

## LA VERBALIZACIÓN COMO MÉTODO FACILITADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA EN EL CONTEXTO DEL PROCESO DE BOLONIA

José Luis Vicéns Moltó y Blas Zamora Parra

*E.T.S. Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Cartagena*

### Resumen

La Enseñanza de la Ingeniería actual requiere que el alumno adquiera competencias de simulación numérica, para lo que precisa otras competencias previas que frecuentemente no posee. La rigidez crediticia no permite actuaciones recuperadoras para estas carencias competenciales, y se recurre en los desarrollos docentes al uso masivo de programas comerciales de simulación, plagando los planes de estudio de *cajas negras*. El abuso de estas cajas negras perturba el proceso de enseñanza-aprendizaje a corto y largo plazo.

En este trabajo, se propone una forma de *verbalización* conceptual, con la triple finalidad de evitar el uso indiscriminado de cajas negras, facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la simulación numérica y mejorar la adquisición de competencias específicas de Ingeniería.

El alumno conoce la estructura eidética de los programas, pero no aprende su lenguaje específico; maneja el lenguaje común, verbaliza. El alumno diseña la simulación y la presenta verbalizada, como una demanda textualizada exacta y rigurosa del proceso de simulación. Si la demanda verbalizada es correcta, el *Tutor Facilitador* la traduce al lenguaje de programación. Esta verbalización, constructivista, permite esquivar los hábitos utilitaristas de las cajas negras y motiva el uso posterior, conceptualmente coherente, de herramientas complejas de simulación numérica.

### Abstract

Today, Engineering Education requires that students acquire skills concerned with numerical simulation, for which other previous skills (that often they don't have) are mandatory. The credit rigidity doesn't allow the recovery of these skill shortcomings; so, it is normal the use of commercial simulation packages in educational developments, which leads to the *black boxes*. The black boxes abuse disrupts the teaching-learning

process in the short and long term.

In this work, we propose a conceptual form of *verbalization*, with the threefold purpose of preventing the indiscriminate use of black boxes, facilitate the teaching-learning process of the numerical simulation subject and improve the acquisition of specific skills in Engineering.

The student knows the eidetic structure of simulation codes, but he doesn't learn its specific language; by contrast, uses the common language, i.e., verbalizes. The student designs the simulation and shows it in a verbalized manner, as an accurate and rigorous demand of the whole simulation process. If the verbalized demand is correct, the *Tutor Facilitator* translates the outlined problem to a programming language. This constructivist verbalization permits us to avoid the massive use of black boxes and then produces the conceptually consistent use of complex tools for numerical simulation.

## **Introducción**

La propuesta que se presenta puede estructurarse en los siguientes cuatro puntos relevantes:

1 En este trabajo se entiende por *verbalización* el uso del lenguaje natural, asistido por el léxico físico-matemático propio de las competencias en cuestión; por tanto, detenta el mínimo nivel icónico y el máximo nivel de abstracción, equiparables a los de las expresiones matemáticas. Esta verbalización constituye una competencia genérica/transversal, y también instrumental, que está presente en las Guías Docentes; por este motivo, la verbalización no está sujeta a evaluación y viene avalada por certificaciones administrativas previas.

2 La *simulación numérica* es una competencia útil en la enseñanza de la Ingeniería actual para, por ejemplo, el estudio de las *turbomáquinas hidráulicas* o los *procesos de refrigeración poscosecha*. Al resultar inviable manejar una turbina hidráulica real o una nave refrigeradora en el proceso de enseñanza, la simulación numérica permite, en un contexto de transposición real/simulado, disponer de unas soluciones numéricas, y por tanto aproximadas, de las ecuaciones en derivadas parciales que *parece como si* describieran el comportamiento de estos sistemas de forma apropiada.

3 La Enseñanza de la Ingeniería tropieza actualmente con un problema importante: la carencia en el alumnado de la carga competencial previa que faculte para un acceso

directo a la simulación numérica, y la falta de tiempo crediticio para solventar este problema. Ello conduce a que los planes de estudio se colmaten con programas comerciales en régimen de *caja negra*, al constituir sistemas en que el alumno introduce datos para obtener resultados sin conocer el funcionamiento interno que produce tales resultados. Realmente, estas cajas negras son productos comerciales que incluyen *interfaces* espectaculares, pero que tienen una obsolescencia programada; presentan sin duda una diferenciación excluyente, que crean lealtad adictiva en el usuario, y además no sedimentan contenidos en el alumno. Cabe advertir en ellas una toxicidad didáctica por brindar una cierta pseudo-comodidad mental, propiciar la relajación de la moral vinculada con el esfuerzo, suplantar contenidos por instrucciones, secuestrar tiempo crediticio y desplazar competencias específicas. El resultado es que el alumno aprende y repite mecánicamente secuencias de teclas y no dispone de tiempo suficiente para el aprendizaje propio de la simulación numérica, y tampoco para el aprendizaje apropiado de las competencias específicas de la materia vinculada.

4 En este trabajo se propone una metodología con la que, mediante la verbalización, y con la intervención de la figura llamada *Tutor Facilitador* (Vicéns, 2012), se pretende rescatar el tiempo crediticio secuestrado por las cajas negras en la Enseñanza de la Ingeniería, para que el alumno lo invierta en la adquisición de las competencias específicas necesarias para su formación.

### **Método**

Para realizar nuestra propuesta, se propone el procedimiento que se explica a continuación.

### **Materiales**

Los materiales necesarios son de índole informática. Se trata de la Toolbox PDE de MATLAB<sup>R</sup>, y los programas Gambit<sup>R</sup> y Fluent<sup>R</sup> de ANSYS. Estos programas están disponibles con licencia en los ordenadores del Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Politécnica de Cartagena. La primera pertenece a un lenguaje matemático general de amplio espectro, y los otros dos son códigos de propósito general muy utilizados en simulación numérica de flujos de fluidos.

### **Diseño**

Puede afirmarse que en el esquema docente actual, compuesto por numerosas

asignaturas curriculares, los créditos asignados a una materia se emplean en gran parte para que el alumno practique reiteradamente instrucciones y tutoriales de programas comerciales (a la postre cajas negras, como se ha indicado anteriormente). El resto, ya escaso, sólo puede invertirse en la transmisión de contenidos conductistas. Las simulaciones numéricas se efectúan a ciegas sin que el alumno incorpore competencias específicas.

Este trabajo propone una distribución diferente de los créditos asignados. El grueso de los créditos se invierte en contenidos competenciales específicos, y la simulación es efectuada materialmente por el Tutor Facilitador, con arreglo al procedimiento que se detalla.

### ***Procedimiento***

El procedimiento ideado abarca dos etapas. La primera es de carácter pre-competencial, mientras que la segunda es de naturaleza competencial.

La *etapa pre-competencial* no consume tiempo crediticio, por centrarse en competencias previas, que ya están certificadas. Se estructura en torno a una herramienta docente (Vicéns y Zamora, 2011), constituida por una colección de mapas conceptuales, y una serie de referencias bibliográficas muy concretas, disponibles en la biblioteca de la Universidad en textos en castellano (téngase en cuenta que el inglés no constituye una competencia curricular). Implica tres actuaciones diferentes. La primera de ellas consiste en una autoevaluación del alumno en relación a las competencias previas curriculares, precisas para el normal aprendizaje de la materia concreta. La segunda, en una identificación reflexiva de las carencias curriculares. La tercera, en una subsanación de las deficiencias competenciales que podrían obstaculizar el aprendizaje de tipo constructivista. El objetivo final es entonces homogeneizar el nivel competencial curricular previo de los alumnos, lo que permitirá abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la materia de interés de una forma más adecuada.

En la *etapa competencial* el alumno invierte parte del tiempo crediticio en el aprendizaje de la carga conceptual de la simulación numérica como procedimiento matemático, y el grueso del tiempo crediticio es utilizado en el aprendizaje de las competencias específicas de la materia ingenieril concreta (turbomaquinaria hidráulica y refrigeración poscosecha, en este trabajo).

Adquiridos los conocimientos citados, el alumno verbaliza los elementos y las

etapas necesarias en el proceso docente, es decir, la secuencia de acciones para llevar a cabo la simulación del proceso de Ingeniería que se quiere estudiar. Debe tratarse de una textualización exacta y rigurosa, que defina biunívocamente el proceso completo de la simulación. Si la verbalización es correcta, el Tutor Facilitador valida el proyecto de simulación del alumno, y lo traduce al lenguaje del programa, procediendo a la ejecución material de la simulación.

## Resultados

Como se ha apuntado anteriormente, el proyecto docente está orientado a dos facetas ingenieriles diferentes: las turbomáquinas hidráulicas y la refrigeración de productos poscosecha, como ejemplos tipo. El primero de ellos constituye una materia clásica en las titulaciones de Ingeniería Industrial, y el segundo, en las correspondientes a Ingeniería Agronómica.

Para la faceta de *turbomáquinas hidráulicas* se ha aplicado la Dinámica Computacional de Fluidos ('Computational Fluid Dynamics', CFD) para efectuar la simulación de rotores aptas para turbinas hidráulicas axiales de álabe fijo (Vicéns y Zamora, 2012). El alumno realiza los cálculos; toma decisiones ingenieriles, que debe justificar; elabora la memoria constructiva y diseña la simulación como si se tratara de un *taller de simulaciones*. El Tutor Facilitador, verificada la viabilidad de la propuesta, lleva a cabo el mallado de la geometría espacial y la simulación numérica del flujo (Figura 1a).

Para la faceta de *refrigeración poscosecha* se ha aplicado el Método de Elementos Finitos (FEM) para simular el enfriamiento de especímenes vegetales con núcleo seminal y coeficiente de convección anisótropo. El alumno identifica en la Toolbox PDE de Matlab las etapas teóricas de la simulación numérica de la transmisión del calor. Además, define y justifica la forma, tamaño y estructura del espécimen, y propone las correspondientes condiciones iniciales y de contorno. Es el Tutor Facilitador quien lleva a cabo la simulación (Figura 1b), si la *demanda verbal* por parte del alumno es la correcta.

En ambos casos, el pos-proceso de la simulación se desarrolla, guiado por el Tutor Facilitador, siguiendo las demandas del alumno, debidamente justificadas. La calidad de las demandas solicitadas por el alumno para el pos proceso constituyen un buen

indicador del aprendizaje del alumno. Sea por su relevancia ingenieril, o por su correlación con el diseño previo de la simulación que, como se ha expuesto, es obra del alumno.

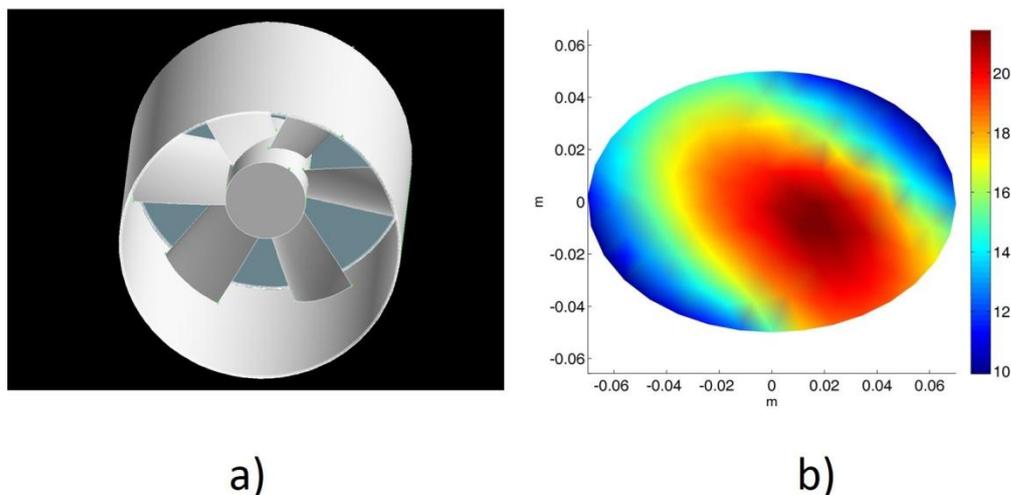


Figura 1. Resultado de la simulación numérica a) de un rotor para una turbomáquina hidráulica, mediante la CFD. b) Distribución de temperaturas en el interior de un espécimen poscosecha, mediante FEM.

### Conclusiones

El método presentado puede mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de diversas materias de Ingeniería (las turbomáquinas hidráulicas y la refrigeración poscosecha, son los ejemplos tipo tratados). Familiariza además al alumno con la simulación numérica en un contexto facilitador amistoso, y le permite *disfrutar anticipadamente* de la simulación numérica. Este uso precoz puede promover en el alumno la motivación intrínseca por estas disciplinas. Por último, puede decirse que aumenta el valor de la verbalización como herramienta, en relación a su utilidad en el aprendizaje grupal, la evaluación cooperativa y el previsible incremento de la enseñanza no presencial.

### Referencias

Vicéns, J.L. (2012) .Una modalidad de Tutor Facilitador en la Enseñanza de la Ingeniería. En *Actas del XV Congreso Nacional y V Iberoamericano de Pedagogía*, Burgos (España).

Vicéns, J.L. y Zamora, B. (2011). Propuesta de una etapa pre-proceso en los proyectos didácticos de materias de Ingeniería En *Actas del Congreso Internacional de Innovación Docente*, Cartagena (España).

Vicéns, J.L. y Zamora, B. (2012). A Teaching-Learning Method Based on CFD Assisted With Matlab Programming for Hydraulic Machinery Courses. *Computer Applications in Engineering Education*. DOI 10.1002/cae.21554.