alpha$ ); varianza de extensión.

7- Estimadores: introducción a la técnica de Krigeado; corrector de Matheron.

8- Conceptos de "Reservas in situ" y "Reservas recuperables" .

##### Tema II: Proyectos mineros

1- Elección entre minería a cielo abierto y subterránea.

2- Modelización de yacimientos

3- Criterios de proyecto en una explotación a cielo abierto: Canteras y Cortas. Relación Estéril/Mineral; relación Ley/Tonelaje; Ley de Corte (Cut-off); altura de bancos; talud final y diseño del "open pit"; manejo de "escombreras".

#### TRABAJOS PRACTICOS

Clases 1 y 2: Detectabilidad de depósitos minerales: probabilidad de detección y densidad de observaciones; efecto de forma; factores de: economía de descubrimiento, de ganancia y de totalidad de búsqueda (Slichter). Ejercicios: probabilidad de descubrimiento con cambios de densidad de malla y de forma de depósitos.

Clase 3: Métodos de delimitación de yacimientos en las distintas etapas de exploración.

Clases 4 y 5: Determinación y usos de parámetros estadísticos en la exploración minera. Ejercicios: optimización de la malla de muestreo y análisis económico; correlación; límites de confianza y regiones de probabilidad.

Clase 6: Criterios de planificación y selección de equipos. Rendimiento y costos en perforaciones. Ejercicios: Análisis de costos y rendimiento de perforaciones. Datos estructurales de testigos de perforación.

Clase 7: Costos y rendimientos de voladuras.

Clase 8: Ubicación de perforaciones de exploración. Descripción de testigos de perforación.

Clases 9 y 10: Cálculo y construcción de Variogramas. Ejercicios: Análisis de Variogramas uni y multidireccionales.

Clase 11: Cálculo de las precisiones de la estimación.

Clases 12 y 13: Krigeado. Trabajo con ábacos y eventualmente con computadoras.

Carga horaria (máxima)/clase: 4 horas

#### EVALUACIONES PARCIALES

Evaluación I: sobre los temas desarrollados en las clases 1 a 8.

Evaluación II: sobre los temas desarrollados en las clases 9 a 13.

Las evaluaciones se aprobarán con la nota mínima de 4 (cuatro), sobre máximo de 10 (diez).

#### BIBLIOGRAFIA

AZCARATE, J.E. (1982). Introducción a la Metodología de Investigación Minera. Ed. Inst. Geol. Min. de España, Madrid.

COX, D.P. y SINGER, D.A., Editores (1986). Mineral Deposit Models. U.S. Geological Survey Bulletin 1693. USA.

DAVID, M. (1977). Geostatistical ore reserve estimation. Ed. Elsevier, Amsterdam.

DAVIS, J.C. (1973). Statistical and data analysis in geology. Ed. Wiley, N. York.

DEUTSCH, C.V. y JOURNAL, A.G. (1992). GSLIB Geostatistical software library and user's guide. Oxford Univ. Press, New York. (Con programas para computadora)

GOCHT, W.R.; ZANTOP, H. y EGGERT, R.G. (1988). International Mineral Economics. Ed. Springer Verlag, Heidelberg.

HARRIS, D.V.P. (1990). Mineral Exploration Decisions. A Guide to Economic Analysis and Modeling. Ed. John Wiley & Sons, New York.

JOURNAL, A.G. y HUIJTBREGTS, C.J. (1978). Mining geostatistics. Ed. Academic Press London.

ISAAKS, E.H. y SRIVASTAVA, R.M. (1989). An introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York.

KAZHDAN, A.B. (1982). Prospección de Yacimientos Minerales. Ed. MIR, Moscú.

KOCH, G. (1992). Geological solving problems with 123. Pergamon Press plc. (Con programas para computadora).

KOCH, G. y LINK, R. (1986). Statistical analysis of geological data. Ed. Wiley, N. York (2 ed.).

KREITER, M. (1978). Investigación y Prospección Geológica. Ed. Paraninfo, Madrid.

KUZVART, M. y BÖHMER, M. (1986). Prospecting and Exploration of Mineral Deposits. Developments in Economic Geology #21. Ed. Elsevier. Amsterdam.

MC KINSTRY, H.E. (1961). Geología de Minas. Ed. Omega, Barcelona.

MERODIO, J.C. (1985). Métodos Estadísticos en Geología. Asoc. Geol. Argentina; Serie B Didáctica y Complementaria #13. Buenos Aires.

NOVITZKY, A. (1978). Prospección, Exploración y Evaluación. Ed. Banco. Nac. Desarrollo, pp. 734. Buenos Aires.

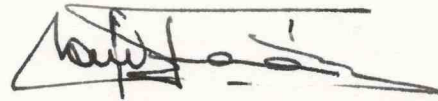
PETERS, W.C. (1978). Exploration and Mining Geology. John Wiley & Sons, pp. 696. New York (Fue re-editado y ampliado en 1986).

VARIOS AUTORES (1978 y 1979). Curso Latinoamericano de capacitación para la prospección y exploración de yacimientos uraníferos. CIEN-CNEA, Buenos Aires.

TULCANAZA

Revistas Periódicas

Chronique de la Recherche Minière; Economic Geology; Mineralium Deposita.



**Dr. Raúl Fernández**  
**Profesor Asociado**  
**Geología de Minas**

## CARACTERISTICAS DEL CURSO

Dentro de los sistemas de cursadas vigentes en nuestra facultad, se propone un curso normal con aprobación de exámen final de la totalidad de la materia y de dos evaluaciones parciales de los contenidos prácticos.

Se darán todas las recuperaciones pertinentes y las clases de repaso que se necesiten a los fines de la mejor comprensión de las problemáticas planteadas.

La carga horaria correspondiente al dictado de los contenidos teóricos se estima en un total de 50 horas, mientras que la correspondiente al desarrollo de trabajos prácticos será como máximo de 52 horas.

## OBJETIVOS DEL CURSO

El objetivo fundamental que se desea alcanzar con el curso propuesto es que los estudiantes que opten por esta materia obtengan una serie de conocimientos que le permitan intervenir de manera eficaz en las tareas de exploración minera (excluidos los hidrocarburos). Esto implica la incorporación de mecanismos de interacción y tratamiento de datos provenientes de la ciencias geológicas, con la adecuación al medio económico en que se desenvuelve la tarea y la orientación hacia un fin particular que es el descubrimiento de una concentración mineral rentable, o bien, la detención de las acciones ante resultados no satisfactorios.

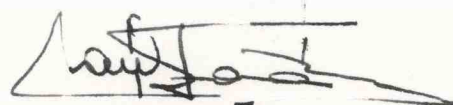
Ese objetivo mayor, contando con la base de la formación geológica que ofrece nuestra facultad, se alcanza con una metodología de investigación que puede desglosarse -sólo a los fines de la mejor comprensión de la misma- en la capacitación para: clasificar y utilizar información para la toma de decisiones; elaborar nuevas metodologías para llegar a obtener la mejor información que permita esas decisiones; y el entrenamiento en las tareas profesionales que el geólogo debe desarrollar durante una exploración minera. Entonces se aborda el problema de búsqueda de soluciones a través de bases teóricas y su práctica, y el problema de la actuación del futuro graduado en su futuro medio laboral. Así la temática teórica propuesta en el programa posibilita alcanzar un conocimiento en nuevas concepciones de la exploración minera, sobre la base de la experimentación y la crítica y, a su vez, el desarrollo teórico-práctico y las ejercitaciones planteadas permiten una mejor visualización de la teoría y comprender posibles planteos que el trabajo de exploración minera nos enfrenta.

A estos fines la Unidad de Temas Generales (corresponde a los trabajos prácticos de las Clases 1 a 5) tiene por objetivo otorgar los fundamentos de la Investigación Minera y centra, además, la problemática que se desarrollará durante el curso. Asimismo expone las bases teóricas y prácticas para estimar los riesgos de esa actividad, teniendo en cuenta los tres parámetros principales: presencia, detección y economía de depósitos minerales. Posteriormente se plantean las tareas de planificación de la exploración minera de modo de minimizar los riesgos y las causas -como la variabilidad- que controlan, al menos parcialmente, dichos riesgos.

La Unidad de Temas Técnicos (corresponde a los trabajos prácticos de las clase 6 y 7), tiene por objetivo que los alumnos reconozcan la amplitud de

herramientas de trabajo utilizadas en la exploración, y aún en la etapa de explotación, que son necesarias para la tarea profesional. Por otro lado la Unidad de Temas de Control Geológico (corresponde al trabajo práctico de la clase 8), propone diversas acciones en las que se verá inmerso el geólogo en distintas etapas de la actividad minera.

Por último la Unidad de Temas de Evaluación de Yacimientos (corresponde a los trabajos prácticos de las clases 9 a 13), que comprende algo más de un 30% de la carga horaria de la materia, recoge los aspectos geoestadísticos de la evaluación minera, enfocados desde un punto de vista más bien práctico. Esta temática en la actualidad es asiduamente utilizada en desarrollos mineros y su conocimiento puede ser importante para la inserción profesional de nuestros graduados. Dichas técnicas permiten el mejor análisis y estimación de leyes y reservas de mineral, y son aceptadas hoy día como las más aptas para reducir y/o prevenir los riesgos en las etapas previas a la toma de decisión de la explotación de un yacimiento. Además se sintetizan algunos aspectos que sugieren como programar esta última actividad. Se pretende que los alumnos conozcan estas técnicas y puedan, de esta forma, intervenir en la evaluación y planificación minera actuales.



**Dr. Raúl Fernández**  
**Profesor Asociado**  
**Geología de Minas**