

PRÁCTICAS COMPUTACIONALES Y EXPERIMENTALES EN LA DOCENCIA DE INGENIERÍA TÉRMICA: CINCO CASOS DE ESTUDIO

ANTÓN REMÍREZ, Raúl ; RAMOS, Juan Carlos

RIVAS, Alejandro; SÁNCHEZ LARRAONA Gorka; GÓMEZ-ACEBO TEMES Tomás; OTEGUI, Ion

ranton@tecnun.es

⁽¹⁾Universidad de Navarra, Tecnun-Escuela de Ingenieros, Departamento de Ingeniería Mecánica

RESUMEN

El uso de simuladores se está extendiendo no sólo en la industria sino también en la universidad. La aparición de software que permiten y facilitan la creación de interfaces gráficas (GUI Graphical User Interface) y el uso de las propiedades termofísicas de las sustancias es una de las causas de dicho crecimiento. Por otro lado, la componente práctica y aplicada que se intenta dar a las asignaturas técnicas también ayuda a la preparación de competiciones centradas en el diseño experimental.

En este artículo se analiza cinco experiencias docentes en el área de la Ingeniería Térmica que han tenido lugar en Tecnun. Tres de los casos de estudio son computacionales y dos experimentales. Las prácticas computacionales son basadas en simuladores implementados en EES (Engineering Equation Solver) que tratan tanto de diseño de componentes (Simulador para el diseño y optimización de Intercambiadores de Calor compactos) como del análisis de sistemas (Análisis de un ciclo frigorífico teniendo en cuenta tanto la Transferencia de Calor como la Mecánica de Fluidos o un Optimizador de Ciclos de Rankine con uso de catálogos para la selección de algunos componentes). Por otro lado las prácticas experimentales consistieron en competiciones en las que estudiantes tenían que optimizar un diseño. En uno de los casos los estudiantes tenían que maximizar la transferencia de calor mediante la adición de aletas a un vaso metálico con agua hirviendo en su interior u otro caso fue en el diseño de un intercambiador de calor para refrigerar la CPU de un ordenador de mesa trabajando al máximo de su carga.

Una vez presentados los cinco casos de estudio se analizará las fortalezas y debilidades. En concreto se analiza la capacidad de integrar conceptos de varias disciplinas de la Ingeniería Térmica, la motivación que supone el hecho de hacer algo fuera de lo común, el desarrollo de habilidades profesionales, la posibilidad de abordar problemas más realistas que difícilmente sería posible hacerlo a través de la pizarra (estudios paramétricos y de optimización).

Palabras clave: Simuladores, docencia, práctica experimental

1. Introducción

En los últimos años, el uso de tecnologías educativas basadas en software se ha incrementado significativamente. El uso de simuladores ayuda a los estudiantes a comprender mejor los contenidos de una asignatura y lo hace más atractivo [1] [2]. Su aplicación como herramienta docente permite, por una parte, que los estudiantes aprendan el manejo de diferentes programas que les capacitan a enfrentarse a los problemas ingenieriles de un modo más rápido y eficaz, no sólo en la Universidad, sino también en su futuro profesional. Por otro lado, estos simuladores y laboratorios virtuales pueden ser usados con el objetivo de comprender el funcionamiento de todo el sistema simulado en su conjunto, de cada uno de sus componentes por separado y de las relaciones entre componentes. En este sentido es esencial que el simulador o laboratorio virtual permita el realizar estudios paramétricos. También se ha potenciado los trabajos prácticos a modo de competición en casi todas las disciplinas de la ingeniería. Se ve en estos trabajos prácticos un modo de desarrollar competencias profesionales, potenciar la creatividad y además aprender.

Varios estudios en la literatura ponen de relieve la conexión entre la participación de un estudiante en un curso y el proceso de aprendizaje del alumno [3]. El que el alumno disfrute haciendo una práctica está relacionado con el nivel de aprendizaje a través de dicha práctica. La resolución de un problema, como si se tratara de un juego, puede ser un buen intento para alcanzar este objetivo, especialmente en ingeniería, donde las clases teóricas juegan un papel predominante. Hay muchos estudios en la literatura que se basan en el método del caso, otros se basan en un proyecto (Project based learning). Todos se pueden agrupar en el grupo amplio denominado “Problem Based Learning”. Una introducción del Problem Based Learning aparece en [4]. Son metodologías en el que el enfoque está centrado en el alumno, un enfoque colaborativo y basado en la auto-dirección [5-6].

2. Objetivo

El objetivo de este artículo es mostrar, a través de cinco casos, las posibilidades pedagógicas de los simuladores docentes y de trabajos prácticos. Por un lado estos trabajos prácticos aumentan la posibilidad de profundizar en los contenidos propios de las asignaturas de Termodinámica y Transferencia de Calor. Los problemas que se pueden resolver con un simulador son más amplios que los que se resuelven en una pizarra. Problemas en los que para alcanzar una solución se necesitan múltiples iteraciones o problemas que consisten en optimizar una planta térmica o sistema de aire acondicionado son ejemplos de los simuladores que se han utilizado con los alumnos. Por otro lado se quiere mostrar el atractivo que estos trabajos tienen para los alumnos y cómo éste es fuente de motivación para ellos. Debido a que tienen que trabajar en grupo en todos los casos de estudio que se van a presentar, éstos ayudan al desarrollo de competencias por parte del alumno. En tres de los casos de estudio se realizó una evaluación [7-8] y resultó que potenciaban el trabajo en equipo, la creatividad y otras competencias.

Está claro que una base teórica sólida es muy importante para que los alumnos sean creativos. Es difícil tener buenas ideas si no se tienen bien asimilados los fundamentos. Pero también es importante favorecer la innovación y la creatividad a través de trabajos que ayuden al alumno a pensar “out of the box”.

3. Método de trabajo

A continuación se presentan brevemente los cinco casos de estudio

4.1. Simulador de una máquina de aire acondicionado

Este simulador de una máquina de aire acondicionado es capaz de calcular los coeficientes de transferencia de calor y la caída de presión en cada uno de los componentes del ciclo. En base a las

temperaturas externas, características del compresor, geometría de los intercambiadores de calor y velocidad creada por los ventiladores externos es capaz de calcular la capacidad frigorífica y el coeficiente de operación. Es un simulador en el que se integran los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Termodinámica, Transferencia de Calor y Mecánica de Fluidos. Esa capacidad integradora ayuda al alumno a ver la relación existente entre las tres asignaturas. En la Figura 1 se muestra la pantalla del simulador.

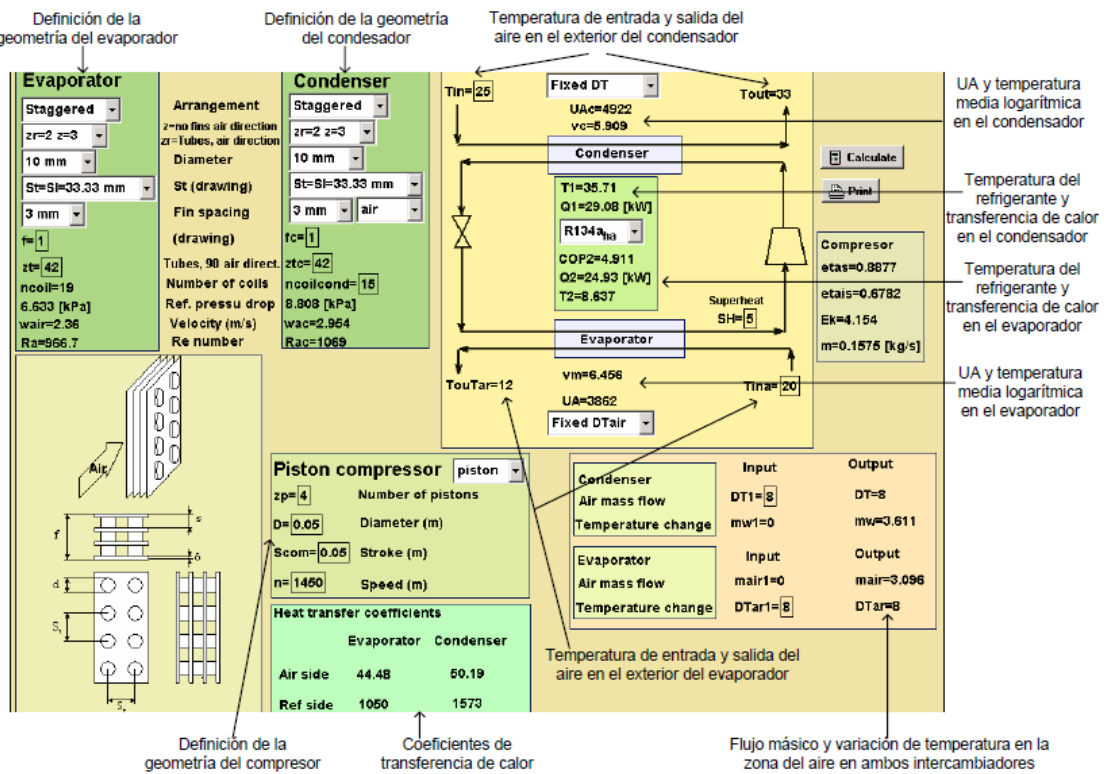


Figura 1: Ejemplo de figura.

4.2. Simulador de una central térmica. Optimización y uso de catálogos.

Este simulador fue usado por los alumnos de Termodinámica. Consistía en un ciclo de Rankine con recalentamiento, con un calentador cerrado y un regenerador abierto. Las bombas tenían que ser seleccionadas en Catálogos de la marca Carver Pumps, además tenían que optimizar la presión intermedia entre las turbinas y las presiones intermedias de las dos sangrías para obtener el máximo rendimiento del ciclo de potencia. En este caso la Mecánica de Fluidos y la Transferencia de Calor se dejaban de lado, y los alumnos se tenían que centrar en el típico problema de un libro de texto de Termodinámica. La diferencia es que tenían que aprender a usar unos catálogos y además el simulador les permitía realizar una optimización. También tenían que entregar un pequeño informe donde contestaban a una serie de preguntas. Por último se les preguntó sobre el interés de la práctica y la respuesta fue positiva. Les había ayudado a entender mejor algunos conceptos que se habían explicado en clase y a reflexionar en la optimización.

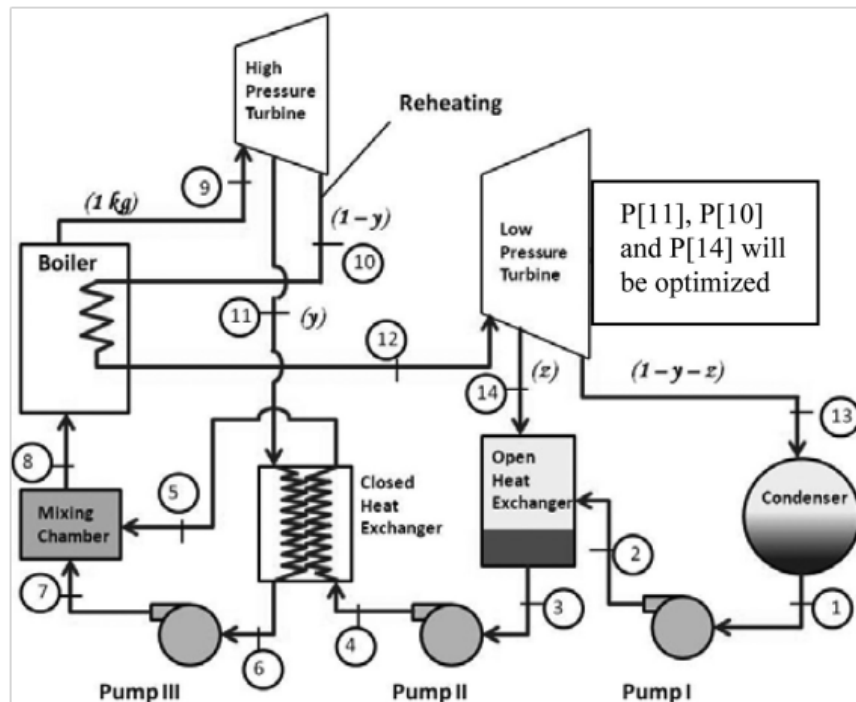


Figura 2: Ciclo de Rankine

4.3. Simulador para el diseño y optimización de intercambiadores de calor

Este es un simulador que se ha desarrollado en el contexto del equipo de Formula Student de TECNUN (Escuela de Ingenieros de la Universidad de Navarra). El simulador permite por un lado dado un volumen, elegir un intercambiador de calor para maximizar la capacidad de refrigeración y por otro lado dada una capacidad de refrigeración objetivo, minimizar el volumen del intercambiador de calor. El simulador es desarrollado en un entorno de EES, cuenta con una base de datos de Intercambiadores de calor de modo que se pueda escoger el más adecuado. El simulador tiene una ventana principal que a su vez dirige a una serie de ventanas secundarias en las que se puede elegir el problema a resolver y escribir los datos del problema. Para resolver los problemas se ha utilizado el método de la Efectividad-NTU

El objetivo final es un software visual e intuitivo para diseñar sistemas de refrigeración (Radiador + Bomba + Ventilador) de un coche.

El programa tiene una interfaz inicial donde se presentan los menús que se emplean para las siguientes aplicaciones:



En la Figura 3, se muestran algunas de las ventanas del Simulador. El simulador ha sido utilizado por el equipo de alumnos a cargo del diseño del radiador del equipo de Formula Student de Tecnun

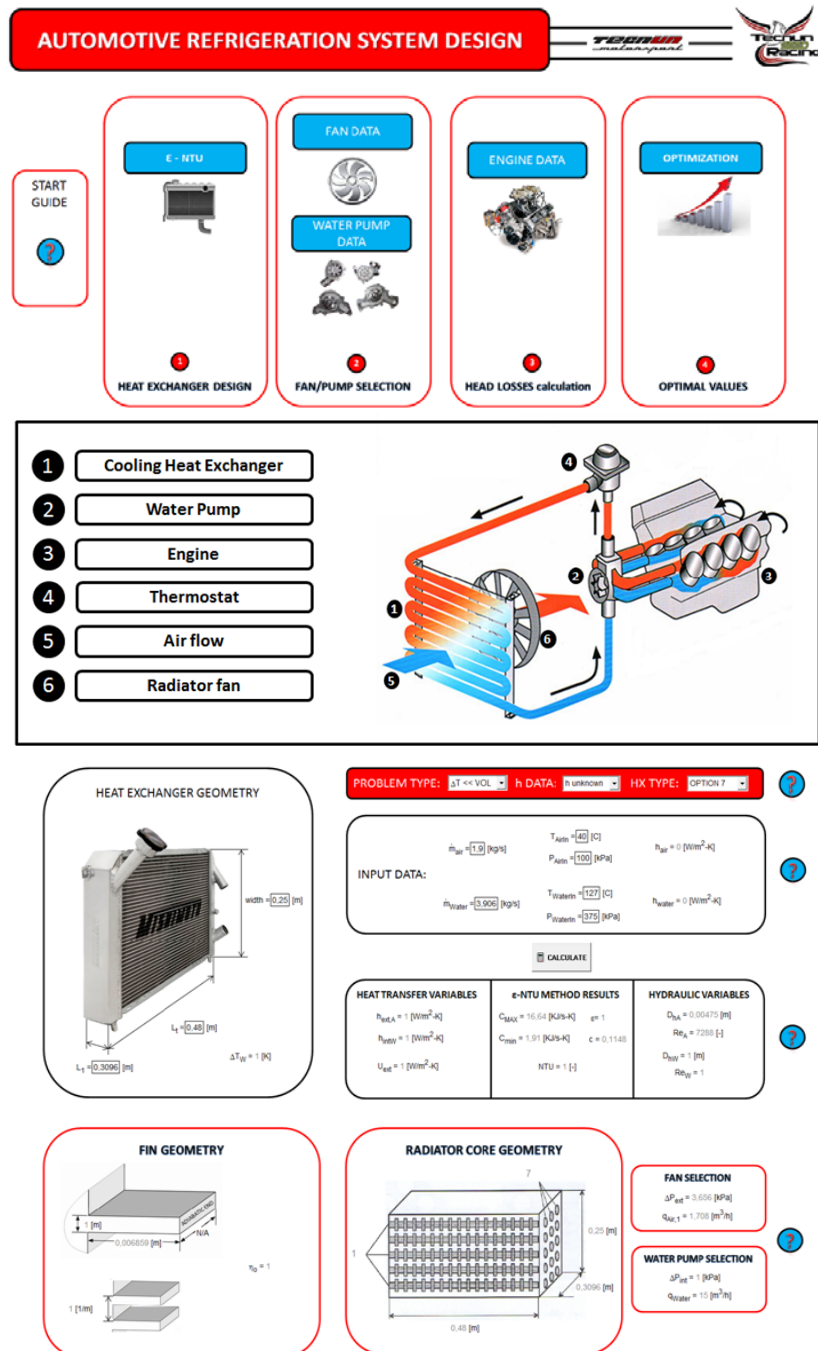


Figura 3 Varias ventanas del Simulador para el diseño de radiadores en el sector de la Automoción

4.4. Competición para el diseño de un dispositivo de aletas

Esta práctica consistía en el desarrollo de un dispositivo de aletas en torno a un vaso de aluminio. Se vertía agua hirviendo y se medía la temperatura al cabo de 30 segundos. El mejor dispositivo de aletas conseguiría la máxima refrigeración del agua en el interior del vaso. Los estudiantes realizaban el diseño y la construcción del dispositivo en grupo, por otro lado la nota asignada a cada grupo sería en función de la temperatura del agua obtenida. Es decir era una competición, pero al ser en grupo también se favorecía el trabajo en equipo. El día de la competición fue una clase especial, todos los alumnos estaban viendo el transcurso de la competición y viendo los diseños y los resultados hacían comentarios críticos y constructivos, se puede decir que fue otro tipo de clase, pero aprendieron. En la Figura 4 se muestran algunos de los dispositivos de aletas desarrollados por los estudiantes.

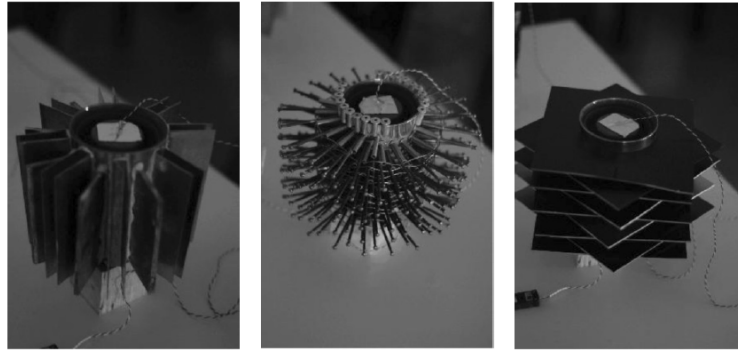


Figura 4: Algunos ejemplos de los dispositivos de aletas realizados por los estudiantes

4.5. Competición para el diseño de un intercambiador de calor

Esta competición fue similar a la anterior, pero en este caso tenían que desarrollar un intercambiador de calor que se pudiera acoplar a una serie de conectores que estaban en contacto con la CPU de un ordenador personal. Por el interior del intercambiador circulaba agua y el ordenador se ponía siempre a máxima potencia. Gracias a una tarjeta y programa de adquisición de datos se monitorizaban las temperaturas a la entrada y a la salida del intercambiador de calor. También se tenía en cuenta negativamente el peso y el volumen del intercambiador de calor. Ésta práctica al igual que la anterior fue una competición y fue desarrollada en equipos. Aunque había una serie de limitaciones, los alumnos buscaban ser creativos y encontrar el modo de por un lado cumplir con los requerimientos y por otro tener una buena idea que les favoreciese. Claramente, este tipo de prácticas ayuda al desarrollo de la creatividad por parte de los alumnos.

6. Discusión

Se han presentado una serie de casos de estudio. Tres de ellos en base a simuladores. Estas plataformas permiten llegar más lejos en la docencia. Problemas de optimización o estudios paramétricos no son adecuados para la resolución en pizarra y sin embargo estos simuladores lo permiten.

Para el desarrollo de estos simuladores se ha utilizado el EES (Engineering Equation Solver) que permite por un lado trabajar eficientemente con las propiedades termofísicas de los fluidos y por otro lado crear fácilmente interfaces gráficas.

La experiencia muestra el interés que los alumnos ponen en cualquier actividad o proyecto que se salga de lo ordinario, siempre y cuando se les deje tiempo y esté evaluado de forma razonable. En años anteriores, se han utilizado tanto simuladores como competiciones experimentales. Las competiciones experimentales son fuente de motivación para los estudiantes y aprenden tanto en el proceso de construcción como el día de la competición en el que de alguna manera su espíritu crítico se pone a prueba cada vez que se testea el dispositivo. Como aspecto más negativo, es el esfuerzo que se necesita por parte de los profesores para organizar y coordinar la práctica.

Un resumen de los aspectos positivos y negativos aparece en la Tabla 1.

Tabla 10: Ventajas y desventajas

Aspectos positivos simuladores	Aspectos negativos simuladores	Aspectos positivos Competiciones experimentales	Aspectos negativos Competiciones experimentales
Estudios de optimización y estudios paramétricos. Aprender a desarrollar simuladores	Apenas tienen. Únicamente el tiempo inicial en el desarrollo del simulador.	Desarrollo de competencias: Trabajo en equipo, innovación y creatividad etc.	Esfuerzo del profesor en la organización y coordinación
Entender los conceptos a través de variaciones de parámetros		El día de la competición, es una clase especial en el que intentan entender el por qué de los resultados.	
Desarrollo de algunas competencias como trabajo en equipo, escritura, etc.		Aprender a diseñar un dispositivo y a fabricarlo teniendo en cuenta la Transferencia de Calor	

7. Conclusiones

Se han presentado cinco casos de estudio en los que los alumnos tienen que utilizar simuladores o práctica experimentales. Se han analizado y discutido las fortalezas y debilidades. Se puede concluir que estas experiencias pedagógicas ayudan a la capacidad de integrar conceptos de varias disciplinas de la Ingeniería Térmica, aumentan la motivación al alumno, puesto que supone hacer algo fuera de lo común, se desarrollan habilidades profesionales y por último proporcionan la capacidad de abordar problemas más realistas que difícilmente sería posible hacerlo a través de la pizarra (estudios paramétricos y de optimización).

8. Referencias

- [1] Goeser P. T., Johnson W. M., Hamza-Lup F. G. and Schaefer D., VIEW—A Virtual Interactive Web-based learning environment for engineering, *Advances in Engineering Education Journal*, Special Issue on Research on e-Learning in Engineering Education, 24, 2011, pp. 1–24.
- [2] Delale F., Liaw B. M., Jiji L. M., Voiculescu I. and Yu H., Infusion of emerging technologies and new teaching methods into the Mechanical Engineering curriculum at The City College of New York, *Advances in Engineering Education*, Summer 2011, pp. 1–36.
- [3] Chen H. L., Lattuca L. R. and Hamilton E. R., Conceptualizing Engagement: Contributions of Faculty to Student Engagement in Engineering, *Journal of Engineering Education*, 97(3), 2008, pp. 339–353.
- [4] Savery J. R., Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions, *The interdisciplinary Journal of Problem- based Learning*, 1(1), 2006, pp. 9–20.
- [5] Kolmos A., Reflections on Project work and Problem-based Learning, *European Journal of Engineering Education*, 21(2), 1996, pp. 141–148.
- [6] Mills J. E. and Treagust D. F., Engineering Education –Is Problem-based or Project-based Learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, online publication 2003, pp. 1–16.

- [7] Antón R., Gastelurrutia J., Ramos J.C., Rivas A., Larraona G.S., Learning through a Multiple Approach Competing Practical Exercise -MACPE: a case study with a teacher's and a student's assessment, International Journal of Engineering Education. Vol. 27, No. 4, pp.805-812.
- [8] Antón, R., Jonsson, H., Ramos J. C., Gómez-Acebo, Rivas A., "Refrigerating cycle simulator: System modelling, educational implementation and assessment". International Journal of Engineering Education, vol. 24, n.º 2, pp. 324-332, 2009.