



Teaching Guide

| Identifying Data | | | | | 2015/16 |
|------------------------|---|--------|--------------------|-----------|---------|
| Subject (*) | Turbomáquinas Térmicas | | Code | 631311203 | |
| Study programme | Licenciado en Máquinas Navais | | | | |
| Descriptors | | | | | |
| Cycle | Period | Year | Type | Credits | |
| First and Second Cycle | Yearly | Second | Troncal | 5 | |
| Language | SpanishGalician | | | | |
| Teaching method | Face-to-face | | | | |
| Prerequisites | | | | | |
| Department | Energía e Propulsión Mariña | | | | |
| Coordinador | Carbia Carril, Jose | E-mail | jose.carbia@udc.es | | |
| Lecturers | Carbia Carril, Jose | E-mail | jose.carbia@udc.es | | |
| Web | | | | | |
| General description | Proporcionar conocimientos sobre la estructura y el funcionamiento de las Instalaciones de Turbinas de Vapor y de gas, de forma que permitan optimizar su funcionamiento y mantenimiento. | | | | |

Study programme competences

| Code | Study programme competences |
|------|---|
| A2 | Detectar e definir a causa dos efectos de funcionamento das máquinas e reparalas. a nivel de xestión. |
| A6 | Facer arrincar e parar a máquina propulsora principal e a máquina auxiliar, incluídos os sistemas correspondentes, a nivel de xestión. |
| A8 | Facer funcionar a máquina, controlar, vixiar e avaliar o seu rendemento e capacidade, a nivel de xestión. |
| A9 | Manter a seguridade dos equipos, sistemas e servizo da maquinaria, a nivel de xestión. |
| A12 | Organizar e dirixir a tripulación, a nivel de xestión. |
| A13 | Planificar e programar as operacións, a nivel de xestión. |
| A17 | Realizar operacións de optimización enerxética das instalacións de abordo utilizando convenientemente os equipos de medida, a nivel de xestión. |
| A24 | Redacción e interpretación de documentación técnica. |
| A27 | Operar, reparar, manter, reformar e optimizar a nivel de xestión as instalacións industriais relacionadas coa enxeñaría marítima, coma motores alternativos de combustión interna e subsistemas; turbinas de vapor, caldeiras e subsistemas asociados; ciclos combinados; propulsión eléctrica e propulsión con turbina de gas. |
| A29 | Operar, reparar, substituír, optimizar, seleccionar, deseñar, e xestionar as instalacións auxiliares do buque, tales como instalacións de aire acondicionado, plantas potabilizadoras, separadores de sentinas, grupos electrógenos, etc. |
| A36 | Ser capaces de estimar a influencia das condicións de operación e mantemento do buque nos custos de explotación durante o ciclo de vida. |
| B1 | Aprender a aprender. |
| B2 | Resolver problemas de forma efectiva. |
| B4 | Traballar de forma autónoma con iniciativa. |
| B5 | Traballar de forma colaborativa. |
| B7 | Comunicarse de maneira efectiva nun entorno de traballo. |
| B10 | Capacidade de adaptación a novas situacións. |
| B12 | Comunicar por escrito e oralmente os coñecementos procedentes da linguaxe científica. |
| B13 | Capacidade de análise e síntese. |
| B14 | Capacidade para acadar e aplicar coñecementos. |
| B15 | Organizar, planificar e resolver problemas. |
| C5 | Entender a importancia da cultura emprendedora e coñecer os medios ao alcance das persoas emprendedoras. |
| C6 | Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben enfrontarse. |
| C7 | Asumir como profesional e cidadán a importancia da aprendizaxe ao longo da vida. |
| C8 | Valorar a importancia que ten a investigación, a innovación e o desenvolvemento tecnolóxico no avance socioeconómico e cultural da sociedade. |



| Learning outcomes | | | |
|--|---|---|----------------|
| Learning outcomes | Study programme competences | | |
| Proporcionar conocimientos sobre la estructura y el funcionamiento de los equipos que constituyen las Instalaciones de Turbinas de Vapor y de gas. | A8 A17 A36 | B1 B7 B10 B12 B13 B14 | C6 C7 C8 |
| Detectar y definir la causa de los defectos de funcionamiento de las máquinas y repararlas | A2 A8 A9 A12 A13 A24 A27 A29 | B1 B4 B5 B7 B10 B12 B13 B14 B15 | C5 C7 C8 |
| Hacer arrancar y parar la maquina propulsora principal y la maquinaria auxiliar, incluidos los sistemas correspondientes | A6 A8 A12 A13 A24 A27 A29 | B1 B2 B4 | C6 C7 C8 |
| Hacer funcionar la máquina, controlar vigilar y evaluar su rendimiento y capacidad. | A2 A6 A8 A27 A29 | | |

| Contents | |
|-------------------------|---|
| Topic | Sub-topic |
| 1 CICLOS TERMODINAMICOS | 1.1 Ciclos de máximo rendimiento. 1.2 Ciclo de Rankine. 1.3 Características que mejoran el rendimiento. 1.4 Ciclo con recalentamiento. 1.5 Ciclo regenerativo. 1.6 Ciclo regenerativo con recalentamiento intermedio 1.7 Ciclos Binarios. 1.8 Ciclos para la producción de energía eléctrica y vapor. 1.9 Ciclos combinados. 1.10 Ciclo irreversible. 1.11 Balance térmico. 1.12 Balance exergético. 1.13 Ejercicios prácticos. |



| | |
|--|---|
| <p>2 DESGASIFICADOR</p> | <p>2.1 Procedimientos de desgasificación del agua.</p> <p>2.2 Descripción de los distintos desgasificadores.</p> |
| <p>3 EXTRACCIONES Y PRECALENTADORES DE AGUA.</p> | <p>3.1 Precalentadores de mezcla.</p> <p>3.2 Precalentadores de tubos de superficie.</p> <p>3.3 Extracción de gases.</p> <p>3.4 Extracción de condensados.</p> <p>3.5 Control de nivel de los precalentadores.</p> <p>3.6 Protección de la turbina en caso de disparo.</p> <p>3.6 Protección de la turbina contra una entrada de agua procedente de una extracción.</p> <p>3.7 Composición del ciclo de agua de alimentación.</p> <p>3.7.1 Concepción de los precalentadores.</p> <p>3.7.2 Circuito de agua en instalaciones de 50MW, 115MW, 250MW, 600MW.</p> <p>3.7.3 Tanque de compensación del circuito de agua.</p> <p>3.8 Evaporadores.</p> <p>3.8.1 Compensación de las pérdidas del circuito agua ?vapor. Tipo de evaporadores empleados.</p> <p>3.9 Calentadores intermedios.</p> <p>3.10 Circuito de agua de alimentación de las centrales nucleares.</p> <p>3.11 Características constructivas de los precalentadores.</p> <p>3.11.1 Intercambio de calor en los precalentadores tubulares.</p> <p>3.11.2 Disposición de los precalentadores.</p> <p>3.11.3 Material de los tubos.</p> <p>3.11.4 Tipos de ejecución.</p> <p>3.11.5 Aparatos de regulación y seguridad.</p> <p>3.12 Ejercicios prácticos</p> <p>3.13 Cálculo de los precalentadores</p> |
| <p>4 PÉRDIDAS EN LAS TURBINAS, SALTOS ENTÁLPICOS, RENDIMIENTOS Y POTENCIAS</p> | <p>4.1 Clasificación de las pérdidas.</p> <p>4.2 Pérdidas internas.</p> <p>4.3 Pérdidas externas.</p> <p>4.4 Saltos entálpicos rendimientos y potencias.</p> |



| | |
|--|---|
| <p>5 TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA EN EL ROTOR</p> | <p>5.1 Deducción de la ecuación de la energía en las Turbomáquinas. 5.2 Diversas formas de la ecuación de la energía. 5.3 Potencia en la periferia. 5.4 Potencia indicada. 5.5 Potencia efectiva. 5.6 Determinación de la potencia efectiva. Frenos y torsímetros. 5.7 Rendimiento en la periferia. 5.8 Ejercicios prácticos</p> |
| <p>6 CLASIFICACIÓN DE LAS TURBINAS</p> | <p>6.1 Turbinas de acción simples de presión y de velocidad. 6.2 Turbinas de acción simples de presión y múltiples de velocidad. 6.3 Turbinas de acción múltiple de presión y simple de velocidad. 6.4 Turbinas de acción múltiples de presión y múltiples de velocidad 6.5 Turbinas de reacción de simple y múltiple salto. 6.6 Turbinas de acción- reacción. 6.7 Cálculo del rendimiento, velocidad óptima y rendimiento máximo en el caso real. 6.8 Ejercicios prácticos</p> |



7 CONDENSACIÓN, VACIO Y REFRIGERACIÓN

- 7.1 Utilidad del condensador.
- 7.2 Influencia del vacío en el condensador.
- 7.3 Condensador de mezcla.
- 7.4 Condensador de superficie.
 - 7.4.1 Descripción y funcionamiento.
 - 7.4.2 Presión del condensador.
 - 7.4.3 Influencia del grado de vacío.
 - 7.4.4 Curvas de vacío de un condensador.
 - 7.4.5 Caudal de agua de circulación.
 - 7.4.6 Disposiciones constructivas.
 - 7.4.7 Cálculo del condensador.
- 7.5 Eyectores.
 - 7.5.1 Toberas de agua y vapor
 - 7.5.2 Funcionamiento de un eyector de vapor.
 - 7.5.3 Eyectores de dos etapas sin condensación intermedia.
 - 7.5.4 Eyectores de dos etapas con condensador intermedio.
 - 7.5.5 Eyector de arranque.
- 7.6 Bombas de vacío
 - 7.6.1 Descripción y funcionamiento de las bombas de vacío. Rendimiento.
 - 7.6.2 Descripción de una instalación de extracción de aire del condensador.
 - 7.6.3 Comparación económica entre eyectores y bombas de vacío.
- 7.7 Circuito de agua de refrigeración.
 - 7.7.1 Descripción Tomas de agua
 - 7.7.2 Sistemas filtrantes.
 - 7.7.3 Bombas de agua de circulación.
 - 7.7.4 Tratamiento del agua de circulación.
 - 7.7.5 Limpieza del condensador.
 - 7.7.6 Instalación de condensación de una instalación de gran potencia.
- 7.8 Circuitos de agua de circulación.
 - 7.8.1 Tipos de circuitos de agua de circulación.
 - 7.8.2 Torres de refrigeración.



| | |
|---|---|
| <p>8 ARQUITECTURA DE LAS TURBINAS DE VAPOR.</p> | <p>8.1.1 Rotores. 8.1.2 Estatores. 8.1.3 Paletas. 8.1.4 Directrices 8.1.5 Cojinetes. 8.1.6 Laberintos y empaquetaduras. 8.1.7 Equilibrado de empujes.</p> <p>8.2 Organos de corte y regulación del vapor de las turbinas. 8.2.1 Corte y regulación del vapor en la turbina de A.P. 8.2.1.1 Válvulas de parada. 8.2.1.2 Válvulas de control 8.2.1 Corte y regulación del vapor en la turbina de M.P. 8.2.1.1 Válvula de interceptación 8.2.1.2 Válvula moderadora. 8.3 Circuitos de aceite de la turbina. 8.3.1 Circuito de lubricación. <p style="text-align: right;">Maniobras en el circuito de lubricación.</p>8.3.1.1 Arranque. 8.3.1.2 Marcha normal. 8.3.1.3 Parada normal de la turbina. 8.3.1.4 Disparo accidental de la turbina.</p> <p>8.4 Regulación de velocidad y mecanismos de disparo de la turbina. Sistema hidráulico. 8.4.1 Regulador de velocidad. 8.4.2 Sobrevelocidad. 8.4.3 Falta de presión de aceite de lubricación 8.4.4 Perdida de vacío. Desgaste del cojinete de empuje</p> |
| <p>9 REGULACIÓN DE LA PORTENCIA EN LAS TURBINAS DE VAPOR.</p> | <p>9.1 Introducción. 9.2 Métodos de regulación de la potencia en las turbinas de vapor. 9.2.1 Regulación por estrangulamiento o regulación cualitativa. 9.2.2 Regulación por variación del grado de admisión. 9.2.3 Regulación mixta. 9.2.4 Regulación por By-pass de uno o varios escalonamientos. 9.3 Fines de la regulación. 9.3.1 La regulación para mantener el número de revoluciones constante. 9.3.2 La regulación para mantener una presión constante. 9.3.3 Esquemas de regulación.</p> |



| | |
|---|--|
| 10 ACOPLAMIENTO DE LAS TURBINAS AL APARATO RECEPTOR | 10.1 Introducción. 10.2 Reductores de velocidad. 10.2.1 Engranajes de simple y doble reducción 10.2.2 Lubricación de los engranajes. 10.3 Propulsión turboeléctrica. 10.4 Acoplamiento hidráulico. 10.5 Engranajes epicicloidales. 10.6 Averías en los engranajes y problemas de funcionamiento. |
| 11 PURGA DE VAPOR | 11.1 Principios fundamentales de los dispositivos de purga. 11.2 Concepción y realización de los circuitos de purga de vapor. 11.3 Principales tipos de purgadores. 11.4 Mantenimiento y control de los purgadores. |
| 12 CONDUCCIÓN DE INSTALACIONES | 12.1 Calentamiento. 12.2 Conducción durante la marcha. 12.3 Retirada del servicio. 12.4 Mantenimiento. |
| 13 TURBINAS DE GAS | 13.1 Introducción. 13.2 Ciclo abierto de Brayton. 13.3 Ciclo básico real de las turbinas de gas. 13.4 Ciclo de Brayton regenerativo ideal y real. 13.5 Ciclo de compresión isotérmica. 13.6 Ciclo de expansión isotérmica. 13.7 Ciclo de compresión y expansión isotérmica. 13.8 Ciclo de refrigeración intermedia. 13.9 Ciclo de recalentamiento intermedio. 13.10 Ciclos abiertos de T.G. 13.11 Ciclos combinados turbinas de gas turbinas de vapor. |
| 14 CICLOS CERRADOS DE TURBINAS DE GAS | 14.1 Introducción. 14.2 Principales ventajas. |
| 15 REFRIGERACIÓN DE LOS ALABES | 15.1 Alabes de la corona móvil. 15.2 Refrigeración de la turbina. 15.3 Refrigeración de los alabes de las turbina axiales. |



| | |
|---|---|
| <p>16 CAMARAS DE COMBUSTIÓN DE LAS TURBINAS DE GAS</p> | <p>16.1 Introducción 16.2 Aire utilizado en el proceso de combustión 16.3 Análisis del proceso de combustión 16.4 Cámaras de combustión tubulares 16.5 Cámaras de combustión anulares 16.6 Cámaras de combustión tubo-anulares 16.7 Turbinas de gas industriales 16.8 Estabilidad de la combustión 16.9 Inyectores 16.10 Sistemas de encendido 16.11 Dimensiones de las cámaras de combustión 16.12 Recuperadores.</p> |
| <p>17 PÉRDIDAS EN LAS CÁMARAS DE COMBUSTIÓN Y EN LOS ALABES</p> | <p>17.1 Pérdidas de carga en las cámaras de combustión 17.2 Rendimiento de una cámara de combustión 17.3 Pérdidas en los alabes de la turbina</p> |
| <p>18 TURBINAS DE GAS APLICACIONES</p> | <p>18.1 Sobrealimentación de Motores y calderas. 18.2 Ciclo combinado turbina de gas turbina de vapor 18.3 Generador de gas de pistones 18.4 Motores de propulsión por turbina de gas 18.5 Propulsión por reacción</p> |
| <p>19 CONTAMINACIÓN POR TURBINAS DE GAS</p> | <p>19.1 Formación de contaminantes 19.2 Impacto del dimensionamiento de las cámaras de combustión sobre la contaminación 19.3 Reducción de la contaminación 19.4 Diferentes tecnologías utilizadas para reducir la contaminación</p> |

| Planning | | | | |
|--------------------------------|--------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests | Competencies | Ordinary class hours | Student?s personal work hours | Total hours |
| Laboratory practice | | 15 | 7.5 | 22.5 |
| Guest lecture / keynote speech | | 40 | 60 | 100 |
| Personalized attention | | 2.5 | 0 | 2.5 |

(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

| Methodologies | |
|---------------|-------------|
| Methodologies | Description |



| | |
|-----------------------------------|--|
| Laboratory practice | Realizar satisfactoriamente todas las prácticas propuestas y resolver todos los ejercicios . |
| Guest lecture / keynote speech | Exposición de contenidos con presentaciones. Debates. resolución de dudas. Clases magistrales |

Personalized attention

| Methodologies | Description |
|---------------------|--|
| Laboratory practice | Los alumnos deberán efectuar todas las prácticas propuestas. Los alumnos deberán contactar con el profesor , con el fin de concretar los aspectos esenciales de la materia. |

Assessment

| Methodologies | Competencies | Description | Qualification |
|-----------------------------------|--------------|---|---------------|
| Laboratory practice | | Evaluación continua. Prueba escrita de resolución de problemas | 40 |
| Guest lecture / keynote speech | | Pueba escrita de conocimientos | 60 |
| Others | | | |

Assessment comments

| |
|--|
| |
|--|

Sources of information

| | |
|----------------------|---|
| Basic | BIBLIOGRAFÍA BÁSICA DE LA ASIGNATURA: Turbinas de Vapor y Gas. Lucien Vivier. Urmo, S.A. Turbinas de Vapor. Edwin F. Church. Alsina Turbomáquinas Térmicas. Claudio Mataix. Dossat, S.A. Turbomáquinas Térmicas. M. Muñoz Torralba, F. Payry Gonzalez. Termodinámica Técnica. Segura. Reverte. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Moran y Shafiro. Reverte. Turbinas de Vapor y Gas Cálculo y Construcción. M. Lucini. Dossat. Marine Engineering. Society of Naval Arch and Marine Engineering. Marine Stean and Turbines. S.C. Mcbirnie. Butterworths. Modern Power Station Practice. British Electricity Enternational. Pergamon. |
| Complementary | |

Recommendations

Subjects that it is recommended to have taken before

Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Subjects that continue the syllabus

Other comments

(*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.