

**MEMORIA FINAL DE RESULTADOS  
PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE  
CURSO 2020-2021**

<b>Denominación del proyecto:</b> Aprendizaje cooperativo e integrado en Ingeniería Química mediante el juego del Cluedo
<b>Coordinadora del proyecto:</b> Prof. Dra. Eva María Martín del Valle ( <a href="mailto:emvalle@usal.es">emvalle@usal.es</a> ). Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Salamanca
<b>Participantes del proyecto:</b> Prof. Dra. María del Carmen Márquez Moreno ( <a href="mailto:mcm@usal.es">mcm@usal.es</a> ), Prof. Dr. Jesús María Rodríguez Sánchez ( <a href="mailto:jesusr@usal.es">jesusr@usal.es</a> ), Prof. Dr. Audelino Álvaro Navarro ( <a href="mailto:audea@usal.es">audea@usal.es</a> ), Dr. Antonio Tabernero de Paz ( <a href="mailto:antaber@usal.es">antaber@usal.es</a> ), Dr. Álvaro González-Garcinuño ( <a href="mailto:alvaro_gonzalez@usal.es">alvaro_gonzalez@usal.es</a> ).
<b>Fecha de la actividad:</b> jueves 29 de abril de 2021, 16,00 horas, en la Facultad de Ciencias Químicas.

## 1. Introducción

El grado en Ingeniería Química engloba muchas y diferentes asignaturas para intentar aportar a los estudiantes un amplio grado de conocimiento así como proveerlos de las herramientas necesarias para su desarrollo profesional.

El grado se organiza en cuatro cursos, donde el primero de ellos se centra en la formación en las materias básicas como las matemáticas, la informática, la física o la química general. En el segundo curso, se abordan los fundamentos de la ingeniería química con diferentes asignaturas que abarcan los contenidos de balances de materia y energía, mecánica de fluidos o transmisión de calor. El tercer y el cuarto curso, entran en profundidad en los contenidos más avanzados de esta disciplina, con los conceptos de tecnología de materiales, reactores, diseño de equipos e instalaciones, etc. Finalmente, en el segundo cuatrimestre de cuarto curso, se sitúa la asignatura “Proyectos en Ingeniería Química”, que es donde los estudiantes aprenden cómo elaborar un proyecto técnico en la industria química, y donde ponen en práctica, muchos de los conocimientos adquiridos durante el resto de la titulación.

El principal riesgo de un plan de estudios muy estructurado es la falta de interconexión entre contenidos de la titulación, y de esta forma se ofrece una visión de la Ingeniería

Química como si fuesen compartimentos estancos. Por esta razón, se plantea como necesaria la implantación de una actividad, que les aporte a los alumnos interconexión entre los contenidos. En este aspecto, sería también conveniente diseñar esa actividad de forma extra al programa académico reglado y a la vez lo suficientemente atractiva y motivadora, para que los estudiantes de último curso decidan realizarla voluntariamente.

En este sentido, la idea de implementar la gamificación en el Grado en Ingeniería Química surge por publicaciones previas realizadas por otras Universidades de España en esta área de conocimiento, donde demostraban que se aumentaba la motivación de los alumnos por medio de estas actividades, a la vez que se obtenían buenos resultados de aprendizaje. Las innovaciones docentes publicadas en esta línea, eran la mayoría actividades del tipo *escape-room*, y para dotar de novedad al proyecto de innovación docente, se decidió modificar la gamificación, planteando la investigación de un asesinato a partir de la resolución de problemas de diferentes materias de la titulación.

## **2. Descripción de la actividad**

### **a. Argumento y desarrollo**

Se plantea la resolución de un asesinato, siguiendo el famoso juego de mesa del CLUEDO, aunque con modificaciones y con movimiento por distintos módulos y laboratorios (pertenecientes al Departamento de Ingeniería Química) de la facultad para hacerlo más dinámico.

El argumento del juego es el siguiente: la profesora Andrés (una investigadora española que trabajó en el análisis técnico y económico de plantas químicas en los años 80) ha sido asesinada en la facultad. La policía ha encontrado el cuerpo sin vida de la profesora en el contenedor de la puerta de la Facultad pero no tiene más detalles sobre el caso. Un inspector de policía (uno de los profesores del proyecto de investigación) escribe un correo electrónico, haciéndose pasar por un investigador de una agencia (todo ello ficticio), a los alumnos tres días antes de la fecha planteada para la actividad, indicando lugar y hora de la prueba, así como las asignaturas involucradas para que puedan traer el material necesario.

La actividad tiene una duración prevista de 2 a 3 horas y comienza en un aula donde el inspector de policía les explica el caso, y les plantea sus sospechas. Tiene seis sospechosos como posibles asesinos (los profesores involucrados en el proyecto de innovación docente), seis posibles lugares donde fue asesinada (diferentes espacios de la facultad), y seis posibles armas homicidas (diferentes productos químicos cuya ingestión o inhalación resulta mortal).

Los estudiantes se dividieron en diez grupos de tres miembros cada uno, utilizando la misma distribución que para otros trabajos de la asignatura de Proyectos en Ingeniería Química. El ganador del juego es el equipo que resuelva las tres incógnitas (asesino, arma y lugar) en menor tiempo. El juego va combinando la resolución de problemas numéricos de diferentes asignaturas con averiguar diferentes pistas intuitivas que les indicaban a los estudiantes dónde acudir para conseguir los siguientes problemas numéricos. En la figura 1 se muestra un esquema de cómo es el desarrollo de la actividad y cómo estuvo organizada. Los alumnos deben resolver un total de cinco problemas numéricos y tres pistas intuitivas. Las asignaturas sobre las que versaban los problemas eran: mecánica de fluidos (ley de Newton), balances de materia (un proceso de recirculación), reactores químicos (un reactor de flujo pistón), operaciones de separación (una columna de destilación) y transmisión de calor (un proceso de convección). Los resultados les daban la información suficiente a los alumnos para resolver el crimen.

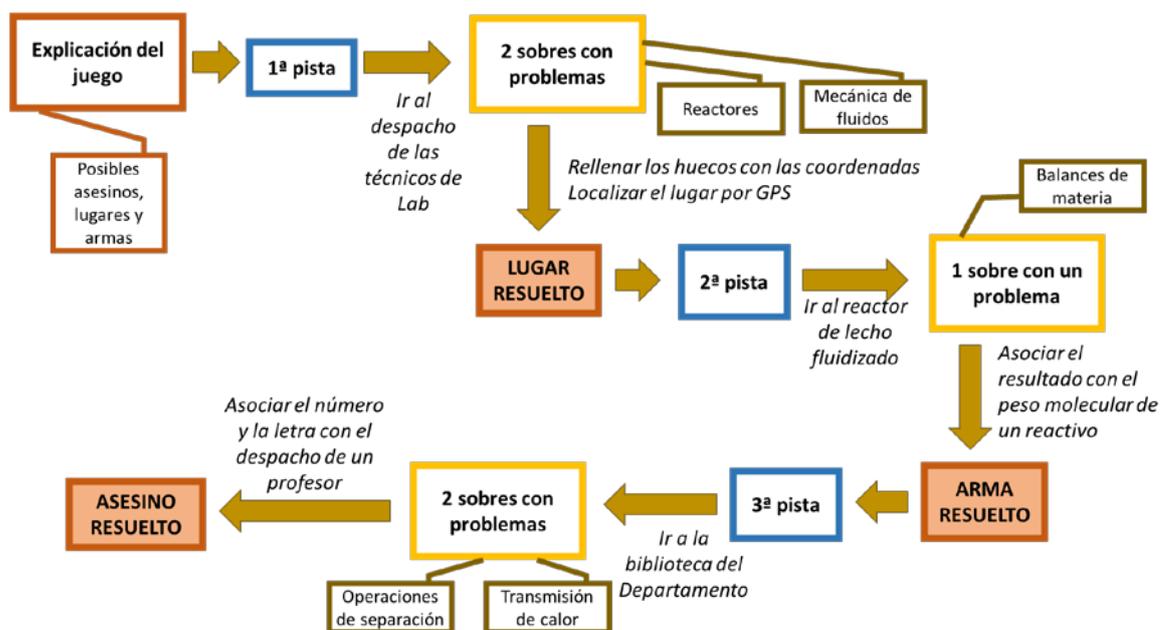


Figura 1: Esquema sobre cómo se desarrolla el juego de CLUEDO.

Particularmente, los problemas de operación de separación y de transmisión de calor servían para encontrar al asesino porque la combinación de esos números era el código del despacho del profesor que simulaba ser el asesino. Los problemas de reactores y de mecánica de fluidos ayudaban a encontrar el lugar, porque eran las coordenadas del Aula Magna de la facultad (que resultó ser el lugar del homicidio en el juego) y el problema de balances de materia servía para descifrar que el óxido de arsénico fue el producto utilizado para el asesinato (el resultado numérico era el peso molecular del compuesto). Los sobres con dichos problemas estaban localizados en tres espacios diferentes: despacho de los técnicos de laboratorio, planta piloto y en la Biblioteca del Departamento de Ingeniería Química. El enunciado de los problemas estaba en relación con la historia del asesinato de la Dra. Andrés.

Los problemas se debían resolver en la clase donde se encontraban los profesores responsables del proyecto de investigación, por si surgiesen dudas. Una vez resueltos todos los problemas, debían acudir al despacho del profesor/a para detenerlo y con ello finalizaba el juego. Cuando el grupo ganador resolvió el crimen por completo, los profesores anotaron el número de problemas al que había llegado cada grupo.

#### **b. Encuesta**

Los dos principales objetivos de la actividad de innovación docente son la motivación de los estudiantes, así como la integración del conocimiento adquirido a lo largo de todo el Grado en Ingeniería Química. Para evaluar el grado de consecución de estos objetivos, se distribuyó una encuesta a los estudiantes una semana después de la actividad. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

- 1) Evalúe del 1 al 5, la descripción del juego y la conexión entre las pistas
- 2) Evalúe del 1 al 5, la dificultad de los problemas numéricos
- 3) Seleccione el problema más sencillo
- 4) Seleccione el problema más difícil
- 5) Evalúe del 1 al 5 la atención prestada por los profesores en el aula
- 6) Evalúe del 1 al 5 cómo cree que esta actividad puede ayudar a reforzar los contenidos aprendidos a lo largo de todo el grado
- 7) ¿Recomendaría esta actividad a sus compañeros de cursos sucesivos? ¿Por qué?

8) Si la pregunta séptima es afirmativa, sugiera algunas mejoras para el año próximo.

En el encabezamiento del formulario se les indicaba igualmente la escala para asignar las valoraciones, siguiendo la escala de Licker donde 1 significa completamente en desacuerdo, 2 significa en desacuerdo, 3 significa neutral, 4 significa de acuerdo y 5 significa completamente de acuerdo.

La encuesta fue rellenada de forma completamente anónima y los profesores invitaron a los alumnos a rellenarla de una forma libre y sincera, para que pudiese resultar en mejoras para años sucesivos.

### **3. Resultados de la actividad**

A pesar de haberse planteado como una actividad completamente voluntaria dentro de la asignatura de Proyectos en Ingeniería Química, la participación de los estudiantes fue muy bueno, asistiendo a la actividad el 100% de los matriculados (30 sobre 30) y ninguno de ellos abandonó el juego durante su desarrollo. El grupo ganador empleó aproximadamente dos horas en resolver las tres incógnitas del asesinato. En ese momento, los demás grupos se encontraban en diferentes situaciones o grado de resolución de los problemas: tres grupos habían resuelto 4 problemas, cuatro grupos habían resuelto 3 problemas y dos grupos habían resuelto 2 problemas solamente.

La mayoría de los grupos emplearon poco tiempo en resolver las pistas y encontraron fácilmente la localización de los sobres. La mayor parte del tiempo la dedicaron a resolver los problemas numéricos.

Una semana más tarde los estudiantes respondieron a la encuesta que se ha descrito en el apartado anterior. La participación en la encuesta volvió a ser del 100% y los resultados obtenidos se muestran en las figuras 2 y 3.

La figura 2 muestra la puntuación media de las preguntas 1, 2, 5 y 6; y la figura 3 muestra la respuesta sobre la facilidad o dificultad de los problemas según temática (preguntas 3 y 4).

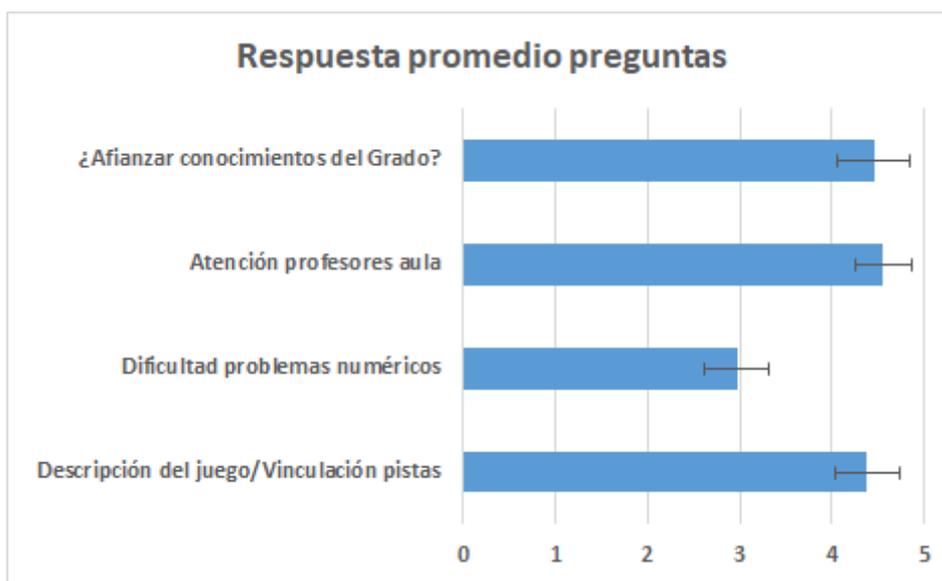


Figura 2: Valoración promedio en respuesta a las preguntas de la encuesta por parte de los alumnos.

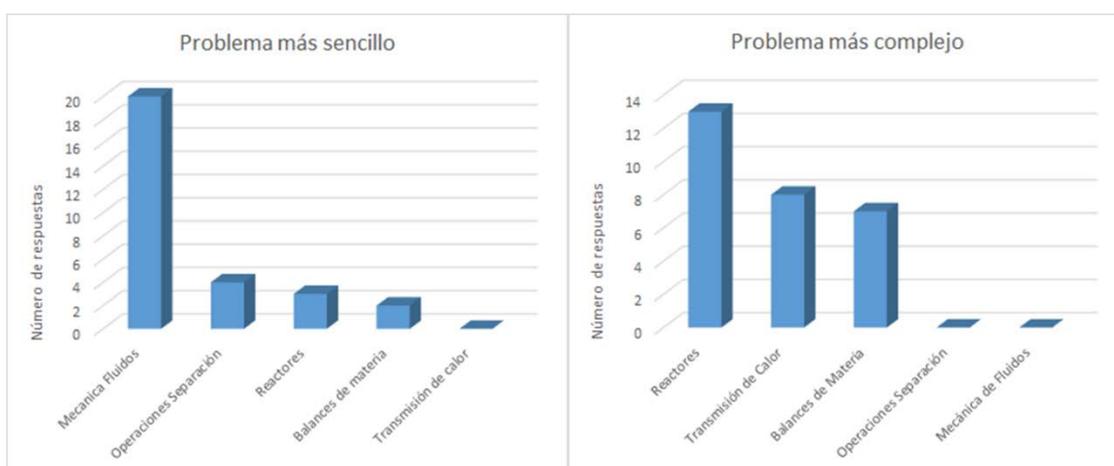


Figura 3: Problema más sencillo y más complejo considerado por los alumnos en la encuesta

La figura 2 muestra cómo los estudiantes consideraron que esta actividad les resultó útil para consolidar muchos conceptos aprendidos durante el grado en Ingeniería Química (el 90% de los estudiantes asignaron cuatro o cinco puntos en esta pregunta, con un promedio de 4,45 sobre 5. Además, la atención por parte de los profesores presentes en el aula para las pistas o los problemas fue también evaluada positivamente, donde más del 95% asignaron valores de 4 o 5 a esta cuestión.

Las respuestas sobre la dificultad de los problemas fueron más variables, donde ninguno de los alumnos valoró con las puntuaciones extremas (uno o cinco), y el valor de la moda resultó en tres. Además, en cuatro de las encuestas, en la sección de comentarios libres, los estudiantes recomendaron aumentar la dificultad de los problemas. Esto podría indicar que esta actividad motivaría a los alumnos incluso para tareas más complicadas. Finalmente, la figura 2 recoge la respuesta sobre la interconexión de las pruebas y la descripción del juego, con una puntuación promedio de 4,38 sobre 5.

Por otra parte, la figura 3 recoge las respuestas sobre el nivel de dificultad de los problemas según la temática. En el caso del problema más sencillo, destacan sobre el resto las respuestas relacionadas con el problema sobre la Ley de Newton de Mecánica de Fluidos. Igualmente, si observamos el tiempo empleado por los grupos para resolver cada problema, se confirma que en la resolución de éste, fue en el que menos tiempo emplearon.

Atendiendo ahora al problema más complejo, hay un poco más de variedad en las respuestas con una posición predominante del problema de reactor de flujo pistón (14 sobre 30) y un número importante de alumnos que indicaron que los más difíciles fueron los problemas de transmisión de calor (8 sobre 30) y sobre balances de materia (7 sobre 30). Existió unanimidad en el caso de los problemas de Operaciones de Separación o Mecánica de Fluidos, y nadie los marcó como los más difíciles. Igual que en el caso anterior, se comprobó también que estos tres problemas fueron los que más tiempo requirieron para ser resueltos por parte de los alumnos.

Finalmente, las preguntas 7 y 8, que son de tipo abierto arrojaron los siguientes resultados. Todos los estudiantes recomendarían esta actividad a sus compañeros para años sucesivos (pregunta 7) y las razones que dan son variadas. Un total de 16 personas recomendaría la actividad porque lo consideran como una buena forma de poner en práctica algunos aspectos teóricos aprendidos durante los años del grado universitario y como una actividad interesante con la que reforzar los conocimientos aprendidos. Otras respuestas destacaban la novedad de la actividad, el carácter distendido de la misma o la posibilidad de mejorar la relación entre profesores y alumnos.

Sobre la pregunta 8, se recogieron algunas sugerencias de cambios para repetir la actividad en años sucesivos. Lo más habitual era señalar que se podían traer los apuntes de las asignaturas de una forma más clara, y no de una forma más superficial en el correo electrónico enviado días antes. Como se mencionó anteriormente, otros recomendaban incrementar la dificultad de las pistas y los problemas, o aumentar el número de pistas para prolongar la duración del juego.

#### **4. Conclusiones**

Resumiendo lo expuesto anteriormente, la actividad de innovación docente “*Aprendizaje cooperativo e integrado en Ingeniería Química mediante el juego del Cluedo*” se ha desarrollado con éxito y ha conseguido los objetivos que se planteó en un inicio: aumentar la motivación de los estudiantes y proporcionar una plataforma que permitiese la integración de los conocimientos adquiridos durante el grado en Ingeniería Química. En base a la ejecución, y recogiendo la opinión de los alumnos, ambos objetivos se han conseguido de forma muy satisfactoria. Los estudiantes recomiendan repetir la actividad en años sucesivos y podría suponer de esta forma, una actividad recurrente que integre dentro de la docencia del Grado, la gamificación como metodología educativa también en áreas técnicas como la Ingeniería Química.