

**MAESTRÍA EN  
METALURGIA EXTRACTIVA**  
Acreditación CONEAU – Resol N° 1036/10  
Categoría C-Carrera N° 30.095/10  
**Curso de Posgrado**  
**MÉTODOS MATEMÁTICOS**

**DOCENTES**

**MSc. . Ing. Carlos CALVO**  
**MSc. Prof. Beatriz MORALES**  
**Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE**  
**Dr. Ing. Manuel SANCHEZ**  
**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 MoscowEngineeringPhysicsInstitute. 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". Además, es investigador y docente en programas de de posgrado de la UNJ

**Manuel Ángel SANCHEZ** es Ingeniero Electromecánico, egresado de la Universidad Nacional de San Juan en el año 1979, Máster en Ingeniería (Técnicas Energéticas Modernas) Universidad de Lovaina-Bélgica, en el año 1982 y Doctor en Ingeniería Mecánica (Maschinenbau) Universidad del Ruhr-Bochum-Alemania, en el año

1991. En la Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería, ejerce como Profesor Titular en las Cátedras "Métodos Numéricos en la Mecánica" y "Mecánica Computacional II" de la carrera Ingeniería Mecánica del Departamento Electromecánica y de la carrera de Bioingeniería, la cátedra de "Calor y Principios de Termodinámica" del Departamento de Electrónica. Su actividad principal de investigación comprende Mecánica de Fluidos, transmisión de Calor y Métodos Numéricos.

**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 Maestría en Metalurgia Extractiva, 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 tres módulos generales constituidos por varias unidades de aprendizaje

**FECHA DE DICTADO:**

Desde el 28/03/2016 al 08/04/2016

**PROGRAMA DEL CURSO:**

El curso se compone de tres módulos, a saber

**A.- MODULO I: MÉTODOS NUMÉRICOS Y MATLAB**

**Docentes: MSc. Carlos CALVO**

**MSc. Prof. Beatriz MORALES de SAAVEDRA**

**Bioingeniera Analía MOYANO**

**Total de horas:** 56 horas presenciales

**Fechas:** Desde el 28/03/2016 al 01/04/2016 (Lunes a viernes, 09 a 13 hrs., 16 a 20 hrs). Desde el 04/04/2016 al 05/04/2016 (Lunes y Martes, 09 a 13 hrs, 16 a 20 hrs)

**B.- MODULO II: MÉTODOS DE LOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)**

**Profesor Responsable:** Dr. Ing. Manuel SANCHEZ

**Total de horas:** 16 hora presenciales

**Fechas:** Desde el 06/04/2016 al 07/04/2016 (Miércoles y Jueves, 9 a 13 hrs., 16 a 20 hrs)

**C.- MODULO III: APLICACIONES DEL MEF**

**Profesor Responsable:** Dr. Ing. Carlos H. DELAHAYE

**Total de horas:** 8 horas presenciales

**Fechas:** 08/04/2016 (Viernes 9 a 13 hrs., y 16 a 20 horas)

**HORAS DEL CURSO**

Total de horas presenciales: 80

Total de horas: 120

**PROGRAMA ANALITICO**

**MODULO I: MÉTODOS NUMÉRICOS Y MATLAB**

**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. Resolución de problemas con MATLAB.

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

### MÓDULO II: MÉTODOS DE LOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)

#### TEMA IX: Métodos residuales

Método de los momentos. Método de las subregiones. Método de Galerkin. Otros métodos. Métodos Variacionales.

#### Tema X: Formulación Matemática del MEF

Introducción. Subdivisión del dominio. Tipos de elementos. Funciones de Interpolación de Lagrange. Ensamblaje. Estructura final del problemas

### MÓDULO III: APLICACIONES DEL MEF

#### Tema XI: Aspectos teóricos de un modelo THM (Termo-Hidro-Mecánico)

Descripción del medio poroso. Modelos simplificados. Definición de propiedades. Ecuaciones de gobierno (balance masas, ecuaciones constitutivas y restricciones de equilibrio)

#### Tema XII: Aplicación a la solución de problemas típicos en minería

Descripción de un programa de cálculo HM (Hidro-Mecánico). Solución de problemas típicos en minería: distribución de tensiones en excavaciones subterráneas y superficiales. Flujo transitorio y permanente a través de columnas de lixiviación

### TRABAJOS PRÁCTICOS

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

### 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.

### LUGAR

Aula de Posgrado del Nucleamiento Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería. UNSJ

### ARANCELES

Alumnos de la Maestría, cubiertos por la matrícula anual del Programa

\$ 1.000 para Docentes e Investigadores de la UNSJ

\$ 1.500 para Docentes e Investigadores de otras Universidades Nacionales

\$ 2.000 para Profesionales

### CUPO

10 PARTICPANTES

### INSCRIPCIÓN

Desde el 14 y hasta el 29 de marzo de 2016.  
Departamento de Estudios de Posgrado. F.I. - UNSJ  
Av. Libertador 1109 (o). 5400. San Juan  
Tel: 54 264 4211700 - Int. 291,

### 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: [dobertero@unsj.edu.ar](mailto:dobertero@unsj.edu.ar)



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS



Curso de Posgrado

Maestría en Metalurgia Extractiva

MÉTODOS MATEMÁTICOS

MSc. Ing. Carlos CALVO

MSc. Prof. Beatriz MORALES

Dr. Ing. Carlos Héctor DELAHAYE

Dr. Ing. Manuel SANCHEZ

Bioingeniera Analía MOYANO

2016

