



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

Ríos Rosas, 21  
28003 MADRID.

**DEPARTAMENTO DE**  
**FÍSICA APLICADA A LOS RECURSOS NATURALES**

**PROGRAMA DE LA ASIGNATURA**  
***METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL***

**Curso** : 4º  
**Cuatrimestre** : 2º  
**Carácter** : Optativa

**Créditos totales**  
Teóricos : 2  
Prácticos : 2,5

**PLAN DE ESTUDIOS 1996**

Edición 1: 2000-09-22

## METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN INDUSTRIAL: PROGRAMA

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

#### **BLOQUE 1. Metrología: la ciencia de la medida**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 1.1 Comprender cómo se aplica el concepto de calidad a la instrumentación*
- 1.2 Comprender la naturaleza aleatoria de la determinación de la medida*
- 1.3 Obtener la incertidumbre típica de una medida directa*
- 1.4 Aplicar la ley de propagación de las varianzas para determinar la incertidumbre típica de una medida indirecta*
- 1.5 Obtener la expansión de la incertidumbre de la medida para alcanzar una fiabilidad determinada.*

##### CONTENIDOS

#### 1.1: LA CALIDAD EN LA MEDIDA Y EN LA INSTRUMENTACIÓN.

- Evolución metrológica de la calidad de un proceso industrial
- Calidad en el proceso de medida
- Calidad en la instrumentación

#### 1.2: CONCEPTOS BÁSICOS EN METROLOGÍA.

- La metrología como ciencia
- Terminología. Unidades del SI. Patrones
- La metrología como soporte de la infraestructura de la calidad
- Tipos de metrología : científica, legal y aplicada

#### 1.3: BASES ESTADÍSTICAS DE LA METROLOGÍA.

- Naturaleza estocástica de la medida
- Hipótesis de infinitas medidas. Distribución normal
- Concepto de incertidumbre
- Número limitado de medidas
- Distribución de Student

#### 1.4: INCERTIDUMBRE TÍPICA DE UNA MEDIDA DIRECTA.

- Medida directa
- Error aleatorio. Incertidumbre de tipo A
- Error sistemático. Incertidumbre de tipo B
- Distribuciones características. Distribución rectangular. Distribución trapezoidal
- Incertidumbre típica total de una medida directa

#### 1.5: INCERTIDUMBRE DE UNA MEDIDA INDIRECTA.

- Medida indirecta
- Ley de propagación de varianzas
- Coeficientes de sensibilidad. Contribuciones a la incertidumbre total
- Incertidumbre total de la medida indirecta

#### 1.6: INCERTIDUMBRE COMBINADA.

- Magnitudes independientes y magnitudes interdependientes
- Coeficientes de correlación
- Evaluación de la incertidumbre típica con magnitudes interdependientes
- Método alternativo de cálculo de incertidumbres típicas en medidas indirectas

#### 1.7: FIABILIDAD DE LA MEDIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.

- Nivel de confianza
- Factor de recubrimiento
- Incertidumbre expandida
- Grados de libertad

## **BLOQUE 2. Fundamentos físicos de la medida**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

#### *2.1 Comprender los principios físicos en que se basan los procesos de medida*

### CONTENIDOS

#### 2.1: PRINCIPIOS FÍSICOS DE LOS TRANSDUCTORES ELÉCTRICOS PASIVOS

- Propiedades eléctricas en que se basan los principios de medida
- Transductores resistivos
- Transductores capacitivos
- Transductores inductivos

#### 2.2: PRINCIPIOS FÍSICOS DE LOS TRANSDUCTORES ELÉCTRICOS ACTIVOS

- Respuesta activa
- Transductores termoelectrónicos
- Transductores piezoeléctricos
- Transductores magnetostrictivos
- Transductores fotovoltaicos

## 2.3: PRINCIPIOS FÍSICOS DE LOS TRANSDUCTORES MECÁNICOS

- Propiedades mecánicas características
- Transductores elásticos
- Transductores neumáticos
- Transductores de presión diferencial
- Transductores de turbina
- Discos giratorios

## **BLOQUE 3. Calibración y verificación de equipos industriales**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS:*

- 3.1 Comprender la utilidad y necesidad de la calibración de las magnitudes físicas*
- 3.2 Conocer y aplicar los diferentes métodos de calibración.*
- 3.3 Comprender la actividad de verificación como cumplimiento de requisitos*
- 3.4 Realizar una calibración real*

### CONTENIDOS:

#### 3.1: CALIBRACIÓN. MÉTODOS

- Trazabilidad a los centros internacionales de referencia. Patrones
- Concepto de calibración
- Métodos generales de calibración
- Método de comparación
- Método de sustitución
- Método de reproducción del sistema de medida
- Método de intercomparación
- Ejemplos de calibración de equipos

#### 3.2: TÉCNICA OPERATIVA

- Condiciones en la calibración. Magnitudes de influencia
- Estabilización de las señales
- Intervalos y adquisición de resultados
- Tratamiento matemático de los datos
- Informes de calibración

#### 3.3: VERIFICACIÓN

- Concepto de verificación
- Requisitos legales
- Requisitos normativos
- Tolerancias

## **b) BIBLIOGRAFÍA**

### **BÁSICA:**

- BALBÁS, M. ; CHICHARRO, J.M. *La medida y su incertidumbre*. Fundación Gómez-Pardo. Madrid, 1996.
- BOLTON, W. *Instrumentación y Control Industrial*. Paraninfo. Madrid, 1996.
- CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA. *Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. Versión española*. CEM. Madrid, 1998.
- PEÑA, D. *Estadística, Modelos y Métodos. 1-Fundamentos*. Alianza Universidad. Madrid, 1993.
- SPIRIDONOV, V.P. ; LOPATKIN, A.A. *Tratamiento matemático de datos físico-químicos*. Mir. Moscú, 1973.

### **COMPLEMENTARIA:**

- BARFORD, N.C. *Experimental Measurement :Precision, Error and Truth* .John Wiley & Sons. Chichester, 1987
- BOX, G.E.P., HUNTER, W.G.; HUNTER,J .S. *Estadística para investigadores*. Reverté. Barcelona, 1993.
- JURAN, J.M. y GRZYNA, F.M. 1993. *Manual de Control de Calidad*. McGraw-Hill. Méjico, 1993.
- SANCHÉZ PÉREZ, A.M. ; CARRO VICENTE-PORTELA, J. *Elementos de metrología*. ETSI Industriales, Sección de Publicaciones UPM. Madrid, 1996

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

Los alumnos realizarán un trabajo experimental de calibración de instrumentación en grupo reducido, siendo su tamaño función del número de matriculados, pero en ningún caso superior a cinco.

## **d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Los dos primeros bloques se evaluarán mediante cuestiones teórico-prácticas y ejercicios numéricos. El tercer bloque, junto con el trabajo experimental, se evaluará en la realización práctica del trabajo de calibración real. Esta calificación tendrá un peso mitad que la de los dos primeros bloques.