



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Materiales Aeronáuticos
Clave de la asignatura:	AOF-1315
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Aeronáutica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Aeronáutico la capacidad de conocer, seleccionar y emplear los materiales aeronáuticos adecuados para la fabricación, utilización y mantenimiento de elementos y estructuras aeronáuticas a partir del conocimiento de las propiedades de macro y microestructura, fomentando el desarrollo de las siguientes competencias.

Conoce y aplica las normas y especificaciones nacionales e internacionales relacionadas con las materias primas, productos terminados, así como los materiales residuales generados.

Elabora, interpreta y comunica en forma oral, escrita y gráfica, los informes, propuestas, análisis y resultados obtenidos de ingeniería con eficiencia y eficacia. Forma parte de grupos multidisciplinarios en proyectos integrales con una actitud que fortalezca el trabajo en equipo, ejerciendo diversos roles contribuyendo con su capacidad profesional al éxito.

La integración de esta asignatura se basa en el hecho de que los materiales aeronáuticos constituyen una parte fundamental de los materiales empleados en nuestra sociedad y están presentes en situaciones de comunicación y transporte que requieran estabilidad estructural, por lo que las propiedades mecánicas son el principal interés de estos materiales. Además, no hay que olvidar temas de interés como la manufactura de materiales aeronáuticos, así como los mecanismos de deterioro de los materiales y protección contra el deterioro.

La asignatura de Materiales Aeronáuticos, ubicada en el quinto semestre de la carrera de Ingeniería Aeronáutica, surge del análisis del diseño e innovación curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales de la misma carrera del SNIT en noviembre de 2012. Por otra parte, esta asignatura es correlativa de la asignatura de Ingeniería de Materiales, la cual se encuentra ubicada en el segundo semestre de dicha carrera. Asimismo, utiliza los conocimientos adquiridos en Mecánica de Materiales I y II. Materiales Aeronáuticos aporta las bases para las asignaturas de nivel superior de Diseño de Elementos Mecánicos en Aeronáutica, Manufactura Avanzada y Sistemas de Propulsión en el sentido de materiales.

- Con esta asignatura se contribuye en el perfil de egreso con los atributos siguientes:
 - Identifica, formula y resuelve problemas complejos de ingeniería aeronáutica mediante el conocimiento del funcionamiento de sistemas, subsistemas, componentes y diversas partes que conforman las aeronaves y el uso de legislaciones, regulación y normas nacionales e internacionales vigentes para mantener las condiciones de aeronavegabilidad.
 - Utiliza herramientas matemáticas, físicas, experimentales y computacionales para analizar, modelar y diseñar sistemas, componentes y dispositivos aplicados en la industria aeronáutica, implementando procesos de manufactura para que los productos y componentes aeronáuticos cumplan con las regulaciones de calidad vigentes.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

- Evalúa el comportamiento y desempeño de sistemas, subsistemas, componentes, partes y materiales mediante la experimentación para analizar y establecer conclusiones a través de equipo especializado para el sector aeronáutico.
- Trabaja efectivamente en equipos que establecen metas, planean tareas, cumplen fechas límite y analizan riesgos e incertidumbre para los distintos proyectos aeronáuticos multidisciplinarios.
- Analiza y evalúa la factibilidad técnica, económica y de sustentabilidad para proyectos de inversión en el área aeronáutica para la Implementación y administración en los programas de mantenimiento de sistemas, subsistemas y componentes de las aeronaves para garantizar su óptima operación.

Intención didáctica

La presente asignatura se encuentra dividida en cuatro temas. En el primer tema se aborda la clasificación y propiedades de los materiales aeronáuticos, en el segundo tema se estudian las aplicaciones de estos materiales derivadas de sus propiedades, el tercer tema trata sobre los sistemas de deterioro y su correspondiente prevención, mientras que el cuarto tema comprende a la normatividad y criterios de selección de éstos. El papel del docente es de vital importancia en el sentido de que debe facilitar la interpretación y análisis del conocimiento.

Tema 1. Clasificación y propiedades de los materiales aeronáuticos

Este tema comprende una clasificación y estudio general de los principales tipos de materiales utilizados en el ámbito aeronáutico, tales como, compósitos, polímeros, cerámicos y aleaciones metálicas. Considerando sus propiedades físicas y químicas para comprender su correlación con la estructura, método de fabricación y aplicación en la industria.

Tema 2. Caracterización y aplicación de los materiales aeronáuticos

Este tema comprende el entendimiento de la composición, estructura y propiedades de los materiales utilizados para fabricar placas, membranas y estratificados empleados en la industria aeronáutica. Considerando los ensayos no destructivos correspondientes para su posterior análisis con objetivo de realizar una inspección de la condición de los elementos sin afectar la integridad física del material para asegurar la calidad e integridad de las estructuras aeronáuticas.

Tema 3. Mecanismos de deterioro, protección

Los mecanismos de pérdida de propiedades son importantes de conocer y dominar para la prevención del deterioro de los materiales aeronáuticos, por lo que, se analiza dicho proceso de deterioro cuando están sujetos a determinadas condiciones y aplicar los métodos y técnicas de prevención correspondientes

Tema 4. Normatividad y selección de materiales aeronáuticos.

En este tema se considera la importancia de realizar una correcta selección de estos materiales para algún fin específico, por lo que, se ilustran algunos métodos y criterios utilizados en la selección de materiales, desde convencionales, gráficos, teorías de falla o con ayuda de software. Además, se estudia la normatividad aplicable a los materiales compuestos, cerámicos, polímeros y metales

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, del 5 al 8 de noviembre de 2012	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, de Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, San Luís Potosi, IPN, UNAQ,UANL,	Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 12 de noviembre 2012 al 22 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Superiores de Ecatepec, Tijuana, Matamoros, IPN	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería Aeronáutica del SNIT.
Instituto Tecnológico de Querétaro, del 25 al 28 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, IPN, UNAQ	Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Estudios Superiores de Ecatepec, de Tijuana, Superior de Irapuato, de Veracruz, de Boca del Río, de Tepic y de Zacatepec.	Reunión de seguimiento curricular de la carrera de Ingeniería Aeronáutica.

4. Competencias a desarrollar

Competencias específicas de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Aplica la clasificación y normatividad de los materiales en función de microestructura, propiedades mecánicas y fabricación para su selección en la industria aeronáutica. • Analiza las condiciones de deterioro y falla para su prevención

5. Competencias previas

- Aplica la clasificación y normatividad de los materiales metálicos, cerámicos, polímeros y compuestos en función de su procesamiento, microestructura, imperfecciones cristalinas, propiedades mecánicas, eléctricas, magnéticas, comportamiento a la corrosión-degradación y condición de tratamiento térmico para una selección óptima dentro de las diversas aplicaciones de ingeniería
- Determina esfuerzos y deformaciones que afectan el comportamiento de los elementos estructurales sometidos a diversas condiciones de carga en elementos orientados a una cierta dirección, así como, diseñar vigas, ejes, y columnas a través del análisis de deflexión por métodos de energía y pandeo respectivamente

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Clasificación y propiedades de los materiales aeronáuticos	1.1. Materiales compuestos 1.1.1. Tipos de matriz: Matriz polimérica, cerámica, metálica 1.1.2. Tipos de refuerzo: fibras de carbono, fibra de vidrio, grafito y fibra Kevlar, carburos, nitruros, boruros y óxidos. 1.1.3. Morfología del material reforzante: fibra, partícula, aguja y nano-partícula 1.1.4. Tipos de resinas: Resina epóxica / fibra de vidrio, poli aramida / fibra de vidrio y resina epóxica / grafito. 1.2. Cerámicos estructurales, refractarios, electrónicos, magnéticos y aislantes 1.3. Polímeros: termofijos, termoplásticos y elastómeros 1.4. Propiedades físicas y químicas 1.4.1 Propiedades mecánicas: tensión, compresión y dureza 1.4.2 Propiedades térmicas 1.5 Procesos de fabricación de materiales compuestos
2	Caracterización y aplicación de los materiales aeronáuticos	2.1 Comportamiento de los materiales aeronáuticos 2.1.1 Matrices de comportamiento mecánico 2.1.2 Ley de Hooke 2.1.3 Matrices de rigidez 2.1.4 Matrices de esfuerzo y deformación 2.1.5 Matrices de transformación para un sistema local y orientado 2.2 Comportamiento de los materiales debido al efecto térmico 2.2.1 Matrices de esfuerzo y deformación debido al coeficiente de expansión térmica 2.3 Comportamiento de los materiales debido a la humedad

		<p>2.3.1 Matrices de esfuerzo y deformación considerando el efecto higrométrico</p> <p>2.4 Comportamiento higo-termo-mecánico de los materiales</p> <p>2.4.1 Placa plana</p> <p>2.4.2 Membrana</p> <p>2.4.3 Cascarones y estratificados</p> <p>2.5 Ensayos no destructivos</p> <p>2.5.1 Método de líquidos penetrantes</p> <p>2.5.2 Técnica de partículas magnéticas</p> <p>2.5.3 Técnica de corrientes Eddy</p> <p>2.5.4 Método de ultrasonido</p> <p>2.5.5 Rayos X</p>
3	Mecanismos de deterioro y protección de los materiales	<p>3.1 Mecanismos de deterioro</p> <p>3.1.1 Oxidación y corrosión</p> <p>3.1.2 Fatiga</p> <p>3.1.3 Envejecimiento natural</p> <p>3.1.4. Radiación</p> <p>3.2 Mecanismos de protección</p> <p>3.2.1. Protección catódica</p> <p>3.2.2 Recubrimientos poliméricos</p> <p>3.2.3 Recubrimientos superficiales</p>
4	Normatividad y selección de materiales aeronáuticos	<p>4.1. Normas y criterios para la selección de polímeros, cerámicos, materiales compuestos y aleaciones metálicas</p> <p>4.2 Teorías de falla</p> <p>4.2.1 Teoría del esfuerzo normal máximo</p> <p>4.2.2 Teoría del esfuerzo cortante máximo</p> <p>4.2.3 Teoría de la deformación normal máxima</p> <p>4.2.4 Teoría de la energía de distorsión máxima</p> <p>4.2.5 Criterio de falla de Mohr</p> <p>4.2.6 Teoría de la fricción interna</p> <p>4.3. Problemas de selección de Materiales.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1: Clasificación y propiedades de los materiales aeronáuticos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los materiales aeronáuticos para su clasificación de acuerdo a sus propiedades. <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar investigación bibliográfica sobre la clasificación e importancia de los materiales aeronáuticos en la industria afín. Definir correctamente los conceptos de propiedades físicas, químicas, mecánicas, eléctricas y térmicas de los materiales aeronáuticos. Discutir en grupo los componentes y combinaciones de materiales para formar los compósitos. Investigar tres materiales compuestos Documentar los diferentes tipos de cerámicos y polímeros.

<ul style="list-style-type: none"> Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas Capacidad de trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> Comprender la interrelación entre la estructura y propiedades en estos materiales.
Tema 2: Caracterización y aplicación de los materiales aeronáuticos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplica sus conocimientos previos de propiedades de los materiales para relacionarlos a una aplicación en específico y efectúa ensayos no destructivos para su análisis <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas Capacidad de abstracción, análisis y síntesis Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica 	<ul style="list-style-type: none"> Resolver problemas de aplicación de materiales que involucre las características de los materiales con distintos sistemas orientados Realizar ensayos sobre las propiedades físicas presentadas por estos materiales. Ejecutar prácticas de laboratorio para identificar, evaluar y comparar las propiedades mecánicas de distintos materiales. Redactar reportes de práctica.
Tema 3: Mecanismos de deterioro y protección de los materiales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica los principales procesos de deterioro y protección de los materiales aeronáuticos para su aplicación industrial. <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de investigación. Capacidad de trabajo en equipo Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una investigación por equipo sobre los diversos procesos de deterioro y protección de los materiales Realizar alguna práctica ilustrativa de un método de protección y evaluación del deterioro de un elemento Redactar reportes técnicos.
Tema 4: Normatividad y selección de materiales aeronáuticos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Utiliza los diversos métodos en la selección de materiales aeronáuticos para su aplicación. <p>Genérica:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación Capacidad de comunicación oral y escrita 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar por equipo, discutir y exponer en clase, los métodos más utilizados para la selección de materiales. Documentar la normatividad internacional aplicable a los materiales compuestos, cerámicos, polímeros y metales. Resolver problemas de selección de materiales.

8. Prácticas

- Ensayo de tensión de materiales aeronáuticos
- Pruebas de dureza en materiales compósitos, cerámicos, polímeros y aleaciones metálicas
- Análisis de falla (líquidos de penetrantes) de componentes aeronáuticos
- Generación de banco de imágenes de mecanismos de degradación en materiales

9. Proyecto de asignatura

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:

- **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.

10. Evaluación por competencias

- La evaluación debe ser formativa y continua por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje. Los instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje son:
- Investigación documental de artículos científicos mediante reporte
- Elaboración de informes y reportes de prácticas mediante portafolio de evidencias
- Trabajo en equipo a través de mapa conceptual
- Participación en clase y en el laboratorio mediante lista de cotejo

11. Fuentes de información

- ASM Handbook; (1998); Nondestructive Evaluation and Quality Control; Volume 17; 9th edition; ASM International; USA.
- Shackelford J.F. (2005); Ciencia de materiales para ingenieros. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana; México.
- Miravete, A. (2004); MATERIALES COMPUESTOS (Ed. rev.). Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Hull, D. H. (2003). MATERIALES COMPUESTOS (Ed. rev.). Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Dietrich, A. B. (2005). Materiales compuestos procesos de fabricación de embarcaciones (Ed. rev.). Cataluña, España: UPC.
- Chawla, K. (2012). Composite materials. New York: Springer.
- Pagano, N. and Reddy, J. (1994). Mechanics of composite materials. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.



- Zagainov, G. and Lozino-Lozinskij, G. (1996). Composite materials in aerospace design. London [etc.]: Chapman & Hall.
- Avner S.H. (1988); Introducción a la metalurgia física. 2ª Ed. McGraw-Hill; México.
- 10. Chandler H. (2010); Heat treater's guide: practices and procedures for irons and steels; 2nd Ed.; ASM International, USA.
- 11. ASTM E 384; (2005); Standard test method for microindentacion hardness of materials. ASTM International, USA.
- 12. ASTM E8M; (2004) Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM International, USA.
- 13. ASTM E23M; (2006); Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials; ASTM International; USA.
- 14. Van Vlack, L.H. Tecnología de materiales. Ed. Representaciones y servicios de Ingeniería.
- 15. V. B. John. Conocimientos de materiales en ingeniería. Ed. Gustavo Gill, S. A.
- 16. Guliaev. Metalografía. Moscú. Ed Mir.
- 17. Flin R.A. Trojan P.K. Materiales de ingeniería y sus aplicaciones. Ed. Mc Graw Hill, México.
- 18. Thornton P.A. Colangelo V.J. Ciencia de Materiales para Ingeniería. Ed. Prentice - Hall Hispanoamericana.