

**MAESTRÍA EN  
METALURGIA EXTRACTIVA**  
Acreditación CONEAU, Resol 1069/10  
Carrera n° 30094/10

## Curso de Posgrado MÉTODOS MATEMÁTICOS

### DOCENTES

**MSc. Ing. Carlos CALVO**  
**MSc. Prof. Beatriz MORALES**  
**Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE**  
**Bioingeniera Analía MOYANO**

**Carlos CALVO** es Ingeniero Electromecánico, egresado de la Universidad Nacional de San Juan en 1978. Obtuvo su Maestría en Matemática Aplicada e Informática en el Moscow Engineering Physics Institute. Es Profesor Titular de las cátedras "Análisis Matemáticos II", "Matemática Aplicada" y "Métodos Numéricos". Además, es investigador y docente en programas de posgrado de la U.N.S.J.

**Beatriz del Carmen MORALES** es Profesora Superior en Matemática, egresada de la Universidad Nacional de San Juan en 1980. Obtuvo su Maestría en Ingeniería de Sistemas de Control en el Instituto de Automática de la Universidad Nacional de San Juan. Es Profesora Asociada de las cátedras "Análisis Matemático II", "Matemática Aplicada" y "Métodos Numéricos". Además, es investigadora y docente en programas de posgrado de la UNSJ.

**Carlos Héctor DELAHAYE** es Ingeniero Civil, egresado de la Universidad Nacional de San Juan, Master en Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería y Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, por la Universidad Politécnica de Cataluña. Es Profesor Titular de las Cátedras "Computación" y "Geotecnia". Su actividad principal en investigación comprende el estudio del comportamiento hidromecánico de presas, taludes y excavaciones, y barreras de ingeniería para el almacenamiento subterráneo de residuos nucleares.

**Analía MOYANO** obtuvo el título de Bioingeniera en la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) en el año 2004. Actualmente es Jefe de Trabajos Prácticos en las Cátedras "Álgebra y Geometría Analítica", "Estadística", "Cálculo Numérico" y "Matemática Aplicada" en diversas carreras de la Facultad de Ingeniería (UNSJ). Además ha colaborado en el dictado de cursos de posgrado y desarrolla actividades de investigación, siempre dentro del campo de la matemática.

**DESTINATARIOS:** Alumnos de la MGRM, Profesionales, Docentes e Investigadores.

**TIPO: Obligatorio**, para los inscriptos en la Maestría en Gestión de Recursos Minerales. De **Perfeccionamiento**, para los no inscriptos en dicha Maestría.

**OBJETIVO GENERAL:** Desarrollar capacidades sobre la metodología y utilización de los métodos numéricos para la solución de toda una variedad de problemas de Ingeniería de Minas.

**DESARROLLO DEL CURSO:** El curso se ha organizado en dos módulos generales constituidos por varias unidades de aprendizaje.

### MODULO I: MÉTODOS NUMÉRICOS Y MATLAB

**Profesor responsable:** MSc. Ing. Carlos CALVO

**Docentes:** MSc. Carlos CALVO  
MSc. Prof. Beatriz MORALES  
Bioingeniera Analía MOYANO

**Tema I: Introducción.** Errores: Concepto y clasificación. Propagación de errores. Técnicas de reducción de errores. Vectores, matrices y tensores. Esquemas de Almacenamiento Matricial. Matrices Llenas, Llenas Simétricas, en Banda y en Banda Simétricas. Introducción a MATLAB

### Tema II: Sistemas de ecuaciones lineales.

Introducción. Número de Condición. Sistema con Solución Inmediata. Sistemas de Matriz Diagonal y de Matriz Triangular Superior e Inferior. Métodos Directos. Métodos de Eliminación: Eliminación de Gauss y Eliminación de Gauss-Jordan.

Métodos de Descomposición: LU, Descomposición de Cholesky, Sistema Tridiagonales y Sistemas en banda. Métodos Iterativos. Método de Gauss-Seidel y Método de Jacobi. Resolución de problemas con MATLAB.

### Tema III: Sistema de ecuaciones no lineales.

Introducción. Métodos de aproximaciones sucesivas. Método de Newton-Raphson, estándar y modificado. Resolución de problemas con MATLAB.

### Tema IV: Interpolación y aproximación de funciones.

Introducción. Aproximación polinómica: Fórmulas de Lagrange y de Newton. Aproximación por Splines. Aproximación por mínimos cuadrados. Resolución de problemas con MATLAB.

### Tema V: Integración numérica

Introducción. Integración por trapecio y Simpson. Integración de Gauss. Resolución de problemas con MATLAB

### Tema VI: Ecuaciones diferenciales ordinarias.

Clasificación. Grado. Orden. Ecuaciones simples de primer orden con valores iniciales. Métodos de Euler y Runge-Kutta. Problemas con valores de frontera. Método de las Diferencias Finitas. Métodos de resolución. Métodos aproximados. Resolución de problemas con MATLAB.

### Tema VII: Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

Clasificación de las Ecuaciones de la Física Matemática. Ecuaciones tipo Hiperbólico. Ecuación de Ondas. Ecuaciones tipo Elíptico. Ecuación de Laplace. Ecuaciones tipo Parabólico. Ecuación de la Difusión. Métodos de resolución. Analíticos y Diferencias finitas. Introducción al Método de los Elementos Finitos. Resolución de problemas con MATLAB.

**Tema VIII: Programación lineal.** Método gráfico simple. Resolución de problemas en computadora

### MODULO II: ELEMENTOS FINITOS EN GEOTECNIA MINERA

**Profesor:** Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE

**Tema I: Aspectos teóricos de un modelo THM (Termo-Hidro-Mecánico).** Introducción a la Geotécnica. Descripción del medio poroso. Modelos simplificados. Definición de propiedades. Ecuaciones de gobierno. Ecuaciones de balance, ecuaciones constitutivas y restricciones de equilibrio. Condiciones de contorno e iniciales.

**Tema II: Descripción de un programa de cálculo HM (Hidro-Mecánico).** Introducción. Problemas físicos considerados. Características principales del programa de cálculo. Definición de los datos de entrada y representación gráfica de los resultados.

**Tema III: Aplicación a la solución de problemas en minería.** Distribución de tensiones alrededor de aberturas subterráneas. Flujo transitorio y permanente a través de una columna de suelo.

#### TRABAJOS PRÁCTICOS

Se realizarán trabajos prácticos correspondientes a cada uno de los temas.

#### MÉTODO DE EVALUACIÓN

En cada Módulo se realizarán evaluaciones parciales y un examen final. El curso se aprobará con una calificación final mayor o igual a siete (7) puntos en la escala 0 – 10.

#### CARGA HORARIA

**Módulo I:** Total horas: 63 horas presenciales.

**Módulo II:** Total horas: 18 horas presenciales.

#### PERÍODO DE DICTADO

##### Módulo I:

Fecha: 17 al 21 y del 25 al 26 de marzo de 2014.  
Lunes a viernes: (09 a 13 y 15 a 20) hs.

##### Módulo II:

27 al 28 de marzo 2014

Jueves y viernes (09 a 13 y 16 a 20) hs

**LUGAR:** Aula de Posgrado del Nucleamiento  
Ingeniería de Minas

#### ARANCEL

Alumnos de la Maestría, cubiertos por la matrícula  
anual del programa de Posgrado.  
\$ 2.000 (pesos dos mil) para no inscriptos  
en el programa

#### CUPO

Máximo, 10 participantes por orden de inscripción.

#### INSCRIPCIÓN

Desde el 10 y hasta el 18 de marzo de 2014.  
Departamento de Estudios de Posgrado. F.I. - UNSJ  
Av. Libertador 1109 (o). 5400. San Juan  
Tel: 54 264 4211700 - Int. 291,  
e-mail: [mramirez@unsj.edu.ar](mailto:mramirez@unsj.edu.ar)

#### INFORMACIÓN GENERAL

Secretaría de Posgrado.  
Nucleamiento de Ingeniería de Minas.  
Av. Libertador 1109 (o). 5400. San Juan.  
Tel: 54 264 4220556, 421170 Int. 376  
Tel/fax: 54 264 4220556  
e-mail: [bazan@unsj.edu.ar](mailto:bazan@unsj.edu.ar)  
e-mail: [dobertero@unsj.edu.ar](mailto:dobertero@unsj.edu.ar)

**Curso de Posgrado**  
**Maestría en Metalurgia Extractiva**  
**MÉTODOS MATEMÁTICOS**  
MSc. Ing. Carlos CALVO  
MSc. Prof. Beatriz MORALES  
Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE  
Bioingeniera Analía MOYANO  
2014