

# **IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DE CÁLCULO EN LA DOCENCIA DE LA ASIGNATURA “REACTORES QUÍMICOS”**

**GONZÁLEZ MORENO, Pedro Antonio**

**pagonza@ual.es**

Universidad de Almería, España, Departamento de Ingeniería Química

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se expone el diseño de seminarios basados en la resolución de problemas de Ingeniería de la Reacción Química (IRQ) aplicando software de cálculo matemático en el aula de informática. Para ello se ha seleccionado el programa MathCad como el software de cálculo matemático más apropiado entre las opciones actualmente disponibles. Además, el diseño de los seminarios debe no sólo mostrar la utilidad en IRQ de las herramientas informáticas de cálculo aplicadas a la resolución de problemas realistas y, por tanto, complejos, sino también fomentar la participación y la creatividad de los alumnos y favorecer el trabajo de éstos tanto de forma autónoma como en equipo.

**Palabras clave:** Ingeniería de la Reacción Química, resolución de problemas, MathCad

## 1. Introducción

La Universidad española se encuentra actualmente inmersa en un proceso de cambio y adaptación a los nuevos planes de estudio según el modelo que impone el Espacio Europeo de Educación Superior [1]. En este modelo de educación, es fundamental dotar al alumno de las competencias que la sociedad requiere para el desempeño de cada labor profesional [2]. Una de las destrezas más demandada, y prácticamente imprescindible para cualquier labor profesional en el campo de la ciencia o la técnica, es el conocimiento y uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICs), que incluyen un cada vez más amplio y mejor repertorio de herramientas informáticas de aplicación en la Ingeniería [3]. Especialmente en el campo de las Ingenierías cada vez se hace más necesario el uso de herramientas de cálculo potentes y versátiles para la resolución de problemas complejos, ya que en este ámbito toda solución a cualquier problema debe de ser cuantitativa.

La resolución eficiente de problemas es esencial para la mejor comprensión de los principios de la Ingeniería a todos los niveles, donde se incluye la Ingeniería de la Reacción Química (IRQ). Además, la resolución de problemas es un campo donde es relativamente fácil fomentar la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje, que es otro de los pilares del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior.

Actualmente existe una amplia oferta de programas informáticos de cálculo de aplicación en Ingeniería tales como MathLab, MathCad, Mathematica, PolyMath, etc. Estos programas permiten a los ingenieros con limitada formación en programación resolver problemas relativamente complejos [4], [5]. En particular, MathCad combina algunas de las mejores características de las hojas de cálculo y de los programas de matemática simbólica. Su relativamente fácil uso permite al estudiante trabajar con problemas incluso conociendo muy poco de la sintaxis propia del programa, además incluye una completa ayuda con programas de ejemplo totalmente funcionales y personalizables [5].

## 2. Objetivos

En el presente trabajo, se expone el diseño de seminarios basados en la resolución de problemas de Ingeniería de la Reacción Química (IRQ), aplicando el software de cálculo matemático más adecuado, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Demostrar a los alumnos la utilidad en IRQ de las herramientas informáticas de cálculo y afianzar conocimientos teóricos de IRQ ya adquiridos por los alumnos
- Abordar situaciones lo más realistas posibles en la aplicación de la IRQ
- Fomentar la creatividad de los alumnos resolviendo problemas con solución abierta
- Fomentar la participación activa de los alumnos

## 3. Metodología

### 3.1 Asignatura

Los seminarios elaborados se encuadran en la asignatura “Reactores Químicos” que consta de 7.5 créditos LRU (3 teóricos + 4.5 prácticos) que se imparten en el 1º cuatrimestre del 4º curso de la licenciatura en Ingeniería Química (Universidad de Almería), a razón de 5 horas por semana. Estos seminarios también son aplicables, previa adaptación del nivel de dificultad, a otras asignaturas que versan sobre IRQ que se imparten en la misma titulación como “Ampliación de Reactores Químicos” o en otras titulaciones como “Reactores Químicos” en la licenciatura de Química.

Los seminarios se imparten como 2 créditos prácticos (10 sesiones de 2 horas) de la asignatura “Reactores Químicos” y se hace de forma coordinada con la parte teórica, es decir, el seminario correspondiente a cada tema se realiza una vez que el profesor de teoría ha explicado los fundamentos correspondientes a ese tema. Los seminarios abordan los siguientes temas:

- Reactores químicos ideales homogéneos isotermos
- Reactores químicos ideales homogéneos no isotermos
- Estabilidad de reactores
- Modelos de flujo real en reactores
- Reactores catalíticos
- Reactores gas-líquido

### 3.2 Competencias

Se pretende que el alumno refuerce las siguientes competencias:

- **Competencias Genéricas de la Universidad de Almería:**
  - Habilidad en el uso de las TIC
  - Resolución de problemas
  - Trabajo de forma autónoma
  - Trabajo en equipo
- **Competencias Específicas:**
  - Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química e ingeniería
  - Analizar, modelizar y calcular sistemas con reacción química

### 3.3 Guión de los seminarios

El guión de los seminarios consta de un resumen de los conocimientos teóricos necesarios, un resumen de las funcionalidades que se aplican de la herramienta informática, una colección de problemas a resolver en horas de clase presencial (con asistencia del profesor) y una colección de problemas para su resolución por los alumnos, algunos de forma autónoma y otros de mayor dificultad en grupo, en horas no presenciales. El formato del guión es electrónico. Junto a este guión se encuentra disponible un tutorial electrónico elaborado con el programa Wink, donde se explican las funcionalidades del programa MathCad que se usan. Tanto el guión como el tutorial se encuentran disponibles en el Aula Virtual.

### 3.4 Trabajo previo al seminario

Los alumnos deben leer la parte del guión correspondiente al seminario que se va a impartir. Así, pueden recordar los fundamentos teóricos de IRQ necesarios y también saber qué funcionalidades del programa MathCad se van a aplicar. En consonancia con esto último, los alumnos pueden usar el tutorial electrónico sobre MathCad previamente al desarrollo del seminario.

### 3.5 Desarrollo del seminario

Dentro del desarrollo del seminario, cabe distinguir el trabajo que se lleva a cabo con presencia del profesor en el aula de informática, *trabajo presencial*, y el trabajo que los alumnos realizan sin la asistencia del profesor (pero sin menoscabo del uso de las tutorías), bien en la propia aula de informática, bien en su ordenador particular, *trabajo no presencial*.

- Trabajo presencial en el aula de informática. Este trabajo se organiza en sesiones de dos horas como sigue:
  1. Comentarios por parte del profesor sobre las soluciones de los ejercicios propuestos en el seminario anterior. Debate (15 minutos)
  2. Parte expositiva tipo clase magistral breve (5-10 minutos), donde se resumirán los fundamentos teóricos a aplicar, anteriormente explicados en clase de teoría.

3. Solución de algunos problemas guiada por el profesor (50 minutos). Estos problemas son llamados “problemas de ilustración”. Los alumnos ven en todo momento la pantalla del ordenador del profesor y pueden seguir sus pasos en la resolución de los problemas
  4. Distribución entre los alumnos de algunos enunciados de ejercicios similares a los problemas de ilustración resueltos (5 minutos)
  5. Resolución de dichos ejercicios de forma autónoma (individual) (20-30 minutos)
  6. Debate sobre las dificultades encontradas en el uso del programa y sobre las soluciones obtenidas (10 minutos)
  7. Distribución de problemas de dificultad similar o algo superior a los trabajados en clase para su resolución de forma autónoma (llamados “problemas de aplicación”) y de un problema complejo o de solución abierta para su resolución en grupo (llamado “problema realista”); en ambos casos en horario no presencial (5 minutos)
- Trabajo no presencial: Los alumnos deben resolver el problema de aplicación y el problema realista propuestos de forma individual y en grupo, respectivamente. El grupo debe estar formado por dos o tres estudiantes. Las soluciones se envían al profesor en formato electrónico. El profesor las anota, corrige y coloca en el Aula Virtual para que puedan ser consultadas por todos los alumnos.

Por otra parte, todos los materiales didácticos elaborados (guión, tutoriales, ejercicios realizados por el profesor) están en formato electrónico para poder ser utilizados directamente durante los seminarios en el aula de informática o para ser gestionados en el Aula Virtual (plataforma WebCT).

### 3.6 Evaluación

La evaluación de los seminarios se encuadra dentro de la evaluación de la asignatura Reactores Químicos, y se realiza en dos vertientes

- Asistencia, nivel de implicación y realización de las tareas propuestas en los seminarios (15% de la puntuación total de la asignatura)
- Uso de herramientas informáticas para resolver los problemas del examen final de la asignatura

## 4. Resultados

De acuerdo al objetivo planteado, los resultados se centran en cuatro aspectos:

1. Software de cálculo matemático más apropiado. Entre los programas informáticos de cálculo actualmente disponibles, MathLab, MathCad, Mathematica, PolyMath, etc., se seleccionó MathCad en base a las siguientes razones:
  - Mayor facilidad de uso: *interface* de usuario tipo Windows, sintaxis del programa relativamente simple, existencia de versiones totalmente traducidas al castellano y una completa función de ayuda. Además, MathCad presenta un área de trabajo tipo folio en blanco, donde el texto, los comentarios, los cálculos y los gráficos pueden disponerse con total libertad de forma similar a como se haría escribiendo manualmente, Figura 1.
  - Alta potencia de cálculo, incluyendo una gran variedad de algoritmos de cálculo numérico totalmente implementados (*built-in functions*)
  - Altas capacidades gráficas
  - Permite trabajar con unidades
  - Completa función de ayuda que incluye tutoriales y programas de ejemplo totalmente funcionales y personalizables

2. Características didácticas en los seminarios.

En orden a demostrar a los alumnos la utilidad de MathCad en la resolución de problemas de IRQ se presentan dos tipos de problemas:

- Problemas de ilustración: problemas relativamente sencillos cuya finalidad es que el alumno aprenda a aplicar una cierta herramienta o funcionalidad del programa, donde el planteamiento de la solución es directo, véase como ejemplo la Figura 1.
- Problemas de aplicación: problemas algo más complejos en los que se utilizan varias funcionalidades del programa y donde el planteamiento de la solución requiere varias etapas.

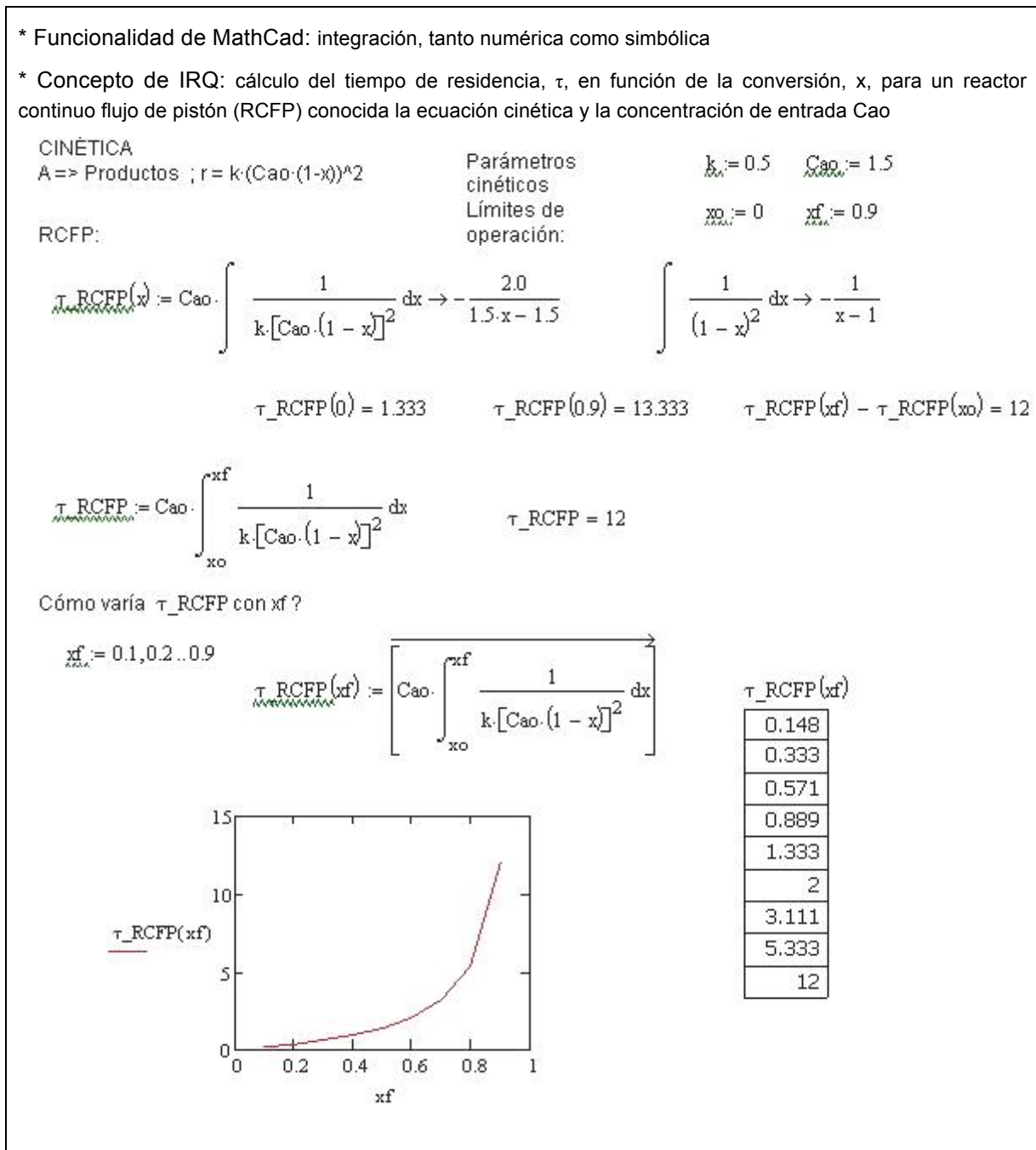


Figura 1. Vista del área de trabajo de MathCad para la resolución de un “problema de ilustración”

En este punto, debe prestarse atención en asegurar que el uso del software de cálculo potencia la comprensión y enriquece las habilidades de los alumnos para resolver problemas de IRQ. Es decir, los alumnos no deben enfocar los seminarios como la aplicación de meras herramientas de cálculo con sólo una comprensión superficial de los problemas planteados. Por ello, es importante que los alumnos, previamente al seminario, hayan practicado resoluciones de ejercicios más o menos sencillos de forma manual (sin la ayuda de software). Esto además permite la introducción del uso del software de forma natural, ya que los alumnos rápidamente detectan que incluso en problemas sencillos son solución manual se suele consumir más tiempo en la realización de operaciones matemáticas que en la propia deducción de las ecuaciones que constituyen la esencia de la resolución del problema.

3. Fomentar la creatividad de los alumnos resolviendo problemas realistas que pueden tener una solución abierta en mayor o menor grado. Para ello se plantean problemas de un cierto grado de complejidad donde aparte de aplicar las funcionalidades del programa hay que integrar el bagaje de conocimientos teóricos de IRQ (y en general de Ingeniería Química) que debe poseer el alumno. El planteamiento de la solución suele requerir varias etapas, suponer distintas condiciones iniciales o finales, hacer aproximaciones y discutir la utilidad de los resultados obtenidos. La inclusión en el problema de preguntas del tipo “¿Qué sucedería si...?” son muy útiles para hacer pensar al estudiante más allá de una única respuesta o condición operativa [6]. Este aspecto enlaza con un tema de gran importancia en IRQ, que es la optimización de las condiciones de funcionamiento de un reactor; por ejemplo, en problemas de reactores catalíticos donde la reacción desprende calor, las condiciones de operación que maximizan el rendimiento pueden implicar un excesivo calentamiento del reactor, lo cual puede dañar al catalizador y comprometer la seguridad del reactor.

Este tipo de problemas se plantean para su resolución en grupo no sólo por la mayor carga de trabajo que representa su resolución, sino también porque es útil para desarrollar el pensamiento creativo establecer debates o tormentas de ideas [7] sobre:

- ¿Qué planteamientos del problema podrían ser incorrectos?
  - ¿Por qué la solución encontrada podría no coincidir con la realidad?
  - ¿Qué otros cálculos se podrían realizar sobre el problema?
  - ¿Qué aspecto es el más importante del problema?
  - ¿Cómo se podría aumentar o disminuir la dificultad del problema?
4. Fomentar la participación activa de los alumnos. Para ello se reservan espacios de tiempo para la intervención o/y el debate de los alumnos a lo largo del seminario. Además, el alumno, bien individualmente bien en grupo (según corresponda al tipo de problema), debe entregar los problemas propuestos como trabajo no presencial para poder ser compartidos con el resto de estudiantes en el Aula Virtual. Esto crea una responsabilidad en el alumno hacia una participación *online* activa. En este sentido, la herramienta “Foro” del Aula Virtual ayuda a que los alumnos puedan compartir información, dudas y consejos.

## 5. Conclusiones

El uso de aplicaciones informáticas refuerza tanto el proceso de enseñanza (profesor) como el aprendizaje (alumno) en la IRQ, y en general en la Ingeniería Química [4]. Por ejemplo, el profesor puede cubrir la enseñanza de una variedad de problemas más amplia ya que se pierde menos tiempo en la resolución puramente matemática, y los alumnos pueden desarrollar las habilidades necesarias para realizar el tipo de cálculos que demanda la industria a los profesionales de la Ingeniería Química. En

particular, el paquete MathCad presenta las características necesarias (facilidad de uso, capacidades gráficas, etc.) que lo hacen especialmente adecuado para su implementación en la enseñanza de la IRQ [5].

Por otro lado, la implementación de aplicaciones informáticas en seminarios de resolución de problemas no debe restringirse a mostrar unos determinados protocolos o “recetas” de cálculo, sino que debe incrementar la comprensión y ampliar las habilidades de los alumnos para resolver problemas, incluyendo el abordaje de problemas más realistas, el pensamiento creativo y una participación activa y cooperativa por parte de los alumnos.

## 6. Referencias

- [1] GOÑI ZABALA, J.M. *El Espacio Europeo de Educación Superior, un reto para la Universidad*. Barcelona: Octaedro / ICE. Universidad de Barcelona, 2005
- [2] GONZÁLEZ, J. y WAGENAAR, R. (Editores) *Tuning educational structures in Europe*. Informe Final Fase I. Bilbao: Universidad de Deusto - Universidad de Groningen, 2003. Disponible en:  
[http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/spanish/doc\\_fase1/Tuning%20Educational.pdf](http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/spanish/doc_fase1/Tuning%20Educational.pdf)
- [3] AL-DAHMAN, M.H. *Computing in the Undergraduate Chemical Engineering Curriculum*, Chem. Eng. Ed., 1995, 29 (3), pp. 198
- [4] ABBAS, A. and AL-BASTAKI, N. *The Use of Software Tools for Chemical Engineering Education: Students' Evaluations*. Chem. Eng. Ed., 2002, 36 (3), pp. 236
- [5] PARULEKAR, S.J. *Numerical Problem Solving Using MathCad*. Chem. Eng. Ed., 2006, 40 (1), pp. 14
- [6] FOGLER, H.S. *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 4<sup>th</sup> Ed., Upper Saddle River N.J.: Prentice Hall PTR, 2006
- [7] FOGLER, H.S. and LEBLANC, S.E. *Strategies for Creative Problem Solving*, Upper Saddle River N.J.: Prentice Hall PTR, 1995