Guia docent
220305 - 220305 - Combustió i Propulsió de Coets

Última modificació: 18/05/2026

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa
Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Català

PROFESSORAT

Professorat responsable: Bermejo Plana, David

Altres: Bermejo Plana, David
Borràs Quintanal, Borja Pedro
Ventosa Molina, Jordi

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
CE18. MUEA/MASE: Capacitat per dissenyar, executar i analitzar els Assaigs de sistemes propulsius, i per dur a terme el procés complet de certificació dels mateixos.
CE12. MUEA/MASE: Coneixement adequat de Mecànica de Fluids Avançada, amb especial incidència en les tècniques experimentals i numèriques utilitzades en la mecànica de fluids.
CE13. MUEA/MASE: Comprensió i domini dels fenòmens associats a la combustió i a la Transferència de Calor i Massa.

Bàsiques:
CB06. Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
CB08. Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
CB10. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

METODOLOGIES DOCENTS

La docència de l'assignatura s'organitza en tres blocs metodològics:
• Sessions presencials a l'aula amb classes de teoria (lliçons magistrals) i d'aplicació (exemples i problemes).
En les sessions presencials a l'aula, el professorat a càrrec exposarà els continguts del curs, introduint les bases teòriques de la matèria, conceptes, mètodes i procediments de resolució i resultats, il·lustrant-los mitjançant exemples convenients, material visual i proposant als alumnes, quan es consideri, exercicis i problemes a resoldre.
Complementàriament, el professorat proposarà regularment activitats de comprensió i consolidació dels conceptes treballats a l'aula.
• Sessions presencials pràctiques, que poden incloure lliçons específiques d'ús de programari informàtic de combustió en equilibri químic i actuació de motors coets, conferències i xerrades, seminaris, pràctiques de laboratori i/o taller, presentació de treballs/projectes i visites a empreses.
En les sessions pràctiques amb programari informàtic, el professorat a càrrec guiarà a l'estudiant en l'anàlisi i resolució de processos de combustió en coets tèrmics químics i les seves prestacions operatives mitjançant programari específic. Està previst que aquestes sessions es realitzin a les aules informàtiques de l'escola. La metodologia i les eines de càlcul hauran de ser utilitzats per l'alumne en la resolució de problemes de combustió i coets proposats pel professorat.
Les conferències, xerrades, seminaris, pràctiques de laboratori/taller, presentació de treballs i visites a empreses s'anunciaran convenientment a través d'ATENEA.
• Treball autònom d'estudi i en grup a través de la realització de diferents activitats.
En el treball en grup, els estudiants hauran de col·laborar conjuntament en petits grups en un objectiu comú. Durant l'activitat, els estudiants creen el coneixement a partir de la interacció entre companys, en lloc de la transferència clàssica professor alumne, els estudiants són responsables tant de l'aprenentatge dels seus companys com del seu propi i el ol del professorat és de facilitador, és a dir, desenvolupa l'estructura, facilita el context i proveeix de l'espai d'aprenentatge. S'espera que els estudiants interactuïn, discuteixin, contraposin punts de vista i resolguin el problema conjuntament.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Els objectius bàsics que tracta aquesta assignatura són els següents:
Coneixements, per part de l'alumnat, dels fonaments teòrics i metodologia de càlcul dels processos de combustió en els coets tèrmics químics, així com dels principis operatius i la balística interna dels diferents tipus de motor coet tèrmic químic.
Coneixement, per part de l'alumnat, les fonaments teòrics i les limitacions de la propulsió dels coets tèrmics químics.
Coneixement, per part de l'alumnat, dels elements i sistemes característics que integren els propulsors coet: cambra de combustió, tovera, sistema d'emmagatzematge i d'alimentació (injectors, bombes, dipòsits, ...), compatibilitat química, tèrmica i mecànica dels materials.
Coneixement, per part de l'alumnat, els procediments estàndard de disseny de toveres.
Coneixement, per part de l'alumnat, dels fonaments que permetin analitzar, seleccionar i jutjar el sistema propulsiu i els elements que el composen, segons els requeriments de la missió.
Desenvolupament, per part de l'alumnat, dels coneixements i habilitats bàsics necessaris per fer avantprojectes de coets tèrmics químics de propergols sòlids, líquids i híbrids.
Coneixement, per par de l'alumnat, de les tècniques d'assaig experimental de sistemes propulsius.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00
Hores grup petit	15,0	12.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Mòdul 1: Especificitat i aplicacions dels diferents tipus de propulsors coets

Descripció:
Paràmetres de rendiment, tipus de missions, tipus de motor coet i avaluació dels motor coet.

Dedicació: 4h 10m
Grup gran/Teoria: 1h
Grup petit/Laboratori: 0h 30m
Aprenentatge autònom: 2h 40m

Mòdul 2: Combustió aplicada a coets

Descripció:
Conceptes bàsics de combustió, tipus de propergols, model físic del motor coet tèrmic químic ideal, estequiometria, termoquímica, exemples de càlcul.

Dedicació: 33h 20m
Grup gran/Teoria: 8h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 21h 20m

Mòdul 3: Coets a propergols sòlids

Descripció:
Elements i disposició dels coets de combustible sòlid, sistema d'ignició, la càrrega de combustible (composició i formulació del gra, disseny i geometria del gra, balística interna, combustió i llei d'empenta), inestabilitats en la combustió i operació, disseny de motors coet.

Dedicació: 25h
Grup gran/Teoria: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 16h

Mòdul 4: Coets a propergols líquids

Descripció:
Analitzar els propergols usats en diferents missions al llarg de la història dels coets.

Dedicació: 25h
Grup gran/Teoria: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 16h

Mòdul 5: Qualitats d'actuació tècnica de coets

Descripció:
Velocitat d'ejecció dels gasos en coets, empenta i relació d'expansió, velocitat característica, coeficient d'empenta, qualitat d'actuació del propulsor coet, impuls total, impuls específic, velocitat d'ejecció efectiva, eficiència del motor coet, control de l'empenta.

Dedicació: 12h 30m
Grup gran/Teoria: 3h
Grup petit/Laboratori: 1h 30m
Aprenentatge autònom: 8h

Mòdul 6: Disseny de toveres

Descripció:
Tipus de toveres, mètodes de càlcul pel disseny de toveres, toveres de motor de combustible líquid

Dedicació: 25h
Grup gran/Teoria: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 16h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

El sistema de qualificació de l'assignatura s'estructura en quatre blocs:
1) Examen del primer parcial (P1): temes 1, 2 i 3, que es desenvolupen durant la primera meitat del curs. Pes 35%.
2) Examen del segon parcial (P2): temes 4, 5 i 6, que es desenvolupen durant la segon meitat del curs. Pes 35%.
3) Treball en grup (T). Pes 20%.
4) Conceptualització i resolució de reptes (R). Pes 10%

Per als alumnes que no aprovin l'examen del primer parcial (activitat 5), es preveu realitzar un examen de reconducció que es realitzarà el dia de l'examen del segon parcial (activitat 6).
Normes de l'examen de reconducció:
• Només poden presentar-se els alumnes que hagin suspès l'examen del primer parcial (P1 < 5.0).
• La nota màxima està limitada a 6.0 sobre 10.0.
• La nota final corresponent a l'examen del primer parcial (P1) serà la més alta que obtingui l'alumne entre els dos exàmens (examen ordinari i examen reconducció)

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Sutton, G. P.; Biblarz, Oscar; Morehart, James H. Rocket propulsion elements. Tenth edition. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2026. ISBN 9781394187201.
- Kuo, K. K. Principles of combustion. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 0471046892.
- Malcom W. Chase, Jr. NIST-JANAF thermochemical tables. 4th ed. Washington: American Chemical Society and American Institute of Physics, 1998. ISBN 1563968312.
- Huzel, D. K.; Huang, D. H. Modern engineering for design of liquid-propellant rocket engines. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1992. ISBN 1563470136.
- Brown, Charles D. Spacecraft propulsion. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1995. ISBN 1563471280.
- Huzel, D. K.; Huang, D. H. Design of liquid-propellant rocket engines [en línia]. 2nd ed. Washington: National Aeronautics and Space Administration, 1971 [Consulta: 12/04/2022]. Disponible a: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19710019929/downloads/19710019929.pdf.

Complementària:
- Mattingly, Jack D. Elements of propulsion: gas turbines and rockets [en línia]. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2006 [Consulta: 05/05/2022]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=3111475. ISBN 1563477793.
- Turchi, Peter J. Propulsion techniques: action and reaction. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998. ISBN 1563471159.
- Oates, Gordon C. Aerothermodynamics of gas turbine and rocket propulsion. 3rd ed. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1997. ISBN 1563472414.

RECURSOS

Altres recursos:
Material elaborat i/o recopilat pel professor penjat al campus virtual ATENEA