

## APRENDIZAJE COLABORATIVO EN INGENIERÍA QUÍMICA

---

CARLOS BENGOCHEA RUIZ  
*Universidad de Sevilla*

ESTEFANÍA ÁLVAREZ CASTILLO  
*Universidad de Sevilla*

MANUEL FÉLIX ÁNGEL  
*Universidad de Sevilla*

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las competencias asignadas a la asignatura de Ingeniería Química, dentro del currículo a seguir por los estudiantes del Grado de Química, ha demostrado resultar complejo y difícil para el estudiante. Los motivos que se esconden detrás de la citada complejidad pueden ser varios, tales como: un plan de estudios fundamentalmente basado en áreas que se engloban dentro de una química fundamental, una alta densidad de conceptos teóricos desconocidos para el alumno hasta ese momento, o una elevada cantidad de actividades a realizar durante el curso para seguir la evaluación continua de las diferentes asignaturas. En cualquier caso, la asignatura tiene como objeto desarrollar las competencias que se les tiene asignada.

Desde primavera del 2020, a las dificultades señaladas, cabe añadir la difícil situación en la que se encuentran las instituciones educativas a nivel global como consecuencia de la pandemia mundial provocada por el COVID-19, a causa del coronavirus causante del síndrome respiratorio agudo severo SARS-CoV-2. Durante la pandemia, el uso de herramientas educativas a distancia se ha visto promocionado de manera excepcional. Aunque el e-learning, aprendizaje a distancia o en línea, no es un concepto nuevo, ha significado un cambio obligado del modelo tradicional de enseñanza en el aula para muchos docentes. Existe

evidencia de que, siempre que los estudiantes tengan acceso a la tecnología adecuada, el aprendizaje en línea puede ser incluso más efectivo que el aprendizaje presencial. Así, algunas investigaciones muestran que, en promedio, los estudiantes retienen entre un 25 y un 60 % más que cuando reciben la docencia en un aula, donde la retención de conceptos se sitúa entre el 8 y el 10 % (Li & Lalani, 2020). Esto se debe principalmente a que los estudiantes pueden aprender más rápido en línea, necesitando entre un 40% y un 60% menos de tiempo para aprender, gracias a que a través de esta modalidad los estudiantes pueden aprender a su propio ritmo, volviendo atrás y releendo el material didáctico, saltando o acelerando los conceptos que ellos mismos elijan. Son evidentes por tanto las virtudes del aprendizaje a distancia, que muestra una mayor flexibilidad.

Este aprendizaje puede ser tanto sincrónico como asincrónico. El entorno de aprendizaje sincrónico se realiza de forma que los estudiantes asisten a conferencias en vivo, donde hay posibilidad de interacción en tiempo real entre educadores y alumnos, además de la posibilidad de retroalimentación instantánea. A diferencia de los entornos de aprendizaje asincrónico, esta interacción no ocurre de manera tan adecuada, ya que el contenido de aprendizaje no está disponible en forma de conferencias o clases en vivo, sino que está disponible posteriormente en diferentes foros y sistemas de aprendizaje. Por tanto, la retroalimentación instantánea y la respuesta inmediata no son posibles en un entorno de este tipo (Littlefield, 2018). El aprendizaje sincrónico puede brindar muchas oportunidades para la interacción social, incluido un entorno de aprendizaje como es la Universidad (McBrien et al., 2009). En el contexto de la pandemia mundial que existe actualmente, se necesitan plataformas en línea donde (1) sea posible realizar videoconferencias con un número adecuado de estudiantes (alrededor de 50), (2) se puedan llevar a cabo debates con los estudiantes de forma que se consiga que las clases sean bidireccionales y dinámicas, lográndose una retroalimentación instantánea con los estudiantes (3) las conexiones a internet sean buenas, (4) las conferencias sean accesibles no solo en ordenadores portátiles sino también desde teléfonos móviles y tabletas digitales,

y (5) posibilidad de ver conferencias ya grabadas disponibles en un repositorio (Basilaia, 2020).

En las últimas décadas, ha aumentado en la sociedad la necesidad del pensamiento y trabajo conjunto para determinados temas de interés. De esta forma, se ha puesto especial foco en la importancia del trabajo en grupo, haciendo un cambio desde la independencia a la comunidad (Laal & Ghodsi, 2012).

Es por ello que en los procesos enseñanza-aprendizaje llevados a cabo se ha puesto énfasis en el Aprendizaje Colaborativo para el que existe una falta de consenso sobre su definición (Jenni & Mauriel, 2004). El Aprendizaje Colaborativo se podría definir como un enfoque educativo para la enseñanza y el aprendizaje que involucra a grupos de estudiantes que trabajan juntos para resolver un problema, completar una tarea o crear un producto (Laal & Laal, 2012). En dicho entorno, los estudiantes se enfrentan a desafíos tanto sociales como emocionales a medida que analizan perspectivas y se les exige que articulen y defiendan de una forma común sus ideas. Por todo ello, el Aprendizaje Colaborativo se aleja de las conocidas como clases magistrales tradicionales, al fomentar la discusión con los estudiantes y el trabajo activo con el material del curso, sin desaparecer por completo el proceso de lectura/escucha/toma de apuntes. Los profesores que adoptan este tipo de enfoque son más diseñadores de experiencias intelectuales para los estudiantes que expertos transmisores de conocimientos (Smith & MacGregor, 1992).

Hay evidencias sobre los beneficios del trabajo cooperativo revelando que se logran niveles más altos de pensamiento y se retiene información por más tiempo que cuando los estudiantes trabajan individualmente. El aprendizaje colaborativo, en comparación con los esfuerzos competitivos e individualistas, tiene numerosos beneficios y, por lo general, da como resultado un mayor logro y una mayor productividad, relaciones más afectuosas, de apoyo y comprometidas. Este hecho conlleva también mayor salud psicológica, competencia social y autoestima (Laal & Ghodsi, 2012).

Dentro de la investigación sobre educación en ingeniería, se han establecido cinco áreas (Steering Committee National Engineering Education Research Colloquies, 2006):

- Área 1. Epistemologías de ingeniería: investigación sobre lo que constituye la ingeniería y pensamiento y conocimiento dentro de los contextos sociales actuales y futuros.
- Área 2. Mecanismos de aprendizaje de ingeniería: investigación sobre estudiantes de ingeniería y su forma de desarrollar conocimientos y competencias en determinados contextos.
- Área 3. Sistemas de aprendizaje de ingeniería: investigación sobre la cultura instruccional, infraestructura institucional y epistemología de los educadores en ingeniería.
- Área 4. Diversidad e inclusión de la ingeniería: investigación sobre la diversidad talentos que aportan soluciones a los desafíos sociales y globales y la relevancia de la profesión.
- Área 5. Evaluación de ingeniería: investigación y desarrollo de evaluación, incluyendo metodologías, instrumentos y sistemas de medida para informar y aprender de la práctica de la educación en ingeniería.

El presente estudio de investigación educativa se centrará principalmente en las áreas 2 y 3, al tratar de desarrollar la adquisición de competencias de ingeniería química a través del establecimiento de tutorías grupales para desarrollar conceptos cuya comprensión pueda entrañar cierta dificultad a los estudiantes. Dentro de las áreas 2 y 3, deberían responderse preguntas como las siguientes (Wankat, 2009):

Área 2- Mecanismos de aprendizaje.

- ¿Cómo adquieren, comprenden y sintetizan conceptos tales como balances de masa y energía, diseño de reactores químicos o separaciones los estudiantes la ingeniería química?
- ¿Qué barreras impiden que los estudiantes comprendan los balances de materia y energía de mezclas reactivas?

- Área 3- Sistemas de aprendizaje.
- ¿Qué métodos de enseñanza son los mejores para que el alumnado de ingeniería química comprenda diferentes conceptos de ingeniería como procesos de separación?
- ¿Cuál es la mejor forma de enseñar diseño de ingeniería química?
- ¿Cuánta ayuda es óptima para maximizar el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería química?
- ¿Cómo hacemos la mejora continua de un programa de ingeniería química?

Es sabido que el rol del profesor o tutor es importante para garantizar el éxito de los procesos de e-learning. El profesor no debe ser un mero transmisor de conocimiento (relacionado con el aprendizaje tradicional), sino que también se convierte en el organizador y facilitador del aprendizaje, impulsando y guiando a través de la construcción de los entornos adecuados que permite tanto el desarrollo individual como la interacción social (Silva Quiroz, 2010). En el presente trabajo se plantea la propuesta de tutorías grupales en modo virtual (e-learning) en las que se procederá a la resolución de casos prácticos relacionados con las operaciones básicas de la ingeniería química (transferencia de cantidad de movimiento, transferencia de calor, transferencia de materia) y con el diseño de reactores. Además, dentro de esas tutorías grupales, se propone la resolución de balances de materia y energía asociados a procesos químicos industriales.

## 2. OBJETIVOS

El presente estudio se ha realizado en la asignatura Ingeniería Química perteneciente al tercer curso del Grado de Química impartido en la Universidad de Sevilla (España). La asignatura “Ingeniería Química” es una asignatura obligatoria de 9 créditos ECTS estructurada tal y como se indica en la Tabla 1.

**TABLA 1.** Reparto de horas de la asignatura Ingeniería Química en la Universidad de Sevilla (Grado de Química)

<b>Ingeniería Química 9ECTS Obligatoria Teoría + Seminario (Problemas) + Prácticas</b>			
	Horas presenciales	h/semana semestre	Horas no presenciales
Clases de pizarra <i>Grupo Docente</i>	43	2,9	82
Clases de pizarra <i>Grupo reducido</i>	12	0,8	25,5
Laboratorio	20	1,3	20
<b>TOTALES</b>	<b>75</b>		<b>150</b>

Fuente: Elaboración propia

Se trata de la primera asignatura dentro del área de ingeniería química impartida en el grado de química. Posteriormente, el alumno deberá superar otras asignaturas de la misma área de conocimiento, como la asignatura obligatoria “Redacción y Ejecución de Proyectos”, o la asignatura optativa “Química Industrial”, ambas de cuarto curso.

Se plantea aplicar la metodología de Aprendizaje Colaborativo con los siguientes objetivos específicos:

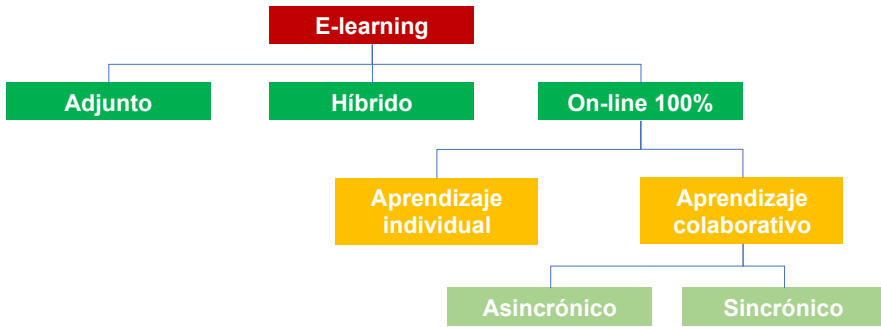
- Fomentar la comprensión de conceptos relacionados con la ingeniería a partir de la resolución de casos prácticos y de balances de materia y energía
- Uso de Aprendizaje Colaborativo mediante la programación de tutorías grupales a distancia
- Evaluación de la metodología sincrónica y asincrónica en las tutorías grupales

### 3. METODOLOGÍA

Como se ha comentado anteriormente, se plantea el uso del Aprendizaje Colaborativo, con el objeto que los estudiantes puedan acceder de manera dinámica a la resolución de casos prácticos y balances dentro de la asignatura Ingeniería Química. El presente estudio se ha realizado en el curso 2020/21, en plena pandemia mundial por el COVID-19, lo cual ha impulsado de manera extraordinaria la implantación de nuevas tecnologías, no sólo en el sector educativo. Así, las tecnologías que permiten la enseñanza virtual han sido esenciales para facilitar la continuidad del proceso educativo desde el curso anterior. A pesar de ello, alumnos y profesores han expresado también la importancia del uso de métodos de enseñanza que impliquen la interacción profesor-alumno dentro de una misma aula.

Es necesario, por tanto, encontrar el equilibrio entre una metodología más tradicional con otras basadas en la enseñanza a distancia o e-learning. El uso del e-learning en las instituciones de educación superior ha mejorado enormemente el acceso del alumno a la información y ha proporcionado un entorno rico para compartir diferentes puntos de vista y fomentar el aprendizaje colaborativo entre los estudiantes, lo que resulta en una mejora de los estándares académicos. Algunos autores sugieren que la necesidad de la implantación del e-learning en la educación superior debe ser evaluada convenientemente para disfrutar de sus beneficios en la máxima medida posible, siempre que los requisitos técnicos se cumplan (Sandhya & Benarjee, 2020).

**FIGURA 1.** Esquema de las diferentes modalidades de e-learning disponibles



Fuente: Elaboración propia

En la figura 1 aparecen clasificados los diferentes modalidades para llevar a cabo el e-learning (Algahtani, 2011). La primera de ellas es aquella en la que el e-learning se usa como adjunto, de forma que actúa como un asistente a la clase tradicional, ofreciendo una relativa independencia al alumno. La segunda es la metodología mixta, en la que el proceso de enseñanza-aprendizaje es compartido entre el aprendizaje tradicional y el e-learning en el aula. Por último, la tercera forma es aquella en la que se lleva a cabo el e-learning totalmente online, sin interacción en el aula ni participación del aprendizaje tradicional, en el que la independencia del alumno es máxima. Este tercer modelo se divide en aprendizaje individual y colaborativo, y esta segunda opción se subdivide nuevamente en aprendizaje sincrónico y asincrónico (Algahtani, 2011).

Entre las ventajas que tiene la adopción del e-learning en la educación destacan las siguientes (Arkorful & Abaidoo, 2014):

- Flexibilidad. La adopción del e-learning proporciona a las instituciones, así como a sus estudiantes, mucha flexibilidad de tiempo y lugar de entrega o recepción de acuerdo con la información de aprendizaje.
- Eficacia. El e-learning mejora la eficacia de los conocimientos y las calificaciones mediante la facilidad de acceso a una gran cantidad de información.



- Capacidad de integración. El e-learning ayuda a eliminar las barreras que tienen el potencial de obstaculizar la participación, incluido el miedo a hablar con otros estudiantes, motivando a los estudiantes a interactuar con otros, así como a intercambiar y respetar diferentes puntos de vista. También facilita la comunicación y mejora las relaciones que sustentan el aprendizaje.
- Rentabilidad. El e-learning es rentable tanto en el sentido de que no hay necesidad de que los estudiantes o los alumnos se desplacen como en que ofrece oportunidades de aprendizaje para un número considerable de alumnos sin necesidad de infraestructura civil. Además, puede ayudar a compensar la escasez de personal académico de algunas universidades.
- Personalizable. El e-learning siempre tiene en cuenta la diversidad entre los alumnos, puesto que algunos alumnos, por ejemplo, prefieren concentrarse en determinadas partes del curso, mientras que otros prefieren centrarse en la totalidad del curso. Además, mediante esta metodología se puede proveer de diversas herramientas y que los alumnos empleen las que mejor se adecuen a sus necesidades. Facilita, por tanto, que cada estudiante avance a su propio ritmo y velocidad, ya sea lento o rápido. Por tanto, aumenta la satisfacción y disminuye el estrés.

Sin embargo, es necesario señalar también las posibles desventajas del e-learning (Arkorful & Abaidoo, 2014), entre las que se incluyen las siguientes:

- Sensación de ausencia de interacción. Precisa de una inspiración muy fuerte, así como habilidades en la gestión del tiempo y la reducción de interrupciones constantes que lacren la concentración del alumnado.
- Menos efectivo en resolución de dudas. el método de aprendizaje electrónico puede ser menos efectivo que el método tradicional de aprendizaje. El proceso de aprendizaje,

especialmente con respecto a las aclaraciones, explicaciones, e interpretaciones, es mucho más fácil con el uso de encuentros cara a cara entre instructores y alumnos.

- Efecto negativo en desarrollo de habilidades de comunicación de los alumnos. Aunque los estudiantes puedan tener un excelente conocimiento académico, es posible que no posean las habilidades necesarias para transmitir los conocimientos adquiridos a otros.
- Dificil control de fraude. Dado que las pruebas de evaluación en e-learning posiblemente se hagan en remoto, será difícil, controlar el fraude en las actividades de evaluación online.
- Fácil plagio del material educativo. El e-learning puede inducir al plagio del material docente elaborado por un profesor, así como promover copiar y pegar partes de documentos debido a su gran facilidad.
- Deterioro de la función socializadora de las instituciones. Además, la función de los instructores como directores del proceso educativo puede quedar dañada.
- Dificil aplicación en ciertos campos. Por ejemplo, los campos puramente científicos que incluyen prácticas no pueden estudiarse adecuadamente a través del e-learning de manera exclusiva. Diferentes estudios han argumentado que el e-learning es más apropiado en ciencias sociales y humanidades que en campos como la ciencia médica y la farmacia, donde existe la necesidad de desarrollar habilidades prácticas.
- Congestión de algunos sitios web. Esto puede generar costos imprevistos sobre todo en tiempo, pero también económicas.

Como se describe en la Tabla 1, el contenido de la asignatura se reparte entre: clases de teoría, donde se desarrollan los conceptos teóricos fundamentales (43 h); clases de seminarios (12 h), donde se enseña la resolución de diferentes balances de materia y energía de diferentes procesos químicos industriales; y prácticas de laboratorio (20 h), donde el

alumno realiza experiencias prácticas a escala de laboratorio relacionadas con las operaciones básicas y cinética aplicada al diseño de reactores descritos en la parte teórica de la asignatura.

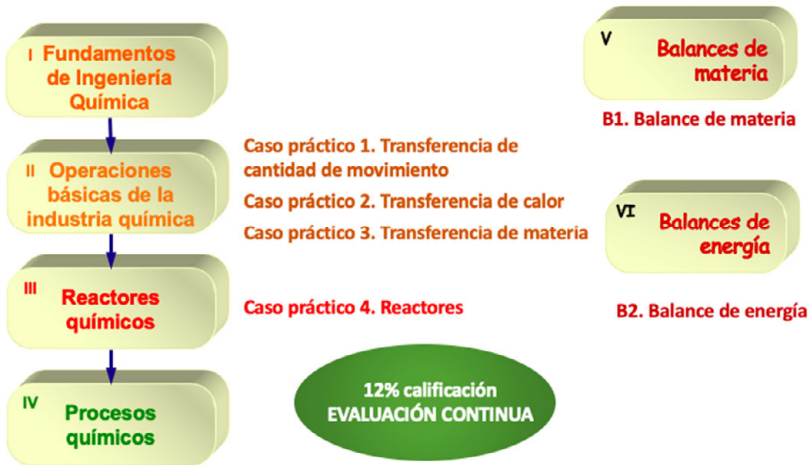
Dentro de la asignatura, se plantean dos tipos de evaluaciones:

- Evaluación continua
- Evaluación única

Los alumnos pueden decidir qué tipo de evaluación quieren seguir, aunque en caso de no superar la asignatura por evaluación continua, pueden optar a la evaluación única a través de un examen final que engloba todas las partes de la asignatura.

Para superar la asignatura a través de la evaluación continua, los alumnos deben resolver y entregar dentro de los plazos establecidos tres casos prácticos y dos balances. Los tres casos prácticos versarán sobre cada uno de los bloques de operaciones básicas que aparecen en el temario de la asignatura: flujo de fluidos, transferencia de calor y transferencia de materia. Los dos balances propuestos serán un primero de materia y un segundo de energía. El plazo de entrega para cada actividad será de 2 semanas desde la entrega del enunciado correspondiente. Para poder optar a un examen previo deben haber entregado resueltas todas las actividades propuestas. En la Figura 2 se recogen las actividades de evaluación continua propuestas asociadas a los diferentes bloques de la asignatura. Se puede observar que se proponen 3 casos prácticos correspondientes al bloque II del contenido teórico (Operaciones Básicas de la Industria Química) y 1 caso práctico para el bloque III (Reactores Químicos). Además, dentro del bloque de seminarios de grupos reducidos, se proponen 2 balances, uno de materia y otro de energía, correspondientes a los bloques V y VI de la asignatura. La evaluación de esas actividades podrá suponer hasta el 12 % de la calificación global del alumno que opte a la evaluación continua. El 8% de esa calificación recae en la evaluación del informe entregado de las prácticas de laboratorio realizadas de manera presencial. El 80 % restante corresponde a la calificación obtenida en la prueba de evaluación realizada al final del curso.

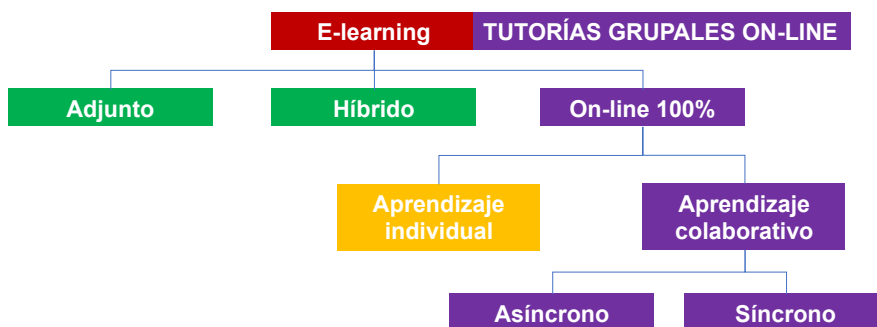
FIGURA 2. Casos prácticos y balances evaluados en la evaluación continua.



Fuente: Elaboración propia

Es importante que el alumno sea consciente de los posibles errores cometidos en la resolución de las actividades entregadas de forma que pueda solventarlos y profundizar en el aprendizaje de conceptos que quizá no ha tenido tiempo de adquirir de manera correcta en el momento de la entrega. Con ese objetivo en mente, se programan tutorías grupales virtuales tras la fecha de entrega para resolver de manera dinámica los casos prácticos y los balances propuestos. La asistencia a dichas tutorías grupales, a diferencia de las prácticas de laboratorio o los seminarios de problemas, será voluntaria.

**FIGURA 3.** Propuesta de tutorías grupales como método de e-learning seguida en presente estudio (color violeta)



Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta parte de las respuestas dadas por los estudiantes a un cuestionario inicial que contenía las siguientes preguntas:

- Escribe 3 palabras que se te vengan a la cabeza cuando piensas en la materia Ingeniería Química
- En caso de que no hubiera restricciones por el COVID ¿preferirías clases virtuales o presenciales? ¿por qué?
- Valora la complejidad que te sugiere la asignatura de 1 a 5 (1: Poco compleja; 5: Muy compleja)

Al analizar las respuestas de los alumnos, se observó que dos palabras eran con diferencia las más repetidas en la primera pregunta: reactores e industria. Estas palabras engloban conceptos incluidos en la Ingeniería química, resultando, por tanto, que el alumno posee al inicio ideas correctas, pero quizás algo abstractas. Esto podría deberse a que es la primera vez en el Grado que se enfrentan al área de ingeniería química, al impartirse la asignatura en el tercer curso, tras haber recibido clases de materias como Química Física, y Química Orgánica.

En cuanto a la preferencia por las clases teóricas virtuales o presenciales, la totalidad de los estudiantes se decantó por clases presenciales. Entre los motivos argumentados para su elección se encontraron la dificultad para mantener la atención en un curso virtual o para compatibilizar clases presenciales con virtuales en un modelo híbrido.

La puntuación media asignada por los estudiantes a la complejidad de la asignatura en función a las ideas previas que tiene de la misma fue de 4,3, lo cual indica que el estudiante se inicia en la asignatura con la idea de que se enfrenta a contenidos que entrañan dificultad en su asimilación, lo cual puede estar asociado a que es la primera asignatura del área de ingeniería química, como se ha comentado anteriormente.

En el estudio llevado a cabo se ha utilizado la herramienta Blackboard Collaborate (Blackboard Inc, EE.UU.) para la resolución de las actividades. Blackboard Collaborate se integra dentro de la plataforma de e-learning Blackboard. Una plataforma de e-learning o aprendizaje en línea es un conjunto integrado de servicios disponibles para el alumno en línea, estos servicios interactivos brindan a los profesores, estudiantes y otras personas involucradas en la educación información, herramientas y recursos que apoyan y mejoran el proceso de enseñanza-aprendizaje (Fernández-Pampillón Cesteros, 2009). A través de esta plataforma. Para la realización de las clases virtuales, se ha procedido a compartir la pantalla y a través de una tableta digital se ha resuelto cada caso práctico paso a paso, preguntando en cada momento a los estudiantes cómo han afrontado ellos el problema. En caso de que se hayan corregido los casos prácticos y balances antes de la tutoría grupal, se comentarán los principales errores cometidos en la resolución por el alumnado. Así, se ha prestado especial atención a que se establezcan relaciones entre todos los participantes de las tutorías programadas, promoviendo su participación y resolviendo todas las dudas que se planteaban durante el desarrollo de las mismas. La motivación de los alumnos ha sido un objetivo básico de las tutorías, sobre todo cuando se enfrentan a los propios errores cometidos en la actividad entregada.

#### 4. RESULTADOS

En este apartado se recogen los resultados de la metodología de tutorías grupales seguida dentro de una estrategia de aprendizaje colaborativo. Tras las dos semanas establecidas como plazo de entrega de cada actividad de evaluación continua, se acordó una fecha para la tutoría grupal correspondiente. En la fecha programada, la actividad se resolvió

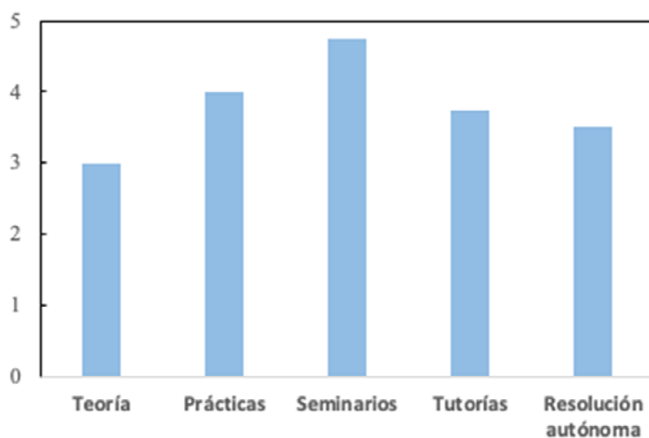
virtualmente bien de manera asincrónica o sincrónica. Cuando se hace de forma asincrónica, se alojó en la plataforma un video o un archivo en el que se indicó la resolución de manera descriptiva, paso a paso, del caso práctico o balance. Mientras que, si se hizo de manera sincrónica, se utilizó la herramienta Blackboard Collaborate mediante la que se compartió la pantalla y a través de una tableta digital a modo de pizarra virtual se resolvió el caso práctico o balance de manera interactiva, haciendo preguntas a cada paso y preguntando las dificultades encontradas. La elección entre el modo sincrónico o asincrónico ha venido determinada por la posibilidad de encontrar un horario que fuera compatible para todos los alumnos y el profesorado con el resto de sus responsabilidades en el Grado. Este hecho destaca la flexibilidad que permite la enseñanza virtual. Durante el curso 2020/21, se programaron cinco sesiones de tutorías virtuales dedicadas a la resolución de las actividades de evaluación continua. De las cinco sesiones, tres fueron sincrónicas (correspondientes a los casos prácticos de transferencia de cantidad de movimiento, transferencia de calor y al balance de materia), y dos fueron asincrónicas (correspondientes a los casos prácticos de transferencia de materia y diseño de reactores). El balance de energía no se planteó dentro de las tutorías grupales puesto que su fecha de entrega era posterior a la fecha programada por el centro para la prueba de evaluación continua.

Al finalizar el curso, se repitió a los alumnos la pregunta 1 del cuestionario que se hizo al inicio del curso sobre los conceptos que asociaban a la ingeniería química. Una vez finalizado el curso, destaca por una parte la aparición de términos mucho más concretos como “fluidos” o “balance”. Por otra parte, en las respuestas encontradas a esa misma pregunta, algunos alumnos aprovecharon para manifestar la dificultad encontrada en el desarrollo de la asignatura, así como la intensidad en la entrega de actividades de evaluación continua.

No obstante, a pesar de la dificultad encontrada, cuando se les pidió que valoraran de 0 a 5 la parte de la asignatura que les había permitido adquirir de mejor forma los conceptos de la asignatura (Figura 4), los alumnos calificaron de manera positiva la asignatura en su totalidad, al tener todas las partes una puntuación igual o superior a 3. Los alumnos

consideraron que las clases teóricas fueron las menos útiles en la adquisición de conocimiento (3 de 5), mientras que las clases de seminarios de grupos reducidos obtuvieron la máxima calificación (4,75 de 5). Las prácticas de laboratorio, las tutorías y la resolución autónoma de las actividades por el alumno tuvieron una calificación similar, con un promedio de 3,75 de 5.

**FIGURA 4.** Valoración de 0 a 5 como medio de adquisición de por parte del alumnado de las diferentes partes de la asignatura



Fuente: Elaboración propia

## 5. DISCUSIÓN

En primer lugar, es necesario resaltar como el hecho de que el proceso educativo se haya visto interrumpido a nivel mundial debido a la pandemia de COVID-19 ha dejado patente que el e-learning es cada vez más necesario e importante en la educación (Alqahtani & Rajkhan, 2020). No obstante, y a pesar de la necesidad imperiosa que han tenido los centros educativos de reinventarse y adaptarse a la situación actual, es patente que tanto la relación estudiante-profesor como la estudiante-estudiante, presentes en la modalidad presencial, no pueden ser sustituida por los métodos de e-learning.

Cabe indicar cómo en las respuestas dadas por los alumnos al final del curso académico a la pregunta 1, se obtienen términos más específicos



que al principio del mismo. Esto sugiere que a grandes rasgos el proceso de enseñanza-aprendizaje ha conseguido concretar al menos la idea más abstracta que tenían al inicio. Por otra parte, si se analizan las respuestas dadas por los alumnos en la valoración de las diferentes formas de adquisición de conocimiento (Figura 4), se observa una clara preferencia de estos por el aprendizaje basado en la resolución de problemas frente a las clases teóricas, siendo éstas las peor valoradas. Es importante resaltar como la metodología de tutorías online propuesto en el presente estudio ha resultado valorada positivamente (3,75 de 5). Esto pone de manifiesto el atractivo de esta herramienta de aprendizaje colaborativo. En el estudio realizado, el aprendizaje colaborativo ha tenido lugar durante las tutorías grupales al haber existido una interacción y ayuda entre el grupo de estudiantes para aprender. Ello no se reduce a que los estudiantes hablen entre ellos mientras hacen sus tareas individuales, ya sea en el aula de manera presencial o virtualmente a través de sus dispositivos móviles. Tampoco resulta de la realización de las tareas individualmente para que luego, los que terminan primero ayuden a los que aún no han terminado. Y obviamente queda fuera del aprendizaje colaborativo aquel trabajo en grupo en el que uno o unos pocos estudiantes hacen todo el trabajo, mientras que los demás añaden sus nombres al informe entregado (Laal & Laal, 2012). Aunque las tutorías grupales realizadas, como estrategia de aprendizaje colaborativo, hayan resultado satisfactorias, es necesario señalar que es complicado generalizar y encontrar un único modelo aplicable a todos los procesos de tutorización que se pueden dar en e-learning. En este sentido, otros autores ya han señalado que cada caso, cada curso, cada grupo y cada contexto, tiene sus peculiaridades que lo hacen único y diferente (Llorente Cejudo, 2006).

Por otra parte, tras recibir las opiniones del alumnado en cuanto a lo intenso que les resulta la entrega de varias actividades, que se les antoja excesiva, se plantea como experiencia para próximos cursos reducir su número. Con ello se pretende aliviar la sensación de hartazgo manifestada por los alumnos, la cual puede resultar contraproducente al poder tener como consecuencia el abandono de la evaluación continua o, en el peor escenario, de la asignatura en su primera convocatoria. En

concreto desaparecería la entrega de los casos prácticos, siendo sustituida por cuestionarios virtuales para evaluar la adquisición de conocimiento tras la resolución de los problemas (que como se ha indicado anteriormente, esta vez no deberán ser entregados). Es importante indicar que, aunque no se les exija la entrega de su resolución, la propuesta de casos prácticos se mantiene, ya que resultan esenciales para darles una visión práctica de los contenidos desarrollados en las clases de teoría. La resolución por parte de los alumnos de los casos prácticos y balances les permitirá facilitar la mejor comprensión de conceptos ingenieriles y sobre todo dar un enfoque práctico a la teoría de la asignatura. No obstante, se mantendrían las tutorías grupales virtuales, que han encontrado una buena aceptación.

## 6. CONCLUSIONES

A lo largo de la experiencia realizada, tanto docentes como alumnos han destacado la importancia de la presencialidad en la impartición de la docencia de las clases teóricas de la asignatura. Esto queda justificado en vista de una mayor facilidad para incentivar la concentración en el contenido impartido, así como una interacción profesor-estudiante más directa y efectiva.

La propuesta del presente estudio consistente principalmente en la programación de tutorías grupales a distancia a través de una plataforma de e-learning, tanto en su variante sincrónica como asincrónica, ha resultado valorada positivamente por el alumnado. La resolución de los casos prácticos y balances en un periodo previo a la prueba de evaluación les ofrece la posibilidad de analizar los errores cometidos de manera que puedan corregirlos de cara a la evaluación final. Además, en su vertiente sincrónica se ha permitido una interacción directa y dinámica profesor-alumno, repitiendo aquellos conceptos que resultan difíciles de adquirir en una primera explicación. Por otra parte, la programación asincrónica, a pesar del inconveniente de perder esa interacción directa, ha permitido flexibilizar el aprendizaje, permitiendo que el estudiante pueda recibir el contenido al ritmo deseado, considerando lo

difícil que resulta en ocasiones encontrar un horario adecuado para la totalidad del grupo matriculado en la asignatura.

Según el cuestionario realizado, el alumnado valora en mayor medida la docencia centrada en resolución de problemas y casos prácticos que las clases teóricas. De esta forma, se intuye que el estudiante prefiere un tipo de docencia alejada de la tradicional clase magistral, y que tenga un enfoque más práctico e inmersivo.

Los alumnos han manifestado el abatimiento que sienten a causa del número de actividades de evaluación continua planteadas, el cual juzgan que resulta excesivo. A raíz de estas respuestas, se plantea el uso de evaluaciones virtuales como solución a un número excesivo de entrega de actividades. De esta forma, se propone como aspecto de mejora que en próximos cursos se reduzca el número de actividades a entregar. Es decir, se seguirían proponiendo para su resolución, pero sin ser necesaria su entrega para la evaluación continua (anteriormente, si se exigía dicha entrega para optar a la evaluación continua). El desarrollo de competencias que se requiere con dichas actividades se evaluará mediante una serie de cuestionarios, cuya calificación conocerán de manera previa a la prueba de evaluación. De esta forma, se mantiene al análisis que pueden realizar sobre su desempeño, pero sin tener un plazo para la entrega de una actividad. Las tutorías grupales se mantendrían, considerando la respuesta positiva del alumnado a las mismas.

El aprendizaje colaborativo llevado a cabo durante las tutorías grupales ha resultado útil durante la experiencia llevada a cabo en el presente estudio, por lo que se prevé que se mantenga en cursos próximos.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

El presente trabajo se ha realizado en el marco de las ayudas 1.2.3 del III Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla, a través del proyecto concedido “Aprendizaje Basado en Retos (RETING)”.

## 8. REFERENCIAS

- Alqahtani, A. F. (2011). Evaluating the Effectiveness of the E-learning Experience in some universities in Saudi Arabia from Male Students' Perceptions. Durham University.
- Alqahtani, A. Y., & Rajkhan, A. A. (2020). E-Learning Critical Success Factors during the COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Analysis of E-Learning Managerial Perspectives. *Education Sciences*, 10(9), 216. <https://doi.org/10.3390/educsci10090216>
- Arkorful, V., & Abaidoo, N. (2014). The role of e-learning, the advantages and disadvantages of its adoption in Higher Education. *International Journal of Education and Research*, 2(12), 397–410.
- Basilaia, G. (2020). Replacing the Classic Learning Form at Universities as an Immediate Response to the COVID-19 Virus Infection in Georgia. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(3), 101–108. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.3021>
- Fernández-Pampillón Cesteros, A. M. (2009). Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet. In *Las plataformas de aprendizaje. Del mito a la realidad* (pp. 45–73). Biblioteca Nueva.
- Jenni, R. W., & Mauriel, J. (2004). Cooperation and collaboration: reality or rhetoric? *International Journal of Leadership in Education*, 7(2), 181–195. <https://doi.org/10.1080/1360312042000211446>
- Laal, M., & Ghodsi, S. M. (2012). Benefits of collaborative learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 486–490. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091>
- Laal, M., & Laal, M. (2012). Collaborative learning: what is it? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 491–495. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.092>
- Li, C., & Lalani, F. (2020). The COVID-19 pandemic has changed education forever. This is how. <https://doi.org/https://www.weforum.org/agenda/2020/04/coronavirus-education-global-covid19-online-digital-learning/>
- Littlefield, J. (2018). The difference between synchronous and asynchronous distance learning. <https://www.thoughtco.com/synchronous-distance-learning-asynchronousdistance-%0Dlearning-1097959>
- Llorente Cejudo, M. del C. (2006). El tutor en E-learning: aspectos a tener en cuenta. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 20, a060. <https://doi.org/10.21556/edutec.2006.20.517>

- McBrien, J. L., Cheng, R., & Jones, P. (2009). Virtual Spaces: Employing a Synchronous Online Classroom to Facilitate Student Engagement in Online Learning. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 10(3). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v10i3.605>
- Sandhya, K., & Benarjee, G. (2020). The E-Learning - Is it an Effective Tool in Sharing Knowledge in Higher Education? - A Review. *International Journal of Science and Research*, 9(12). <https://doi.org/10.21275/SR201218205955>
- Silva Quiroz, J. (2010). The role of the tutor in virtual learning environments. *Innovación Educativa*, 10(52), 67–77.
- Smith, B. L., & MacGregor, J. T. (1992). Collaborative Learning: A Sourcebook for Higher Education.
- Steering Committee National Engineering Education Research Colloquies. (2006). The research agenda for the new discipline of engineering education. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 259–261. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00900.x>
- Wankat, P. (2009). The Role Of Chemical Engineering In Engineering Education Research. 2009 Annual Conference & Exposition Proceedings, 14.1249.1-14.1249.10. <https://doi.org/10.18260/1-2--5030>