



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

TÍTOL: **OBJECTIUS DE DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE. UNA
MIRADA DES DE L'ENGINYERIA MECÀNICA**

Subtítol: **El projecte ECOMEC. Posar en valor els ensenyaments en Enginyeria
Mecànica per assolir els Objectius de Desenvolupament Sostenible**

AUTORIA:

Català Calderón, Pau ^a
Jordi Nebot, Lluïsa ^b
Veciana Fontanet, Joaquim Maria ^b
Pàmies-Vilà, Rosa ^b
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Departament d'Enginyeria Mecànica
Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, EPSEM ^a
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, ETSEIB ^b

1. RESUM:

En aquesta comunicació es presenta el projecte de divulgació científica ECOMEC i el material audiovisual de suport educatiu, en català, que s'ha generat. Els nostres objectius són: reflexionar, amb el col·lectiu docent i l'alumnat, sobre els continguts i competències de l'àmbit de l'Enginyeria Mecànica; relacionar-los amb aspectes ambientals i de sostenibilitat; i posar èmfasi en la seva relació amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS).

2. ABSTRACT:

This communication explains the divulgation research project ECOMEC and the supporting educational material in Catalan language that have been generated. Our objectives are: to debate with educators and learners on the content and skills of the Mechanical Engineering fields; how they are related with environmental and sustainability issues; and emphasizing their relation with the Sustainable Developments Goals (SDG).



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

3. PARAULES CLAU:

ODS, Enginyeria Mecànica, Energia, Màquines i mecanismes, Sostenibilitat

4. KEYWORDS:

SDG, Mechanical Engineering, Energy, Machines and Mechanisms, Sustainability

5. DESENVOLUPAMENT:

1. INTRODUCCIÓ

Els 17 objectius de desenvolupament sostenible (ODS) van ser definits el 2015 pels líders mundials dels països desenvolupats del món. Cada objectiu defineix unes fites específiques a assolir el 2030 per donar respostes als grans reptes que afronta la humanitat (Nacions Unides, 2015). Els ODS fan referència a aspectes ambientals, socials i econòmics i estan molt relacionats entre si: per avançar en un, cal avançar també en els altres, com posa de manifest la definició de les 5 esferes o 5P de l'Agenda 2030 (Diputació de Barcelona, 2015).

En l'àmbit educatiu, ja sigui a nivell preuniversitari o universitari, s'estan realitzant accions promogudes des de les altes institucions polítiques per tal que s'inclouin els ODS dins dels currículums dels estudis pertinents. En són exemples, el Decret 171/2022, de 20 de setembre de 2022, d'ordenació dels ensenyaments de batxillerat, que regula el nou currículum que ha d'entrar en vigor (Departament d'Educació, 2022) o el marc de referència definit per la Universitat Politècnica de Catalunya vers els ODS (UPC, 2023a).

En l'àmbit de la recerca, els ODS són un tema d'important rellevància, essent habitual que els investigadors hagin de marcar sobre quins ODS en concret contribueix la recerca que publiquen. També, múltiples treballs científics actuals posen en el centre de la recerca els ODS, i hi aporten reflexions des de diferents prismes. Romero et al. (2020) presenten un estudi sobre com les escoles d'enginyeria a nivell universitari estan implementant l'Agenda 2030, conscients que els enginyers i enginyeres juguen un paper central per assolir la majoria dels ODS. Beagon et al. (2022) reflexionen sobre les competències a prioritzar per preparar l'alumnat d'enginyeria a afrontar els reptes previstos en els ODS. El juny del 2023, la Federació Internacional per a la Promoció de la Ciència de les Màquines i Mecanismes (IFTToMM acrònim en anglès) ha organitzat un congrés mundial monotemàtic per reflexionar sobre com els investigadors d'aquest àmbit, propi de l'Enginyeria Mecànica (EM), poden fer contribucions per a l'assoliment dels ODS (Petuya et al., 2023).

L'objectiu d'aquesta comunicació és fer palesa la relació que hi ha entre continguts centrals propis de l'EM i els ODS, i posar en valor el concepte d'energia vist a EM. Per això, s'explica el projecte de divulgació científica ECOMEC, que com a resultat ha generat contingut audiovisual en català: un seguit de vídeos i uns manuals tipus "Fes-t'ho tu mateix!". La comunicació pretén facilitar als educadors l'adaptació de les seves



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

assignatures a l'exigència, per part de les institucions polítiques, de relacionar sabers, continguts, competències i resultats d'aprenentatge amb els ODS, mitjançant l'ús de demostradors en assignatures de caire tecnològic. El material generat està pensat com a suport educatiu per al professorat de secundària, batxillerat o cicles formatius, i poden ser utilitzats també per professorat universitari.

2. EL PROJECTE ECOMEC

El projecte ECOMEC ha estat concedit, per part de la Fundació Catalana per a la Recerca i Innovació (FCRI), al grup de recerca Centre de Disseny d'Equips Industrials – Dinàmica de Màquines (CDEI-DM) de la UPC. El seu objectiu és divulgar la recerca del grup relacionada amb l'estalvi i la sostenibilitat energètica de processos industrials. El projecte també pretén trencar amb l'estigma que l'EM és una ciència antiga, amb poc recorregut per fer-hi recerca.

L'energia és un tema central per a la consecució dels ODS, essent un recurs fonamental per al desenvolupament humà, però a l'hora una font important d'emissions de gasos contaminats. Així, el concepte d'energia es troba present en:

- L'ODS 7 que busca assegurar l'accés a energia assequible, fiable, sostenible i moderna per a tots.
- L'ODS 9 que busca la construcció d'infraestructures resilents, promoure la industrialització sostenible i fomentar la innovació.
- L'ODS 12 que busca fomentar patrons de consum i producció sostenibles, reduir el rebuig i la contaminació i promoure la eficiència en l'ús dels recursos.
- L'ODS 13 que busca combatre el canvi climàtic i els seus efectes negatius.

La Mecànica es defineix habitualment com la branca de la ciència que estudia l'equilibri i el moviment dels sistemes físics sota l'acció de forces (Institut d'Estudis Catalans, 2023). Aquesta definició afavoreix que l'alumnat que s'inicia identifiqui la Mecànica principalment amb els teoremes vectorials, fonamentats en les tres lleis de Newton, i de forma més llunyana amb conceptes propis d'EM relacionats amb l'energia.

Amb el projecte ECOMEC, es proposa introduir els ODS en assignatures de l'àmbit de l'EM, en el moment del curs en què es tracten els aspectes relacionats amb l'energia com: l'energia cinètica, l'energia potencial, l'energia mecànica, el treball, la potència, el principi de la conservació de l'energia o el teorema de l'energia. A més a més, l'explicació de fenòmens mecànics com les forces de fricció, per mitjà del teorema de l'energia i l'experimentació, és exposada per Bonano et al. (2016) com a beneficiosa per ajudar l'alumnat a comprendre la primera i la segona llei de Newton.

El reforç de la conscienciació ambiental i en sostenibilitat de les futures cohorts d'estudiantat d'enginyeria (mecànica, industrial, automoció...), encarregades de dissenyar els processos industrials del futur, ha d'ajudar a assolir l'ODS9 per aconseguir una industrialització sostenible.

El material audiovisual generat amb el projecte ECOMEC s'exposa a continuació. Es tracta de tres vídeos i dos manuals tipus "Fes-t'ho tu mateix!". El material s'ha generat sota el paradigma de ciència oberta, per facilitar la seva possibilitat de rèplica i difusió.



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

Els tres vídeos es troben en obert a la Zona Vídeo UPC (UPC, 2023b) i els manuals es troben en obert en el portal Aprèn UPC (UPC, 2023c). Les maquetes que s'han construït específicament per al projecte també serviran per realitzar jornades i tallers in-situ que organitza la UPC a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) i l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa (EPSEM) per reforçar el compromís de la UPC amb els ODS.

2.1. Vídeo 1 – L'Enginyeria Mecànica i la seva relació amb els ODS

En aquest vídeo (Figura 1), es presenta una explicació de què són els ODS i es posa èmfasi en els que són més afins a l'EM (ODS 7, 9, 12, 13). Són en els que, més probablement, el futur alumnat en enginyeria hi desenvoluparà la seva carrera professional. En el centre de l'explicació hi ha el concepte d'energia: primer, com a element existent en moltes branques de la física; segon, com a element que facilita la relació de la Mecànica amb altres ciències com la Química o l'Electricitat, i també amb aspectes més econòmics i socials com són el cost de l'energia o les emissions contaminants.

2.2. Vídeo 2 – L'Energia en l'àmbit de l'Enginyeria Mecànica

En aquest vídeo, es presenten els conceptes relacionats amb energia tal i com són habitualment enunciats en assignatures de l'àmbit de la Mecànica. S'expliquen de forma molt resumida els conceptes d'energia cinètica, energia potencial, energia mecànica, treball, el principi de la conservació de l'energia i el teorema de l'energia. Aquesta explicació teòrica està recolzada per una experimentació que consisteix en demostrar el principi de la conservació de l'energia (equivalent al teorema de l'energia). Com és sabut, aquest principi enuncia que l'energia ni es crea ni es destrueix només es transforma. L'experimentació es basa en una maqueta que emula una baixada d'una muntanya russa. Es proposen un parell de circuits (Figura 2) que tenen la mateixa alçada inicial i final; mitjançant uns sensors de velocitat i un regle, ubicats adequadament, es determina l'energia mecànica total en la posició inicial i final.

Es comprova com una part de l'energia mecànica de l'estat inicial s'ha perdut en l'estat final i que la diferència és més gran com més lluny estan els sensors o més recorregut realitza el cos en moviment. Aquest fet serveix per fer entendre que sempre existeixen pèrdues energètiques a causa del treball realitzat per les forces de fricció i que cal tenir-les en compte en el principi de la conservació de l'energia.

2.3. Vídeo 3 – La recerca en sostenibilitat del grup CDEI-DM.

En aquest vídeo, s'explica de forma alleugerida però clara, el per què de la recerca que està realitzant el grup CDEI-DM alineada amb l'ODS 9. Es parteix del vídeo 2 i s'explica que les pèrdues per friccions són inherents en qualsevol màquina i difícils de quantificar, bé perquè són pèrdues petites o bé perquè depenen de diversos factors.



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

Es desitja demostrar com les decisions que es prenen a l'hora de dissenyar una màquina o mecanisme afecten el seu consum energètic. En màquines ubicades en processos industrials que treballen de forma intensiva durant molt anys, petits estalvis energètics per cycle de treball, suposen una gran quantitat d'energia estalviada durant tot el seu cycle de vida. Es mostra un banc d'assaig construït per comparar mecanismes equivalents en termes de pèrdues d'energia (Figura 3).

El vídeo també mostra una possible aplicació en la vida quotidiana d'aquests mecanismes equivalents: la construcció d'una màquina automatitzada per aixafar llaunes. El vídeo presenta dues propostes de la màquina proposada: una basada en un mecanisme tipus pistó-biela manovella i l'altra basada en un mecanisme de lleva d'excèntrica. En el disseny dels mecanismes es prioritzen els criteris de sostenibilitat. S'ha utilitzat com a material constructiu principal la fusta, amb menor impacte ambiental (ODS 13). També s'han reutilitzat elements que s'havien destinat al desballestament: un motor d'eixugaparabrises i una font d'alimentació d'ordinador (ODS 12).

2.4. Manuals "Fes-t'ho tu mateix!"

Els manuals "Fes-t'ho tu mateix!" (en anglès Do It Yourself, DIY) són uns manuals pas a pas que faciliten la construcció d'alguna de les maquetes mostrades en els vídeos. S'ha realitzat un manual "Fes-t'ho tu mateix!" per a la maqueta de la muntanya russa i un altre per a la realització dels dos aixafa llaunes equivalents (Figura 4).

Aquests manuals segueixen el paradigma de ciència oberta; busquen facilitar que es pugui reproduir l'experimentació que es mostra en els vídeos per tal d'assolir un aprenentatge més significatiu. Per a l'elaboració de les maquetes s'han prioritzat també criteris econòmics i utilitzar processos de fabricació amb una major implantació en centres educatius.

Per a l'experiment de la "muntanya russa", s'ha utilitzat com a base una joguina amb cost d'uns 70 € i es presenta una alternativa de sensors de velocitat basada en electrònica oberta tipus Arduino.

Per a les maquetes de l'aixafa llaunes, els propis criteris de sostenibilitat permeten reduir el cost: la fusta és més econòmica que, per exemple, l'acer i el material de desballestament pot arribar a ser gratuït. A més, altres peces s'han fabricat amb impressores 3D, que cada vegada tenen més presència en centres educatius. Cal dir que algunes peces de l'aixafa llaunes s'han de fer amb acer, perquè la força necessària per començar a aixafar una llauna és elevada (500 N aproximadament). Per a aquestes peces es faciliten els plànols de fabricació.

3. CONCLUSIONS

En aquesta comunicació s'ha presentat el contingut audiovisual generat dins el projecte ECOMEC, que consisteix en tres vídeos i un parell de manuals tipus "Fes-t'ho tu mateix!". El material generat vol posar en valor el concepte d'energia que s'explica en l'àmbit de la Mecànica per relacionar-lo de clarament amb alguns dels reptes que



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

hi ha dins els ODS. La idea no és afegir nou contingut al currículum; es tracta de reforçar el concepte d'energia que ja està inclòs en les assignatures de l'àmbit de l'EM. La finalitat és contribuir a aconseguir que les futures cohorts d'enginyers/es sàpiguen aplicar criteris ambientals i de sostenibilitat en els futurs processos industrials. Finalment, aquesta comunicació vol posar en valor l'EM com una ciència viva amb camp per fer-hi recerca, entre d'altres, en l'àmbit de l'estalvi energètic. El material audiovisual generat i disponible en obert vol ajudar a realitzar la transició que s'està exigint als educadors per relacionar els sabers, continguts, competències i resultats d'aprenentatge de les seves assignatures amb els ODS.

AGRAÏMENTS

El projecte ECOMEC ha rebut el suport econòmic de la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI) en la convocatòria Joan Oró 2022 (Innovació, 2022) (Figura 5).

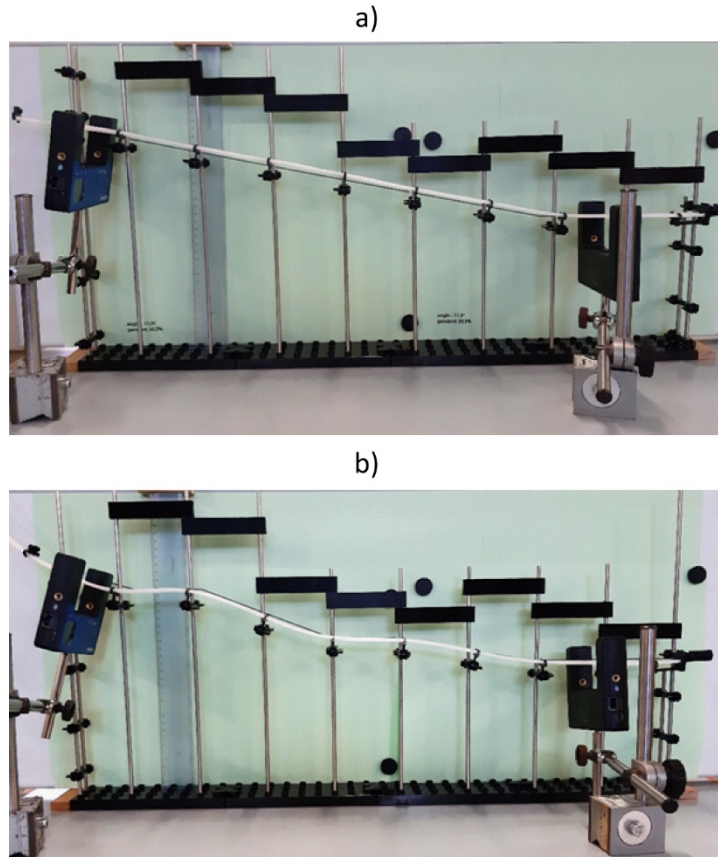
5.1. FIGURA 1. CAPTURA DE PANTALLA DEL VÍDEO SOBRE ELS ODS.



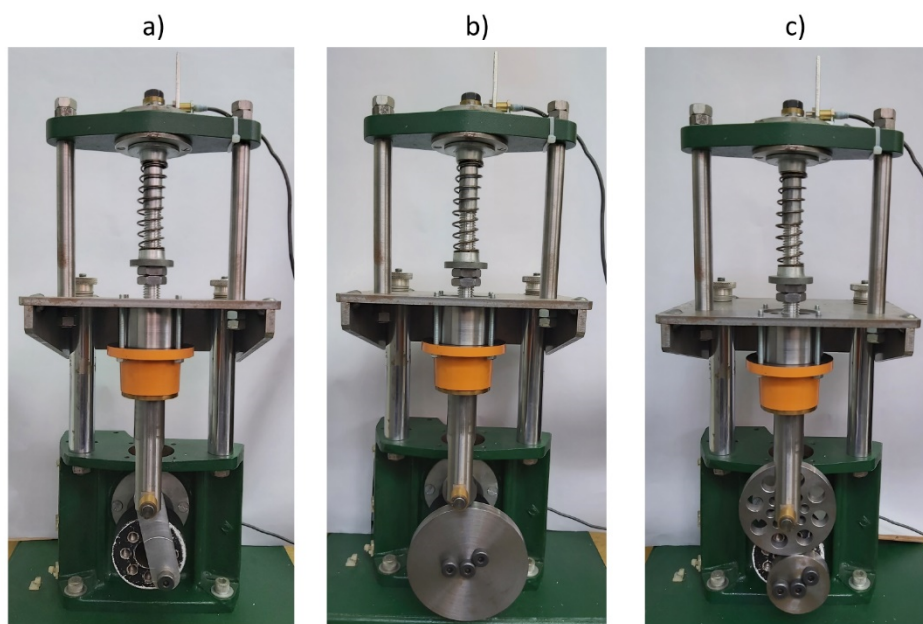


MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

5.2. FIGURA 2. MAQUETA “MUNTANYA RUSSA”: A) PLA INCLINAT, B) CAMÍ LLARG.



5.3. FIGURA 3. MECANISMES EQUIVALENTS: A) PISTÓ-BIELA-MANOVELLA, B) I C) MECANISMES DE LEVA D'EXCÈNTRICA

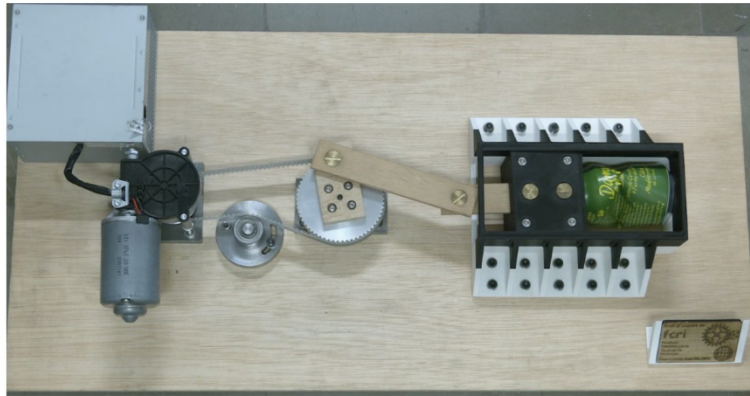




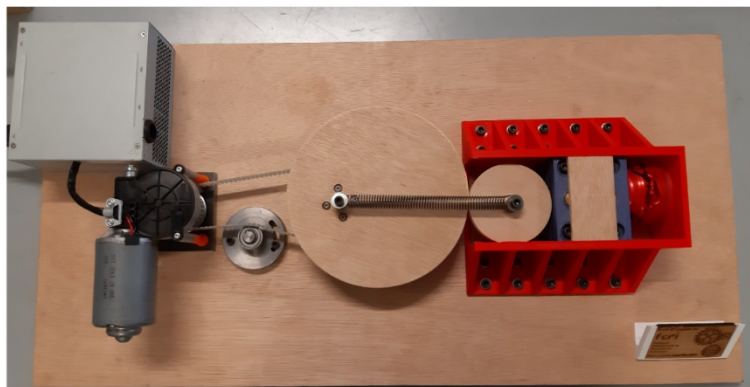
MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

5.4. FIGURA 4. AIXAFA LLAUNES: A) MECANISME DE PISTÓ-BIELA-MANOVELLA, B) MECANISME DE LLEVA D'EXCÈNTRICA.

a)



b)



5.5. FIGURA 5. LOGOTIP FCRI.



Fundació
Catalana per a
la Recerca i la
Innovació



6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES:

Beagon, U., Kövesi, K., Tabas, B., Nørgaard, B., Lehtinen, R., Bowe, B., Gillet, C. & Spliid, C. M. (2023). Preparing engineering students for the challenges of the SDGs: what competences are required?. *European Journal of Engineering Education*, 48:1, 1-23.

<https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2033955>

Bonanno, A., Bozzo, G., Grandinetti, M. & Sapia, P. (2016). Work–energy theorem and friction forces: two experiments. *Physics Education*, 51(6), 1-9.

<https://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/065004>

Departament d'Educació (2022, 20 de setembre). *Nou currículum batxillerat. DOGC núm. 8758, Decret 171/2022 20.9.2022; Núm. control 22263095.*

<https://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/8758/1927851.pdf>

Diputació de Barcelona (2015). *L'agenda 2030 i els ODS.*

<https://www.diba.cat/es/web/ods/que-son-els-ods>

Institut d'Estudis Catalans (2023, maig). *Diccionari de la llengua catalana de l'Institut d'Estudis Catalans.*

<https://dlc.iec.cat/>

Nacions Unides (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.*

<https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>

Petuya, V., Quaglia, G., Parikyan, T., Carbone, G. (2023). *Proceedings of I4SDG Workshop 2023. IFToMM for Sustainable Development Goals.* Springer.

<https://doi.org/10.1007/978-3-031-32439-0>

Romero, S., Aláez, M., Amo, D., Fonseca, D. (2020). Systematic Review of How Engineering Schools around the World Are Deploying the 2030 Agenda. *Sustainability* 12(12), 5035. <https://doi.org/10.3390/su12125035>

Universitat Politècnica de Catalunya, UPC (2023a, 12 de Juny). *Canvia el món amb la UPC. Objectius de desenvolupament Sostenible (ODS).*

<https://canviaelmon.upc.edu/ca/ods>



MILLORA DE LES EXPERIÈNCIES D'APRENTATGE: TRANSFORMACIÓ I REPTES

Universitat Politècnica de Catalunya, UPC (2023b, 12 de Juny). *Zona Vídeo*.

<https://zonavideo.upc.edu/>

Universitat Politècnica de Catalunya, UPC (2023c, 12 de Juny). *Portal Aprèn*.

<https://apren.upc.edu/ca>

<https://zonavideo.upc.edu/>