



## PROGRAMA 2021

# Curso básico de Ensayos No Destructivos Estructurales (ENDE)

### Objetivos

Partiendo de conocimientos previos de: estructura de los metales, propiedades mecánicas , principio básicos de fractura, **se busca que el estudiante conozca:**

#### **1) los principios básicos de aplicación de ensayos no destructivos para la determinación de propiedades y detección de fallas en piezas metálicas**

a) Los campos de energía que se utilizan para excitar o ejercen sobre los materiales algún tipo de acción sobre el material a ensayar. Radiación electromagnética, corrientes eléctricas, campos magnéticos, campo vibratorio, etc.

b) La interacción que dichos campos de energía producen sobre los materiales de ensayo . Absorción de energía, reflexión de ondas, distorsión de campo, atenuaciones de corriente etc

c) Los métodos de detección de las formas de interacción de los campos de energía con los materiales de ensayo.

Utilización de los detectores adecuados para captar las interacciones y las formas en que estas se manifiestan: placas fotográficas , cristales piezoeléctricos, visión directa, sonido.

d) Procesamiento de información

métodos y para evaluar y cuantificar las señales captadas por los detectores. Procesos químicos , convertidores de señal en corrientes eléctricas o en información grafica

e) interpretación de resultados

Ponderación de las propiedades del material o su transformación de acuerdo con los resultados de los ensayo

---

### **. Departamento de Ingeniería Mecánica**

Av. Paseo Colón 850 - Subsuelo - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina

Tel.: (54-11) 528 - 50475

mecanica@fi.uba.ar | www.ingenieria.uba.ar



c) Expresión y registro de resultados

Modos de registrar e informar los resultados para ser comparados , informados y almacenados

## **2) las formas de aplicación y condiciones de utilización de los métodos**

de: a) Inspección visual

b) Líquidos penetrantes

c) Partículas Magnetizables

d) Corrientes inducidas

2 e) Ultrasonido (incluida la técnica de medición de espesores por ultrasonido) f) Radiografía industrial – Seguridad Radiológica

g) Metalografía de réplicas

h) Emisión Acústica

i) Termografía

j) Ensayo de Fugas

**3) el marco normativo que regula la aplicación de los ensayos no destructivos .**

## **Contenidos Mínimos**

### **Conceptuales**

- Acción de la luz sobre los materiales. La inspección visual. La identificación de discontinuidades superficiales en los materiales.
- Tensión superficial. Capilaridad. Penetración de líquidos en fisuras.
- Efecto de campos magnéticos en piezas ferrosas.
- La acción de los campos eléctricos en los sólidos.
- La propagación y efecto del ultrasonido en el sólido. Tipos de ondas ultrasónicas. Funcionamiento de generadores y detectores de onda



piezoeléctricos.

- Efecto de las ondas electromagnéticas sobre los materiales. Transmisión, absorción y reflexión. Interpretación de placas radiográficas.
- Fundamentos de la metalografía no destructiva.
- Certificación de personal de ensayos no destructivos.

### **Procedimentales**

- Selección de técnicas de ensayo según el tipo de propiedad a identificar o discontinuidad a detectar
- Aplicación de líquidos penetrantes.
- Identificación de discontinuidades superficiales y subsuperficiales por medio de partículas magnetizables.
- Interpretación de placas radiográficas.
- Lectura e interpretación de informes.
- Utilización de equipos para medición de espesores por ultrasonido.
- Interpretación de normas de aplicación de los distintos métodos y técnicas • Utilización de patrones de calibración

### **Actitudinales**

- Valoración de la utilización de normas de aplicación de ensayos no destructivos • Valoración de la necesidad de utilizar procedimientos de ensayos calificados • Aceptación de la necesidad de emplear personal calificado y certificado

3

- Adquisición de hábitos de búsqueda de normas en relación a la aplicación de los ensayos no destructivos.

**Observación:** Cuando se realiza un **END** en aplicaciones de defectología,



se busca detectar **posibles discontinuidades** presentes en el material a fin de evaluarlas y, según los criterios de aceptación y rechazo, considerarlas defectos, fallas o simplemente discontinuidades aceptables.

## **PROGRAMA ANALÍTICO - ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS** **ESTRUCTURALES**

### **TEMA 1: GENERALIDADES SOBRE ENDE**

- 1.1.- Principios Generales y Metodologías de los END
- 1.2.- Campos de Energía.
- 1.3.- Interacción con los materiales
- 1.4.- Terminología
- 1.5.- Métodos de END
- 1.6.- Interpretación y Análisis de resultados

### **TEMA 2: PROBLEMAS A ESTUDIAR - CLASIFICACIÓN**

- 2.1.- Campos de Aplicación de los END
- 2.2.- Tipos de Problemáticas a detectar
  - 2.2.1.- Discontinuidades: Planas, volumétricas, superficiales, sub-superficiales, internas.
  - 2.2.2.- Composición: Elemental, segregaciones
  - 2.2.3.- Propiedades: Físicas, eléctricas, mecánicas
  - 2.2.4.- Estado físico: tamaño de grano, estructura, tensiones residuales
  - 2.2.5.- Dimensiones

---

#### **. Departamento de Ingeniería Mecánica**

Av. Paseo Colón 850 - Subsuelo - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina  
Tel.: (54-11) 528 - 50475  
mecanica@fi.uba.ar | www.ingenieria.uba.ar



2.3.- Clasificación de los END según el campo aplicado

2.2.1.- Radiaciones Penetrantes

2.2.1.- Vibraciones Mecánicas

2.2.3.- Métodos Ópticos

2.2.4.- Electromagnetismo

4

**TEMA 3: NORMAS Y**

**REGULACIONES - CALIFICACIÓN**

3.1.- Normas de Aplicación

3.2.- Calificación del personal operativo

3.2.1.- Educación

3.2.2.- Formación

3.2.3.- Experiencia

3.2.4.- Niveles de Calificación

3.2.5.- Evaluación /renovacion

3.3.- Campos de Aplicación de los END

3.3.1.- Control de calidad

3.3.2.- Garantía de Calidad

3.3.3.- Mantenimiento

3.3.4.- Investigación

**TEMA 4: INSPECCIÓN VISUAL**

4.1.- Generalidades. Metodología



4.2.- Magnitudes Involucradas

4.3.- Funcionamiento del Ojo

4.4.- Agudeza Visual:

Parámetros involucrados

4.5.- Equipamiento:

Lentes. Endoscopios

## **TEMA 5: LÍQUIDOS PENETRANTES I**

5.1.- Campo de Aplicación

5.2.- Capilaridad

5.3.- Discontinuidades detectables

5.4.-Procedimiento Etapas de Aplicación

## **TEMA 6: LÍQUIDOS PENETRANTES II**

6.1.- Análisis de Cada Etapa

6.2.- Aplicación según el  
tipo de pieza a analizar

6.3.- Tipos de Penetrante

6.4.- Métodos de

Aplicación del

Penetrante 6.5.-

Revelado e



Interpretación de  
resultados

### **PRÁCTICA 1: Ensayo de LÍQUIDOS PENETRANTES**

#### **TEMA 7: PARTÍCULAS MAGNETIZABLES I** 7.1.- Campo Magnético

7.2.- Inducción Electromagnética

7.3.- Magnetización Circular

7.3.1.- Con pasaje de Corriente

7.3.2.- Con conductor Central

7.4.- Magnetización entre Puntas

7.5.- Magnetización Longitudinal

7.5.1.- Por bobinas

7.5.2.- Por imanes permanentes

7.5.3.- Por electroimanes

#### **TEMA 8:**

#### **PARTÍCULAS**

#### **MAGNETIZABLES II**

8.1.- Tipos de

Corriente

8.2.- Tipos de Partículas

8.3.- Métodos de Aplicación

8.3.1.- Método Continuo

---

#### **. Departamento de Ingeniería Mecánica**

Av. Paseo Colón 850 - Subsuelo - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina

Tel.: (54-11) 528 - 50475

mecanica@fi.uba.ar | www.ingenieria.uba.ar



### 8.3.2.- Método Residual o Remanente

## TEMA 9: PARTÍCULAS

### MAGNETIZABLES III

#### 9.1- Sensibilidad

#### 9.2.- Indicaciones

##### 9.2.1.- Falsas

##### 9.2.2.- No Relevantes

##### 9.2.3.- Relevantes

#### 9.4.- Registro de Resultados

#### 9.5.- Desmagnetización

6

## PRÁCTICA 2: Ensayo de PARTÍCULAS MAGNETIZABLES

## TEMA 10: CORRIENTES INDUCIDAS I

#### 10.1.- Principios y parámetros

#### 10.2.- Permeabilidad magnética.

#### Materiales ferromagnéticos 10.3.-

#### Campo de aplicación

#### 10.4.- Saturación magnética: Ruido de Fondo

#### 10.5.- Efecto de separación del palpador





## TEMA 11: CORRIENTES INDUCIDAS II

11.1.- Medición de recubrimientos

11.2.- Efecto de Borde

11.3.- Influencia de la Frecuencia

11.4.- Materiales delgados:

Influencia del espesor 11.5.-

Equipos

11.5.1.- Bobinas Simples

11.5.2.- Bobinas Dobles

11.5.3.- Medición diferencial

11.5.4.- Configuración Plana

11.6.- Palpadores

11.7.- Calibración

7

## TEMA 12: ULTRASONIDO I

12.1.- Generalidades

12.2.-

Distintos

modos de

vibración

12.3.-

Fenómenos

en la interfase



### TEMA 13: ULTRASONIDO II

13.1.-

Palpadores:

Distintos

tipos 13.2.-

Resolución

13.3.- Ganancia

13.4.- Atenuación

13.5.- Técnicas de detección

13.5.1.- Transmisión

13.5.2.- Pulso – Eco

13.5.3.- Contacto directo

13.5.4.- Por inmersión

### TEMA 14: ULTRASONIDO III

14.1.- Calibración

14.2.- Tipos de

Representación

14.2.1.-

Representación

Tipo A 14.2.2.-

Representación

Tipo B 14.2.3.-



RepresentaciónTi

po C 14.3.- Casos

Típicos

14.3.1.- Chapas o laminados

14.3.2.- Barras. Palanquilla

14.3.3.- Tubos

14.3.4.- Soldaduras

14.3.5.- Piezas de Fundición

14.4.- Medición de Espesores

14.4.1.- Consideraciones generales

14.4.2.- Calibración

14.4.3.- Velocidad de propagación y propiedades mecánicas

14.4.4.- Equipamiento

14.4.4.1.- Analógicos (Poca aplicación)

14.4.4.2.- Digitales

### **PRÁCTICA 3: Ensayo de ULTRASONIDO**

#### **EVALUACIÓN PARCIAL I**

**Temas: 1 a 11**

#### **TEMA 15: RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL I**

15.1.- Principios del MetodoRadiografico

15.1.1.- Orientación



15.1.2.- Energía. Densitometría

15.1.3.- Películas Radiográficas

15.2.- Fuentes de Radiación

15.3.- Magnitudes y Unidades

#### **TEMA 16: RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL II**

16.1.- Equipos de Rx. Especificaciones

16.2.- Equipos de Gammagrafía. Especificaciones

16.2.1.- Radioisótopos

16.2.2.- Interacciones (efectos: Fotoeléctrico, Compton,  
de absorción de pares) 16.2.3.- Pantallas

#### **TEMA 17: RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL III**

17.1.- Imágenes radiográficas

17.2.- Detección. Películas. Revelado

17.3.- Sensitometría. Densidad

17.4.- Curvas de exposición. Cálculo de exposición

#### **TEMA 18: SEGURIDAD RADIOLÓGICA**

18.1.- Seguridad radiológica

18.2.- Efectos sobre el cuerpo humano

18.3.- Decaimiento y desintegración Radioactiva

18.4.- Dosis de radiación permisible



18.5.- Sistemas de limitación de dosis

18.6.- Protección. Blindajes

18.7.- Equipos de medición

#### **PRÁCTICA 4: Ensayo de RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL**

##### **CLASE 19: METALOGRAFÍA DE RÉPLICAS**

19.1. Concepto de metalografía no destructiva.

Replicas metalográficas 19.2 Casos de aplicación

19.3 pulido y ataque electrolítico . Electrolitos específicos

para cada tipo de metal. 19.4 Equipamiento utilizado

##### **CLASE 20: EMISIÓN ACÚSTICA**

20.1.- Generalidades

20.2.- Transductores

20.3.- Aplicaciones en END

20.3.1.- Soldadura

20.3.2.- Detección de pérdidas

20.3.3.- Aparatos sometidos a presión

##### **CLASE 21: TERMOGRAFÍA**

21.1.- Espectro Electromagnético

21.2.- Aplicaciones

##### **CLASE 22: ENSAYO DE FUGAS**

22.1.- Fugas reales o virtuales



22.2.- Tipos de flujo a través de una pared

22.3.- Fluidos trazadores

22.4.- Detectores

22.5.- Técnicas de aplicación. Sensibilidad

**EVALUACIÓN PARCIAL II:**

**Temas: 12 a 22**

**FIN DEL CURSO**



## **BIBLIOGRAFIA**

- Ch. Dieter, "Mechanical Metallurgy", 3a.Ed., Mc Graw Hill, N.Y. 1986 (Existe edición anterior en Español)
- W.D.Callister, Jr., Materials Science and Engineering: an Introduction. 3a. Ed. John Wiley&Sons, N.Y., 1985
- D.A. ASkeland , P. Phulé Ciencia e Ingeniería de los Materiales Thonson .2003. • R. E. Reed-Hill, Physical Metallurgy Principles. 2a.Ed., Van Nostrand Co., N.Y. 1961 • J. D. Verhoeven, Fundamentos de Metalurgia Física, Ed. LIMUSA, 1987.
- S.T.Rolfe; J.N.Barsom, Fracture and Fatigue Control in Structures. 2a. Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1987.
- L.A. de Vedia, Mecánica de Fractura. Monografía Tecnológica No. 1, Ediciones del Programa Regional Científico y Tecnológico de la OEA, Buenos Aires, 1986.
- Dra. N. Lindenvald, La Estructura de los Metales, 3a.Ed., Ed. Geminis S.R.L., 1980. • M. F. Ashby D.R.Jones.Engineering Materials Tomo 1 .An introduction to their properties and applications. Tomo 2 An introduction to Microstructure,Processing and Design.Pergamon, 1994 (A partir de 2009,existe edición en castellano).
- P. Guliáev, Metalografía T-I, Ed. MIR, Moscú, 1978.
- Keller. Prácticas Metalográficas.
- J. and H. Krautkrämer, Ultrasonic testing of materials, Ed. Springer-Verlag NY, 1990 • E. Stöwer, Fundamentos del ensayo no destructivo de materiales metálicos mediante métodos electromagnéticos, Instituto Dr. Förster, 1976

---

### **. Departamento de Ingeniería Mecánica**

Av. Paseo Colón 850 - Subsuelo - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina

Tel.: (54-11) 528 - 50475

mecanica@fi.uba.ar | www.ingenieria.uba.ar



- J y H Krautkramër, Curso de Introducción a los Métodos de Control por Ultrasonidos, España. • J. L. Otegui, Análisis de Fallas, Ed. Universidad de Mar del Plata, 2013.
- ASM Handbook, Volumen 17.
- Normas ASTM

---

**. Departamento de Ingeniería Mecánica**

Av. Paseo Colón 850 - Subsuelo - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina

Tel.: (54-11) 528 - 50475

mecanica@fi.uba.ar | [www.ingenieria.uba.ar](http://www.ingenieria.uba.ar)