

## 300209 - TER - Thermodynamics

Coordinating unit:	300 - EETAC - Castelldefels School of Telecommunications and Aerospace Engineering
Teaching unit:	748 - FIS - Department of Physics
Academic year:	2018
Degree:	BACHELOR'S DEGREE IN AEROSPACE SYSTEMS ENGINEERING (Syllabus 2015). (Teaching unit Compulsory) BACHELOR'S DEGREE IN AEROSPACE SYSTEMS ENGINEERINGS/BACHELOR'S DEGREE IN TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS ENGINEERING - NETWORK ENGINEERING (AGRUPACIÓ DE SIMULTANEÏTAT) (Syllabus 2015). (Teaching unit Compulsory) BACHELOR'S DEGREE IN AEROSPACE SYSTEMS ENGINEERING/BACHELOR'S DEGREE IN TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS ENGINEERING (Syllabus 2015). (Teaching unit Compulsory) BACHELOR'S DEGREE IN AEROSPACE SYSTEMS ENGINEERING/BACHELOR'S DEGREE IN NETWORK ENGINEERING (Syllabus 2015). (Teaching unit Compulsory)
ECTS credits:	6
Teaching languages:	Catalan, Spanish, English

### Teaching staff

Coordinator:	Definit a la infoweb de l'assignatura.
Others:	Definit a la infoweb de l'assignatura.

### Prior skills

- Operabilidad con los fundamentos de la trigonometría, el cálculo vectorial y el cálculo diferencial e integral.
- Familiaridad con los conceptos de magnitud física, unidades y conversión de unidades.
- Familiarity with the use of scientific notation in basic computations.
- Familiarity with the concepts of force, work, energy, pressure and temperature.
- Basic knowledge on matter structure.
- Operability with the principles of conservation of energy.

### Requirements

x

### Degree competences to which the subject contributes

Specific:

1. CE 16 AERO. Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los conceptos y las leyes que gobiernan los procesos de transferencia de energía, el movimiento de los fluidos, los mecanismos de transmisión de calor y el cambio de materia y su papel en el análisis de los principales sistemas de propulsión aeroespaciales. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)
2. CE 18 AERO. Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los fundamentos de la mecánica de fluidos; los principios básicos del control y la automatización del vuelo; las principales características y propiedades físicas y mecánicas de los materiales. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)
3. CE 19 AERO. Conocimiento aplicado de: la ciencia y tecnología de los materiales; mecánica y termodinámica; mecánica de fluidos; aerodinámica y mecánica del vuelo; sistemas de navegación y circulación aérea; tecnología aeroespacial; teoría de estructuras; transporte aéreo; economía y producción; proyectos; impacto ambiental. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)
4. CE 8 AERO. Comprender los ciclos termodinámicos generadores de potencia mecánica y empuje. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

Transversal:

5. THIRD LANGUAGE. Learning a third language, preferably English, to a degree of oral and written fluency that fits in with the future needs of the graduates of each course.

## 300209 - TER - Thermodynamics

### Teaching methodology

x

### Learning objectives of the subject

x

### Study load

Total learning time: 150h	Hours large group:	42h	28.00%
	Guided activities:	24h	16.00%
	Self study:	84h	56.00%

## 300209 - TER - Thermodynamics

### Content

<p>(ENG) Conceptes bàsics de Termodinàmica</p>	<p>Learning time: 12h Theory classes: 3h 30m Guided activities: 1h 30m Self study : 7h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Presentació i conceptes previs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Sistemes termodinàmics: sistemes tancats i oberts.</li> <li>· Variables termodinàmiques.</li> <li>· Estat i Equilibri: Postulat d'Estat.</li> <li>· Processos i Cicles.</li> <li>· Concepte intuïtiu de calor.</li> <li>· Principi zero de la Termodinàmica.</li> <li>· Temperatura i termòmetres: Escala absoluta de Temperatura.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>· Avaluació:</li> <li>o AV2: Control de Teoria.</li> <li>o AV3: Control de Problemes.</li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Energia</p>	<p>Learning time: 12h Theory classes: 3h 30m Guided activities: 1h 30m Self study : 7h</p>
<p>Description:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Treball mecànic en sistemes termodinàmics             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Treball de frontera mòbil.</li> <li>o Treball de fletxa.</li> <li>o Treball elèctric.</li> </ul> </li> <li>· Calor             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Antecedents històrics.</li> <li>o Equivalent mecànic de la calor: Experiment de Joule.</li> </ul> </li> <li>· Formes microscòpiques d'energia: Energia interna.</li> <li>· Eficiència de conversió d'energia             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Processos de combustió.</li> </ul> </li> </ul> <p>Related activities:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Activitats dirigides:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> </ul> </li> <li>· Avaluació:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV2: Control de Teoria.</li> <li>o AV3: Control de Problemes.</li> </ul> </li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Propietats de les substàncies pures</p>	<p>Learning time: 12h Theory classes: 3h 30m Guided activities: 1h 30m Self study : 7h</p>
<p>Description:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Estats de la matèria i canvis de fase.</li> <li>· Campana d'Amdreus i fracció de vapor en mesclures saturades.</li> <li>· Utilització de taules de propietats termodinàmiques.</li> <li>· Superfície d'Estat             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Substàncies que es dilaten en fondre.</li> <li>o Substàncies que es contrauen en fondre: el cas de l'aigua.</li> </ul> </li> <li>· Gasos ideals             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Hipòtesis del gas ideal.</li> <li>o Equacions d'estat del gas ideal.</li> <li>o Processos isoterms i politròpics en gasos ideals.</li> </ul> </li> <li>· Gasos reals             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Factor de compressibilitat.</li> <li>o Altres equacions d'estat.</li> </ul> </li> <li>· Variació de la pressió a l'atmosfera             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aproximació isoterma.</li> <li>o L'atmosfera estàndard internacional.</li> </ul> </li> </ul> <p>Related activities:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Activitats dirigides:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> </ul> </li> <li>· Avaluació:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV2: Control de Teoria.</li> <li>o AV3: Control de Problemes.</li> </ul> </li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Primer principi de la Termodinàmica en sistemes tancats</p>	<p>Learning time: 15h Theory classes: 5h Guided activities: 3h Self study : 7h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Conservació de l'energia en processos adiabàtics.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Conservació de l'energia en processos no adiabàtics: Primer principi de la Termodinàmica.</li> <li>· Definició general de calor específica.</li> <li>· Expansió d'un gas contra el buit</li> <li>o Energia interna i entalpia d'un gas ideal en funció de la temperatura.</li> <li>o Calors específics d'un gas ideal.</li> <li>· Energia interna, entalpia i calors específiques de líquids i sòlids.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>o AV6: Pràctica de demostració: Equivalent elèctric/mecànic de la calor.</li> </ul> <p>· Avaluació:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV2: Control de Teoria.</li> <li>o AV3: Control de Problemes.</li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Teoria cinètica dels gasos</p>	<p>Learning time: 0h 30m Theory classes: 0h Guided activities: 0h Self study : 0h 30m</p>
<p>Description:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Hipòtesis del gas ideal.</li> <li>· Col·lisions de les molècules d'un gas amb les parets del recipient: pressió.</li> <li>· Equació d'estat del gas ideal en funció de l'energia cinètica mitja: Temperatura.</li> <li>· Teorema d'equipartició de l'energia             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Calors específiques dels gasos.</li> <li>o Calors específiques dels sòlids: Llei de Dulong i Petit.</li> </ul> </li> <li>· Distribució de velocitats moleculars en un gas ideal:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Recorregut lliure mig i freqüència de col·lisions.</li> <li>o Composició de les atmosferes planetàries.</li> </ul> </li> </ul> <p>Related activities:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Activitats dirigides:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>o AV7: Pràctica de demostració: Comprovació de l'equació d'estat del gas ideal.</li> </ul> </li> <li>· Avaluació:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV2: Control de Teoria.</li> <li>o AV3: Control de Problemes.</li> </ul> </li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Primer principi de la Termodinàmica en sistemes oberts</p>	<p>Learning time: 20h Theory classes: 5h Guided activities: 5h Self study : 10h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Flux màssic i volumètric.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Flux estacionari i no estacionari.</li> <li>· Conservació de la massa en sistemes oberts.</li> <li>· Treball de flux i energia total del flux d'un fluid.</li> <li>· Conservació de l'energia en sistemes oberts: Primer principi de la Termodinàmica.</li> <li>· Dispositius d'interès en enginyeria             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Toveres i difusors.</li> <li>o Turbines i compressors.</li> <li>o Vàlvules d'estrenyiment.</li> <li>o Intercanviadors de calor.</li> <li>o Cambres de mescla.</li> <li>o Flux en canonades.</li> </ul> </li> <li>· Flux no estacionari: cas particular del flux permanent.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>· Avaluació:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV2: Control de Teoria.</li> <li>o AV3: Control de Problemes.</li> </ul> </li> </ul>	



## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Segon principi de la Termodinàmica</p>	<p>Learning time: 13h Theory classes: 5h Guided activities: 1h Self study : 7h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Processos espontanis en la vida quotidiana.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Fonts d'energia tèrmica.</li> <li>· Màquines tèrmiques             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Rendiment.</li> <li>o Enunciat de Kelvin-Planck de la segona llei de la Termodinàmica.</li> </ul> </li> <li>· Màquines frigorífiques             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Eficiència com a màquina frigorífica i com a bomba de calor.</li> </ul> </li> <li>o Enunciat de Clausius de la segona llei.</li> <li>· Equivalència entre els dos enunciats de la segona llei.</li> <li>· Processos reversibles i irreversibles.</li> <li>· Teoremes de Carnot.</li> <li>· Escala Termodinàmica de la Temperatura.</li> <li>· El cicle de Carnot.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>o AV8: Pràctica de demostració: El motor d'Stirling.</li> </ul> <p>· Avaluació:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV4: Control de Teoria.</li> <li>o AV5: Control de Problemes.</li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Entropia</p>	<p>Learning time: 17h Theory classes: 5h Guided activities: 2h Self study : 10h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Desigualtat de Clausius.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Definició matemàtica d'Entropia.</li> <li>· Entropia dels sistemes tancats: Principi de l'increment d'entropia de l'Univers.</li> <li>· Generació d'entropia.</li> <li>· Entropia de les substàncies pures.</li> <li>· Processos isentròpics en substàncies pures             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Sòlids i líquids.</li> <li>o Gasos ideals</li> </ul> </li> <li>¿ Tractament aproximat amb calors específiques constants.</li> <li>¿ Tractament exacte emprant taules.</li> <li>· Significat físic de l'entropia: Entropia i desordre.</li> <li>· Entropia i informació.</li> <li>· Diagrames T-S i H-S.</li> <li>· Eficiència isentròpica             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Definició.</li> <li>o Eficiència isentròpica de dispositius de flux estacionari: turbines, compressors i toveres.</li> <li>o Cas especial: difusors.</li> </ul> </li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>· Avaluació:</li> <li>o AV4: Control de Teoria.</li> <li>o AV5: Control de Problemes.</li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Cicles de potència de gas</p>	<p>Learning time: 35h Theory classes: 9h 30m Guided activities: 6h 30m Self study : 19h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Limitacions del cicle de Carnot per aplicacions en enginyeria.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Hipòtesi de l'aire estàndard.</li> <li>· Motors alternatius             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Cicle Otto.</li> <li>o Cicle Diesel.</li> <li>o Aspectes tecnològics.</li> </ul> </li> <li>· Turbines de gas basades en terra             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Cicle de Brayton per generació d'energia.</li> <li>o Modificacions: interrefredament i regeneració.</li> </ul> </li> <li>· Cicle de turbopropulsió             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Equacions bàsiques i rendiment de propulsió.</li> <li>o Turboreactors.</li> <li>o Turboventiladors.</li> <li>o Turbopropulsors.</li> <li>o Aspectes tecnològics.</li> </ul> </li> <li>· Motors per a vol supersònic: Ramjet.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>· Avaluació:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV4: Control de Teoria.</li> <li>o AV5: Control de Problemes.</li> </ul> </li> </ul>	
<p>(ENG) Cicles de producció d'energia i de refrigeració</p>	<p>Learning time: 2h Theory classes: 0h Self study : 2h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Cicle de Carnot amb canvi de fase.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Cicle de Rankine.</li> <li>· Cicle de Carnot invers amb canvi de fase.</li> <li>· Cicle de refrigeració per compressió de vapor.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) No.</p>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Transmissió de calor</p>	<p>Learning time: 2h Theory classes: 0h Guided activities: 0h Self study : 2h</p>
<p>Description:</p> <p>(ENG) · Nombres adimensionals.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Transmissió de calor en sòlids, líquids i gasos.</li> <li>· Conducció <ul style="list-style-type: none"> <li>o Llei de Fourier</li> <li>¿ Conductivitat tèrmica.</li> <li>¿ Règim transitori i estacionari.</li> <li>o Solucions estacionàries en geometries simples.</li> </ul> </li> <li>· Convecció <ul style="list-style-type: none"> <li>o Convecció forçada</li> <li>¿ Coeficient de convecció.</li> <li>¿ Sistemes de calefacció per convecció.</li> <li>¿ Sistemes de refrigeració per convecció: refrigeració d'equips electrònics.</li> <li>o Convecció lliure: convecció a l'atmosfera.</li> <li>o Convecció amb canvi de fase.</li> </ul> </li> <li>· Radiació <ul style="list-style-type: none"> <li>o L'espectre electromagnètic.</li> <li>o Radiació del cos negre: Lleis de Planck, Wien i Stefan-Boltzmann.</li> <li>o Radiació emesa pel Sol.</li> <li>o Cossos grisos: Emissivitat.</li> <li>o Efecte hivernacle.</li> </ul> </li> <li>· Llei de Newton del refredament.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>· Avaluació: <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV4: Control de Teoria.</li> <li>o AV5: Control de Problemes.</li> </ul> </li> </ul>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Reaccions químiques i transformacions en materials</p>	<p>Learning time: 0h 30m Theory classes: 0h Guided activities: 0h Self study : 0h 30m</p>
<p>Description: (ENG) · Combustió ideal i real.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Entalpia de formació i entalpia de combustió.</li> <li>· Primer principi de la Termodinàmica en sistemes reactius.</li> <li>· Temperatura de flama adiabàtica.</li> <li>· Segona llei de la Termodinàmica en sistemes reactius: Energies lliures de Gibbs i Helmholtz.</li> <li>· Processat de materials a volum i pressió constant.</li> </ul> <p>Related activities: (ENG) · Activitats dirigides:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o AV1: Resolució de problemes fora de l'aula per part de l'alumne.</li> <li>o AV1: Exposició dels problemes a l'aula per part dels alumnes. Discussió col·lectiva sobre els mètodes emprats i els resultats obtinguts.</li> <li>· Avaluació:</li> <li>o AV4: Control de Teoria.</li> <li>o AV5: Control de Problemes.</li> </ul>	
<p>(ENG) Mescles de gas-vapor i condicionament d'aire</p>	<p>Learning time: 1h Theory classes: 0h Self study : 1h</p>
<p>Description: (ENG) · Mescles de gasos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Aire sec i atmosfèric.</li> <li>· Humitat absoluta i relativa de l'aire.</li> <li>· Temperatura del punt de rosada.</li> <li>· Temperatura de saturació adiabàtica i de bulb humit.</li> <li>· La carta psicomètrica.</li> <li>· Condicionament d'aire.</li> </ul> <p>Related activities: (ENG) No.</p>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

<p>(ENG) Termodinàmica del flux d'alta velocitat</p>	<p>Learning time: 8h Theory classes: 2h Guided activities: 2h Self study : 4h</p>
<p>Description:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(ENG) · Processos d'estancament</li> <li>o Punt d'estagnació.</li> <li>o Temperatura dinàmica i total d'un fluid.</li> <li>· Velocitat del so i nombre de Mach.</li> <li>· Flux isentròpic unidimensional</li> <li>o Variació de la velocitat amb l'àrea del conducte.</li> <li>o Relacions de propietats pel flux isentròpic de gasos ideals.</li> <li>· Flux isentròpic en una tovera</li> <li>o Toveres convergents.</li> <li>o Toveres convergents-divergents.</li> <li>· Ones de xoc normals.</li> </ul> <p>Related activities:</p> <p>(ENG) No.</p>	

## 300209 - TER - Thermodynamics

### Planning of activities

(ENG) RESOLUCIÓ DE PROBLEMES FORA DE L'AULA PER PART DE L'ALUMNE. EXPOSICIÓ DELS PROBLEMES A L'AULA PER PART DELS ALUMNES. DISCUSSIÓ COL·LECTIVA SOBRE ELS MÈTODES EMPRATS I ELS RESULTATS OBTINGUTS	Hours: 60h Guided activities: 20h Self study: 40h
(ENG) CONTROL DE TEORIA	Hours: 1h Theory classes: 1h
(ENG) CONTROL DE PROBLEMES	Hours: 1h Theory classes: 1h
(ENG) CONTROL DE TEORIA	Hours: 1h Theory classes: 1h
(ENG) CONTROL DE PROBLEMES	Hours: 1h Theory classes: 1h
(ENG) PRÀCTICA: EQUIVALENT ELÈCTRIC/MECÀNIC DE LA CALOR	Hours: 1h 30m Theory classes: 1h 30m
(ENG) PRÀCTICA: COMPROVACIÓ DE L'EQUACIÓ D'ESTAT DEL GAS	Hours: 1h 30m Theory classes: 1h 30m
(ENG) PRÀCTICA: EL MOTOR D'STIRLING	Hours: 1h 30m Theory classes: 1h 30m

### Qualification system

x

## 300209 - TER - Thermodynamics

### Regulations for carrying out activities

x

### Bibliography

#### Basic:

Çengel, Yunus A. Heat and mass transfer : a practical approach. 3rd ed. Boston, Mass. [etc.]: McGraw-Hill, 2007. ISBN 0073129305.

Kerrebrock, Jack L. Aircraft engines and gas turbines. 2nd ed. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1992. ISBN 0262111624.

Çengel, Yunus A.; Boles, Michael A. Thermodynamics : an engineering approach. 6th ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, 2007. ISBN 9780071257718.

Çengel, Yunus A.; Boles, Michael A. Termodinámica. 5a ed. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana, 2006. ISBN 9789701056116.

#### Complementary:

Kreith, Frank; Bohn, Mark S. Principios de transferencia de calor. 6a ed. Madrid: International Thomson, 2002. ISBN 8497320611.

Holman, J. P. Transferencia de calor. Madrid [etc.]: McGraw-Hill, 1998. ISBN 844812040X.

Zemansky, Mark Waldo; Dittman, Richard H.; Masarnau Brasó, Juan. Calor y termodinámica. 6a ed. Madrid [etc.]: McGraw-Hill : La Colina, 1984. ISBN 8485240855.

García Pérez, Alberto. Diseño de motores de aviación comercial. Madrid: Centro de Documentación y Publicaciones de Aena, 2008. ISBN 9788492499090.

Saravanamuttoo, H. I. H.; Rogers, G. F. C.; Cohen, H. Gas turbine theory. 5th ed. Harlow, England ; New York: Prentice Hall, 2001. ISBN 013015847X.

#### Others resources: