



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE  
INGENIEROS DE MINAS  
-----

Ríos Rosas, 21  
28003 MADRID.

**DEPARTAMENTO DE**  
**EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS**  
**SUBTERRÁNEAS**

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

***MECÁNICA DE ROCAS II***

**Curso** : 5º  
**Cuatrimestre** : 1º  
**Carácter** : Optativa

**Créditos totales:**  
Teóricos : 3,3  
Prácticos : 2,7

**PLAN DE ESTUDIOS 1996**

Edición 2: 2003-09-22

## MECÁNICA DE ROCAS II: PROGRAMA

### **a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS**

#### **BLOQUE 1: Sostenimiento de túneles**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 1.1 Comprender el comportamiento de los macizos rocosos en los túneles.*
- 1.2 Diseñar sostenimientos de túneles.*

##### CONTENIDOS

#### 1.1: DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES ALREDEDOR DE CAVIDADES EN MEDIOS ELÁSTICOS Y ELASTOPLÁSTICOS.

- Agujeros circulares
- Agujeros elípticos
- Radios de influencia
- Efecto de la forma

#### 1.2: CÁLCULO DEL SOSTENIMIENTO POR EL MÉTODO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS.

- Curva característica del terreno
- Curva característica del sostenimiento
- Presión crítica

#### 1.3: CÁLCULO DEL SOSTENIMIENTO MEDIANTE CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

- Según Bieniawski
- Según Barton

#### **BLOQUE 2: Sostenimiento de cavidades subterráneas en macizos rocosos discontinuos**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 2.1 Aplicar el método de la proyección estereográfica para el cálculo de cuñas.*
- 2.2 Aplicar los principios de la mecánica de medios discontinuos a la estabilidad de cuñas y bloques en cavidades subterráneas.*

##### CONTENIDOS

#### 2.1: CUÑAS DE BÓVEDA Y DE HASTIAL SIN TENSION EN CAVIDADES SUBTERRÁNEAS

- Evaluación de la forma y volumen de las cuñas del techo de la excavación, potencialmente inestables
- Estabilidad de cuñas del techo
- Cálculo del volumen de las cuñas de los hastiales
- Sostenimiento de cuñas de los paramentos

## 2.2: CUÑAS CON TENSIÓN

- Fuerzas que actúan sobre la cuña
- Cálculo de la resultante de las fuerzas que actúan sobre la cuña

## **BLOQUE 3: Arranque de las rocas por medios mecánicos**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

*3.1 Comprender los fundamentos del arranque mediante picas y discos.*

*3.2 Aplicar los conocimientos anteriores para predecir los rendimientos de las máquinas de ataque puntual y de las tuneladoras.*

### CONTENIDOS

#### 3.1: ARRANQUE MEDIANTE PICAS

- Mecanismo de penetración
- Teorías de corte
- Diseño de las cabezas de corte
- Características de las rocas y de los macizos rocosos que influyen en su arranque mediante picas.
- Características de las máquinas de arranque puntual
- Rendimiento de la rozadora
- Consumo de picas

#### 3.2: ARRANQUE MEDIANTE DISCOS

- Mecanismo de penetración
- Teorías de corte
- Propiedades de los materiales y de los macizos rocosos que influyen en el arranque
- Rendimiento del TBM (Tunnel Boring Machine)

## **BLOQUE 4: Diseño de estructuras subterráneas**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

*4.1 Aplicar las teorías de la resistencia de materiales al cálculo de techos en terrenos estratificados, fracturados y al cálculo de las tensiones en los pilares.*

*4.2 Aplicar los conocimientos sobre comportamiento mecánico de las rocas a la estimación de la resistencia de los pilares.*

## CONTENIDOS

### 4.1: DISEÑO DE CÁMARAS EN TERRENOS ESTRATIFICADOS

- Techos planos constituidos por un solo estrato
- Techos planos de varios estratos
- Techos estratificados discontinuos. Arco de dovelas
- Estabilidad de techos de cámaras en terrenos fracturados. Caso de techos inclinados
- Sostenimiento con anclajes de cable

### 4.2: DISEÑO DE PILARES

- Cálculo de la carga sobre los pilares
  - Teoría del área atribuida
  - Pilares verticales
  - Pilares inclinados
  - Método de la cavidad en medio infinito

### 4.3: CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS PILARES

- Influencia del tamaño del pilar en su resistencia
- Influencia de la esbeltez

## **BLOQUE 5: Usos industriales del espacio subterráneo**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

*5.1 Conocer los diferentes tipos de almacenamiento subterráneo*

*5.2 Aplicar los conocimientos de mecánica de rocas al diseño de los almacenamientos subterráneos*

## CONTENIDOS

### 5.1: TIPOS DE ALMACENAMIENTOS

- Almacenamientos de productos industriales
- Almacenamiento de residuos radiactivos
- Almacenamientos energéticos

### 5.2: DISEÑO DE CAVERNAS EXCAVADAS

- Cavernas excavadas en macizos rocosos fracturados
- Cavernas excavadas en sal

## BLOQUE 6: Hundimientos de estructuras subterráneas y cierre de minas

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1 *Comprender las repercusiones en superficie producidas por las explotaciones subterráneas por cámaras y pilares y por hundimiento*
- 6.2 *Comprender los métodos de predicción de los hundimientos mineros.*

### CONTENIDOS

#### 6.1: EXPLOTACIONES POR CÁMARAS Y PILARES

- Resistencia de las rocas a largo plazo. Influencia del agua
- Hundimientos en estas explotaciones

#### 6.2: EXPLOTACIONES POR HUNDIMIENTO

- Concepto de área crítica
- Desplazamiento y deformación de la superficie del terreno
- Métodos empíricos de análisis del hundimiento.
- Métodos de funciones de perfil y funciones de influencia
- Métodos numéricos

### b) BIBLIOGRAFÍA

#### BÁSICA:

- AYALA, F.J.; LAÍN, R.; LAÍN, L.; PERIANES, E. *Introducción a los usos industriales y urbanos del espacio subterráneo*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 1986.
- CARMODY, J.; STERLING, R. *Underground Space Design*. Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1993.
- HOEK, E.; BROWN, E.T.. *Underground Excavations in Rock*. The Institution of Mining and Metallurgy, Londres, 1980.
- RAMÍREZ OYANGUREN, P. et al. *Geotecnología del avance mecanizado de galerías, túneles y pozos*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 1987.
- RAMÍREZ OYANGUREN, P.; LAIN HUERTA, R. *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 1991.

#### COMPLEMENTARIA:

- CORNEJO, L. *Excavación mecánica de túneles*. Rueda, Madrid, 1988.
- GRAMBERG, J. *Rock Mechanics and Fracture Mechanics*. A.A. Balkema, Rotterdam, 1989.
- HOEK, E. *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. A.A. Balkema, Rotterdam, 1995.
- MAHTAB, M.A.; GRASSO, P. *Geomechanics Principles in the Design of Tunnels and Caverns in Rocks*. Elsevier, Nueva York, 1992.
- WINQUIST, T.; MELLGREN, K.E. *Going Underground*. Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, Estocolmo, 1988.

***c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS***

Se realizarán 4 horas de prácticas en grupos reducidos de 5 personas en el Aula de Simulación Numérica.

***d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN***

El examen final tendrá una parte teórica y una parte práctica, en cada una de las cuales se podrá alcanzar hasta un máximo de 5 puntos. Además, según la evaluación de los problemas entregados en clase, se aumentará como máximo un punto la nota obtenida.

Para el aprobado será necesario obtener un total de 5 puntos, alcanzando en el examen al menos 1,5 puntos en cada parte.