

Nombre y código de la asignatura		Materiales bajo Esfuerzo – DEF14					
Área académica		Diseño Mecánico					
Semestre	Créditos	Requisitos	Horas presenciales (HP)			Horas de trabajo independiente	Total de horas
			Teóricas	Prácticas	HP Totales		
2, 3 o 4	4	Ninguno	3	0	3	9	12

Año de actualización de la asignatura: 2020

1. Breve descripción

A lo largo de la historia, se han presentado fallas producidas por la iniciación y propagación de grietas. Cabinas de aviones desprendidas, barcos partidos en dos, ejes de ferrocarril fracturados y explosiones de tanques a presión son unos pocos ejemplos. La mecánica de fractura y la fatiga son las ciencias que se encargan de estudiar el fenómeno de falla de elementos agrietados o propensos a grietas. Actualmente, se tiene un conocimiento básico que permite el diseño de elementos mecánicos. Sin embargo, falta mucho para que estos fenómenos sean entendidos con gran profundidad. Debido a que los ingenieros mecánicos o afines usualmente tienen un conocimiento parcial de dichos fenómenos, es importante que en el área de diseño de esta maestría se tenga una asignatura que propenda por lograr competencias avanzadas en los fenómenos de fatiga y mecánica de fractura. Estas competencias le permitirán desarrollar diseños más confiables y seguros y producir conocimiento en el área de la mecánica de fractura y fatiga.

2. Objetivo general

Estudiar los conceptos fundamentales y los principales métodos de estudio y sus limitaciones de la mecánica de fractura y la fatiga, con énfasis en aplicaciones prácticas a los metales.

3. Resultados de aprendizaje de asignatura

El estudiante:

- Determina la vida útil, la carga máxima segura, el factor de seguridad, el material adecuado, el tiempo de inspección y otras variables relacionadas con elementos donde se tenga iniciación y propagación de grietas, aplicando la mecánica de fractura elástica lineal, si ésta aplica.
- Conceptualiza, diseña y gestiona elementos mecánicos reales con grietas o propensos a éstas, aplicando un método adecuado de la mecánica de fractura (energético, factor de intensidad de esfuerzos y desplazamiento de abertura en punta de grieta) y la fatiga, de acuerdo con la naturaleza del problema y teniendo en cuenta las limitaciones y ventajas de cada método y aspectos tales como socioeconómicos, legales, ambientales, éticos, culturales y de seguridad y salud.
- Desarrolla, de manera efectiva y en equipos, un proyecto de diseño o investigación o trabajo vinculado a la industria y presenta su proyecto de manera oral y escrita, prestando atención al contenido; estructura; procedimiento; resultados; redacción y flujo de ideas; presentación; ortografía; uso de variables, unidades, signos de puntuación, tablas, ecuaciones y figuras.

4. Contenido

1. INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN ^[1,2,5,8] (~6 horas)

Presentación del curso: objetivos, resultados de aprendizaje, contenido, metodología, evaluación y bibliografía. Introducción: aspectos históricos, mecánica de fractura, fatiga, análisis básico de esfuerzos y propiedades mecánicas.

2. MECÁNICA DE FRACTURA ^[1,2,5] (~28 horas)

Mecánica de fractura elástica lineal: modos de desplazamiento de grietas, factor de intensidad de esfuerzos (K), esfuerzos y desplazamientos alrededor de una grieta, esfuerzo plano y deformación plana, condiciones bajo las cuales K es válida, tenacidad a la fractura (K_c), consideraciones de diseño.

Deformación plástica en el frente de la grieta y aspectos relacionados: estimativos del tamaño de la zona plástica, tamaño efectivo de grieta y corrección de Irwin (K_{eff}), otros modelos de la zona plástica, modelo de la zona plástica de Dugdale, patrones de deformación, tipos de fractura, forma de la zona plástica.

Métodos de energía para la fractura y relación entre tasa de energía y campo de esfuerzos: teoría de fractura de Griffith, tasa de liberación de energía (G), relación entre los métodos de tasa de energía y campo de esfuerzos, representación gráfica del criterio de energía.

Mecánica de fractura elastoplástica: integral J , condiciones de dominio de J , desplazamiento de abertura en punta de grieta (CTOD), equivalencias entre los parámetros fractomecánicos, comentarios sobre la mecánica de fractura elastoplástica.

Aspectos adicionales sobre mecánica de fractura.

Uso de software de ingeniería asistida por computador.

3. FATIGA ^[1-3,5,8] (~14 horas)

Conceptos introductorios sobre fatiga: definiciones del término fatiga; tipos, regímenes, etapas y modelos de fatiga; métodos de ensayo.

Deformaciones cíclicas e iniciación y propagación de grietas por fatiga: curva $\sigma - \epsilon$ – endurecimiento o ablandamiento por deformación, ciclos de histéresis de estado estable, estudio sobre la iniciación de grietas de fatiga, regímenes de la curva esfuerzo deformación de saturación, dislocaciones, bandas de deslizamiento persistentes (PSBs), rasgos superficiales asociados a las PSBs - extrusiones e intrusiones, iniciación y propagación de grietas y falla súbita (monocristal), observaciones en otros materiales y en policristales, otras observaciones.

Modelo LEFM: introducción, crecimiento de grietas de fatiga - correlaciones, ley de Paris, cálculos de vida de fatiga, cierre de grieta en metales, crecimiento de grietas para valores grandes y pequeños de ΔK , efecto del esfuerzo medio (grandes ΔK y pequeños ΔK), fenómenos de fatiga que son explicados por el cierre de grieta.

Algunas filosofías o técnicas de diseño: vida segura (safe-life), diseño a prueba de fallas (fail-safe) o con tolerancia al daño (fault-tolerant/damage-tolerant), refuerzos y trayectorias múltiples de carga, retiro con causa (retirement for cause), comentarios finales.

Los tiempos son aproximados e incluyen las evaluaciones.

5. Recursos y bibliografía

Recursos:

Software especializado (ANSYS), aulas de clase, Laboratorio de Mecánica Computacional, salas de estudio, computadores, recursos audiovisuales, Internet, biblioteca, bases de datos.

Bibliografía:

1. Hernández, H. y Espejo, E. (2002) Mecánica de Fractura y Análisis de Falla. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/43147/>.*
2. Hertzberg, R.W. (1996) Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, 4th edition. Nueva York: John Wiley & Sons.*
3. Suresh, S. (1998) Fatigue of Materials, 2nd edition. Cambridge, New York: Cambridge University Press.*
4. Broek, D. (1989) The practical Use of Fracture Mechanics, 1st edition. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.*
5. Baker, M. (2007) Materials under Stress: an Introduction to Mechanics of Fracture and Fatigue, Notas de clase. Universidad de Surrey, Reino Unido.
6. Norton, R.L., Diseño de Máquinas, 5ª ed., Ed. Prentice-Hall (Pearson), México, 2011. (*1999)
7. Budynas, R.G. y Nisbett, J.K. (2012) Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 9ª ed. México: McGraw-Hill.*
8. Vanegas Useche, L.V. (2018) Diseño de Elementos de Máquinas, 1ª ed. Pereira: Editorial UTP. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/8889>.
9. Hamrock, B.J., Jacobson, Bo y Schmid, S.R. (2000) Elementos de Máquinas. México: McGraw-Hill.
10. Mattos, R.J. y Valencia, A. (1983) Una breve introducción a la mecánica de la fractura. Revista Universidad EAFIT, 52, pp. 59-73.*
11. Brooks, C.R. (1993) Metallurgical Failure Analysis. U.S.A.: McGraw-Hill.
12. Dieter, G. (1988) Mechanical Metallurgy. Singapore: McGraw-Hill Company.*

* Disponible en la biblioteca de la UTP.

6. Metodología

- Clases magistrales, interactuando con el estudiante, haciéndolo partícipe de su proceso de formación.
- Solución de problemas enfocados a afianzar los conceptos y a desarrollar habilidades analíticas.
- Solución integral de problemas prácticos.
- Desarrollo dirigido de talleres o actividades de aprendizaje activo en forma individual o en grupo.
- Prácticas de laboratorio virtual (uso de software de simulación)
- Se usarán metodologías activas de aprendizaje y aprendizaje basado en problemas y proyectos.

7. Evaluación

- Parcial 1 (~30%) – Tema 2.

- Parcial 2 (~30%) – Tema 3.
- Trabajo de diseño o investigación o trabajo vinculado a la industria y exposición (~40%). El trabajo debe tener un contexto práctico y aplicar la formulación y gestión de proyectos.

Nota: talleres, quices y participación en clase podrían ser tenidos en cuenta.