

Incorporación y seguimiento interanual de una actividad práctica de aprendizaje basada en proyectos

Jorge Payá^a

^a Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética, Universitat Politècnica de València

Camino de Vera s/n Edificio 8E semisótano frente acceso J, Valencia 46022, España

*E-mail: jorge.paya@iie.upv.es

Cduatcev''

Vj g"rt gupv'y qtm'rt gupw'u"vgej kpi "o gvj qf qri { "y j kej "eqpukuu"qp" c"eqo r gvskqp"y j gt g"vj g" uwf gpu'j cxg'v'f guki p. 'dwb'f "cpf "vgu'vj g'j gc'v'pi 'ecr cekl' qh'c' uqr't "eqqngt OC'f gvc'krg'f 'f guetkr vkqp" ku'rt qxf'gf 'lqt 'vj g'cev'kxf. 'c'v'pi 'y kj 'vj g'v'o g/gxqmwkqp"cpf 'rt qi t guk'xg'gpj cpego gpu'v'j kej 'j cxg' dgpp'k'v'qf w'egf 'lt qo 'vj g'cecf go ke'eqwt ug'qh'4238/4239'wpvki'423; /42420Hkpc'nf. 'vj g't guwmu'ct g" f kwewugf "qp"vj g'dcuk'q'hl'c"uco g'w'w'xgl "cpuy gt gf "d{ "vj g'uwf gpu'c'v'vj g"gp'f "q'hl'gcej "eqwt ugOVj g" uwf gpu'ci t gg'vj cv'vj g"eqo r gvskqp"j grr'u'v'q'dgw'gt "cu'ko kv'v'vj g'o ckp"eqpegr'u. 'v'q'uj ct g'f'k'htg'gpv" qr'vkpu'cpf "f gxqr'r "et k'kecn'um'nuOVj g'uwf gpu'c'nuq"eqpukf gt "vj cv'vj gl "rgct p"o qt g'dgecwug"vj gl" j cxg"o qt g'r'gtuqpcn'l'pxq'ng'go gpi'0Ht qo 'vj g'r'q'kp'v'q'hl'x'ky "q'hl'vj g'k'piat w'ev'qt. 'vj g'cev'kxf "j cu'g'p'v'k'gr'f" h'w'k'ng'f 'vj g'qdl'gev'x'gu'y j kej 'y gt g'v'q'k'pet gcug'vj g'uwf g'p'v'k'p'v'gt gu. 'r'ct v'k'kr'cv'k'p"cpf "eqpegr'v'c'v'k'p" k'p'vj g'erc'uu'g"cpf "v'q'rt qo q'v'g"c'f ggr'rgct'p'k'pi 0'

M'g'y q'f'u'k'cev'k'x'g'rgct'p'k'pi => c'p'f'u'q'p'rt'q'lg'ev'=>rt'q'lg'ev'd'cu'g'f'rgct'p'k'pi =>g'x'c'w'ev'k'p"

"

Tguwo gp''

Gp'g'nt'rt gupv'g't'cd'cl'q'ug'rt gupv'c'w'p'cev'k'f'cf'f'g'g'p'ug'o'cp|c/c'rt'g'p'f'k'cl'g's'w'g'eqpuk'ng'gp'w'p'eqo r gvsk'p'p' gp'rc"sw'g'ru'c'w'w'pqu'f'kug'o'cp. "eqp'v'w'f'gp"{"gp'w'c'p'rc"ecr'ce'k'f'cf'f'g'eqeek'p'f'g'w'p'ceq'k'p'uc'rt'0'Ug" f'g'w'nc"rc"cev'k'f'cf."cu'f'eqo q'rc"gxq'w'ek'p'v'go r'q't'cn'f"o'gl'q't'cu'k'p'eq'r'q't'cf'cu'f'g'uf'g'g'nt'ew'w'q'4238/4239" j'c'w'c'g'nt'423; /42420Hkpc'w'p'v'g. 'ru'v'g'w'w'nc'f'qu'ig'eqo'g'p'w'p'gp'd'cu'g'c'w'p'c'w'p'c'g'p'ew'g'w'c't'g'nt'k'f'c'c'e'v'qu' c'w'w'pqu'cn'k'p'cn'f'g'ec'f'c'ew'w'0'Nqu'c'w'w'pqu'g'w'p'f'g'c'ew'g'f'q"gp"sw'g'f'kej c"eqo r gvsk'p'rc'x'q't'geg"rc" cu'ko kv'ek'p'f'g"eqpegr'v'qu. "r'g't'o'k'g"eqo r'c't'v'k'{"eqp'v'c'w'c't'f'k'k'p'w'c'u'qr'k'p'k'p'g'u. "cu'f'eqo q'f'g'uc't't'g'w'c't'w'w' ecr'ce'k'f'cf'et'k'kec'0'Nqu'c'w'w'pqu'w'c'o'd'k'p'eqp'uk'f'gt'cp'sw'g'c'rt'g'p'f'gp'bo' u'r'w'g'u'v'k'g'p'p'w'p'c'bo'c'q't'k'o'r'k'ec'ek'p'0' F'g'uf'g'g'nt'w'p'v'q'f'g'x'k'ac'f'g'nt'rt'q'lg'w'q't. "rc"cev'k'f'cf'j'c'ew'o'r'k'f'q"p'v'gi't'co'g'p'v'g'eqp'ru'qdl'g'w'x'qu'k'p'k'ec'rg'u" r'rc'p'v'g'c'f'qu"sw'g'gt'cp'f'g'c'w'o'g'p'v'c't'g'nt'k'p'v'gt'2'u'f'g'v'qu'c'w'w'pqu. "w'w'r'c't'v'k'kr'c'ek'p. "eqpegr'v'c'ek'p'gp'erc'ug. {" l'c'x'q't'ge'g't'w'p'c'rt'g'p'f'k'cl'g'rt'q'hw'p'f'q'gp'rc'bo'cv'gt'k'c'0'

R'c'w'd't'cu'erc'x'g'c'rt'g'p'f'k'cl'g'cev'k'x'q. "rt'q'lg'ev'rt'v'ek'eq. "c'rt'g'p'f'k'cl'g'd'cu'f'q"gp"rt'q'lg'ev'qu"*CDR+ " g'x'c'w'ev'k'p"

1. Introducción

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje en el Espacio Europeo de Educación Superior han experimentado cambios importantes en los últimos 15 años. Muchos estudios de 5 años se han reconvertido al formato de Grado y Máster. Adicionalmente, se han introducido progresivamente la evaluación de competencias, así como metodologías activas de enseñanza-aprendizaje.

Quedan todavía problemas por afrontar, como por ejemplo en lo que respecta a la baja capacidad de concentración de los alumnos, que según Stuart & Rutherford (Stuart & Rutherford, 1978) llega a un

máximo tras 10-15 minutos y luego baja drásticamente hasta el final de las clases. Además, en titulaciones de Ingeniería, a nivel de Máster, se detectan deficiencias importantes, tales como la baja capacidad crítica y escasa motivación. Sin embargo, la motivación productiva es esencial para favorecer un aprendizaje profundo y el desarrollo de competencias profesionales (Evers, Rush, & Berdrow, 1998).

Se han ido introduciendo progresivamente metodologías activas de enseñanza-aprendizaje, obteniendo resultados muy positivos (Auyuanet, Modzelewski, Loureiro, Alessandrini, & Míguez, 2018)(Donohue, 2014). Sin embargo, es esencial compartir las experiencias pues no se trata únicamente de que las clases sean más atractivas, sino de que se materialicen en un aprendizaje profundo y real.

Una de las metodologías activas consiste en el aprendizaje cooperativo, en el que los estudiantes trabajan en grupos de dos a seis y finalmente el reconocimiento es a nivel grupal, por la calidad final del trabajo realizado en conjunto. El aprendizaje cooperativo ha tenido un impacto muy positivo en dirección y gestión proyectos (Nembhard, Yip, & Shtub, 2009) así como en estudios de Ingeniería (Pimmel, 2001, Terenzini, Cabrera, Colbeck, Parente, & Bjorklund, 2001). El presente trabajo consiste precisamente en la aplicación de una metodología de aprendizaje colaborativo, cuyos objetivos y contenido se detallan en las siguientes secciones. La estrategia planteada aprovecha también los beneficios derivados de la competición entre alumnos, la cual aumenta su motivación, y también incluye trabajo práctico. En estudios recientes se ha demostrado que proyectos de tipo práctico (Farrell & Cavanagh, 2014b, 2014a) tienen un impacto importante sobre los resultados de aprendizaje a la hora de afianzar conceptos, de aplicar principios físicos o en resolución de problemas. Como ejemplo de algunos trabajos prácticos, se han introducido actividades de tipo manual en circuitos eléctricos (Davis, Younes, & Bairaktarova, 2019), y se han construido baterías para móviles (Park & Bae, 2020).

El presente trabajo detalla la actividad planteada, una competición de cocinas solares, explicando no sólo la actividad sino también las mejoras introducidas en los primeros 5 años de la asignatura. La mayoría de las mejoras son aplicables a cualquier otro tipo de actividad práctica basada en el aprendizaje colaborativo.

2. Contexto

2.1. Marco académico

La competición de cocinas solares objeto del presente trabajo se ha adoptado en la asignatura “Tecnologías avanzadas de energía solar térmica”, asignatura optativa del Máster Universitario en Tecnología Energética para el Desarrollo Sostenible (MUTEDS) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

El Máster MUTEDS está orientado principalmente como continuación del Grado en Ingeniería de la Energía (GIE). Mientras el grado GIE aporta a los alumnos los conocimientos y competencias de base en el campo de la energía, el Máster profundiza más en la vertiente profesional y de investigación, aportando conocimientos y capacidades adicionales, como en tecnologías de vanguardia o software específico.

Pese a que el Máster se enfocó inicialmente como una continuación natural del grado de GIE, en la práctica el alumnado tiene un origen muy variado. En una clase típica de 25 alumnos, cerca de 8 pueden venir de GIE, 9 de otras titulaciones de la UPV o de otras Universidades españolas, y los alumnos restantes, cerca de 8, son alumnos extranjeros. Esto implica que los grupos son muy heterogéneos, no sólo por su formación previa, sino también por su idioma o de sus propias expectativas con la asignatura. De hecho, en el Máster se intenta favorecer también los programas de doble titulación y por ello la asignatura se imparte íntegramente en inglés. Sin embargo, cabe destacar que para cerca de un 70% de los alumnos, su idioma nativo es el español.

2.2. Descripción de la asignatura

Las clases se imparten un día por semana, mediante 3 horas consecutivas, desde Febrero hasta Junio (cuatrimestre B), con un total de 4.5 ECTS. El aula donde se imparten las clases está en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y dispone de pizarra, ordenador y cañón de vídeo. Las clases son de 3 horas de duración, por lo que es esencial aplicar metodologías activas de enseñanza-aprendizaje para favorecer una mayor atención y concentración del alumnado.

La asignatura es muy descriptiva y tiene holgura a la hora de dedicar más o menos tiempo a cada unidad didáctica. Consta de un primer bloque sobre centrales termosolares (producción de electricidad a partir de energía solar térmica). En un segundo bloque, se introducen progresivamente otras aplicaciones como los hornos y cocinas solares, frío solar y desalinización solar.

2.3. Evaluación

La evaluación de la asignatura se realiza en base a lo siguiente:

- Examen escrito e inividual, con preguntas de respuesta abierta, al final del cuatrimestre (30% de la nota final, 3/10 como mínimo para ponderar)
- Participación activa durante el cuatrimestre (70% de la nota final, sin mínimos)
 - o Presentaciones grupales: 20% de la nota de participación activa
 - o Competición de centrales termosolares: 35% de la nota de participación activa
 - o Competición de cocinas solares: 45% de la nota de participación activa

Desde el punto de vista temporal, en las primeras semanas de clase, mientras se avanza con la teoría de centrales termosolares, el profesor divide a los alumnos en grupos de 4 o 5 (generalmente por orden alfabético) y les asigna temas complementarios a lo que se trata en clase. Cada semana, un grupo hace una presentación sobre una temática específica, como por ejemplo el impacto medio ambiental de centrales termosolares. Estas presentaciones cuentan un 20% de la nota correspondiente a la participación activa.

En la parte final del bloque de centrales termosolares los alumnos empiezan una competición donde tienen que diseñar, también en grupos de 4 o 5, una planta termosolar de 50 MWe. Esta parte se materializa con una competición / juego de empresa en la que cada grupo es una empresa (ACCIONA, ABENGOA, etc.) y deben proyectar una central y hacer una oferta por la misma.

Finalmente, en el segundo bloque de la asignatura, mientras se van introduciendo los hornos solares, frío solar y desalinización solar, se introduce progresivamente la competición de cocinas solares objeto del presente trabajo, en general en la última media hora de las clases.

3. Objetivos

Al tratarse de una asignatura de índole descriptiva, y dentro de un Máster, se concibió la competición de cocinas solares con el objetivo de favorecer un aprendizaje profundo de los conceptos aplicados en centrales termosolares. De hecho, los componentes más relevantes que han de diseñar, construir y ensayar los alumnos (reflector y absorbedor), se pueden encontrar también en una central termosolar. Teniendo en cuenta los contenidos de la asignatura, y el contexto (clases de 3 horas), la competición de las cocinas solares se ha introducido con los siguientes objetivos:

- Aumentar el grado de interés, la participación, y motivación de los alumnos
- Aumentar la concentración de los alumnos
- Favorecer un aprendizaje más profundo, dado que es necesario aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura

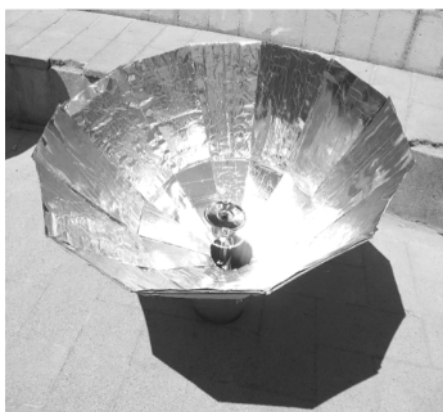
4. Desarrollo de la innovación

3.1. Actividad

La actividad consiste en diseñar, construir y ensayar la capacidad de cocción de una cocina solar. Los trabajos se realizan en grupos de 4-5 alumnos, y en total hay 5 grupos. Más adelante en la sección 3.2 se detalla cómo se forman dichos grupos.

Una cocina solar típica consta de varios componentes esenciales, tal y como se muestra en la Figura 1. La cocina requiere de unos paneles reflectores (que pueden ser cilíndricos o parabólicos, como en centrales termosolares) y de un absorbedor (donde se calientan los huevos, así como en una central se calienta el fluido caloportador). Hay por tanto una relación directa entre la teoría de centrales termosolares y el diseño de las cocinas solares.

La fotografía de la figura 1 muestra una de las cocinas solares de los alumnos del curso 2017-2018. En días despejados de junio, los distintos grupos han llegado a cocinar desde un huevo hasta 12 en una hora. Suele haber mucha diferencia entre unos grupos y otros, lo cual es también una forma clara y objetiva para evaluarlos.



Ηκί 030Glgο rriq"fg'wpc'fg'w'u'eqekpcu'uqwt gu'fg'hqu'c'mo pqu"

Al principio de la actividad, se indica claramente a los alumnos cuáles son las reglas de la competición, así como la matriz de evaluación recogida en la Tabla 1.

Cada grupo ha de diseñar, construir y ensayar experimentalmente una cocina solar. El diseño, selección de materiales, o el tamaño de la cocina, son decisión de cada grupo. No se aporta ninguna información sobre cocinas solares con el objetivo de que haya una mayor diversidad de ideas y conceptos de diseño. Por favor, mantened vuestro diseño y progreso secretos hasta el final de la competición. Dicho final constará de una prueba al exterior (condiciones meteorológicas reales) en un día despejado a finales de junio. Dicho día, cada grupo deberá:

- 1) Colocar la cocina: tendréis 5 minutos para colocar todos los componentes de la cocina solar. Cuanto más rápido, mejor.
[1-5 puntos concedidos por la transportabilidad, 1 para el grupo más lento, 5 para el más rápido]
- 2) Capacidad de cocción: el profesor proveerá los huevos necesarios. Durante una hora, todos los grupos cocinarán los huevos que deseen, en el orden que ellos consideren.

- [máximo 20 puntos concedidos según la dureza de los huevos duros obtenidos y de su cantidad]
- 3) **Facilidad de cocción:** las cocinas deberían ser de un diseño sencillo y fáciles de utilizar a la hora de insertar o retirar comida (en general, no sólo con huevos)
[1-5 puntos, 1 para el peor diseño, 5 para el mejor diseño]
- 4) **Presentación final:** cada grupo dispondrá de 15 minutos para exponer en una presentación oral (Powerpoint) el diseño y su motivación, el proceso de construcción y los ensayos previos realizados. La fecha límite para entregar las presentaciones será el día mismo de la competición (no habrá tiempo para correcciones según lo que se aprenda durante la propia competición).
[máximo 20 puntos concedidos según el diseño, la calidad de los ensayos, y el aprendizaje]

Se sumarán finalmente los items 1) a 4) y el grupo con mayor puntuación total será el ganador de la competición.

Tabla 1. Matriz de evaluación de la competición de cocinas solares

3.2. Mejoras progresivas incorporadas

El Máster MUTEDS, y con él la asignatura objeto del presente análisis, empezó en el curso 2015-2016. Las unidades didácticas no han cambiado desde entonces, pero sí la metodología empleada, y el sistema de evaluación.

A continuación se resumen cronológicamente los cambios más relevantes que se han ido realizando:

- **Curso 2015-2016:** curso inicial en el que se centró el esfuerzo en el desarrollo de material para todas las unidades didácticas. La evaluación fue en base a dos exámenes (80% de la asignatura) y sólo un 20% era la participación activa de los alumnos en base a la asistencia y a presentaciones en grupos de dos, sobre temas seleccionados por el profesor. Al final del cuatrimestre se mostró a los alumnos una cocina solar a modo de demostración.
- **Curso 2016-2017:** primer curso donde se introdujo la competición de centrales solares en grupos de 4-6 (actividad mencionada en la sección 2.3). Además, el profesor ofertó 5 temas para presentaciones grupales y dos grupos eligieron el tema de la cocina solar. Entre ellos y en clase, con todos los alumnos presentes, se organizó una competición para ver qué grupo cocinaba más huevos. Este tema atrajo el interés de toda la clase y por unanimidad pidieron que dicha actividad se extendiera en cursos posteriores a la totalidad de la clase.
- **Curso 2017-2018:** por primera vez se planteó que todos los grupos diseñaran y construyeran una cocina solar. Había una matriz de evaluación clara pero no tareas intermedias. El grado de satisfacción de los alumnos fue muy alto con la competición, pero al final del curso destacaron que entre las dos competiciones, dedicaban mucho más tiempo al trabajo activo de la asignatura que a la preparación para los exámenes, y consideraban que esto se debería reflejar en la evaluación.
- **Curso 2018-2019:** se cambió el peso de la evaluación, que pasó a ser de un 70% por la participación activa, y con un único examen al final de la asignatura (30%). En la competición de las cocinas solares se introdujeron tareas intermedias que permitieron una mayor continuidad del trabajo de los alumnos y proporcionales una retroalimentación con mayor frecuencia.
- **Curso 2019-2020:** la metodología fue ya idéntica al curso anterior, pero dado el contexto del COVID, sólo un par de alumnos por grupo pudieron reunirse y sólo una persona participó en la cocción el día de la competición, transmitiéndolo a todos en directo via MS Teams. Todo funcionó correctamente, pero dadas las diferencias con los cursos anteriores, el presente trabajo se centra únicamente en los cursos 2016-2017 hasta 2018-2019.

En base a la experiencia acumulada durante los primeros 5 cursos con la competición de cocinas solares, se destacan las siguientes mejoras progresivas introducidas en la competición, mejoras que son extensibles a muchas otras actividades de ABP:

- Creación de grupos lo más homogéneos posibles, para mantener la motivación del alumnado durante la competición. Para ello, al final de las tres primeras clases se introdujo una breve actividad de dinámica de grupo (15 minutos). Esta actividad permite al profesor detectar los roles y capacidades de los alumnos. Tras estas tres primeras clases, se crean los grupos de 4-5 alumnos de forma que cada uno tenga uno de los alumnos con mejores notas (en el cuatrimestre A del Máster), un alumno extranjero, un líder y un buen planificador del trabajo (roles detectados en los juegos de dinámica de grupo). Los grupos de las dos competiciones de la asignatura son los mismos para mayor simplicidad.
- Reglas claras / matriz de evaluación: se recomienda que los alumnos tengan unas reglas claras desde el principio de la competición. Por ello, el primer día donde se expone la competición, el profesor proporciona y explica la matriz de evaluación indicada en la Tabla 1.
- Espacio compartido de trabajo: el profesor crea un grupo en MS Teams donde están los 4-5 alumnos de cada grupo así como el profesor. De esta manera los alumnos pueden utilizar dicho espacio como zona de trabajo, y el profesor puede realizar ahí el seguimiento con cada grupo (además de lo visto en clase).
- Establecimiento de 4-5 tareas intermedias a lo largo del curso que sirvan de retroalimentación y obliguen a los alumnos a avanzar progresivamente con la competición, y permiten al profesor realizar un seguimiento continuo. Por ejemplo, una de estas tareas consiste en pedir a los alumnos que justifiquen cada componente diseñado en base a los conocimientos adquiridos durante la asignatura. Esto es esencial para mantener la motivación del alumnado, para que comprendan que la actividad está diseñada para adquirir un aprendizaje profundo en la materia, y para guiarles en dicho proceso.
- Se recomienda no publicar las notas hasta el final de la asignatura para mantener la motivación del alumnado al máximo. Esto no significa que no haya una retroalimentación al alumnado, pues esta es esencial y llega en las reuniones intermedias. Sin embargo, la mayoría de los alumnos están motivados por el carácter competitivo de la actividad y por ello el profesor considera preferible que su grado de motivación no se vea influido por las notas.
- Se recomienda hacer una encuesta privada para que cada alumno auto-evalúe la participación del resto de compañeros de su grupo. Esto se introdujo por primera vez en el curso 2019-2020 y permitió detectar a dos alumnos de clase que no habían participado nada en la primera competición (centrales termosolares). Se les advirtió que su nota sería menor que la de sus compañeros, y en la siguiente competición (cocinas solares) todos los alumnos de clase participaron prácticamente por igual.

3.3. Seguimiento

Al final del cuatrimestre, se pide a los alumnos, en el horario de clase (para tener una mayor cantidad de respuestas) que contesten a una encuesta online anónima con las preguntas recogidas en la tabla 2. Dicha encuesta sigue una escala Lickert de 5 puntos, en la que los alumnos indican su grado de acuerdo o desacuerdo con cada pregunta (1=totalmente en desacuerdo, 3=término medio, 5= totalmente de acuerdo).

La encuesta consta de una cuestión general (P1) sobre el conjunto de medidas de aprendizaje activo y finalmente las preguntas (P2) a (P5) para evaluar resultados más específicos del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conviene señalar que la encuesta es más amplia, pues las mismas preguntas se aplican a varias de las actividades de la asignatura. Sin embargo, el presente trabajo se centra únicamente en la competición de cocinas solares.

P1) Creo que habría aprendido más en otras asignaturas si adoptaran técnicas de enseñanza-aprendizaje similares
P2) Creo que la competición de cocinas solares es el mejor método para asimilar conceptos
P3) Creo que la competición de cocinas solares es el mejor método para escuchar otras opiniones
P4) Creo que la competición de cocinas solares es el mejor método para aprender pues tengo una mayor implicación personal
P5) Creo que la competición de cocinas solares es el mejor método para desarrollar mi capacidad crítica

Vc drc "40Rt gi wpx u't gcrkj cf cu'c 'yqu'c'mo pqu'gp'ix 'gpewguc 'c'n'kpcif'f g'lewc'v'ko g'nt'g"

Es importante destacar que la encuesta se realiza sistemáticamente el último día de clase, en el horario oficial y en presencia de los alumnos. Dada la alta participación a clase, cada año la tasa de respuesta a la encuesta es superior al 75%. Al final de la encuesta, el profesor comenta abiertamente los resultados con los alumnos, lo cual es en algunos casos necesario para interpretar mejor los resultados.

5. Resultados

5.1. Percepción subjetiva del profesor

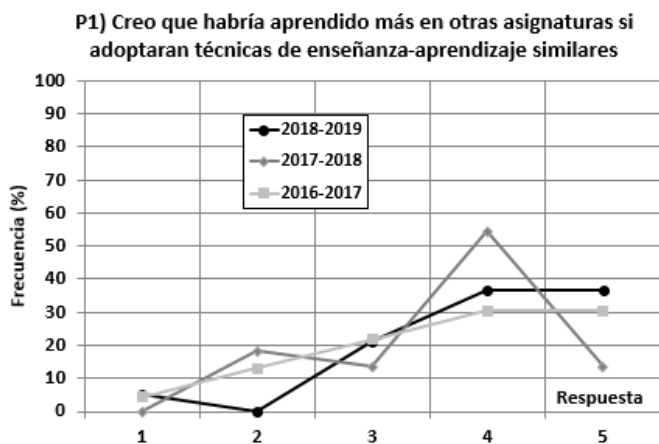
Al margen de la evaluación del alumnado, cabe destacar que la experiencia del profesor ha sido altamente satisfactoria. Si bien es cierto que la actividad requiere mayor dedicación de seguimiento que con metodologías de aprendizaje pasivo, si se organizan adecuadamente las clases, dicha dedicación no es tan relevante y gran parte de ella se puede incluso realizar durante las propias clases. En una asignatura bastante descriptiva como la planteada, es posible resumir algo más la teoría, acortando si es necesario en detalles o ejemplos, para dejar algo de tiempo para este tipo de actividades. Sin la competición planteada, los alumnos aprobarían el examen pero probablemente olvidarían lo aprendido en menos de un año. Los alumnos destacan con el paso del tiempo que entre las actividades que más recuerdan del máster MUTEDS está dicha competición. Su motivación, interés y participación es mayor, sobre todo por tratarse de una actividad de tipo práctico/manual. En general, la asistencia a cada clase es superior al 75%.

Parte del beneficio en el proceso de aprendizaje se refleja por la capacidad de cocción de las cocinas solares. En el primer curso 2016-2017 como máximo los alumnos lograron cocinar un huevo en una hora. Gracias, en gran medida, a las reuniones y tareas intermedias que se introdujeron con el tiempo, la calidad de las cocinas solares ha ido en aumento. Desde el curso 2018-2019 hasta la actualidad, siempre ha habido grupos con capacidad para cocinar 5 huevos o más, llegando incluso a 12 en el mejor de los grupos del curso 2019-2020.

Desde que el peso de la participación activa es de un 70%, el profesor ha observado que los alumnos se implican mucho más en las actividades grupales, y tampoco ha habido ninguna queja o sugerencia distinta en cuanto al sistema de evaluación.

5.2. Análisis de las encuestas del alumnado

La Figura 3 muestra claramente cómo los alumnos, a lo largo de los años, siempre han valorado positivamente la dinámica de las clases. La pregunta P1) es muy genérica, dado que a parte de la cocina solar se aplican otra metodologías como un juego de empresa en la competición de centrales termosolares. Sin embargo queda clara la tendencia en las respuestas, donde la mayoría de los alumnos están de acuerdo en que habrían aprendido más en otras asignaturas de haberse aplicado técnicas similares. De hecho, la respuesta promedio ha variado de 3.6 a 4.0 en los tres cursos analizados (es decir “parcialmente de acuerdo” de promedio en la encuesta). En general, los alumnos aprecian que cada clase sea dinámica, que el aprendizaje sea ameno y que disfrutan en el proceso.

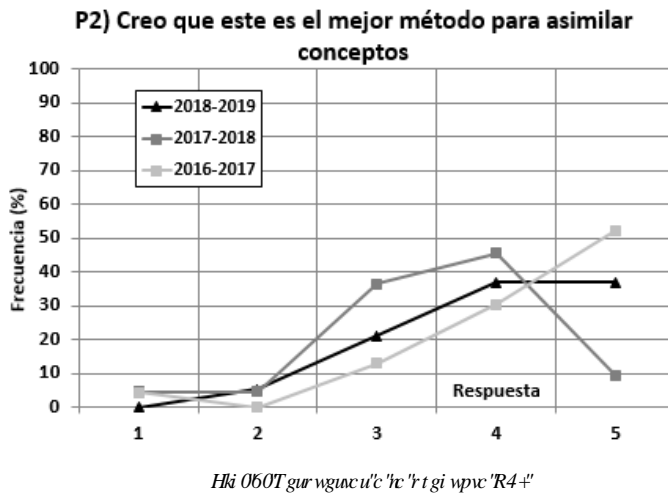


Hki 050T gur wguac u'c'rx'rt gi wpc 'R3+''

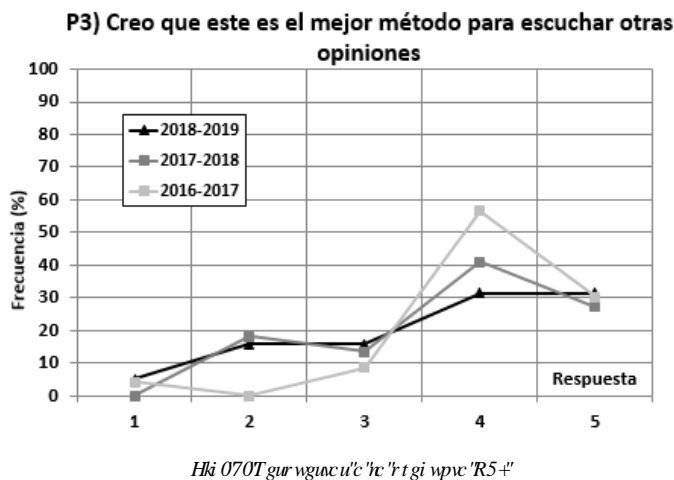
La tabla 3 muestra los resultados globales de la encuesta. Para cada pregunta, se han sumado los porcentajes de los alumnos que están parcial o totalmente de acuerdo, con el objetivo de comparar los valores entre cursos. También se aporta en dicha tabla la valoración promedio de cada pregunta. Si se compara la valoración media de P1) a P5) en los cursos 2017-2018 y 2018-2019, que es cuando todos los grupos participaban en la actividad de cocinas solares, en general el porcentaje de acuerdo así como la valoración ha aumentado ligeramente. También cabe señalar que el grado de acuerdo con la pregunta P1) ha ido en aumento desde un 60.9% en el curso 2016-2017 hasta un 73.7% en el curso 2018-2019.

	Curso 2016-2017		Curso 2017-2018		Curso 2018-2019	
	% de acuerdo	Valoración media (1 a 5)	% de acuerdo	Valoración media (1 a 5)	% de acuerdo	Valoración media (1 a 5)
P1)	60.9	3.7	68.2	3.6	73.7	4.0
P2)	82.6	4.3	54.5	3.5	73.7	4.1
P3)	87.0	4.1	68.2	3.8	63.2	3.7
P4)	78.3	4.3	59.1	3.7	73.7	4.0
P5)	73.9	4.2	59.1	3.8	57.9	3.7
Media P1) a P5)	76.5	4.1	61.8	3.7	68.4	3.9

Vcdx'50Rt gi wpc u't gcnkj cf cu'gp'rx'gpewguc'cn'kpcrtf'gilewv'ko gut g"

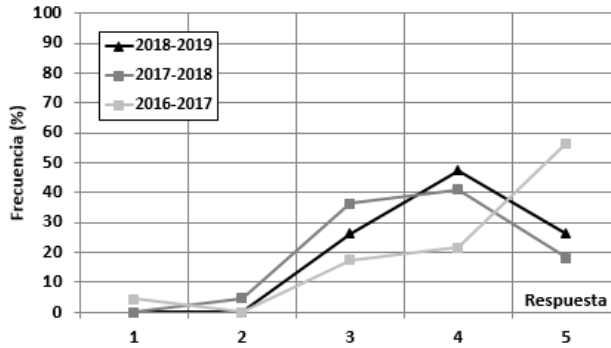


La Figura 4 muestra que un 73.7% de los alumnos del curso 2018-2019 estaban de acuerdo en que la actividad es el mejor método para asimilar conceptos. Desde el punto de vista del profesor, este trabajo de tipo práctico es muy eficaz para aplicar conceptos físicos y para alcanzar un aprendizaje profundo en base a los ensayos de prueba y error que van haciendo los alumnos probando distintos diseños. También es muy beneficioso en el proceso de aprendizaje el hecho de que los alumnos intercambien opiniones entre ellos, con su propio vocabulario. Además, las reuniones de seguimiento con el profesor son esenciales para un aprendizaje profundo pues permiten a los alumnos relacionar la actividad con los conocimientos de la asignatura.



Los alumnos también destacan (Figura 5) que la competición de cocinas solares es una buena técnica para escuchar otras opiniones. Esto ocurre a menudo en la competición dado que hay varios diseños posibles tanto del reflector como del absorbedor, y muchas decisiones a consensuar en cuanto a la elección de materiales y del proceso de construcción.

P4) Creo que este es el mejor método para aprender pues tengo una mayor implicación personal

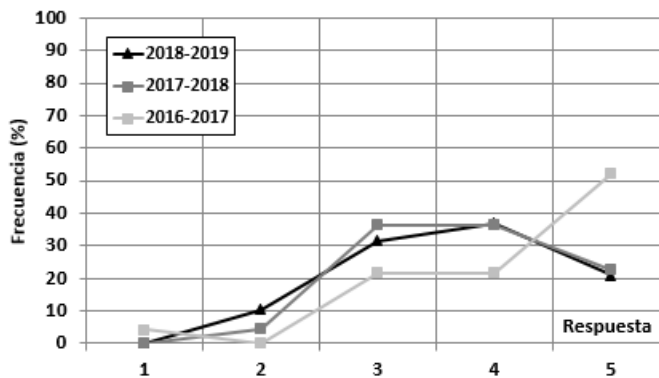


Ηλι 080T gur wgiuc u'c 're 'rt gi wpc 'R6+'

La Figura 6 indica que, según los alumnos, la competición de cocinas solares es el mejor método para aprender dado que su implicación personal es mayor. 73.7% de los alumnos estaban de acuerdo con dicha afirmación en el curso 2018-2019. Los alumnos suelen destacar que muy pocas veces en sus estudios han podido poner en práctica su conocimiento en un trabajo de tipo práctico/manual.

Finalmente, la Figura 7 muestra que los alumnos consideran que la competición favorece el desarrollo de su capacidad de análisis crítico, aunque en menor medida que el resto de preguntas (sólo 57.9% estaban de acuerdo con esto en el curso 2018-2019).

P5) Creo que este es el mejor método para desarrollar mi capacidad crítica



Ηλι 090T gur wgiuc u'c 're 'rt gi wpc 'R7+'

Por último, cabe destacar que para la mayoría de preguntas excepto la P1) y P3), en el curso 2016-2017 las tendencias de las respuestas fueron ligeramente distintas, presentando a menudo máximos en la opinión extrema de “completamente de acuerdo”. Esto es lógico si se tiene en cuenta que en el curso 2016-2017 sólo dos grupos realizaron la competición de cocinas solares. El resto contestaron a la encuesta sin verse influidos por su nota o por la comparativa entre grupos. Al introducir la cocina solar como evaluación a todos los grupos, se ha observado siempre que los grupos con menor nota suelen valorar en menor medida el beneficio de la actividad, de ahí que el porcentaje de alumnos con la opinión “totalmente de acuerdo” haya sido menor en los cursos 2017-2018 y 2018-2019. Pese a todo, como se puede apreciar, las opiniones negativas a cualquiera de las preguntas han sido por lo general siempre inferiores al 20% ante todas las preguntas.

6. Conclusiones

El presente trabajo detalla cómo se ha introducido una actividad de ABP de tipo práctico/manual en un Máster de ingeniería (MUTEDS). Se detalla tanto la actividad como su evaluación, aportando también todas las mejoras que se han ido introduciendo desde el curso 2016-2017 hasta el curso 2019-2020. Las clases son de 3 horas de duración, por lo que es esencial que sean dinámicas. La actividad planteada se introdujo con el objetivo de favorecer una mayor implicación, concentración y participación de los alumnos, y de favorecer un aprendizaje más profundo en la materia.

La actividad planteada consiste en una competición en la que los alumnos, en grupos de 4-5, deben diseñar, construir y ensayar experimentalmente la capacidad de cocción de una cocina solar. Entre las mejoras introducidas con el paso de tiempo, muchas de ellas son extensibles a cualquier otra actividad de tipo ABP:

- Se recomienda establecer unas reglas muy claras desde el inicio de la actividad
- Es fundamental introducir tareas intermedias para favorecer un mayor avance de los alumnos, para darles una retroalimentación sobre su trabajo, y que asocien la actividad con los conceptos esperados en la asignatura
- Para aprovechar la competitividad entre grupos, desde su punto de vista motivacional, se recomienda crear grupos lo más homogéneos posibles y no publicar las notas hasta el final de la competición (aunque sí se aporta una retroalimentación del trabajo a través de las reuniones intermedias)

Mediante una misma encuesta realizada cada año a los alumnos, se ha observado que según los alumnos, esta actividad favorece la asimilación de conceptos, permite compartir y contrastar distintas opiniones, y desarrollar su capacidad crítica. Los alumnos también consideran que aprenden más pues tienen una mayor implicación.

Finalmente, desde el punto de vista del profesor, se ha conseguido con éxito mantener una participación activa del alumnado (asistencia superior al 75% en cada clase), aumentar su interés y participación, y adquirir un conocimiento más profundo de los principios físicos de la materia.

Referencias

- Auyuanet, A., Modzelewski, H., Loureiro, S., Alessandrini, D., & Míguez, M. (2018). "FisicActiva: applying active learning strategies to a large engineering lecture" en *Gwtqr gcp "Lqwt pcn'ql'Gpi kpggt kpi "Gf wec vkqp*, 43, 1, 55–64.
- Davis, C., Younes, R., & Bairaktarova, D. (2019). "Lab in a box: Redesigning an electrical circuits course by utilizing pedagogies of engagement" en *Kpvt pc vkp pcn' Lqwt pcn'ql'Gpi kpggt kpi "Gf wec vkqp*, 35, 2, 436–445.
- Donohue, S. (2014). "Supporting active learning in an undergraduate geotechnical engineering course using group-based audience response systems quizzes" en *Gwtqr gcp "Lqwt pcn'ql'Gpi kpggt kpi "Gf wec vkqp*, 39, 1, 45–54.
- Evers, F. T., Rush, J. C., & Berdrow, I. (1998). *Vj g'dcugu'ql'eqo r gvgpeg<Unknu'lqt'nlgrupi 'rgctplki "cpf" go rrtq{cdlklk}*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Farrell, S., & Cavanagh, E. (2014a). "An introduction to life cycle assessment with hands-on experiments for biodiesel production and use" en *Gf wec vkqp 'lqt 'Ej go kecn'Gpi kpggt u*, 9, 3, 67–76.
- Farrell, S., & Cavanagh, E. (2014b). "Biodiesel production, characterization, and performance: A hands-on project for first-year students" en *Gf wec vkqp 'lqt 'Ej go kecn'Gpi kpggt u*, 9, 2, 21–31.



- Nembhard, D., Yip, K., & Shtub, A. (2009). "Comparing Competitive and Cooperative Strategies for Learning Project Management" en *Lqwtpcn'qhl'Gpi kpggtkpi 'Gf wecwkq*, 98, 2, 181–192.
- Park, D. Y., & Bae, D. H. (2020). "Engineering education in Cambodia: Investigating undergraduate engineering students' understanding of the engineering design process" en *Κεφάλαιο 1: Η σημασία της μάθησης και της αξιολόγησης στην εκπαίδευση*, 36, 1A, 66–83.
- Pimmel, R. (2001). "Cooperative Learning Instructional Activities in a Capstone Design Course" en *Lqwtpcn'qhl'Gpi kpggtkpi 'Gf wecwkq*, 90, 3, 413–421.
- Stuart, J., & Rutherford, R. J. D. (1978). "Medical student concentration during lectures" en *Vj g'Ncpegv*, 312, 8088, 514–516.
- Terenzini, P. T., Cabrera, A. F., Colbeck, C. L., Parente, J. M., & Bjorklund, S. A. (2001). "Collaborative Learning vs. Lecture/Discussion: Students' Reported Learning Gains" en *Lqwtpcn' qhl' Gpi kpggtkpi "* *Gf wecwkq*, 90, 1, 123–130.