



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



**INEEL**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS



**INEEL  
CECSE**  
CENTRO ESPECIALIZADO  
DE CAPACITACIÓN PARA  
EL SECTOR ENERGÍA

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y  
ENERGÍAS LIMPIAS

## Diagnóstico y análisis de fallas en equipos mecánicos

**Créditos: 6**  
**40 horas**

### Objetivo

Operar los mecanismos de falla inducida por fatiga y termofluencia, principios básicos de mecánica de fractura y conceptos más importantes de la mecánica de sólidos, mediante la presentación y aplicación de las diferentes teorías de falla provocada por cargas estáticas y por cargas dinámicas; para analizar e identificar las fallas más comunes que ocurren en la maquinaria y sus componentes mecánicos de la industria en la que labora.

### Dirigido

Dirigido a ingenieros(as) especialistas relacionados(as) con el diseño, mantenimiento y operación de centrales eléctricas nuevas y existentes, interconectados al SEN, así como para unidades de verificación de instalaciones.

### Temario

1. Introducción
  - 1.1 Definición de falla
  - 1.2 Principales causas de las fallas mecánicas
  - 1.3 Tipos de fallas
2. Fundamentos de Mecánica de Sólidos
  - 2.1 Concepto de Esfuerzo
  - 2.2 Deformación
  - 2.3 Esfuerzo plano y deformación plana
  - 2.4 Ecuaciones constitutivas
  - 2.5 Tipos de cargas: axial, flexión, torsión
  - 2.6 Esfuerzos combinados
  - 2.7 Transformación de los esfuerzos
3. Propiedades mecánicas de los materiales
  - 3.1 Materiales dúctiles
  - 3.2 Materiales frágiles
  - 3.3 Ensayo de tensión
  - 3.4 Propiedades importantes
4. Teoría de Fallas por cargas estáticas
  - 4.1 Falla por fluencia
  - 4.2 Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo
  - 4.3 Teoría de Von Mises
  - 4.4 Teoría del Esfuerzo Principal Máximo
  - 4.5 Otras teorías de fallas
5. Teorías de fallas por cargas dinámicas
  - 5.1 Impactos
  - 5.2 Cargas cíclicas
6. Mecánica de la Fractura
  - 6.1 Tipos de fractura: dúctiles y frágiles



- 6.2 Aspectos que afectan a la fractura
- 6.3 Mecánica de la Fractura Lineal Elástica
- 6.4 Factor de Intensidad de esfuerzos
- 6.5 Propagación de grietas
- 6.6 Fractura catastrófica
- 7. Fatiga
  - 7.1 Cargas cíclicas
  - 7.2 Curvas Esfuerzo-Vida
  - 7.3 Curvas Deformación-Vida
  - 7.4 Iniciación de fisuras
  - 7.5 Propagación de fisuras
  - 7.6 Vida por fatiga
- 8. Termofluencia
  - 8.1 Mecanismos de termofluencia
  - 8.2 Relaciones entre esfuerzo, temperatura y vida por termofluencia
  - 8.3 Fisura por termofluencia
- 9. Análisis de fallas
  - 9.1 Métodos de análisis de fallas
  - 9.2 Obtención de datos y evidencias
  - 9.3 Análisis diversos: metalografía, fractografía, análisis químico, ensayos mecánicos, modelación numérica
  - 9.4 Ensayos no destructivos: líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido, radiografía, vibraciones, termografía, emisiones acústicas, espectrofotometría.
  - 9.5 Interpretación de información
  - 9.6 Identificación del modo de falla

- 10. Ejemplos diversos de fallas en componentes de maquinaria
  - 10.1 Fracturas dúctiles y frágiles
  - 10.2 Fallas por fatiga
  - 10.3 Fallas en ejes por torsión
  - 10.4 Picado (Pitting) y Descascaramiento (Spalling)
  - 10.5 Fallas por desgaste
  - 10.6 Fallas por erosión

### Instructor



**Dr. Rafael García Illescas**

Es ingeniero mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Orizaba (1993). Tiene el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica otorgado por el Instituto Politécnico Nacional en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (2001) y el grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica otorgado también por el IPN ESIME (2016). Desde 1994 ha colaborado en la Gerencia de Turbomaquinaria del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias en el campo del análisis estructural, análisis de fallas, fatiga, fractura y extensión de vida útil de componentes de Turbomaquinaria. Ha incursionado en el análisis de flujo de fluidos y transferencia de calor en álabes y toberas de turbinas de gas para calcular los esfuerzos térmicos y mecánicos que disminuyen la vida útil por fatiga térmica y termofluencia. Ha



participado en la evaluación de integridad mecánica de diversas turbinas hidráulicas. Su área de investigación en los posgrados ha sido el análisis de sistemas dinámicos, vibraciones mecánicas y detección de daño estructural principalmente en rotores. Realizó una estancia de investigación doctoral en la Universidad de Trieste en Italia en 2014 realizando análisis modal experimental de estructuras dañadas. Ha sido profesor en Ingeniería Mecánica en diversas universidades. (Cédulas profesionales: 48996 de licenciatura, 5914697 de maestría y en trámite la de doctorado).

los componentes de turbinas de gas; también realicé distintos trabajos de análisis de falla de componentes de turbomaquinaria. Ha conformado junto con otros investigadores el Laboratorio Nacional de Biocombustibles para la Aviación, enfocado para experimentar con diferentes mezclas de biocombustibles (Biodiesel y SAF) para determinar su desempeño y establecer su aplicación en la generación de electricidad y en el sector transporte, aviación principalmente. Ha publicado diferentes artículos en revistas nacionales e internacionales. Actualmente trabaja en los proyectos: Valoración de daños y consumo de vida útil para su mitigación en los equipos de generación de la CT PALM y Caracterizaciones para el desarrollo de prototipo y diseño conceptual del proceso HEFA para la producción nacional de SAF. También, ha estado trabajando en iniciativas sobre tecnologías de conversión de energía disponibles para la valorización de RSU. Ha impartido cursos relacionados con la rehabilitación de turbinas de vapor, hidráulicas y de gas tanto para CFE como para PEMEX.



**Dr. Martin Alberto  
Luna Ramirez**

- ❖ Ingeniero Mecánico Industrial 1984-1988-Tecnologico de Puebla
- ❖ Maestro en ciencias especialidad materiales 1992-1994 ITESM Campus Edo. De México
- ❖ Doctor en ciencias, especialidad Materiales 2002-2006 Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)

**AÑOS DE EXPERIENCIA** (01/06/1990 – Vigente: 34 Años)

Desde hace 34 años labora en el INEEL, ha desarrollado de técnicas de estimación y predicción de vida útil residual de los componentes de la zona caliente de turbinas de gas y técnicas de rehabilitación y extensión de vida útil de