

Fomento de la actitud creativa como herramienta de mejora continua en asignaturas de Ingeniería

J.A. Yagüe Fabra, J.J. Aguilar Martín, J. Velázquez Sancho

Dpto. de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Universidad de Zaragoza
jyague@unizar.es

En esta comunicación se describen las experiencias llevadas a cabo y los resultados obtenidos en la asignatura de la titulación de Ingeniería Industrial de la Universidad de Zaragoza con el objetivo de lograr fomentar la actitud creativa en los estudiantes de últimos cursos. Para ello, se han diseñado y puesto en práctica diversas actividades de aprendizaje basadas en el análisis y resolución de casos, trabajo en equipo, técnica puzzle y varias metodologías que persiguen implicar mucho más a los estudiantes en su aprendizaje mediante su participación activa y creativa constante. Además de ello, se han reconfigurado las clases magistrales transformándolas en mucho más participativas para los estudiantes, haciendo que sean ellos los que tomen el control. Todo ello se ha aplicado en la asignatura "Calidad Industrial", optativa de último curso de Ingeniería Industrial. Se trata de una asignatura muy adecuada, dado que entre los objetivos que se persiguen en ella se incluye el desarrollo de capacidades relacionadas con trabajo en equipo, mejora continua y otras que precisan de creatividad para ser exitosas. Se trata de una asignatura que prepara al estudiante para su labor profesional en empresa mediante su aprendizaje de diversas técnicas y herramientas que permiten el trabajo de manera estandarizada y ordenada, así como la mejora continua. No obstante, la Calidad es una idea transversal en las empresas, que implica a todos los trabajadores. Por ello, también se forma a los estudiantes en actitudes de relación interpersonal. En la comunicación se describen las actividades realizadas, así como los resultados de la evaluación posterior realizada por profesores estudiantes, así como la planificación de mejoras futuras.

1. INTRODUCCIÓN

La creación de un entorno de aprendizaje crítico natural es uno de los principales objetivos que deberían perseguirse en el diseño y desarrollo de una asignatura en el nuevo marco de educación superior [1]. Este entorno permite que el estudiante se sienta mucho más implicado y motivado con su aprendizaje. Para lograr dicho entorno las tradicionales sesiones expositivas han de verse complementadas con otro tipo de actividades que permitan al alumno adquirir un aprendizaje profundo.

En este contexto, un grupo de profesores llevamos años trabajando conjuntamente en la mejora de nuestra docencia en esta línea en nuestra labor diaria y a través de diferentes proyectos de innovación docente [2-3]. Para ello llevamos años aplicando herramientas tradicionalmente utilizadas en el ámbito de la Calidad Industrial para llevar a cabo una metodología orientada a la Mejora Continua (según el esquema mostrado en la figura 1) de varias asignaturas relacionadas con el aprendizaje de la Metrología Dimensional y de la Ingeniería de la Calidad.

En esta comunicación se muestra el resultado de la aplicación de esta metodología a la asignatura "**Calidad Industrial**" con el objetivo fundamental de fomentar la actitud creativa de los estudiantes.

Crisis significa cambio. En momentos de crisis como los que se viven en la actualidad es necesario un cambio en el modo de hacer las cosas... nuevas ideas. Dicho cambio no es posible sin una actitud creativa adecuada. Eso es lo que persigue con este proyecto: fomentar la actitud creativa en los estudiantes. El objetivo no es sólo formarlos mejor en competencias genéricas, sino que adquieran las competencias específicas de la materia de manera más natural. Confiamos en que ayude para que los estudiantes, una vez finalizados

sus estudios, asuman de manera natural que es posible explorar varias posibilidades para lograr un objetivo, que tengan iniciativa y sean emprendedores.

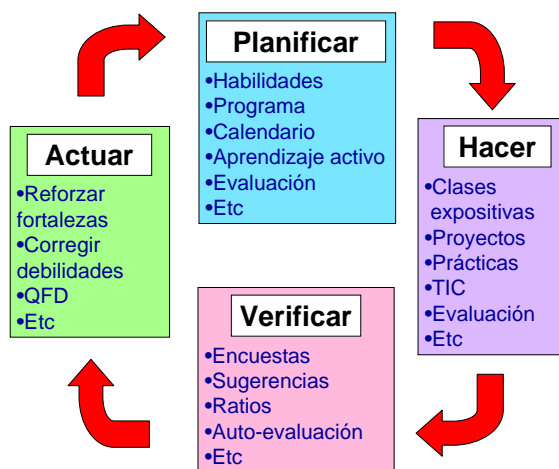


Figura 1. Ciclo de mejora continua aplicado a la asignatura

2. CONTEXTO

La asignatura en la que se han implantado todas estas actividades es “Calidad Industrial”, optativa de último curso de Ingeniería Industrial, con aproximadamente 25 alumnos. Se trata de una asignatura que prepara al estudiante para su labor profesional en empresa mediante su aprendizaje de diversas técnicas y herramientas que permiten el trabajo de manera estandarizada y ordenada, así como la mejora continua. No obstante, la Calidad es una idea transversal en las empresas, que implica a todos los trabajadores. Por ello, también se forma a los estudiantes en actitudes de relación interpersonal. Se busca dotarles de herramientas tal vez novedosas, pero sin duda creativas que les ayuden, entre otras cosas, en eso comúnmente conocido como “tener don de gentes” o “tener mano izquierda”.

De este modo, en la asignatura y en las actividades realizadas se aúnan dos conceptos imprescindibles para la creatividad: novedad y repetición. Novedad como motivación, como apertura de otras posibilidades. Repetición como insistencia, como protocolo común de actuación y comunicación entre personas.

3. OBJETIVOS

El objetivo básico buscado con la innovación propuesta es mejorar los siguientes aspectos del aprendizaje de los estudiantes:

- **Fomento de la actitud creativa e innovadora:** los estudiantes reciben por parte del profesor una formación en la que se aplica la creatividad en el modo de transmitir contenidos. Este es el primer paso. El siguiente consiste en que los propios estudiantes lleven a cabo trabajo creativo que se aplique al grupo completo.
- **Actitud y aptitud ante el trabajo en equipo:** la mayoría de las actividades a llevar a cabo suponen trabajo en grupos pequeños precedido por trabajo individual de preparación. En algunos casos se realiza un trabajo posterior en grupo grande.

Además, también se persigue el desarrollo de las siguientes capacidades: gestión y planificación del tiempo, presentación de resultados, capacidades de comunicación oral y escrita, etc.

Aunque en el siguiente apartado se explicarán con mayor detalle las actividades realizadas, conviene, no obstante, adelantar ahora que una de las actividades propuestas consiste en que los estudiantes diseñen (de manera lo más creativa posible) actividades de aprendizaje de los contenidos de la asignatura durante la duración de la misma. Una vez diseñadas,

deben explicarlas y aplicarlas con el resto de sus compañeros a modo de ensayo de la efectividad de lo diseñado. Para ello disponen, por supuesto, de material de apoyo y la guía de los profesores.

Los estudiantes son evaluados por el profesor mediante rúbricas en las que se hace especial esfuerzo en valorar adecuadamente la creatividad mostrada por los estudiantes, pero también la eficacia de su propuesta, su capacidad oral para explicarla a los demás compañeros, etc. Dado que la actividad se aplica al resto de los compañeros, éstos también emitirán una evaluación basada en criterios similares a los anteriores.

La actividad propuesta tiene un peso del 80% de la nota final de la asignatura.

4. ACTIVIDADES

Se ha buscado el fomento de la actitud creativa en los estudiantes proponiéndoles la realización de actividades que necesiten de su capacidad innovadora, pero también a través de actividades cotidianas en clase que rompan la rutina habitual que habitualmente conlleva pasividad. Se persigue, por lo tanto, la pro-actividad.

Un breve ejemplo: en los primeros días de clase se propone que cada alumno suba a la pizarra, anote su nombre y el que considere su principal punto fuerte, su habilidad más destacable, aplicable al trabajo en equipo. Con esta sencilla tarea se consigue, entre otras muchas cosas: que los alumnos comiencen a conocerse, que rompan la pasividad, que se activen, planteándose cuál puede ser su punto fuerte, que comiencen a ser participativos, etc. Además, el profesor relaciona ello con casos reales de trabajo en equipo en la empresa, situaciones en entrevistas de trabajo, etc.

De manera más concreta, algunas de las actividades que se les proponen a los estudiantes son:

- En primer lugar se utiliza la **técnica puzle** para que, a partir de grupos de trabajo, todos los estudiantes lleguen a tener un conocimiento suficientemente profundo de un **Manual de la Calidad**, que deben aplicar a la **confección de un procedimiento** y a la **realización de una auditoría interna**. Esta es una actividad orientada a proporcionar material base para las ideas, dado que dicho Manual de Calidad les sirve de base para realizar tareas creativas posteriores.
- A partir de material base proporcionado por los profesores, **los alumnos deben diseñar (incluyendo elementos innovadores) actividades de aprendizaje de los contenidos de la asignatura** durante la duración de la misma. Una vez diseñadas, deben explicarlas y aplicarlas con el resto de sus compañeros a modo de ensayo de la efectividad de lo diseñado. Para ello disponen, por supuesto, de material de apoyo y la guía de los profesores. Se trata de actividades que fomentan la generación, materialización y expresión de nuevas ideas.

Para llevar a cabo estas actividades los estudiantes disponen de material en moodle. Además, el material que utilizan es material del Sistema de Gestión de Calidad de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura y no de una empresa modelo o virtual. Esto les facilita el entendimiento de lo que en el manual se explica y les acerca a la realidad.

Las actividades que desarrolladas están enmarcadas en temática relacionada con la Calidad Industrial, como por ejemplo: Sistemas de Gestión de la Calidad (ISO 9001), Sistemas de Gestión Integral (incluyendo Gestión Medioambiental, etc.), Responsabilidad Social Empresarial, Modelo EFQM, Herramientas Calidad, etc.

4.1. Cronograma de las actividades en el curso 2011-2012

Las actividades propuestas han comenzado a realizarse en la asignatura “Calidad Industrial” en el primer cuatrimestre del curso 2011-2012. A continuación se muestra el calendario general de trabajo:

1. **Actividades para proporcionar material base para las ideas:** la información específica sobre los diversos contenidos de la asignatura la reciben los estudiantes a lo largo del curso. No obstante, entre el comienzo de curso y las fiestas del Pilar (mediados de octubre) se han realizado actividades participativas concretas para proporcionarles material base genérico para fomentar sus ideas.

Como ejemplo, una de estas actividades ha consistido en la realización de un **debate** guiado sobre la Responsabilidad Social Empresarial y su impacto en la Gestión de la Calidad de una empresa. Inicialmente se solicita que los estudiantes se posicionen a favor o en contra de una afirmación concreta. Posteriormente se forman grupos de debate que han de defender la postura contraria a la que han manifestado apoyar. De ese modo se persigue fomentar su capacidad de diálogo, de defensa de distintos puntos de vista, de análisis y síntesis, etc.

2. **Actividades para fomentar la generación, materialización y expresión de nuevas ideas:** estas actividades se llevaron a cabo durante la segunda parte de octubre, el mes de noviembre y la primera parte de diciembre. Se les planteó a los estudiantes diversas opciones para el proyecto que debían realizar y pautas para el mismo. Algunos de esos proyectos se describen más adelante en este artículo. Durante este periodo se les ha proporcionado material base, apoyo y realimentación continuos y sistemáticos por parte de los profesores.
3. **Actividades para poner en valor las ideas desarrolladas:** los estudiantes han presentado y explicado a sus compañeros las actividades de aprendizaje diseñadas por ellos mismos. Tras ello, hacia el final del cuatrimestre se han aplicado dichas actividades en sesiones específicas de simulacro de realización de las mismas, lo que ha servido como parte de la evaluación.
4. **Evaluación posterior de los resultados por parte de los profesores y planificación de mejoras futuras:** una vez finalizado el cuatrimestre, observando los puntos fuertes y débiles de las actividades realizadas. Las mejoras futuras se han implantarán en el próximo curso.

4.2. Estructura de los proyectos desarrollados por los estudiantes en el curso 2011-2012

Aunque se ha fomentado en todo momento la creatividad de los estudiantes, los profesores hemos marcado la estructura dentro de la cual esas ideas debían enmarcarse. Así, la estructura de los proyectos que han desarrollado los estudiantes debía cumplir el siguiente esquema:

- **Objetivo:** los estudiantes debían orientar su proyecto a aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura en el diseño de una práctica (de entre 2 y 3 horas de duración) que los futuros alumnos de la asignatura puedan llevar a cabo. Se aconseja que, si la práctica se enmarca dentro de una empresa o institución, preferiblemente se tome como ejemplo la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza, de la cual los estudiantes disponen de información abundante (manual de la calidad, manual de procedimientos, etc) que han trabajado durante el cuatrimestre. Se valora especialmente la utilización de métodos creativos que faciliten la realización de la práctica como un trabajo en equipo.
- **Informe final:** el informe debía incluir como mínimo lo siguiente:
 1. **Introducción**, incluyendo:
 - Breve presentación del contexto de la práctica. Por ejemplo: dentro del ámbito de la ISO 9001, de la 14001, etc. Indicar la importancia de la práctica que se plantea para adquirir conocimientos en dicho ámbito.
 - Breve introducción de las herramientas de trabajo en grupo que se proponen y justificación de su elección.

2. **Guión de la práctica para el estudiante**, incluyendo los siguientes apartados:

- Objetivo.
- Contexto.
- Material del que dispone el estudiante para la realización de la práctica.
- Desarrollo de la práctica.
- Descripción del informe a entregar por los estudiantes, incluyendo qué resultados han de indicarse, etc.

Se pide a los estudiantes que el formato del guión (encabezados, etc) sea el mismo que el que han utilizado para la realización del procedimiento en uno de los casos prácticos de la asignatura.

3. **Solución de la práctica:**

Se pide a los estudiantes que el formato de la solución (encabezados, etc) sea el mismo que el que han utilizado para la realización del procedimiento en uno de los casos prácticos de la asignatura.

4. **Guión de la práctica para el profesor**, incluyendo los aspectos que el profesor ha de destacar en la explicación, posibles errores que pueden cometer los estudiantes y opciones para evitarlos, etc.:

Se pide a los estudiantes que el formato del guión (encabezados, etc) sea el mismo que el que han utilizado para la realización del procedimiento en uno de los casos prácticos de la asignatura.

5. **Bibliografía:** referencias (libros, artículos, webs, etc.) utilizadas para la realización del trabajo.

6. **Autoevaluación y opinión:** informe de autoevaluación del aprendizaje destacando:

- Valoración personal: para qué piensan los estudiantes que les ha servido la realización del proyecto, es decir, qué han aprendido desde los puntos de vista técnico y humano (trabajo en grupo, etc).
- Qué dificultades (técnicas y de otro tipo) han encontrado.
- De qué parte o partes han aprendido más y qué parte o partes no han terminado de dominar.
- Autoevaluación cuantitativa del trabajo en equipo:
- Indicar qué nota media pondrían al trabajo y qué nota (consensuada entre todos) se pondrían cada uno de ellos.
- Opinión: qué aspectos del trabajo (y de la asignatura) mejorarían para próximos años y cuáles mantendrían tal y como están.

7. **Anexos:** los que se consideren oportunos. Por ejemplo: material de apoyo para la realización de la práctica, material de apoyo para el profesor, etc.

- **Simulacro de realización de la práctica en el aula:** Los últimos días de clase del cuatrimestre se reservaron para realizar un simulacro de las prácticas desarrolladas por los estudiantes entre los alumnos de la asignatura. A cada práctica se le dio un tiempo de unos 20 minutos en el que se debían realizar las tareas que el grupo que la había diseñado eligiera.
- **Hitos del proyecto:** cada grupo tuvo asignado un profesor responsable de entre los de la asignatura. Las dudas que surgieron durante la realización del trabajo debían tratarse con dicho profesor a lo largo del cuatrimestre. El objetivo es ayudar a los

estudiantes en su aprendizaje resolviendo las dudas y ofreciendo una realimentación que les permita saber si están realizando correctamente el trabajo.

En la tabla 1 se muestra la lista de hitos, la fecha a partir de la cual era posible llevar a cabo cada uno de ellos y sus correspondientes fechas límite de entrega a los profesores.

Hito	Realizable a partir de	Fecha límite de entrega
Reuniones de seguimiento de cada grupo con el profesor responsable del trabajo	Durante todo el cuatrimestre	-
Simulacro de realización de la práctica en el aula	Después de Navidad	9, 10, 16 y 17 Enero 2012
Informe final	Antes de entrega de actas	6 Febrero 2012

Tabla 1. Hitos del proyecto

- **Evaluación:** las reuniones con el profesor responsable de cada trabajo sirven como evaluación formativa (para mejorar el aprendizaje).

En cuanto a la evaluación sumativa, no sólo se tendrá en cuenta el contenido del trabajo entregado, sino también el cumplimiento de plazos, la calidad de la presentación final ante los compañeros y profesores (lenguaje verbal y no verbal, orden y estructura, capacidad de transmisión de conceptos, etc.), etc.

Los porcentajes en la nota final de la asignatura serán los siguientes:

- Asistencia y aprovechamiento de clases y prácticas, así como casos prácticos intermedios (realización de un procedimiento, etc.), entrega de guiones de prácticas, etc.: 20%
- Trabajo de asignatura: 80%

Y dentro del proyecto:

- Simulacro de realización de la práctica: 40%
- Informe final: 60%

5. EJEMPLOS DE PROYECTOS

Durante el curso 2011-2012 los estudiantes, en grupos de dos o tres personas, han desarrollado proyectos con las siguientes temáticas: KANBAN, SMED, Poka-Yoke, 7 herramientas de la calidad, EFQM, auditoría interna, benchmarking y 5S.

En cuanto a la metodología utilizada, ha habido una gran variedad de técnicas y métodos. Como muestra una breve descripción de algunos de los ejemplos:

- **Role-playing:** en el caso de la auditoría interna los estudiantes optaron por esta metodología. Desarrollaron papeles para los diferentes actores (auditor, responsable de calidad, etc) y un guión sobre el que actuar para llevar a cabo la auditoría. El simulacro en clase fue un auténtico éxito.
- **KANBAN:** los estudiantes se apoyaron en una hoja de cálculo diseñada por ellos mismos y utilizaron unos recortables que permitían simular un proceso de producción en el que unos procesos demandaban piezas de los anteriores.
- **Poka-Yoke:** para ejemplificar esta técnica los estudiantes recurrieron, al igual que en el caso del KANBAN a elementos sencillos que la hicieran entendible. En este caso desarrollaron piezas y utillajes con piezas de lego.
- **5S:** se utilizaron como ejemplo el Laboratorio de Metrología y el Taller de Mecanizado del Departamento, ambos conocidos y utilizados por los estudiantes y se extrajeron posibles mejoras aplicando las 5S con una metodología de participación muy activa.

6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los estudiantes realizaron unas encuestas de satisfacción a final de curso. Algunas de las preguntas de dicho cuestionario se muestran en la siguiente figura:

CALIDAD INDUSTRIAL					
Valora de 1 a 4 cada cuestión: (1) Nada de acuerdo (4) Completamente de acuerdo					
Cuestión	1	2	3	4	
1. La asignatura ha cumplido todas mis expectativas.					
2. Los objetivos del trabajo han sido definidos con claridad.					
3. El trabajo planteado cubre todos los objetivos formativos de la asignatura.					
4. Valora la dificultad del trabajo de curso (1: Muy Fácil - 4: Muy Difícil)					
5. Los medios materiales a mi disposición para la realización del trabajo de curso me parecen adecuados.					
6. Los profesores han resuelto mis dudas					

Expresa brevemente tu opinión:

- Valora de 1 (poco) a 4 (mucho) la utilidad de los siguientes elementos y actividades dentro de la asignatura:

Prácticas	
Visitas a empresas	
Clases teóricas	
Trabajo en grupo	
Exposición y discusión pública del trabajo	
Material y herramientas en la web de la asignatura	

- Indica otros temas de tu interés que pienses que deberían estar incluidos en el temario de la asignatura.

-Indica el tema que más te ha gustado/interesado.

-Ahora que has cursado la asignatura, ¿la recomendarías a otra persona?.

-Indica lo mejor y lo peor de la asignatura.

Figura 2. Encuesta de satisfacción del estudiante

A partir de los resultados de estas encuestas y de la autoevaluación que presentaron en su informe de proyecto se extrajeron diversas conclusiones. Un resumen de algunas de las principales es el siguiente:

Con respecto a la satisfacción general con el curso:

- Satisfacción general muy alta (71%) y ha cumplido sus expectativas, aunque todavía el 29% sólo está de acuerdo (y no muy de acuerdo) con esta afirmación.
- Aún los que han encontrado el curso difícil o muy difícil, todos lo recomendarían.

Con respecto a la adquisición de competencias específicas:

- La impresión general de los estudiantes al preguntarles si sienten que tras el curso son capaces de manejar y generar documentación de un sistema de calidad y aplicar técnicas de mejora continua, etc es que están muy de acuerdo un 57% y de acuerdo un 43%. Este dato ha mostrado un especial incremento con respecto a los obtenidos en cursos anteriores en los que se utilizaron técnicas de aprendizaje menos activas.
- Por otro lado, la opinión de los profesores (basada en la evaluación y el seguimiento de los estudiantes durante el curso) es que han desarrollado todas las competencias específicas y generales previstas. No obstante, por supuesto, no todos ellos las han adquirido al mismo nivel y las calificaciones han sido coherentes con ello.

Con respecto a las metodologías activas utilizadas:

- Hay unanimidad (entre alumnos y profesores) en considerarla muy útiles para su aprendizaje.
- Con respecto a las clases magistrales, el 43% de los estudiantes las considera muy útiles y el 57% sólo útiles. Este porcentaje contrasta con el 100% que encuentra muy útil el aprendizaje basado en proyectos.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La satisfacción entre estudiantes y profesores con la experiencia puesta en marcha es muy elevada. No obstante, especialmente tratándose del primer año, se han detectado algunos puntos débiles en la metodología que se intentarán corregir en próximos cursos. Entre ellos: la diferencia de profundidad alcanzada por unos proyectos u otros, la carga de trabajo que han supuesto, el déficit de aprendizaje observado en algunas de las partes de la asignatura no tan adaptables a esta metodología y que se han seguido impartiendo con clases magistrales más prácticas.

No obstante, podemos concluir que el balance general es muy positivo y que estas metodologías suponen un modo de trabajo distinto a lo que están acostumbrados nuestros estudiantes, que fomenta su creatividad y que les permite desarrollar sus competencias transversales sin perder de vista el desarrollo de las competencias específicas de la asignatura.

8. REFERENCIAS

- [1] K. Bain, *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*, Publicacions de la Universitat de València, Valencia, (2007).
- [2] J.A. Yagüe, J. Santolaria, J.A. Albajez, J.J. Aguilar, M.A. Lope. *Experiencias de aprendizaje activo y mejora continua en dos asignaturas técnicas con grupos reducidos*, V Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria, Valencia, España, (2008).
- [3] J.A. Yagüe, J.A. Albajez, J. Velázquez, J.J. Aguilar. *Formación en metrología dimensional en el marco del espacio europeo de educación: nuevas metodologías y herramientas*, IV Congreso Español de Metrología, Santander, España, (2009).