



## Teaching Guide

| Identifying Data       |                              |        |           | 2023/24 |
|------------------------|------------------------------|--------|-----------|---------|
| Subject (*)            | Turbinas de Vapor e Gas      | Code   | 631111302 |         |
| Study programme        | Diplomado en Máquinas Navais |        |           |         |
| Descriptors            |                              |        |           |         |
| Cycle                  | Period                       | Year   | Type      | Credits |
| First and Second Cycle | Yearly                       | Third  | Trunk     | 7.5     |
| Language               | SpanishGalicianEnglish       |        |           |         |
| Teaching method        | Face-to-face                 |        |           |         |
| Prerequisites          |                              |        |           |         |
| Department             | Enxeñaría Naval e Industrial |        |           |         |
| Coordinador            |                              | E-mail |           |         |
| Lecturers              |                              | E-mail |           |         |
| Web                    |                              |        |           |         |
| General description    |                              |        |           |         |

## Study programme competences / results

| Code | Study programme competences / results  |
|------|--|
| A5   | Manter os sistemas de maquinaria naval, incluídos os sistemas de control, a nivel operacional.   |
| A6   | Operar alternadores, xeradores e sistemas de control, a nivel operacional.   |
| A7   | Operar a maquinaria principal e auxiliar e os sistemas de control correspondentes, a nivel operacional.  |
| A8   | Operar os sistemas de bombeo e de control correspondentes, a nivel operacional.  |
| A11  | Realizar unha garda de máquina segura, a nivel operacional.  |
| A15  | Vixiar o cumprimento das prescricións legislativas, a nivel operacional.   |
| A39  | Interpretar e representar correctamente o espazo tridimensional, coñecendo os obxectivos e emprego dos sistemas de representación gráfica.   |
| A44  | Realizar operacións de optimización enerxética das instalacións de a bordo utilizando convenientemente os equipos de medida, a nivel operacional.  |
| A47  | Optimizar as características mecánicas nas instalacións de abordo, utilizando convenientemente os equipos de medida, a nivel operacional, co fin de obter larga vida nas máquinas e suaves funcionamentos.   |
| A48  | Regular e controlar sistemas e procesos, a nivel operativo.  |
| A49  | Modelizar situacións e resolver problemas con técnicas ou ferramentas físico-matemáticas.  |
| A50  | Avaliación cualitativa e cuantitativa de datos e resultados, así coma representación e interpretación matemáticas de resultados obtidos experimentalmente.   |
| A51  | Redacción e interpretación de documentación técnica.   |
| A53  | Operar, reparar, manter, reformar, optimizar a nivel operacional 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 turbinas de gas. |
| A55  | Operar, reparar, substituír e optimizar a nivel operacional as instalacións auxiliares do buque, tales coma instalacións frigoríficas, sistemas de goberno, instalacións de aire acondicionado, plantas potabilizadoras, separadores de sentinas, grupos electrógenos, etc.  |
| A56  | Operar, reparar, manter e optimizar as instalacións auxiliares dos buques que transportan cargas especiais, tales coma quimiqueiros, LPG, LNG, petroleiros, cimenteiros, etc.  |
| A57  | Coñecer o balance enerxético xeral, que inclúe o balance termo-eléctrico do buque, o sistema de mantemento da carga, así coma a xestión eficiente da enerxía respectando o medio ambiente.   |
| A58  | Diagnose e supervisión de tódolos equipos que compoñen a planta propulsora dun buque utilizando as ferramentas adecuadas.  |
| B2   | Resolver problemas de forma efectiva.  |
| B3   | Aplicar un pensamento crítico, lóxico e creativo.  |
| B6   | Traballar de forma colaborativa.   |
| B9   | Capacidade para interpretar, seleccionar e valorar conceptos adquiridos en outras disciplinas do ámbito marítimo, mediante fundamentos físico-matemáticos.   |



|     |   |
|-----|---|
| B11 | Capacidade de adaptación a novas situacións.  |
| B14 | Capacidade de análise e síntese.  |
| B15 | Capacidade para acadar e aplicar coñecementos.  |
| B16 | Organizar, planificar e resolver problemas.   |
| C3  | Utilizar as ferramentas básicas das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC) necesarias para o exercicio da súa profesión e para a aprendizaxe ao longo da súa vida. |
| C6  | Valorar criticamente o coñecemento, a tecnoloxía e a información dispoñible para resolver os problemas cos que deben afrontarse.  |
| 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 / results   |                               |                      |
| Realizar balances enerxéticos de instalacións de turbomáquinas, e tomar decisións desde o punto de vista da optimización enerxética. | A44<br>A47<br>A50<br>A51<br>A53<br>A55<br>A56<br>A57<br>A58                         | B2<br>B3<br>B14<br>B15<br>B16 | C3<br>C6<br>C7<br>C8 |
| Coñecer e analizar os procesos termodinámicos que teñen lugar nas turbomáquinas térmicas.  | A44<br>A47<br>A50<br>A53<br>A55<br>A56<br>A57<br>A58                                | B2<br>B3<br>B14<br>B15<br>B16 | C3<br>C6<br>C8       |
| Operar, reparar e manter as turbomáquinas, e os equipos auxiliares das mesmas.   | A5<br>A6<br>A7<br>A8<br>A11<br>A15<br>A44<br>A47<br>A48<br>A53<br>A55<br>A56<br>A58 | B2<br>B3<br>B14<br>B15<br>B16 |                      |



|   |  |  |          |
|---|--|--|----------|
| Calcular os compoñestes que interveñen nas instalacións das turbomáquinas térmicas.                             | A15<br>A39<br>A49<br>A50<br>A51<br>A53<br>A55<br>A56           | B2<br>B3<br>B6<br>B9<br>B11<br>B14<br>B15<br>B16 | C3<br>C6 |
| Supervisar, interpretar e diagnosticar as variables que interveñen no funcionamento das turbomáquinas térmicas. | A5<br>A6<br>A7<br>A8<br>A11<br>A44<br>A48<br>A50<br>A51<br>A58 | B2<br>B3<br>B14<br>B16                           | C3       |

| Contents                           |   |
|------------------------------------|---|
| Topic                              | Sub-topic   |
| 1. LA TURBINA DE VAPOR             | La turbina de vapor: descripción y nomenclatura. Bosquejo histórico.  |
| 2. CICLOS DE LAS TURBINAS DE VAPOR | Ciclos de las turbinas de vapor: Ciclo de RANKINE; Ciclo de RANKINE con sobrecalentamiento; Ciclo de RANKINE con recalentamiento intermedio; Ciclo de RANKINE regenerativo; Ciclo de RANKINE regenerativo con recalentamiento intermedio del vapor; Ciclo de RANKINE regenerativo de extracción de agua; Ciclo de RANKINE de expansión incompleta; Ciclo de RANKINE sin expansión de vapor. Ciclos binarios. Rendimientos. Mejoras del rendimiento del ciclo de RANKINE. Ciclos combinados. Comparación económica.  |
| 3. ROTORES Y ESTADORES             | Rotores: descripción y clasificación. Cálculo de rotores. Esfuerzos a que están sometidos los ejes. Métodos de fijación de paletas y toberopaletas. Empuje axial. Vibraciones en ejes. Desequilibrios del rotor: sus causas. Velocidad crítica: su significado. Ejes rígidos y flexibles: aplicaciones. Equilibrado de rotores: equilibrado estático y dinámico. Forma de realizar el equilibrado de los rotores en la práctica. Estadores: descripción y clasificación. Cálculo de estadores. Diafragmas. Pernos. Obturadores. Cajas de laberintos. Cálculo de la fuga. Circuitos de cierres manuales y automáticos.   |
| 4. TOBERAS                         | Estudio de las toberas: generalidades. Clases de toberas. Flujo de vapor por una tobera. Ecuación de continuidad. Ecuación de flujo constante de vapor por una tobera. Velocidad teórica. Cálculo del área de la tobera en el caso de flujo adiabático y sin rozamiento. Estudio de las toberas en el caso real. Ecuación del flujo constante de vapor por una tobera. Velocidad real. Efectos del rozamiento en el flujo a través de una tobera. Coeficiente de velocidad. Rendimiento de las toberas. Perfil de toberas en función de la variación de la presión, volumen específico y entalpía. Proyecto de toberas. |



|   |  |
|---|--|
| 5. PALETAS  | <p>PALETAS MOTRICES: Paletas simétricas y asimétricas: función y forma. Su estudio en el caso real. Pérdidas en las paletas. Proyecto de paletas.</p> <p>TOBEROPALETAS: Toberopaletas: función y forma. Su estudio en el caso real. Proyecto de toberopaletas. Pérdidas en las toberopaletas.</p> <p>PALETAS DIRECTRICES: Directrices simétricas y asimétricas: función y forma. Su estudio en el caso real. Pérdidas en directrices. Proyecto de directrices.</p>   |
| 6. ESCALONAMIENTOS  | <p>Clasificación de las turbinas: Clasificación de las turbinas: Según su constitución; Según el número de etapas; Según la división del flujo; Según la dirección del flujo; Según la velocidad de rotación.</p> <p>Estudio termodinámico de los escalonamientos de acción: Estudio de un escalonamiento de acción: Simple de presión y simple de velocidad. Simple de presión y múltiple de velocidad. Múltiple de presión y simple de velocidad. Múltiple de presión y múltiple de velocidad. Cálculo del rendimiento en el caso ideal. Velocidad de rendimiento máximo.</p> <p>Estudio termodinámico de los escalonamientos de reacción: Estudio de un escalonamiento de reacción de simple y múltiples saltos. Cálculo del rendimiento en el caso ideal. Velocidad de rendimiento máximo.</p> <p>Estudio termodinámico de los escalonamientos de acción-reacción: Estudio de las turbinas mixtas de acción y reacción. Grado de reacción. Turbinas simples y múltiples de acción-reacción. Cálculo del rendimiento en el caso ideal. Velocidad de máximo rendimiento.</p> |
| 7. DINÁMICA DE LAS TURBINAS DE VAPOR  | <p>Turbinas de acción, de reacción y de acción-reacción. Fuerza que actúa sobre las paletas. Par motor. Par motor de arranque. Saltos de presión y de velocidad. Número de secciones. Rendimientos: Su cálculo en el caso real. Consideraciones económicas.</p>  |
| 8. POTENCIA Y RENDIMIENTO. ESTUDIO ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN DE TURBINAS | <p>Potencia efectiva en las turbinas. Medida de ésta. Consumo específico de vapor. Rendimientos. Estudio económico de una instalación de turbinas.</p>   |
| 9. VARIACIÓN DE POTENCIA EN LAS TURBINAS                                    | <p>Introducción. Métodos de reducción de potencia: Cuantitativa. (Mediante la variación del caudal de vapor); Cualitativa. (Mediante la variación de las características del vapor); Mixta; By-pass; Por presión deslizante. Estudio en el diagrama h-s según el sistema adoptado. Crítica comparativa.</p>  |
| 10. CONDENSADORES   | <p>Introducción. El fenómeno de la condensación. Eyectores y bombas de vacío. Accesorios. Condensadores de las turbinas: Características. Presión óptima. Tipos de condensadores. Eyectores: Su cálculo. Transmisión de calor en los condensadores. Cálculo de condensadores. Criterios de diseño de condensadores.</p>  |
| 11. ANTECEDENTE HISTÓRICO DE LAS TURBINAS DE GAS                            | <p>Evolución cronológica, definiciones general y estudio descriptivo.</p>  |
| 12. TEORÍA TERMODINÁMICA DE LAS TURBINAS DE GAS                             | <p>Estudio y trazado de los ciclos ideales, dinámico y entrópico, de las turbinas de gas. Determinación del trabajo y del rendimiento de los ciclos. El factor de potencia. El ciclo abierto, el ciclo cerrado y el ciclo parcialmente cerrado.</p>  |
| 13. LA REGENERACIÓN DEL CALOR   | <p>El calentamiento intermedio del fluido motor; conveniencia económica; modalidades.</p>  |
| 14. LA REFRIGERACIÓN INTERMEDIA EN LA COMPRESIÓN                            | <p>Ventajas e inconvenientes; la refrigeración óptima. El ciclo abierto con refrigeración intermedia y con regeneración de calor; cálculo del trabajo y del rendimiento. El ciclo cerrado con refrigeraciones intermedias y con regeneración de calor; cálculo del trabajo y del rendimiento. El ciclo parcialmente cerrado con refrigeraciones intermedias y regeneraciones de calor; cálculo del trabajo y del rendimiento.</p>  |
| 15. LA COMBUSTIÓN EN LAS TURBINAS DE GAS                                    | <p>Proceso químico de la combustión, cantidad de aire necesario a la combustión, el índice de exceso de aire. Combustibles utilizados en las turbinas de gas. Bombas de combustible y válvulas de inyección.</p>   |



|   |  |
|---|--|
| 16. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LAS TURBINAS DE GAS | Compresores. Cámaras de combustión. Turbinas. Intercambiadores de calor.   |
| 17. INSTALACIONES DE TURBINAS DE GAS              | Instalaciones con un eje; instalaciones con dos ejes, en serie y en paralelo. Instalaciones de turbinas de gas para la propulsión de buques. Combinación de turbinas de gas con motores de combustión interna alternativos y con turbinas de vapor.  |
| 18. CICLOS COMBINADOS                             | Introducción. Fundamentos termodinámicos de un ciclo combinado. Rendimiento de un ciclo combinado. Fundamentos económicos del ciclo combinado. Conducción de instalaciones de ciclo combinado.   |
| 19. CONDUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE TURBINAS   | Conducción de las instalaciones de turbinas. Puesta en funcionamiento de los aparatos necesarios para el funcionamiento de la turbina. Calentamiento y puesta a punto para salir a la mar. Conducción durante la navegación. Retirada del servicio de mar. Conducción durante la parada.   |
| 20. INSTALACIONES TERRESTRES DE TURBINAS          | Introducción. Centrales termoeléctricas de condensación. Centrales termoeléctricas de calorificación. Instalaciones de turbinas de contrapresión. Auxiliares de una instalación de turbinas terrestre. Conducción de una instalación de turbinas terrestre durante parada. Puesta en marcha de los elementos auxiliares. Puesta en marcha de la máquina principal: Calentamiento y rodaje según el tiempo de parada. Conducción durante el funcionamiento de la instalación. Retirada de servicio de la instalación. |

### Planning

| Methodologies / tests          | Competencies / Results | Teaching hours (in-person & virtual) | Student's personal work hours | Total hours |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Guest lecture / keynote speech |                        | 60                                   | 61.5                          | 121.5       |
| Problem solving                |                        | 15                                   | 30                            | 45          |
| Objective test                 |                        | 9                                    | 0                             | 9           |
| Personalized attention         |                        | 12                                   | 0                             | 12          |

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

### Methodologies

| Methodologies                  | Description  |
|--------------------------------|--|
| Guest lecture / keynote speech | Realizárase a explicación detallada dos contidos da materia e que se distribue en temas. o alumno contará con material bibliográfico de apoio do tema a tratar en cada sesión maxistral. fomentárase a participación do alumno na clase, a través de comentarios que traten de relacionar os contidos teóricos coa experiencia real. |
| Problem solving                | Proporáanse e resolveráanse unha serie de problemas referidos os contidos da materia tratada, e orientados o mais posible a casos reais.   |
| Objective test                 | Realizáranse probas parciais escritas, que constarán de cuestións teóricas e prácticas, que computarán o 50%. Os exames ordinarios e extraordinarios rexíranse polo mesmo formato.   |

### Personalized attention

| Methodologies   | Description   |
|---|---|
| Guest lecture / keynote speech<br>Problem solving<br>Objective test | Trátase de orientar o alumno nas cuestións relativas a materia impartida e que resulten de especial dificultade para a súa comprensión e aplicación a casos prácticos. Inclúense ademais as revisións de exames. As canles de comunicación, serán a través da facultade virtual e as tutorías individualizadas que se desenvolverán durante o horario sinalado para cada curso académico. |

### Assessment

| Methodologies | Competencies / Results | Description | Qualification |
|---------------|------------------------|-------------|---------------|
|---------------|------------------------|-------------|---------------|



|                                |  |  |    |
|--------------------------------|--|--|----|
| Guest lecture / keynote speech |  | Valorarase a asistencia participativa a clase, a través de preguntas ou observacións sobor da materia obxeto de explicación. | 5  |
| Problem solving                |  | Valorarase a participación na resolución de problemas, así como a exposición da resolución dos mesmos.                       | 5  |
| Objective test                 |  | Valorarase o grao de coñecemento adquirido sobor da materia, tanto da parte teórica coma dos coñecementos prácticos.         | 90 |
| Others                         |  |  |    |

### Assessment comments