



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Energía y Propulsión
Clave de la asignatura:	IPF - 2103
SATCA ¹ :	3 - 2 - 5
Carrera:	Ingeniería Aeronáutica

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Aeronáutico la capacidad para utilizar herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales para analizar y resolver problemas relacionados con los sistemas de propulsión; debido a su carácter especializante se incluye en los semestres finales del plan de estudios, ya que demanda conocimientos de materias como propiedades de los materiales en aeronáutica, desarrollo sustentable, mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, y sistemas de propulsión.</p> <p>Los sistemas de propulsión son una parte fundamental de las aeronaves, y son un factor crítico para el óptimo desempeño de las mismas ya que impactan directamente en la potencia y eficiencia de las mismas. En Sonora, particularmente en el área correspondiente a las zonas de Hermosillo, Guaymas y Empalme se concentra gran parte de la cadena de producción de turbinas, motivo por el cual esta asignatura tiene pertinencia en la región.</p> <p>Los sistemas de propulsión de aeronaves son complejos (debido a la cantidad de elementos y funciones que llevan a cabo los mismos) y se encuentran en constante desarrollo; estudiar y comprender las transformaciones energéticas para la propulsión es indispensable para formar capital humano necesario en la región; comprender el sustento teórico y los factores que influyen en la operación, manufactura y diseño de las mismas es una necesidad para el desarrollo del sector en el estado.</p> <p>Estudiar las tendencias tecnológicas globales en cuanto a la fuente energética de las mismas, así como los materiales que se utilizan en las mismas fomenta el espíritu creativo y emprendedor del alumnado, por lo mismo se debe profundizar en el estudio de los componentes como toberas de admisión y escape, tipo de compresores y turbinas, álabes y cámaras de combustión, proporcionando al alumno los conocimientos fundamentales para comprender el funcionamiento de los sistemas de propulsión.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>Debido a la trascendencia de esta materia en la formación integral del estudiante, es necesario que la función del docente se encamine a dirigir al alumnado a la comprensión de los temas incentivando métodos alternativos de análisis y solución de problemas, se recomienda trabajar esta materia con proyectos por equipos de trabajo que fomenten la creatividad y la innovación con base en las competencias transversales (como la capacidad de resolver problemas complejos que relacionan la práctica de su profesión), se recomienda que se lleven a cabo dinámicas de lluvia de ideas, discusiones y debates, donde la función del docente es fomentar el desarrollo de las <i>soft skills</i>.</p> <p>La primera unidad presenta los conceptos teóricos, es recomendable correlacionarlos con los temas vistos en asignaturas previas con la finalidad de incentivar al alumno a fundamentar las bases en su formación profesional, se recomienda iniciar con un video</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



documental, o una búsqueda bibliográfica de los sistemas de propulsión en la aeronáutica enfatizando en los avances de la propulsión moderna (que fue lo que los impulsó estos avances, y a qué retos se enfrentaron los primeros sistemas de propulsión en turborreactores), con la finalidad de motivar al alumno durante toda la materia, los conceptos de esta unidad son los relacionados con la compresibilidad en un flujo de gas a través de los distintos elementos que componen un sistema de propulsión, y como podemos analizarlos de manera teórica.

La segunda unidad presenta el proceso de combustión, el tipo de cámaras de combustión y los principales combustibles utilizados en el transporte aéreo, en esta unidad se deben presentar las tendencias internacionales para la propulsión, la finalidad de este apartado es incentivar al alumnado a investigar y adquirir conocimiento de las tendencias tecnológicas en varios campos de la ingeniería aeronáutica.

Las unidades tres y cuatro presentan dos componentes indispensables en los sistemas de propulsión por combustión, los compresores y las turbinas, estas unidades se complementan mutuamente, y comparten similitudes como máquinas de fluidos compresibles (el compresor como generadora y la turbina como motora), en ambas, el propósito es identificar la importancia de estos componentes en los sistemas de propulsión así como los elementos que los componen, su principio de operación y clasificación según distintos criterios.

Para la última unidad el alumno debe ser capaz de analizar y comparar los principales sistemas de propulsión con base en el régimen de flujo, la potencia y eficiencia.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
TecNM Campus Hermosillo; del 15 al 19 de febrero 2021	Representantes del TecNM Campus Hermosillo, Academia de Ingeniería Aeronáutica: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ing. Luis Rodolfo Ibarra Reyna ▪ M.C. Alfonso Aaron Riesgo Ruiz 	Desarrollo de módulo de especialidad de Ingeniería Aeronáutica

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Analiza y resuelve problemas relacionados con los sistemas de propulsión y las transformaciones energéticas que se dan dentro de los mismos, identificando los componentes que integran los sistemas, así como las tendencias internacionales relacionadas a la eficiencia energética y sustentabilidad para el transporte aéreo.

5. Competencias previas

- Realiza balances energéticos y resuelve problemas relacionados
- Domina la segunda ley de la termodinámica, particularmente el concepto de entropía y su relación con los procesos irreversibles
- Domina la mecánica de fluidos principalmente el tema de fluidos compresibles
- Conoce los ciclos mecánicos y termodinámicos relacionados con la propulsión de aeronaves
- Identifica los componentes que integran los motores aeronáuticos
- Detecta el impacto ambiental generado por la transformación de la energía
- Conoce las propiedades de los materiales identificando las relacionadas a los sistemas de propulsión

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Análisis de flujo compresible en sistemas de propulsión	1.1. Propiedades de estancamiento 1.2. Flujo isentrópico en toberas 1.3. Toberas convergentes divergentes 1.4. Ondas de choque y ondas de expansión 1.5. Flujo no isentrópico (de Rayleigh y de Fanno) 1.6. Interacción entre las ondas de choque y las capas límite
2	Cámara de combustión y tendencias tecnológicas de propulsión	2.1. Cámaras de combustión. 2.2. Tipos de cámaras de combustión. 2.3. Biocombustibles 2.4. Motores eléctricos 2.5. Fuentes de propulsión alternativas
3	Compresores	3.1. Compresores axiales y centrífugos 3.2. Características, rendimientos y transferencia de energía 3.3. Nomenclatura de álabes y diagrama de velocidad. 3.4. Coeficiente de flujo y coeficiente de trabajo. 3.5. Número de Mach, Número de Haller y Relación raíz-punta del álabe y sus efectos. 3.6. Grado de reacción.
4	Turbinas	4.1 Turbinas axiales y centrífugas 4.2. Características, rendimientos y transferencia de energía. 4.3. Grado de reacción e impulso de la turbina. 4.4. Efectos en la raíz y punta. 4.5. Sistema de enfriamiento de la turbina.



7. Actividades de aprendizaje de los temas

1: Análisis de flujo compresible en sistemas de propulsión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Comprender los fundamentos teóricos relacionados con la compresibilidad en un flujo de gas a través de los distintos elementos que componen un sistema de propulsión. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una infografía (línea del tiempo, mapa mental, o conceptual) de los sistemas de propulsión en la aeronáutica, la actividad servirá para organizar un debate en clase Realizar un trabajo escrito sobre ondas de choque y ondas de expansión (choques normales, choques oblicuos, ondas de expansión de Prandtl-Meyer) Realizar un trabajo escrito sobre la importancia del estudio del flujo isentrópico y los flujos no isentrópicos (flujo de Rayleigh y flujo de Fanno) Realizar un trabajo escrito sobre el comportamiento de las toberas de admisión y escape con respecto al número de Mach
<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas Comunicación oral y escrita Toma de decisiones Capacidad de trabajar en equipo Habilidad para trabajar en forma autónoma Capacidad de resolver problemas complejos 	
2: Cámara de combustión y tendencias tecnológicas de propulsión	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar el proceso de combustión y los combustibles utilizados, así como las alternativas tecnológicas para la propulsión. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un mapa mental o conceptual sobre los diferentes tipos de cámaras de combustión. Realizar una presentación por equipos sobre las tendencias tecnológicas globales de los sistemas de propulsión, para debatir las propuestas de los alumnos en clase. Realizar un trabajo escrito sobre los sistemas de propulsión eléctricos. Resolver problemas relacionados con la combustión en los sistemas de propulsión (relación de aire-combustible, capacidad calorífica de los distintos combustibles, emisión de gases de escape)
<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas Capacidad de análisis y síntesis Comunicación oral y escrita Toma de decisiones Capacidad de trabajar en equipo Habilidad para trabajar en forma autónoma Preocupación por el medio ambiente 	
3: Compresores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p>	



<ul style="list-style-type: none"> Conocer el propósito de los compresores en los sistemas de propulsión, así como su principio de operación y clasificación. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una investigación de los compresores en sistemas de propulsión, reportando su clasificación de acuerdo a distintos criterios. Realizar una tabla que compare las características, rendimientos y mecanismo de transferencia de energía de los distintos compresores utilizados en aeronáutica Realizar un trabajo escrito sobre álabes y su nomenclatura Resolver problemas relacionados con compresores utilizados en aeronáutica (cálculo de eficiencia, potencia, grado de reacción, flujo másico)
<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidad para trabajar en forma autónoma. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad crítica y autocrítica. Capacidad de resolver problemas complejos 	
<p>4: Turbinas</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Resuelve problemas relacionados con los sistemas de propulsión, identificando la importancia de las turbinas en parámetros como la eficiencia y potencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar una investigación acerca de las turbinas utilizadas en sistemas de propulsión y reportar su clasificación según distintos criterios. Realizar un trabajo escrito sobre las distintas técnicas de enfriamiento en la turbina y sus componentes Realizar una tabla comparativa con los principales sistemas de propulsión que incluya eficiencias y su relación con el número Mach, para su posterior presentación en clase. Resolver problemas relacionados con turbinas y sistemas de propulsión utilizados en aeronáutica (cálculo de eficiencia, potencia, grado de reacción, flujo másico)
<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes. Capacidad de trabajo en equipo. Habilidad para trabajar en forma autónoma. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Capacidad crítica y autocrítica. Capacidad de resolver problemas complejos 	

8. Práctica(s)

- Visita guiada a una empresa relacionada con la fabricación de sistemas de propulsión con la finalidad de identificar los procesos involucrados en la manufactura y diseño de los componentes, se debe realizar un reporte detallado con las conclusiones del alumno.



2. Generar un estudio de caso para un proceso en la fabricación de los sistemas de propulsión, el cual puede ir encaminado al proyecto de asignatura.
3. Identificar y clasificar el tipo de compresor, turbina y cámara de combustión utilizando motores disponibles en el laboratorio de máquinas térmicas por inspección visual, o en su defecto utilizando para ello la Aeronave Pilatus PC-7.
4. Identificar en la cabina de la aeronave, los instrumentos de medición de los diferentes parámetros de operación del compresor, turbina y cámara de combustión.

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

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje. La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño del alumno:

- Informe escrito.
- Reporte de prácticas.
- Exámenes escritos.
- Exposición y memoria de cálculo del Proyecto de Asignatura.
- Reporte de visitas.
- Mapas mentales, conceptuales e infografías.
- Solución de ejercicios prácticos.
- Reporte de trabajo de investigación.



11. Fuentes de información

1. Cengel. Y. A. (2010). Fluids Mechanics. U.S.A. Mc. Graw Hill
2. Bathie William "Fundamentos de turbina de gas" Limusa, México, 2007
3. Cohen H.;Rogers G.F.C.;Saravanamuttoo H.I.H "Teoría de las turbinas de gas" Marcombo, España, 2003.
4. Ahmed F. El-Sayed."Aircraft Propulsion and Gas Turbine Engines", segunda edición,Taylor & Francis Group, Boca ratón, Florida.
5. Cuesta Álvarez M. "Motores de reacción" teoría y operación de vuelo Paraninfo, España