

Utilización de Talleres Moodle para el aprendizaje activo en la asignatura mecánica de fluidos

Araceli Rodríguez Rodríguez¹, Eduardo Díez Alcántara, José María Gómez Martín

Resumen: El objetivo de este trabajo es presentar la metodología que se ha utilizado durante el curso académico 2020/2021 en la asignatura Mecánica de Fluidos, del 2º curso del Grado en Ingeniería Química. Para el desarrollo de ésta, utilizando la herramienta “Taller” en Moodle se proporcionó a los estudiantes un problema individualizado, generado a partir de una hoja Excel, que debían resolver. Posteriormente, a cada estudiante se le asignaba aleatoriamente un ejercicio de un compañero, que debía evaluar. Los resultados obtenidos por los estudiantes demuestran que la metodología propuesta favorece la adquisición de un aprendizaje significativo. Finalmente, a tenor de las encuestas realizadas, la valoración que hacen los estudiantes de la metodología es altamente positiva.

Palabras clave: Mecánica de Fluidos, Moodle, Aprendizaje cooperativo, Generación Z.

1. Introducción

En este trabajo se describe la experiencia que se ha llevado a cabo durante el curso 2020/2021 en la asignatura “Mecánica de Fluidos” y que ha consistido en la resolución y corrección por pares por parte de los estudiantes de problemas individualizados generados de forma aleatoria mediante una hoja Excel. Para ello se ha hecho uso de la herramienta “Taller” disponible en el campus virtual.

Esta metodología de generación de problemas aleatorios individualizados ya se ha utilizado previamente por parte de los profesores, en asignaturas de los Grados en Ingeniería Química y en Bioquímica (Diez et al. 2016), no solo con el objetivo de poder llevar a cabo una evaluación continua de los alumnos sino de fomentar el desarrollo de competencias transversales tales como el aprendizaje colaborativo en sesiones de Tutoría. En este trabajo se propone dar un paso más aprovechando las ventajas del campus virtual, e introducir la competencia transversal de responsabilidad y ética en el trabajo, mediante un elemento de autoevaluación.

El objetivo de emplear este tipo de metodologías es adaptarse a los estudiantes de la Generación Z, que son los que actualmente se encuentran en el aula, y su gran diversidad de estilos de aprendizaje. De hecho, una de sus principales características es que han estado en contacto con la tecnología desde prácticamente su nacimiento (son lo que se denomina “nativos digitales”) y, por tanto, han desarrollado menos habilidades sociales que las generaciones precedentes (Rothman 2016); esto justifica la importancia de trabajar el aprendizaje colaborativo. Además, de acuerdo con la literatura (Black, 2009), los miembros de la Generación Z son muy proclives a la “multitarea” y se sienten más atraídos hacia ciertos temas cuando tienen libertad y autonomía para desarrollar los trabajos propuestos. Ello justifica la utilización del campus virtual como herramienta digital para hacer la materia más atractiva a los estudiantes. Asimismo, el componente de autoevaluación fomenta el sentido de la responsabilidad de forma que ellos sean

¹ Departamento de Ingeniería Química y Materiales. Email: arodri@ucm.es. ORCID: 0000-0003-3661-5798

conscientes que deben evaluar el trabajo de un compañero de la misma forma que les gustaría que su trabajo fuese evaluado.

2. Contexto

“Mecánica de Fluidos” se trata de una asignatura que se imparte durante el segundo cuatrimestre del segundo curso del Grado en Ingeniería Química. El número aproximado de estudiantes por grupo es de 50, y la materia está organizada de acuerdo con las siguientes unidades didácticas:

- Introducción
- Ecuaciones Macroscópicas de Conservación
- Rozamiento sólido-fluido
- Flujo interno incompresible
- Sistemas complejos en flujo interno
- Flujo interno compresible
- Instrumentación en Flujo de Fluidos
- Introducción al flujo externo
- Flujo externo a través de lechos de partículas
- Flujo bifásico líquido-gas
- Operaciones basadas en flujo de fluidos: filtración, sedimentación, agitación y mezcla

3. Metodología

La metodología propuesta se ha empleado en dos sesiones de tutoría de la asignatura “Mecánica de Fluidos”, en concreto en aquellas dedicadas a las unidades didácticas de flujo compresible, medidores de presión y caudal, y flujo a través de lechos de partículas. Los pasos seguidos han sido los siguientes:

- **Generación de problemas individualizados.** Para ello se utilizó una hoja Excel modificando una o varias variables de entrada para obtener tantos ejercicios diferentes como se requiera. El grupo de profesores ya ha trabajado previamente con este tipo de material no solo en “Mecánica de Fluidos” sino en otras asignaturas del Grado en Ingeniería Química como “Ingeniería Térmica” y “Termodinámica Aplicada”. Además, la ventaja de trabajar con hojas Excel es que se pueden emplear en dos modalidades: modalidad “profesor” para la elaboración de los casos individualizados, y modalidad “estudiante” que implica bloquear y hacer ocultas las celdas con el procedimiento de resolución de manera que el estudiante, modificando los datos de entrada, pueda visualizar los resultados finales (solamente) y emplear la hoja como herramienta de autocorrección. A modo de ejemplo, en el gráfico 1-a se muestra un esquema de la hoja Excel empleada en la tutoría de flujo compresible, y en el gráfico 1-b un ejemplo de la hoja Excel empleada en la tutoría de medidores-flujo a través de lechos.
- **Resolución de los ejercicios por parte de los alumnos.** Inicialmente se le asigna a cada estudiante con suficiente antelación (el día antes de la sesión de tutoría para que puedan ir trabajando en el mismo) un problema, similar en estructura a los de sus compañeros, pero con datos numéricos individualizados, e incluso algo diferente en la conclusión de este (por ejemplo, si en la tobera ampliada se produce o no una onda de choque o si el lecho de partículas se comporta como un lecho fijo o fluidizado).

Esto último se puede llevar a cabo fácilmente haciendo uso de los operadores lógicos de Excel.

Al final del enunciado de cada problema, aparece una hoja de respuestas donde cada estudiante deberá rellenar la solución a los distintas cuestiones (20 en el caso de flujo compresible, 16 en el caso de medidores-lechos de partículas). Las hojas de respuestas proporcionadas a los estudiantes se muestran en el gráfico 2.

- **Desarrollo de la sesión de tutoría.** En la sesión de tutoría, los estudiantes deben acudir al aula donde el profesor simplemente actuará como “mentor” o “guía” resolviendo las posibles dudas. Adicionalmente, dado que son problemas individualizados, la colaboración entre distintos estudiantes, no solo no está penalizada, sino que, además, se considera ventajosa, y por tanto se fomenta el aprendizaje colaborativo, para resolver el problema. La entrega del ejercicio se realiza en la fase de envío de un Taller Moodle creado expresamente para la actividad.
- **Calificación de los ejercicios.** En la fase de evaluación del taller, se asigna aleatoriamente un ejercicio de un compañero a cada estudiante. Este debe calificarlo a partir de la solución proporcionada por el profesor, que se encontrará disponible en el campus virtual durante un determinado periodo de tiempo. La calificación proporcionada por el estudiante será de un cierto valor sobre 20, en el caso de flujo compresible, y de un cierto valor sobre 16, en el caso de medidores-lechos de partículas. Finalmente, la calificación final de cada estudiante será un 80% la otorgada por su compañero a su ejercicio y un 20% la otorgada por el profesor a su “labor correctora”.

Gráfico 1. Ejemplos de hojas Excel empleadas en la generación de problemas aleatorios (a): tutoría de flujo compresible, b): tutoría de medidores-lechos de partículas)

CASO	A-1	A-2	A-3	A-4	CASO	5	6	7
Gas	Aire	Aire	Aire	Aire	Dlecho (cm)	30	30	20
M	28,9	28,9	28,9	28,9	ε lecho	0.37	0.37	0.33
γ	1,4	1,4	1,4	1,4	Slecho (m2)	0.071	0.071	0.031
m (kg/h)	3356	2000	5356	5356	Deq (cm)	0.286	0.286	0.180
P1 (kPa)	400	600	400	600	paire (kg/m³)	3.114	3.114	3.278
T1 (°C)	27	27	27	27	psolid (kg/m³)	1600	1600	1600
Pdis (kPa)	100	100	100	100	visc aire (kg/ms)	1.80E-05	1.80E-05	1.80E-05
R laval	0.53	0.53	0.53	0.53	m (kg/s)	2.97E-02	3.31E-02	3.77E-02
p1 (kg/m3)	4,63	6,95	4,63	6,95	u0 (m/s)	0.135	0.150	0.367
Plav (kPa)	211	317	211	317	Ar	3.51E+06	3.51E+06	9.24E+05
1 pg (kg/m3)	2,94	4,41	2,94	4,41	a	35	35	49
2 Vs g (m/s)	317	317	317	317	b	1865.634809	1865.634809	2796.560648
3 Sg (cm2)	10,00	3,97	15,96	10,64	c	-3.51E+06	-3.51E+06	-9.24E+05
4 mmax (kg/s)	0,9322	0,5556	1,4878	1,4878	Rep mf	293	293	112
5 psal (kg/m3)	1,72	1,93	1,72	1,93	umf (m/s)	0.593	0.593	0.342
6 Ssal (cm2)	12,2	5,8	19,4	15,6	Fr mf	12.5	12.5	6.6
7 Vsal (m/s)	444,5	492,0	444,5	492,0	ut (m/s) Rep<1	395	395	157
8 Ma	1,56	1,83	1,56	1,83	Rep <1	1.95E+05	1.95E+05	5.14E+04
Func	0,9322	0,5556	1,4878	1,4878	ut (m/s) Rep1-500	4269	4269	4197
error	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Rep 1-500	2.11E+06	2.11E+06	1.38E+06
9-a P* (kPa)	319,4	524,9	319,4	524,9	ut (m/s) Rep>1000	6.60	6.60	5.10
9-b %P*	80	87	80	87	Rep >1000	3261	3261	1673
10 ρ* (kg/m3)	3,95	6,32	3,95	6,32	Régimen	fijo	fijo	fluidizado
11 V 9 (m/s)	193,9	150,5	193,9	150,5				
12 Ma9	0,576	0,441	0,576	0,441				
13 m a 0.2 p1	0,932	0,556	1,488	1,488				
14 V a 0.85 p1	165,6 shockwave!!	165,6 shockwave!!						
15 Ma a 0.85 p1	0,487 shockwave	0,487 shockwave						
16 m a 0.85 p1	0,832	0,556	1,328	1,488				
17 m a 0.50 p1	0,932	0,556	1,488	1,488				
18 Ma a 0.9 p1	0,391	0,391	0,391	0,391				
19 V (m/s) a 0.9 p1	133,8	133,8	133,8	133,8				
20 m a 0.35 p1	0,9322	0,5556	1,4878	1,4878				

Gráfico 2. Hojas de respuestas de las tutorías de a) flujo compresible, y b): medidores-lechos de partículas)

1	Densidad en las condiciones Laval (kg/m^3)	1	Razón de presión que se produce en el estado crítico
2	Velocidad del sonido en las condiciones Laval (m/s)	2	Factor de expansión
3	Sección de diseño de la garganta (cm^2)	3	Caudal másico de aire que atraviesa la contracción
4	Caudal másico máximo (kg/s)	4	Masa diferencial de flujo del fluido en un diferencial
5	Densidad en la sección de salida para la presión de diseño (kg/m^3)	5	Estática de las partículas
6	Sección de diseño en la salida (cm^2)	6	Tamaño equivalente de las partículas, μm
7	Velocidad en la sección de salida para una presión exterior igual a la de diseño (m/s)	7	Velocidad superficial de paso del aire, m/s
8	Número de Mach para una presión exterior igual a la de diseño	8	Re _p
9	Presión máxima a la salida para obtener caudal másico máximo (% de la presión inicial)	9	Razón de presión que experimenta el fluido al atravesar el lecho por unidad de longitud
10	Densidad en la sección de salida cuando la presión exterior tiene el valor de la apartado 9 (kg/m^3)	10	Masa velocidad superficial de paso del aire, m/s
11	Velocidad para una presión igual a la del apartado 9 (m/s)	11	A
12	Número de mach para una presión igual a la del apartado 9	12	Re _p en condiciones de mínima fluctuación
13	Caudal másico para una presión exterior del 20% de la presión inicial (kg/s)	13	Velocidad mínima fluctuación, m/s
14	Velocidad para un presión exterior del 85% de la presión inicial (m/s)	14	Velocidad de transporte, m/s
15	Número de Mach para un presión exterior del 85% de la presión inicial	15	Re _p en condiciones de transporte
16	Caudal másico para una presión exterior del 85% de la presión inicial (kg/s)	16	Letra y/o símbolo
17	Caudal másico para una presión exterior del 50% de la presión inicial (kg/s)		
18	Número de Mach para una presión exterior del 90% de la presión inicial		
19	Velocidad de salida para una presión exterior del 90% de la presión inicial (m/s)		
20	Caudal másico para una presión exterior del 35% de la presión inicial (kg/s)		

4. Análisis de las calificaciones obtenidas por los estudiantes

En el gráfico 3-a se muestra los resultados obtenidos por los estudiantes en la tutoría 3 (20 cuestiones), mientras que en el gráfico 3-b se muestran los resultados obtenidos por los estudiantes en la tutoría 4 (16 cuestiones). Asimismo, en la tabla 1 se muestra el análisis estadístico de los resultados anteriores.

Gráfico 3. Resultados obtenidos por los estudiantes en las tutorías de a) flujo compresible, y b): medidores-lechos de partículas)

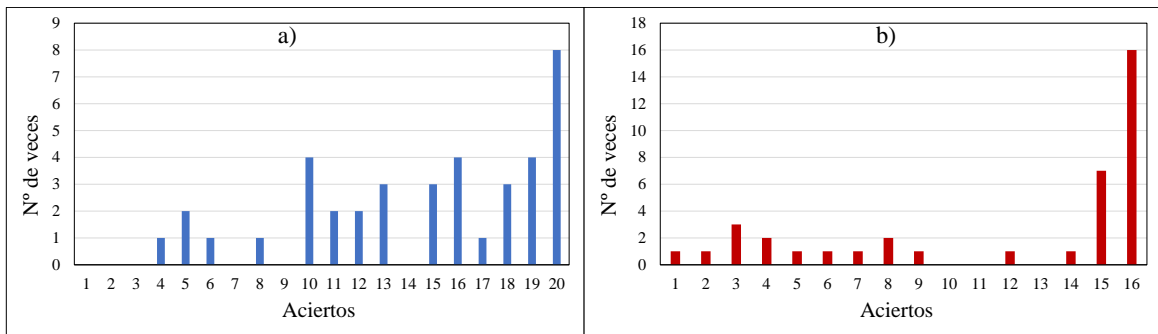


Tabla 1. Análisis estadístico de los resultados de ambas tutorías

	Flujo compresible	Medidores - Lechos
Promedio	14,2	11,8
Mediana	15,5	15
Moda	20	16
Nº Entregas	40	38

Como se puede observar en el gráfico 3, la mayoría de los estudiantes obtuvo una calificación por encima de la media, siendo en ambos casos el número de aciertos más frecuente el máximo posible, es decir, que la metodología propuesta ha llevado a la obtención de buenos resultados por parte de los estudiantes. Solamente se aprecia una pequeña diferencia entre los resultados obtenidos por los estudiantes en ambas tutorías: mientras que, en la tutoría correspondiente a flujo compresible, los resultados se concentran en la mitad superior, en la tutoría de medidores-lechos, los resultados se dividen entre los dos extremos del gráfico siendo, eso sí, netamente superior el número de estudiantes cuyos aciertos se concentran en el extremo superior. Otro dato para tener en cuenta es la escasa disminución en el número de entregas desde la tutoría de flujo compresible (la primera que realizan) hasta la tutoría de medidores-lechos. Esto puede ser indicativo de que la metodología propuesta es motivante para los estudiantes.

5. Evaluación de la metodología por parte de los estudiantes

La evaluación de la metodología propuesta por parte de los estudiantes se llevó a cabo mediante una encuesta realizada de forma anónima en la que se les pedía que valorasen de 0 a 5 (siendo 0 el menor valor y 5 el máximo valor) las siguientes cuestiones:

- Pregunta 1: ¿En qué medida considera que la metodología docente seguida en las dos últimas tutorías ha sido positiva para su seguimiento de la asignatura?
- Pregunta 2: Considera que el grado de esfuerzo necesario para seguir la metodología es:
- Pregunta 3: Considera el grado de esfuerzo necesario merece la pena con relación al nivel de aprendizaje alcanzado:
- Pregunta 4: Considera que el nivel de aprendizaje que ha alcanzado siguiendo la metodología propuesta es:
- Pregunta 5: Considera que el nivel de aprendizaje de los temas que ha alcanzado siguiendo la metodología propuesta es superior al que habría alcanzado con una metodología tradicional (test o ejercicio numérico a resolver en la hora de clase):
- Pregunta 6: ¿Recomendaría la aplicación este tipo de metodología a otras asignaturas?

En el gráfico 4 se muestran los resultados de la mencionada encuesta, y en la tabla 2 se muestra el análisis estadístico de los resultados de ésta. Como se puede observar, en la mayoría de los casos excepto en la pregunta 3, el valor más repetido ha sido 4 o 5, siendo además las desviaciones estándar relativamente pequeñas. Esto indica que la valoración que hacen los estudiantes de la metodología propuesta ha sido muy positiva y que consideran que ha contribuido de manera importante a alcanzar un aprendizaje significativo. Quizá el hecho de que en la pregunta 3 el valor más repetido sea 3 (el valor medio) pueda ser debido a que, al introducir la actividad de corrección por pares, los estudiantes perciban que deben realizar un esfuerzo extra. A pesar de ello, la percepción que tiene de esta actividad es altamente positiva habida cuenta del grado de detalle de la retroalimentación que ellos mismos proporcionaban a sus compañeros en el campus virtual.

Gráfico 4. Resultados de la encuesta de evaluación de la metodología por parte de los estudiantes

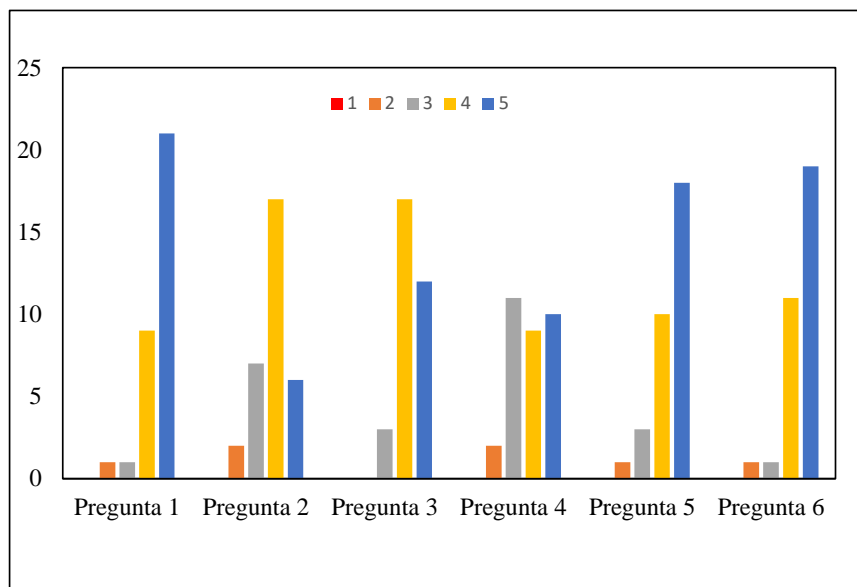


Tabla 2. Análisis estadístico de los resultados de la encuesta de evaluación

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Respuestas	32	32	32	32	32	32
Media	4,6	3,8	4,3	3,8	4,4	4,5
Desviación Estándar	0,72	0,81	0,63	0,95	0,80	0,72
Moda	5	4	4	3	5	5
Nº de veces la Moda	21	17	17	11	18	19

6. Conclusiones

En este trabajo se describe la metodología empleada durante el curso académico 2020/2021 en la asignatura Mecánica de Fluidos, del 2º año del Grado en Ingeniería Química. Después de la experiencia se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La metodología propuesta ha favorecido que los estudiantes hayan alcanzado un aprendizaje significativo, lo que se ha traducido en buenas calificaciones en ambas tutorías.
- El hecho de involucrar a los estudiantes en el proceso mediante la evaluación por pares ha resultado altamente positivo.
- Los resultados de las encuestas realizadas a los estudiantes permiten asegurar que la aceptación de la metodología ha sido muy buena, que la consideran positiva y, lo más importante, que consideran que el grado de aprendizaje alcanzado es superior al que se habría alcanzado con una metodología tradicional.
- El empleo de la herramienta “Taller” integrada en Moodle, ha resultado altamente beneficioso para el procedimiento propuesto debido a que facilita enormemente su

desarrollo. Dado que los estudiantes están muy acostumbrados al manejo del campus virtual y de sus herramientas, no ha supuesto ningún tipo de dificultad adicional para ellos.

- Como posibles mejoras se proponen: primero, realizar durante una sesión presencial, una retroalimentación de manera que los estudiantes puedan ser conscientes de los posibles errores que hayan cometido y, segundo, dedicar otra sesión presencial a que los estudiantes trabajen sobre un ejercicio similar al planteado en la tutoría. De esta manera es probable que la percepción que ellos tienen del nivel de aprendizaje adquirido mejore.

Referencias bibliográficas

Black, A. 2009. "Gen Y: who they are and how they learn". *Educational Horizons*, 88: 92-101

Diez, E, A Rodriguez, J Garcia, J. M. Gomez, S Alvarez, and I. Diaz. 2016. "Tutorías Personalizadas En Ingeniería Química y Bioquímica: Generación de Problemas Individualizados". En *III Congreso de Innovación Docente En Ingeniería Química*, 113. Alicante.

Rothman, Darla. 2016. "A Tsunami of Learners Called Generation Z". *Journal of MDLE (Maryland Police and Correctional Training Commissions)* 1 (1): 5.