



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

REALITAT TANGIBLE O REALITAT VIRTUAL? TECNOLOGIA TANGIBLE O TECNOLOGIA VIRTUAL?

- Jordi Nebot, Lluïsa
Universitat Politècnica de Catalunya
Departament d'Enginyeria Mecànica
Avinguda Diagonal, 647. 08028 Barcelona, Espanya
lluisa.jordi@upc.edu
- Puig-Ortiz, Joan
Universitat Politècnica de Catalunya
Departament d'Enginyeria Mecànica
Avinguda Diagonal, 647. 08028 Barcelona, Espanya
joan.puig@upc.edu
- Cardona Foix, Salvador
Universitat Politècnica de Catalunya
Departament d'Enginyeria Mecànica
Avinguda Diagonal, 647. 08028 Barcelona, Espanya
salvador.cardona@upc.edu
- Veciana Fontanet, Joaquim M.
Universitat Politècnica de Catalunya
Departament d'Enginyeria Mecànica
Avinguda Diagonal, 647. 08028 Barcelona, Espanya
joaquim.m.veciana@upc.edu

1. **RESUM:** Aquesta comunicació s'emmarca en l'àmbit de l'enginyeria, més concretament en l'ensenyament de Teoria de Màquines i Mecanismes. Sovint, els plantejaments teòrics que es fan a classe són difícils de comprendre per part de l'alumnat, a causa de la dificultat de visualitzar el moviment a l'espai dels diferents elements que formen els mecanismes. Es proposa la utilització de dues eines complementàries: maquetes reals i tangibles i maquetes virtuals.
2. **ABSTRACT:** This paper falls within the engineering field, more specifically in the teaching of Theory of Machines and Mechanisms. Often, the theoretical expositions that are done in classes are difficult to understand for the students, because of the



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

difficulty of visualizing the movement in space of the various elements that make up the mechanisms. It is proposed the use of two complementary tools: real and tangible models and virtual models.

3. PARAULES CLAU: maquetes, simulació, aprenentatge, mecanismes, PAM, Geogebra / **KEYWORDS:** scale model, simulation, learning, mechanisms, PAM, Geogebra

4. DESENVOLUPAMENT:

a) Plantejament/Introducció

Aquesta comunicació s'emmarca en l'àmbit de l'enginyeria més concretament en l'ensenyament de Teoria de Màquines i Mecanismes. Es presenten diverses eines, com a complements, amb la finalitat d'ajudar a la comprensió i a l'aprenentatge de l'aspecte geomètric de les màquines. Sovint, els plantejaments teòrics que es fan a classe són difícils de comprendre per part de l'alumnat a causa de la dificultat de visualitzar el moviment a l'espai dels diferents elements que formen els mecanismes. Es proposa la utilització de dues eines complementàries: maquetes reals i tangibles i maquetes virtuals.

Segons [1], s'entén per maqueta real la representació d'un artefacte que pot ser construït amb suficients detalls per fer estudis exhaustius de la màquina o mecanisme. S'inclou dins del concepte de maqueta real el que en alguns àmbits es coneix amb el nom de prototipus, entès com un model preliminar d'un artefacte que permet avaluar-ne la funcionalitat. Per contra, les maquetes virtuals són models matemàtics de les màquines i els mecanismes que mitjançant la capacitat de càlcul dels ordinadors i les capacitats gràfiques dels medis audiovisuals permeten l'obtenció de representacions preliminars i funcionals dels artefactes.

Les maquetes reals es construeixen de fusta i tenen una mida aproximada de 600 mm x 600 mm per tal de poder ser utilitzades en classes convencionals de pissarra amb uns 60 alumnes. Es disposa d'un mínim de 3 exemplars de cada una de les maquetes amb la finalitat que l'alumnat pugui manipular-les mentre el professor fa les explicacions adients.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

Les maquetes virtuals es dissenyen amb programes de geometria senzills, com Geogebra, o programes de simulació de mecanismes, com PAM. Es mostren a classe com a complement de les explicacions teòriques i intercalades amb elles. Malgrat que en el mercat existeixen multitud de programaris per a la simulació de mecanismes [2], s'han escollit aquests dos per la seva senzillesa d'utilització i la seva disponibilitat gratuïta.

b) Objectius

Les eines que es presenten en aquesta comunicació han estat pensades com a complements de les classes teòriques amb els següents objectius:

- Ajudar a comprendre conceptes propis de l'àmbit de la Teoria de Màquines i Mecanismes.
- Fer de lligam entre els conceptes teòrics i la realitat.
- Prendre consciència de la utilitat de la modelització en l'enginyeria i dels diferents nivells de modelització de la realitat.

Pel que fa a les maquetes reals:

- Implicar l'alumnat en el seu procés d'aprenentatge a partir de la manipulació de maquetes de mecanismes reals.
- Fer de suport físic en la resolució de problemes.
- Comprendre que els càlculs teòrics són una modelització de les maquetes utilitzades, que alhora són una modelització de la realitat.

Pel que fa a les maquetes virtuals:

- Conèixer les possibilitats de simulació per ordinador, tant amb programes específics de simulació de mecanismes com amb eines matemàtiques.
- Fer de suport multimèdia en la resolució de problemes.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- Comprendre la utilitat de la modelització per ordinador en el disseny de mecanismes a partir de la variació de paràmetres.

En definitiva, disposar d'eines per fer realitat la coneguda frase de Confuci: “M'ho van explicar i ho vaig oblidar. Ho vaig veure i ho vaig entendre. Ho vaig fer i ho vaig aprendre”.

c) Descripció

En aquest apartat, es presenten les característiques generals de les maquetes reals construïdes al Laboratori de Màquines de l'ETSEIB i el procés d'elaboració i les eines utilitzades per a les maquetes virtuals.

Les maquetes reals estan previstes per ser portades a classe i, per tant, cal que siguin fàcilment manipulables i transportables. Per aquesta raó, les maquetes es construeixen de fusta de faig i tenen una mida aproximada de 600 mm x 600 mm.

Totes les maquetes segueixen un mateix patró:

- Els sòlids que formen els mecanismes, sempre que és possible, són barres del mateix gruix (6 mm) i de la mateixa amplada (25 mm).
- Les articulacions es construeixen a partir d'un passador format per dues parts que constitueixen una unió cargolada i acabat amb un bolló daurat.
- Els parells prismàtics es construeixen amb una guia de les mateixes dimensions que les barres dels sòlids i una corredora, també de fusta, de dimensions 40 mm x 80 mm.
- Per a la resta d'elements no tan habituals (pius-guia, excèntriques...), es busquen dimensions que s'adiguin amb els elements anteriors.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

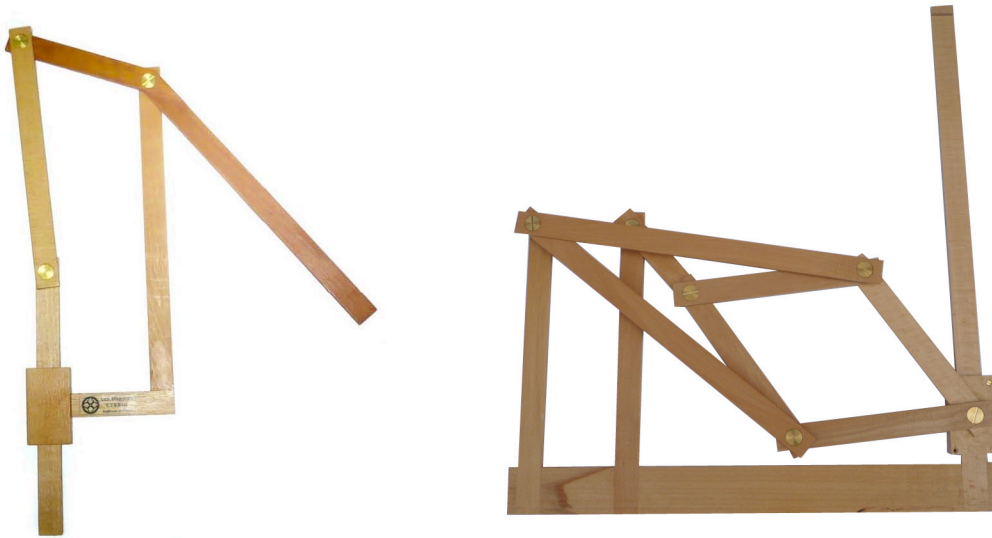


Fig. 1 Fotografies de maquetes de fusta de dos mecanismes.

Només en els mecanismes que presenten una geometria complexa, i que per construir-los amb fusta seria necessari procedir a processos de mecanitzat complicats, es recorre a altres materials per a la seva construcció. Aquest és el cas dels mecanismes d'engranatges que es construeixen a partir de rodes comercials de niló.

Les maquetes virtuals s'obtenen a partir de simulacions fetes amb el Programa d'Anàlisi de Mecanismes –PAM– [3, 4] i amb el programa de simulació matemàtica Geogebra [5]. Ambdós programes es poden descarregar gratuïtament de la pàgina web corresponent.

El programa PAM és un programa de simulació de mecanismes desenvolupat per professorat de l'assignatura i del mateix Departament d'Enginyeria Mecànica. És un programa per ser utilitzat per alumnat dels primers cursos d'una titulació de l'àmbit de l'enginyeria mecànica. Té l'avantatge que la seva utilització és de fàcil aprenentatge. En els cursos en els quals s'utilitzen les maquetes, també estan previstes sessions pràctiques en les quals l'alumnat fa simulacions per ordinador utilitzant aquest programa. Per tant, la utilització a les sessions teòriques de simulacions fetes amb PAM també ajuda que l'alumnat conegui les possibilitats i les utilitats del programa.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

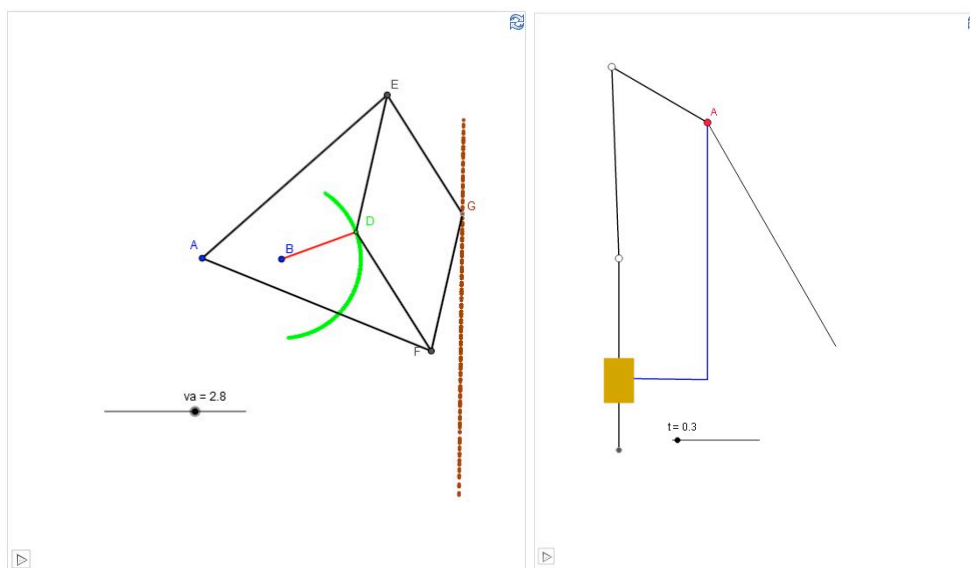


Fig. 2 Imatges corresponents a simulacions realitzades amb el programa Geogebra.

Geogebra es presenta a la seva web com un programari interactiu per a la geometria, l'àlgebra, l'estadística i el càlcul i que permet fer aplicacions dinàmiques per a l'ensenyament i l'aprenentatge de les matemàtiques i les ciències. És, per tant, un programa amb un enfocament purament matemàtic. Això fa que la seva utilització per part de l'alumnat en les assignatures de l'àmbit de mecanismes no sigui adequada. Per tant, amb aquest programa el professorat prepara les simulacions que posteriorment es mostraran a classe. La nomenclatura emprada per Geogebra no s'adiu amb la nomenclatura pròpia de l'àmbit de les màquines. Per exemple, de la visualització i el càlcul de configuracions d'un mecanisme en moviment, que en el àmbit mecànic se'n diria cinemàtica, en el programari se'n diu geometria dinàmica.

Es proposa la utilització dels dos programes perquè ambdós tenen avantatges i inconvenients. Si es realitza una comparació entre PAM i Geogebra es constata que:

- La nomenclatura i la simbologia que utilitza PAM són pròpies de l'àmbit de la Teoria de Màquines i Mecanismes.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS



- La nomenclatura emprada per Geogebra pot portar a confusió per a l'alumnat de les assignatures de l'àmbit mecànic.
- PAM permet l'obtenció posicions, velocitats, acceleracions i forces que actuen en els mecanismes i Geogebra només permet l'obtenció de posicions, velocitats i acceleracions.
- PAM és una eina de fàcil aprenentatge i queda a l'abast dels coneixements que té l'alumnat, mentre que els coneixements necessaris per utilitzar Geogebra queden fora de l'àmbit del coneixement de l'alumnat.
- Les animacions dels mecanismes obtingudes amb Geogebra són visualment més atractives que les simulacions obtingudes amb PAM.
- La visualització de les simulacions realitzades amb PAM requereix tenir el programa a l'ordinador, mentre que Geogebra permet guardar les animacions en formats estàndard.

La taula 1 mostra un resum de la comparació entre els programes PAM i Geogebra

De la mateixa manera que per a les maquetes virtuals es proposa la utilització de dos programaris diferents per la seva complementaritat, també es proposa l'ús tant de les maquetes reals com de les maquetes virtuals. Ambdós tipus de maquetes ajuden de diferent forma a l'aprenentatge. Les maquetes virtuals ajuden a entendre els moviments a partir del sentit de la vista i permeten variar paràmetres dels mecanismes de manera fàcil i ràpida. Les maquetes reals impliquen més sentits en el procés d'aprenentatge, però els seus paràmetres no són fàcilment modificables. Malgrat que es pugui creure que la manipulació de les maquetes reals a classe per part de l'alumnat crea un ambient de distracció, l'experiència posa de manifest tot el contrari, ajuda a captar l'atenció de l'alumnat.



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

	 PAM	 Geogebra
Nomenclatura i simbologia	Pròpia de l'àmbit de les màquines i mecanismes	Matemàtica
Tipus d'anàlisis	Cinemàtica i dinàmica inversa	Cinemàtica (geometria dinàmica)
Facilitat d'aprenentatge	Molta	Poca
Visualització de les animacions	Aspecte no modificable	Aspecte modificable
Format de les animacions	Propietari	Estàndard

Taula 1. Comparació entre PAM i Geogebra.

Per tal de conèixer la satisfacció de l'alumnat en l'ús de les maquetes reals i virtuals s'ha realitzat una enquesta a un total de 122 estudiants de Teoria de Màquines i Mecanismes del segon curs de grau, que han utilitzat ambdós tipus de maquetes en les classes.

Les preguntes de l'enquesta són les següents i les figures 3 i 4 en mostren els resultats:

<p>Disposar de la maqueta de fusta m'ajuda a entendre el moviment del mecanisme.</p> <p><input type="checkbox"/> 1–Molt en desacord <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4–Molt d'acord</p> <p>Disposar d'una simulació per ordinador m'ajuda a entendre el moviment del mecanisme.</p> <p><input type="checkbox"/> 1–Molt en desacord <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4–Molt d'acord</p> <p>Si en la realització d'un examen es pogués disposar de la maqueta de fusta del mecanisme o d'una simulació per ordinador del moviment del mecanisme, què preferiries?</p> <p><input type="checkbox"/> Maqueta de fusta <input type="checkbox"/> Simulació per ordinador</p>
--



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

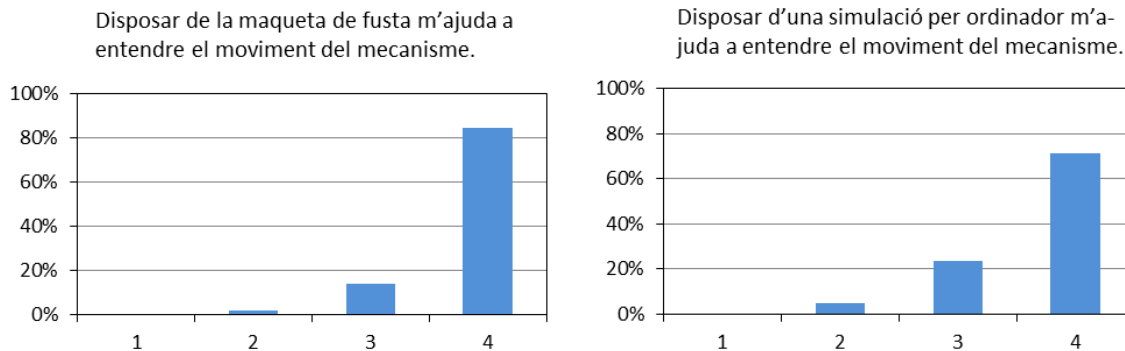


Fig. 3 Resultats obtinguts en les dues primeres preguntes.

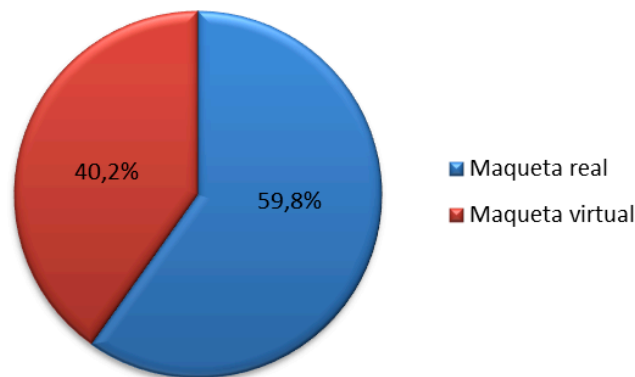


Fig. 4 Resultats obtinguts en l'última pregunta.

Els resultats de les enquestes posen de manifest que l'estudiantat percep les maquetes, tant les reals com les virtuals, com una eina útil per entendre el moviment dels mecanismes. La darrera pregunta també posa de manifest la preferència de l'estudiantat per les maquetes reals enfront les virtuals, encara que la diferència no és molt significativa.

d) Conclusions

Després de la utilització de maquetes, tant reals com virtuals, en les classes teòriques de Teoria de Màquines i Mecanismes i de l'anàlisi de les implicacions que aquest recurs té en el procés d'aprenentatge, s'arriba a les següents conclusions:



MODELS FLEXIBLES DE FORMACIÓ: UNA RESPOSTA A LES NECESSITATS ACTUALS

- Les maquetes són eines adequades per complementar les explicacions teòriques i serveixen per fer de lligam entre la teoria i la realitat.
- L'ús de maquetes ha despertat interès en l'alumnat per a la modelització de mecanismes.
- Els dos tipus de maquetes s'han mostrat com a eines adequades i complementàries l'una de l'altra per facilitar el procés d'aprenentatge.
- La preferència de les maquetes reals enfront de les virtuals per part de l'alumnat mostrada en el resultat de les enquestes no és prou significativa com per deixar d'utilitzar-ne unes en lloc de les altres.

De cara al futur i veient l'interès que desperta en l'alumnat l'ús de maquetes, es planteja la possibilitat d'implicar-lo en el procés de disseny de maquetes reals. Les noves eines d'impressió 3D poden ajudar en aquest sentit. També, es planteja la possibilitat de desenvolupar maquetes virtuals més atractives visualment per a l'alumnat.

5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] Cardona, S., Clos, D., Jordi, L., Representació de mecanismes i màquines. Esquematzació. (2003) ISBN: 84-688-1309-5.
- [2] S. Kurtenbach et al. Comparison of Geometry Software for the Synthesis and Analysis in Mechanism Theory. 1st. International Symposium on the Education in Mechanism and Machine Science (ISEMMS 2013), Madrid, España (2013).
- [3] Clos, D., Puig, J., PAM, un programa de anàlisi de mecanismes planos, Anales Ingeniería Mecánica, 15(1), pp. 757-765, (2004).
- [4] <http://em.upc.edu/docencia/estudis-de-grau/etseib/teoria-de-maquines/programa-danalisi-de-mecanismes.-pam> (23 de gener de 2014).
- [5] <http://www.geogebra.org/cms/ca> (23 de gener de 2014).