



# **CURSO ANÁLISIS DE FALLAS EN COMPONENTES METÁLICOS**



**ACADEMIA  
TESTEK**

**Instructor: Dr. Ramon Armando Caballero**

### **Antecedentes:**

Este curso ha sido dictado en forma presencial bajo la modalidad de curso intensivo en más de 40 oportunidades al personal de diferentes empresas estatales y privadas, incluyendo la Industria Petrolera (Corpoven, Lagoven, Maraven), Pequiven, La Industria Siderúrgica, La Industria Metalmeccánica, el INTEVEP, la Industria Eléctrica, el Metro de Caracas, El Colegio de Ingenieros, la Universidad Central de Venezuela, La Universidad del Zulia, La Unexpo (Caracas), La Fuerza Aérea y las empresas Petroquímicas del Complejo Petroquímico JOSE-Edo. Anzoátegui (Fertinitro, Supermetanol, Metor, Superoctanos, Petropiar), etc.

Su temario es el fundamento de los Cursos de Análisis de Fallas dictados por el mismo profesor, para el Postgrado de Especialización en Inspección y Evaluación de Equipos y para el postgrado de Maestría y Doctorado en Ciencia de los Materiales, dictados en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Central de Venezuela.

La mayor parte de los ejemplos que ilustran la discusión de cada uno de los temas de este Curso, están basados en casos reales (tratados de manera anónima y confidencial) de numerosas empresas públicas y privadas del medio industrial venezolano de muchos de los cuales se conservan muestras físicas en el Laboratorio de Análisis de Fallas de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la U.C.V., las cuales sirven de referencia para el presente curso.

## Instructor

Prof. Ramón Armando Caballero A., Doctor en Ciencia de los Materiales, Fundador de la Cátedra y el Laboratorio de Análisis de Fallas de la Esc. de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales de la Universidad Central de Venezuela, profesor de pregrado y postgrado (Ciclo de Especialización, Maestría y Doctorado) en las cátedras de Microscopía Electrónica, Comportamiento Mecánico, Mecánica de Fractura Lineal Elástica y Análisis de Fallas, actuó como Coordinador por 30 años del Servicio de Análisis de Falla y Asesoría Industrial de esta Institución. Ha sido asesor por concurso en el área de Análisis de Fallas en la empresa Petroregional del Lago y realizado numerosos trabajos en el área de Análisis de Fallas a empresas del condominio de JOSE; actualmente es Asesor de Indesca-Oriente (Instituto de Investigación adscrito a PEQUIVEN) en el área de Análisis de Daño-Fallas y Materiales para el proyecto Centro Tecnológico Petroquímico de Oriente (C.T.P.O) desde el año 2010 hasta la fecha actual.

**Duración y horario:** 24 horas, repartidas en cuatro días de 6 horas cada uno en horario sugerido:

### En la mañana:

Clases: 8:30 am –10:00am

Receso 10:00am-10-30am

Clases: 10:30am-12:00 m.

### En la tarde

Clases: 2: 00 pm-3:30pm

Receso 3:30 pm-4:00 pm

Clases: 4:00 pm-5:30 pm.

Esto es aplicable para el curso en la modalidad de Zoom o presencial

## **Objetivo del curso**

Capacitar al estudiante con el manejo de las técnicas básicas del Análisis de Fallas y las aplicaciones de la Microscopía Electrónica de Barrido y las técnicas Analíticas (EDS-EBDS-DIFR-X-) así como otras metodologías de ensayo de materiales como herramientas de apoyo para la correcta resolución de problemas de fallas de componentes metálicos.

## **Alcance del curso**

Al término del mismo, el estudiante será capaz de manejar casos básicos de Análisis de Fallas, realizar correctamente la selección de muestras y gerenciar adecuadamente la selección de los ensayos y análisis requeridos para la resolución de un problema de Análisis de Fallas.

## **CONTENIDO DEL CURSO ANÁLISIS DE FALLAS EN COMPONENTES METÁLICOS.**

### **TEMA N° 1:**

Introducción al Análisis de Fallas y su metodología, análisis Causa Raíz. Repaso de estados de esfuerzos y su relación con la fractura. Software de elementos finitos (Nastran) para el cálculo de esfuerzos y predicción de fracturas. Fundamentos de la Mecánica de Fractura Lineal Elástica. El software AFGrow como herramienta de predicción. Introducción al análisis macrofractográfico. Características macrofractográficas, ubicación de zona de origen, terminal y secuencia de propagación de grietas-fracturas. Tipos de fractura (dúctil-frágil, instantánea-progresiva).

### **TEMA N° 2:**

Práctica de análisis macrofractográfico. Presentación y discusión de fracturas de casos reales, determinación de estados de esfuerzos, zonas de origen, secuencia de agrietamiento, zona final y otras características de interés.

### **TEMA N°3:**

Introducción al análisis microfractográfico. Fundamentos de las herramientas de observación microscópicas, el Microscopio Electrónico de Transmisión y Barrido, sus aplicaciones en el análisis fractográfico. Las técnicas de replicado directo y de doble paso para la observación de texturas microfractográficas. Las técnicas analíticas de Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS), Difracción de electrones retrodispersados (EBSD), Difracción de electrones y Difracción de Rayos X.

Características y texturas microfractográficas y su relación con los mecanismos de Fractura y Falla.

### **TEMA N° 4:**

El mecanismo de Falla de Fatiga, características macrofractográficas, microfractográficas, factores involucrados, repaso de los principios de Mecánica de la Fractura aplicados al Análisis de Falla. Mecánica de Fractura y vida remanente. Discusión de casos reales.

**TEMA N°5:**

Agrietamiento ambiental y mecanismos de Daño por Corrosión. El mecanismo de Falla de Corrosión Bajo Tensiones, características, factores involucrados. Características macro y microfractográficas, características determinadas a partir de Análisis metalográficos. Daño y Fallas por Hidrógeno a temperatura ambiente y temperaturas elevadas. Deterioro físico y vida remanente. Discusión de casos reales

**TEMA N°6:**

Mecanismos de Fallas que involucran a la Temperatura. Repaso del mecanismo de Termofluencia (Creep), características. Mecanismos de fallas que involucran degradaciones microestructurales causadas por altas temperaturas. Evidencias fractográficas y metalográficas. Técnicas de replicado metalográfico como herramienta de diagnóstico. Degradación microestructural y vida remanente. Discusión de casos reales.

**TEMA N° 7:**

Mecanismos de Falla en Uniones Soldadas, relación de los defectos de los procesos de soldadura con las fallas. Factores, características, evidencias metalográficas y fractográficas. Discusión de casos reales.