

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Análisis de Fallas Mecánicas
Clave de la asignatura:	MAF 1001
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Materiales

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Materiales la capacidad de aplicar los fundamentos científicos de la Ingeniería de materiales y sus interrelaciones entre la estructura, propiedades, procesos y aplicaciones, así como los procedimientos de evaluación, aspectos de seguridad y estimación de la durabilidad para las condiciones de servicio de los diversos materiales.

Se introduce en la última etapa de la carrera de tal manera que el estudiante relacione los conocimientos previamente adquiridos y aplique su capacidad analítica y crítica sobre las posibles causas que producen el fallo y la posterior fractura en los materiales. Las competencias específicas adquiridas previamente a la asignatura, como son: relacionar e interpretar los principios de física del estado sólido con los aspectos fundamentales del comportamiento mecánico de los materiales, así como aplicar y argumentar la metodología de ensayos mecánicos para determinar cuantitativamente las propiedades mecánicas de los materiales, permiten que el estudiante sea competente en el análisis, identificación y solución de problemas de fractura reales. Adicionalmente, la asignatura le provee de medios y herramientas necesarias para leer, entender y aplicar información de mecánica de la fractura y fatiga publicada en revistas especializadas.

Intención didáctica

El programa está distribuido en cinco temas, empezando con los fundamentos de la mecánica a la fractura de los materiales, conceptos introductorios para discernir entre falla y fractura, así como las teorías de resistencia, mecánica de la fractura, teorías de fallas e influencia de la concentración de esfuerzos.

En el segundo tema se discuten aspectos sobre la fatiga y su influencia sobre las fallas de diversos elementos mecánicos en servicio. Se incluye la estimación de la propagación y velocidad de grietas debido a este mecanismo y se analizan las pruebas que permiten predecir su vida útil de servicio.

El tercer tema contempla el análisis de los mecanismos de termofluencia, relacionando aspectos relevantes como son los esfuerzos aplicados durante el servicio, el tiempo y la temperatura.

El tema cuatro discute en detalle la importancia e impacto de la tribología en el campo de la mecánica de la fractura y fatiga, se proponen diferentes experimentos de laboratorio para reforzar los conocimientos teóricos adquiridos, con el fin de que se promueva el desarrollo de habilidades para

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

experimentar, analizar, caracterizar e interpretar las variables y datos obtenidos, así como los cambios en el aspecto físico de los materiales mediante las diferentes técnicas de caracterización estructural y/o microestructural disponibles para evaluar dichos aspectos.

Finalmente, el quinto tema analiza casos particulares críticos de servicio en los cuales se predice un fallo común en los materiales debido a la interacción con el medio en el cual se desempeña y de algunas otras variables que se relacionan con el procesamiento del material y las cargas presentes.

Se recomienda que el docente posea amplio conocimiento de los temarios de las diversas asignaturas de la carrera, para relacionar las competencias adquiridas previamente con los de la presente asignatura. Es importante verificar la disponibilidad de información para el estudio de casos reales o prácticos, haciendo uso de materiales audiovisuales o documentales.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Calkiní, Chihuahua, Superior de Irapuato, Morelia, Saltillo, Superior de Tlaxco y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Materiales, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Chihuahua, Irapuato, Morelia, Querétaro, Saltillo y Zacatecas.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Saltillo.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencias específicas de la asignatura

Reconoce los mecanismos de iniciación y propagación de grietas en el material con base a su forma, localización y orientación, para determinar las posibles causas de falla en los materiales cuando están sometidos a la acción directa o indirecta de cargas u otros agentes externos.

5. Competencias previas

- Identifica defectos microestructurales para determinar su interacción e influencia sobre los mecanismos de falla.
- Aplica cálculo diferencial e integral para la representación de comportamientos y tendencias de los datos experimentales.
- Enlaza competencias adquiridas en la asignatura de física del estado sólido para analizar las causas de falla en los materiales.
- Emplea microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido para fundamentar su análisis y resultados.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la mecánica de la fractura	1.1 Introducción. 1.1.1 Resistencia teórica. 1.1.2 Modos de carga. 1.1.3 Factor de concentración de esfuerzos. 1.2 Principios de la mecánica de fractura. 1.2.1 Aspectos metalúrgicos. 1.3 Análisis de esfuerzos alrededor de grietas. 1.4 Tenacidad de fractura. 1.4.1 Teoría de Griffith. 1.5 Determinación y aplicación del factor de concentración de esfuerzos (K_{IC}). 1.6 Tipos de fractura.
2	Fatiga	2.1 Esfuerzos cíclicos. 2.2 Curvas S-N. 2.3 Iniciación y propagación de la grieta. 2.4 Velocidad de propagación de la grieta. 2.5 Factores que afectan la vida de fatiga de los materiales. 2.6 Fatiga térmica. 2.7 Fatiga higrótérmica. 2.8 Mecanismos de fatiga. 2.9 Pruebas de fatiga.
3	Termofluencia	3.1 Comportamiento bajo condiciones de termofluencia. 3.2 Influencia de la tensión y de la temperatura. 3.3 Pruebas de termofluencia.

4	Tribología	<p>4.1 Generalidades y equipos. 4.2 Topografía de superficies. 4.3 Contacto de sólidos. 4.4 Fricción. 4.5 Efecto del deslizamiento entre superficies. 4.6 Desgaste inicial. 4.7 Desgaste por adherencia. 4.8 Desgaste por abrasión. 4.9 Métodos de Control. 4.10 Lubricación.</p>
5	Análisis de casos prácticos.	<p>5.1 Casos de fatiga y termofluencia. 5.2 Casos de fragilización por Hidrógeno. 5.3 Casos de falla por corrosión. 5.4 Casos de falla por corrosión y esfuerzo. 5.5 Fallas producidos por la soldadura. 5.6 Fallas producidas debido a la solidificación. 5.7 Fallas debido a los tratamientos térmicos. 5.8 Fallas asociadas al maquinado de materiales.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Introducción a la mecánica de la fractura.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica los conceptos de falla y fractura para determinar los aspectos micro y macroestructurales que las producen.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. • Habilidad para buscar, procesar y analizar información. • Capacidad crítica y auto-crítica. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una revisión de las teorías que se relacionan directamente con la fractura y discutir en plenaria. • Relacionar los mecanismos de falla y morfología de la fractura con los conceptos microestructurales. • Investigar la ecuación Kic y establecer su importancia en el diseño de una pieza • Investiga los tipos de fractura y sus características, elabora un cuadro comparativo con las características de cada una.
Fatiga	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Identifica los distintos tipos fatiga para proponer métodos de control y monitoreo de la vida útil de un elemento mecánico.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica. • Capacidad de aprender y actualizarse 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir en plenaria los principios y las condiciones que producen falla por fatiga en los materiales. • Graficar e interpretar correctamente la curva S-N. • Determinar el tiempo de vida de los materiales sometidos a cargas cíclicas. • Reconocer las fallas por fatiga.

<p>permanentemente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar el concepto de agrietamiento por causas mecánicas de la falla y por corrosión.
Termofluencia	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Categoriza las fallas de los materiales producidas por termofluencia para proponer materiales con mejor desempeño mecánico.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el comportamiento de los materiales sometidos a condiciones de termofluencia. • Reconocer los efectos producidos en los materiales por la termofluencia. • Analizar la influencia de la temperatura y la tensión sobre la resistencia del material. • Analizar la superficie fracturada por termofluencia.
Tribología	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Determina y valora los fenómenos que producen diversos niveles de desgaste superficial para cuantificar el grado de desgaste que éstos producen en materiales de diferente naturaleza.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Conocimientos sobre el área de estudio y profesión. • Capacidad de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • comparar la topografía de superficies y cómo se cuantifica. • Reconocer los efectos producidos por la fricción. • Analizar el estudio del desgaste por contacto e impacto. • Investigar los mecanismos de desgaste y sus características para discutir en plenaria.
Análisis de casos prácticos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Diagnostica casos prácticos de falla de materiales para proponer alternativas en la selección de materiales.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y auto-crítica. • Capacidad para identificar, plantear y 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar casos prácticos de fallas de materiales. • Identificar y clasificar los tipos de falla. • Diagnosticar y proponer soluciones en casos reales de fallas en elementos mecánicos fabricados con diversos materiales.

<p>resolver problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de investigación. Conocimientos sobre el área de estudio y profesión. • Capacidad para tomar decisiones. 	
--	--

8. Prácticas

<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de tenacidad a la fractura (impacto). • Identificación de fallas a través de ultrasonido. • Ensayo de fatiga. • Pruebas de desgaste por fricción. • Aplicación de Ensayos no destructivos (END) (líquidos penetrantes, fluorescentes, partículas magnéticas, etc.) • Análisis de fracturas en microscopio óptico (MO) y microscopio electrónico de barrido (MEB).

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo. • Planeación: con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo. • Ejecución: consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar. • Evaluación: es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes. <p>Como sugerencia: Se puede realizar la evaluación y diagnóstico de una pieza o elemento mecánico adquirido en un taller mecánico procedente de chatarra o piezas dañadas, aplicando las competencias adquiridas en asignaturas previas, así como las técnicas de análisis y ensayos mecánicos disponibles. Es importante aplicar el método científico para llegar a una conclusión técnica.</p>

10. Evaluación por competencias

<p>Para evaluar las actividades de aprendizaje se recomienda solicitar: reportes de prácticas, reportes de visitas industriales, mapas conceptuales, problemarios, cuestionarios y exámenes.</p> <p>Para verificar el logro de las competencias del estudiante se recomienda utilizar: Exámenes, Portafolio de evidencias, Lista de cotejo, Matrices de valoración y Rúbricas.</p>
--

11. Fuentes de información

1. Tovar, G. (2006) *Fundamentos del Análisis de fallas*. Escuela colombiana de ingeniería.
2. Mina, J.D. (2012) *Diagnóstico de Fallas basado en Modelos DPCA Estructurados: Análisis y Caso de Estudio*. Editorial académica española.
3. Brooks, C. (2001) *Failure Analysis of Engineering Materials*. McGraw-Hill.
4. Neville, W.S. (2006) *Practical Plant Failure Analysis: A Guide to Understanding Machinery Deterioration and Improving Equipment Reliability*. CRC Press.
5. Berk, J. (2009) *Systems failure analysis*. ASM International.
6. Zima, S. (2012) *Engine failure analysis*. SAE International.
7. Anleitner, M.A. (2010) *The power of deduction: Failure modes and effect analysis for design*. Quality Press.
8. McEvily, A.J. (2001) *Metal Failures: Mechanisms, Analysis, Prevention*. Wiley-Interscience.
9. Shah, V. (2007) *Handbook of plastics testing and failure analysis*. Wiley-Interscience.
10. Gordon, W.P. (2010) *Metals Handbook. Volume 11: Failure Analysis and Prevention*. ASM International.