

Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) para el desarrollo de las actividades de mantenimiento

Improvement Cycle in Classroom (ICIC) for the development of maintenance activities

INGENIERÍAS

Antonio Jesús Sánchez Herguedas

<https://orcid.org/0000-0001-5135-3250>

Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Correo: antoniosh@us.es

Resumen. Un Ciclo de Mejora en el Aula de 20 horas ha sido realizado con los alumnos del Máster de Ingeniería Aeronáutica. En este tiempo se han desarrollado 15 actividades y se ha implementado un modelo metodológico basado en la reelaboración de ideas por parte de los alumnos, tras ser expuestas a información externa. Tras la presentación de una actividad cotidiana relacionada con los contenidos, el profesor transmite los nuevos conocimientos e incita al debate para reforzar las ideas en los alumnos. Los obstáculos descubiertos en ese debate permiten reformar las ideas mal aprendidas. El profesor trabaja con un mapa de contenidos, actividades cotidianas y un cuestionario de preguntas que le permiten hacer una valoración del aprendizaje global e individualizado. Tras la experiencia se detectan los puntos fuertes a mantener y los posibles cambios a introducir en el futuro. Finalmente se hace una valoración del aprendizaje.

Abstract. An Improvement Cycle in Classroom of 20 hours has been carried out with the students of the Master of Aeronautical Engineering. In this time, 15 activities have been developed and a methodological model has been implemented. The basis of the model consists in the reworking of ideas by the students after being exposed to external information. After presenting a daily activity related to the contents, the teacher transmits the new knowledge and encourages debate to reinforce the ideas in the students. The discovery of obstacles allows the reform of poorly learned ideas. The teacher works with a content map, daily activities, and a questionnaire that allows an assessment of global and individualized learning. After the experience, the points to be maintained and the possible changes to be introduced in the future are detected. Finally, a learning assessment is performed.

Palabras clave. Gestión de la calidad, Máster de ingeniería aeronáutica, Docencia universitaria, Desarrollo profesional docente, Modelo metodológico.

Keywords. Quality management, Master's degree in aeronautical engineering, University teaching, Professional teacher development, Methodological model.

Descripción del contexto

El desarrollo de este Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Delord y otros, 2020) se ha realizado durante el segundo cuatrimestre del curso 2020/21, para la asignatura *Organización Ae-*

ronáutica y Transporte Aéreo, que pertenece al primer curso del Máster de Ingeniería Aeronáutica de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. 51 alumnos se han matriculado, 1 de ellos repetidor y 2 erasmus. De ellos, 45 han completado en su totalidad el proceso, pues han cumplido con la asistencia, entregado los trabajos (reseñas y exposición) y cumplimentado los cuestionarios. Este CIMA se desarrolla durante 20 horas, distribuidas en doce sesiones de noventa minutos y dos sesiones de sesenta minutos. En estas sesiones se han realizado 15 actividades.

La docencia ha tenido lugar en el aula, asistiendo físicamente dos alumnos, mientras que los restantes 43 permanecían conectado mediante BB Collaborate. Esto dificultó la conectividad ya que el aula está preparada para retransmitir, pero ofrece dificultades para el debate entre los alumnos.

El objetivo de la asignatura es que los alumnos sean capaces de dominar los conceptos utilizados en las actividades de mantenimiento. Este ciclo se ha centrado en el aprendizaje de *la terminología, los flujos de información en la gestión del mantenimiento, el modelo de gestión del mantenimiento, la jerarquización de los activos en función a la criticidad para el negocio y el diseño de un plan de mantenimiento y de la organización de las tareas e instalaciones.*

Conexión con el proceso previo

Mi experimentación docente universitaria realizada el curso anterior consistió en el diseño y ejecución de un CIMA de 16 horas en el grado de ingeniería de organización industrial (GIOI). El objetivo fue implementar los distintos sistemas de gestión de mantenimiento, así como las técnicas que se utilizan en su diseño y desarrollo. El CIMA desarrollado conecta y mantiene continuidad con el desarrollado en el curso anterior, ya que, aunque la asignatura no es la misma, el contenido sí coincide. El nuevo CIMA abarca los contenidos del antiguo y lo extiende a nuevas situaciones y objetivos marcados por los estudios aeronáuticos. Inicialmente los nuevos retos son la complejidad de la adaptación de los contenidos a los nuevos estudios y el escenario de reducción de alumnos presenciales.

Diseño previo del Ciclo de Mejora en el Aula

Antes de iniciar el CIMA, se diseñó su desarrollo. En ese diseño se destacan tres aspectos fundamentales: el mapa de contenidos, el modelo metodológico y la secuencia de actividades programadas. Además, se estableció como iba a ser la evaluación del aprendizaje de los alumnos y del profesor.

Mapa de contenidos

Durante la docencia intentamos aunar conceptos, procedimientos, actitudes y valores (Bain, 2007), para facilitar esta labor se ha desarrollado un mapa de contenidos que reúne básicamente la gestión del mantenimiento. El mapa incluye aspectos como la terminología de mantenimiento, los flujos de información que aparecen en la gestión del mantenimiento y las actividades de mantenimiento que resultan origen o destino de esa información, el modelo de gestión del mantenimiento, la jerarquización de los activos, el diseño de un plan de mantenimiento y la organización de las personas. Este mapa se expone en la Figura 1.

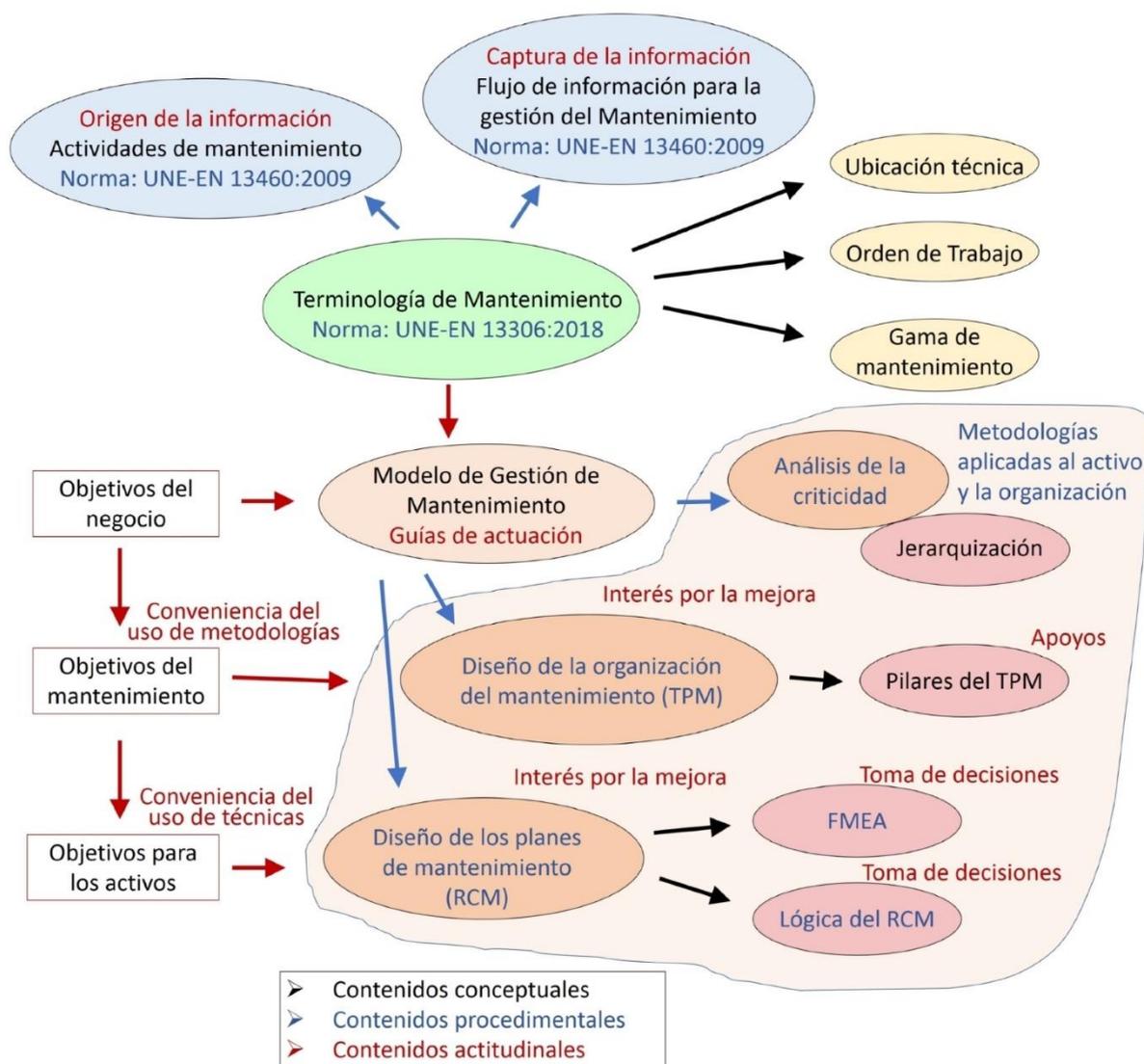


Figura 1. Mapa de contenidos: Desarrollo de las actividades de mantenimiento

Hay dos relaciones significativas en este mapa. La primera se establece entre los contenidos de dos normas europeas de mantenimiento: *la de terminología y la de documentación*. La segunda relación usa como hilo conductor a los activos físicos de una organización y, partiendo de los objetivos del negocio, desarrolla una triple metodología: *el cálculo de la criticidad de los activos, el diseño de los planes de mantenimiento y la organización de los operadores para la realización de un mantenimiento básico*.

Modelo metodológico posible

Se ha desarrollado un modelo metodológico basado en la reelaboración de ideas por parte de los alumnos. Sabemos que, durante la construcción del conocimiento, las ideas pueden ser reelaboradas y reformadas (De Alba y Porlán, 2017) (Delval, 2001) y que el alumno consigue aprender en base a la reorganización de sus esquemas mentales preexistentes a partir de la interacción con informaciones externas.

En este modelo, la información externa llega al alumno en forma de actividades cotidianas, y documentos de trabajo. Por eso, en cada sesión se incluye una o varias actividades cotidianas que preceden a la exposición de la documentación.

El modelo metodológico es un proceso cíclico que utiliza actividades cotidianas para preelaborar las ideas iniciales que actúan de base para construir el conocimiento de los nuevos contenidos. Además, tras la exposición de éstos, las ideas son reelaboradas y se promueve el debate, donde aparecen los obstáculos que permiten reformar las ideas. El modelo metodológico consta de los siguientes cuatro puntos, que pueden verse en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

- *Planteamiento de un problema cotidiano mediante una actividad y desarrollo de una parte del contenido de la lección por parte del profesor.*
- *Toma de conciencia y expresión de ideas por parte de los alumnos.*
- *Puesta en práctica de actividades de contraste que pongan en cuestión las ideas, mediante preguntas, abriendo debate en el que el profesor (Bain, 2007) orienta y detecta obstáculos.*
- *Elaboración de conclusiones sobre los contenidos, que incluyen la superación de los obstáculos al aprendizaje y el seguimiento y control de las ideas reformadas.*

Cíclicamente se amplían los contenidos con la misma base propuesta en la actividad.

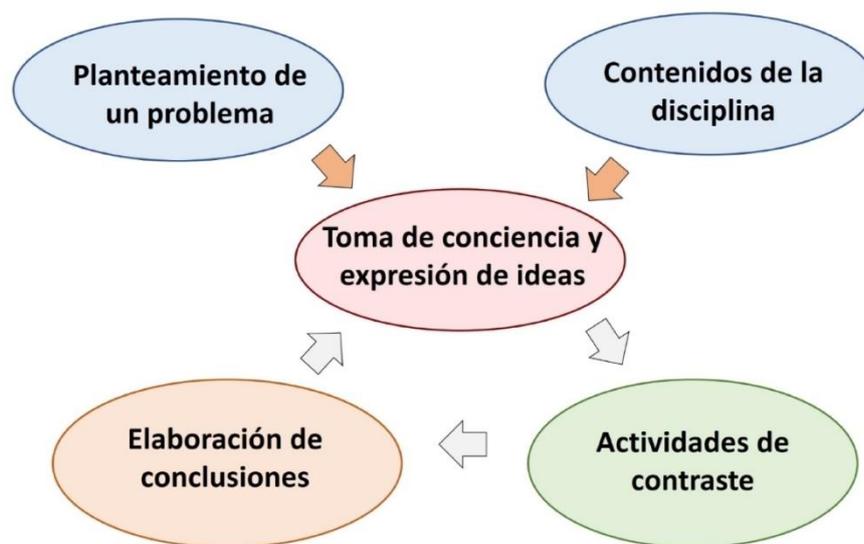


Figura 2. Modelo metodológico posible

Secuencias de actividades programadas

El profesor en el diseño del CIMA, establece una serie de actividades (Finkel, 2008), basadas en problemas cotidianos que plantean interrogantes y alumbran ideas. La secuencia de actividades propuesta sigue el proceso expresado en el mapa de contenidos. Se proponen quince actividades, expuestas en la Tabla 1, con una duración de entre 60 o 90 minutos cada una. Las cuatro primeras actividades corresponden al bloque de terminología. Las tres siguientes corresponden al bloque de flujos de información. La octava corresponde al modelo de gestión de mantenimiento. De la novena a la décimo primera corresponden al bloque de criticidad. Las actividades doce y trece corresponden al bloque del plan de mantenimiento y las dos últimas al bloque de organización de los operadores en mantenimiento. Todas las actividades comienzan

con la actividad cotidiana, luego prosigue el proceso cíclico de exposición, actividades de contraste, localización de obstáculos y reforma de ideas.

Tabla 1. Secuencia de actividades cotidianas por bloques y objetivo deseado.

<i>Nº</i>	<i>Actividad</i>	<i>Objetivo de la actividad</i>
1	Bomba de gasolina. Descomposición en componentes. Duración 90 minutos.	A través del estudio de los componentes de la bomba, los alumnos deben comprender los conceptos de: elemento, activo físico, nivel de intervención, ciclo de vida y función requerida.
2	Juntas tóricas. Ejemplo de fallo por altas temperatura en las juntas tóricas del crossover. Duración 60 minutos.	A partir del ejemplo del fallo en el motor de una patrullera los alumnos se enfrentan a los conceptos de fallo y avería, fallo primario secundario y oculto, modo de fallo y mecanismo del fallo.
3	Adquisición de veinte camiones y tres palas para una mina. Vehículos sometidos a diferentes actuaciones en su operación y mantenimiento. Duración 60 minutos.	Las dos situaciones (buen/mal mantenimiento) favorecen la introducción de varios conceptos: fiabilidad, vida útil, durabilidad y capacidad. Permite la distinción entre estados y tiempos en cada estado. Finalmente se introduce el concepto de seguridad de funcionamiento como resumen de la actividad completa.
4	Grupo de bombas de un gasoducto. Se explica cómo es la configuración de un centro de bombeo formado por varias bombas para impulsar gas en un gasoducto. Duración 60 minutos.	La actividad pretende incluir inicialmente el concepto de redundancia, pero después se aprovechará para discernir entre los distintos tipos de mantenimiento y los tiempos de una intervención de mantenimiento. Finalmente se procura abordar el concepto de indicadores de mantenimiento aprovechando el ejemplo de los fallos de las bombas.
5	Tres trabajadores del dpto. de mantenimiento. Se analiza la información generada y necesaria para que cada uno desarrolle su actividad. Duración 90 minutos.	Se pretende inicialmente que el alumno tenga conciencia sobre la necesidad y cómo debe fluir esa información (documentos). Posteriormente se analizarán las ocho actividades de mantenimiento, cómo se relacionan y qué información se intercambia entre ellas.
6	Patrullera. Necesidades de información para el usuario de la patrullera. Duración 60 minutos.	La actividad expone el origen de la información según la fase del ciclo de vida de la patrullera. Establece la correspondencia con los documentos de la norma europea. Recordando el caso de las juntas tóricas se introduce el concepto de Orden de Trabajo y se aborda la información necesaria para su cumplimentación.
7	La planta industrial y la clase. Se considera el mobiliario de la clase comparándolos a los activos de una planta industrial. Duración 60 minutos.	El entorno de la clase acerca al alumno los conceptos industriales. La actividad se aprovecha para incluir los conceptos de ubicación técnica, trazabilidad, gama y maestro de gama de mantenimiento.
8	La mesa de contratación del jefe de mantenimiento. Peticiones de los asistentes a la firma del contrato del nuevo jefe de mantenimiento. Duración 60 minutos.	Se pretende dar a conocer el origen de los objetivos de la función mantenimiento. Además, para cumplir con esos objetivos se expondrán las distintas técnicas que desde la función mantenimiento se aplican a cada uno de los activos de la organización. Todo ello constituirá el modelo de gestión del mantenimiento.
9	La caída de un meteorito. Se analiza la criticidad de los meteoritos sobre la superficie terrestre. Duración 60 minutos.	El estudio de los meteoritos que pasarán cerca de la Tierra lleva a los astrónomos a hacer una lista con los más peligrosos. Esto permite hacer un símil con un negocio. En función a los objetivos del negocio, se deberán jerarquizar todos los activos

		según la criticidad que suponga la pérdida de la función requerida para ese activo. Considerando la frecuencia y las consecuencias (severidad) de la pérdida funcional.
10	Operación salida de vacaciones. En la planificación de un viaje de turismo activo se debe decidir (bajo algún criterio) qué elementos van a incluirse en la maleta y cuáles no. Duración 60 minutos.	Dependiendo de la actividad a realizar serán más importantes unas prendas u otras. En el negocio, en función a sus objetivos, podremos determinar la criticidad de los activos. Las consecuencias vendrán determinadas por los factores que más influyen sobre el negocio, el peso de esos factores y el valor numérico de una escala. La construcción de esa escala para cada factor y para la frecuencia de aparición del fallo, constituyen el objetivo de la actividad.
11	La cápsula de Frenadol. Cada cápsula tiene distintas cantidades de cada uno de los principios activos, además de una posología base. Otros antigripales presentan otras concentraciones quizás de los mismos principios activos. Duración 60 minutos.	En el análisis de la Criticidad debemos elegir para cada activo el nivel (cantidad de principio activo) de cada factor. Para hacerlo de una forma rápida y metódica, se deben desarrollar tablas para cada factor y para la frecuencia. Estas tablas deben relacionar distintas situaciones de severidad con un valor numérico en cada escala. El objetivo final es obtener un valor para la criticidad a partir de los valores tomados de las tablas para cada activo físico. Este será el valor con que hacer la jerarquización.
12	El método RCM. Diseño de las tareas de mantenimiento para los activos críticos. Duración 90 minutos.	Se pretende que el alumno vea las tareas de mantenimiento como una oportunidad de intervenir en el negocio, al mejorar el comportamiento ante el fallo de los activos. La configuración de las tareas de mantenimiento se debe realizar considerando las soluciones para cada uno de los modos de fallo que afectan a ese activo.
13	La lógica del RCM. Expresa el tipo de tarea de mantenimiento que hay que aplicar a cada modo de fallo. Duración 90 minutos.	Una vez determinados los modos de fallo. En función a las posibilidades técnicas que se puedan aplicar a cada uno de ellos, se debe determinar la tarea de mantenimiento más apropiada que minimice la pérdida de la función requerida.
14	El Mantenimiento Autónomo. Características, responsabilidades, actividades e implementación del mantenimiento autónomo. Duración 90 minutos.	Se enfoca a la limpieza como tarea base del TPM. Se trabaja el reparto de responsabilidades entre operadores y mantenedores de los equipos, la composición y elementos de gestión de los pequeños grupos y los pasos de la implantación del mantenimiento autónomo.
15	Otros pilares del TPM. Características de los otros pilares del TPM y su implantación. Duración 90 minutos.	Se pretende el aprendizaje de la medición y mejorar del rendimiento de un equipo, cómo alcanzar la calidad y la prevención del mantenimiento y las necesidades de formación para la metodología del TPM. Al final se definen las fases de implantación del TPM.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

Actividad 1. Bomba de gasolina.

El profesor explica durante 15 minutos la avería en un SEAT 127 motivada por la rotura del diafragma de la bomba de la gasolina. Durante la exposición se realizan preguntas como: *¿la leva podría ser considerado un elemento? ¿cuál es el nivel de intervención del bombero? ¿y el del concesionario? ¿funciones requeridas de la bomba de gasolina y los requisitos que satisfacen?* Con ellas se pretende que el alumno tome conciencia y se involucre en la actividad. A continuación, se inicia la introducción de los conceptos de la disciplina y se pide a los alumnos que encajen cada concepto dentro de la actividad. Los alumnos forman sus ideas, formulan sus

opiniones en público y debaten hasta el consenso cada concepto como medio de contracte de ideas. El profesor procura que todas las ideas elaboradas por los alumnos sean correctas, identificando los posibles obstáculos, incorporándolos al debate. Se pretende que el alumno establezca sus conclusiones acordes al objetivo de la actividad. Se tratan un total de 9 conceptos, dedicándoles 7 minutos a cada concepto. En los últimos 10 minutos el profesor repasa cada concepto y las relaciones entre ellos para fijar las ideas en los alumnos.

Actividad 2. Juntas tóricas del crossover.

El profesor explica durante 15 minutos la avería sufrida en el escape de un motor en una patrullera. La alta temperatura del crossover provoca el deterioro de las tóricas de este componente y la pérdida del líquido refrigerante del motor. Durante la exposición, se realizan preguntas como: *Si se avería el motor mientras está en el mar. ¿Debe seguir funcionando el motor tras el fallo? ¿Cuál es el fallo primario en el caso del crossover? ¿Por qué una bicicleta sin tacos de freno no es un fallo oculto y un airbag sin conector de llenado de aire si lo es?* El procedimiento seguido es igual al explicado en la actividad 1: encaje de cada concepto en la actividad, debate y elaboración de ideas. En la actividad se analizan 9 conceptos, dedicándoles 4 minutos aproximadamente a cada concepto. En los últimos 10 minutos el profesor repasar conceptos y fija las ideas.

Actividad 3. Adquisición de equipos de movimiento de tierras para mina a cielo abierto.

El profesor explica durante 5 minutos la necesidad de comprar veinte camiones y tres palas de minería. Durante la exposición se realizan preguntas como: *¿podría estar en incapacidad interna un camión que ha pinchado? ¿está bien dicho que la disponibilidad es del 70%? ¿cuál es la diferencia entre el estado de reposo y el estado de espera?* Siguiendo el procedimiento de las anteriores actividades, se pedirá a los alumnos que encajen cada concepto en la actividad, se alentará el debate y la elaboración de ideas. En la actividad se analizan 23 conceptos, dedicándoles 2 minutos aproximadamente a cada concepto. En los últimos 5 minutos el profesor repasar conceptos y fija las ideas.

Actividad 4. Grupo de bombas de un gasoducto.

El profesor explica durante 5 minutos el complejo formado por un conjunto de motobombas que impulsan gas en un gasoducto. Durante la exposición se realizan preguntas como: *¿interesa que todas las motobombas sean iguales? ¿qué marca la diferencia entre al mantenimiento preventivo y el correctivo? ¿cuándo puedo hacer predictivo a esas bombas?* En la actividad se analizan 26 conceptos, dedicándoles 2 minutos aproximadamente a cada concepto. En los últimos 5 minutos el profesor repasar conceptos y fija las ideas.

Actividad 5. Tres trabajadores del departamento de mantenimiento.

El profesor explica durante 15 minutos las tareas que realizan tres trabajadores del departamento de mantenimiento y se le ofrece al alumno la responsabilidad de ser el director de mantenimiento. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿a quién le interesa lo que está haciendo cada uno de los trabajadores? ¿qué ocurre con la información que cada uno genera? ¿existen flujos de información dentro del departamento?* En esta quinta actividad se analizan las ocho actividades de mantenimiento y los flujos de información, tanto los necesarios para el desarrollo de cada actividad como los que se generan en cada una de ellas. Se dedica 5 minutos aproximadamente a cada actividad y 25 minutos a determinar y ubicar los flujos de información entre actividades. En los últimos 10 minutos el profesor repasa conceptos y fija las ideas.

Actividad 6. Patrullera.

El profesor explica durante 10 minutos cuál es el origen de la información de mantenimiento según la fase del ciclo de vida de una patrullera, determinando que hay documentos (información) que se generan en la fase preparatoria y que serán obligatorios y que hay otros que se generan durante la operación o posterior desguace de la patrullera, que serán sólo informativos, según la norma europea. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como:

¿qué información contienen los documentos obligatorios? ¿quién los aporta? ¿qué tipo de documentos son los informativos? ¿quién los genera? En una segunda parte de la actividad se hace referencia a la actividad cotidiana 2 y se introduce el concepto de “orden de trabajo” como vehículo de entrada de información al sistema de gestión, recogiendo los datos generados durante la ejecución de las tareas de mantenimiento. Para contrastar ideas se realizan preguntas como *¿qué actividades de mantenimiento utilizan la orden de trabajo? ¿son todas las ordenes de trabajo iguales?* En esta actividad se analizan los 15 documentos obligatorios, los 55 documentos informativos y el documento “orden de trabajo”. Se dedica 10 + 15 + 20 minutos a cada parte. En los últimos 5 minutos el profesor repasar conceptos y fija ideas.

Actividad 7. La clase y la planta industrial.

El profesor explica durante 10 minutos la composición de una planta industrial, estableciendo una relación con el aula. Aprovechando que el alumno está acostumbrado al entorno académico se introducen los conceptos de ubicación técnica, trazabilidad, gama y maestro de gama de mantenimiento. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿qué relación hay entre la sustitución de las tóricas y una gama? ¿cuántas tareas tiene una gama? ¿qué frecuencia tiene una gama?* El profesor anima el debate y procura que los alumnos elaboren correctamente las ideas. Se dedican 40 minutos a esta actividad. En los últimos 10 minutos el profesor repasar conceptos y fija ideas.

Actividad 8. La mesa de contratación del jefe de mantenimiento

El profesor explica durante 10 minutos el perfil que debe tener el jefe de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos del negocio. Se analizan estos objetivos y se determina porque esos y no otros. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿cuál es el origen de los objetivos de mantenimiento? ¿qué ocurre si los objetivos de mantenimiento se imponen sobre los del negocio?* En esta octava actividad se analizan los objetivos y estrategias de mantenimiento, se introduce el modelo gestión de mantenimiento con sus 8 fases y las técnicas usadas en cada fase. Se dedica 15 minutos aproximadamente a la primera parte y 30 al modelo de gestión del mantenimiento. Los últimos 5 minutos son utilizados por el profesor para repasar conceptos y fijar las ideas.

Actividad 9. La caída de un meteorito.

El profesor explica durante 10 minutos el comportamiento de aquellos meteoritos que podrían colisionar con la Tierra. Se estudian aquellos factores que influyen, la probabilidad y las consecuencias que un impacto tendría sobre la superficie terrestre. Cada meteorito tiene una criticidad que puede ser cuantificada. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿qué elementos determinarán el riesgo del negocio? ¿cómo se puede calcular la probabilidad de que el equipo falle? ¿qué consecuencias puede tener el fallo del equipo?* Se pide a los alumnos que encajen cada concepto en la actividad, se anima al debate y se procura que cada alumno elabore correctamente sus ideas. En la actividad se analizan los conceptos y la metodología del análisis de criticidad, dedicándoles 45 minutos. En los últimos 5 minutos el profesor repasar conceptos y fija las ideas.

Actividad 10. Operación salida de vacaciones.

El profesor explica durante 10 minutos la importancia que tiene llevar en una maleta la ropa adecuada a las actividades que se van a realizar. En el mundo empresarial, un negocio es como un viaje y su éxito viene determinado por diversos factores (la ropa que llevamos en la maleta). En cada tipo de negocio predominan unos factores, su determinación es fundamental para el éxito. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿qué factores afectan al negocio? ¿qué peso tiene cada factor en el total de las consecuencias para el negocio?* A continuación, se pide a los alumnos que reflexionen sobre los tipos de negocio, los factores que influyen en él, las medidas, las escalas, y que encajen cada concepto en la actividad. Se dedican 45 minutos a esta fase de la actividad. En los últimos 5 minutos se repasan conceptos.

Actividad 11. La cápsula de Frenadol.

El profesor explica durante 10 minutos la composición de un medicamento. En el análisis de la criticidad se debe determinar qué proporción (peso) de cada factor influye en las consecuencias de un fallo. Se elaboran tablas para cada factor con diferentes intervalos en las cuales se encaja cada uno de los equipos. Durante el debate se realizan preguntas como: *¿cuáles son los valores máximos y mínimos de las tablas? ¿cuáles son los valores intermedios? ¿cómo se establecen la anchura de los intervalos en cada tabla?* A la fase de la actividad se le dedica 45 minutos. En los últimos 5 minutos el profesor repasa conceptos y fija las ideas.

Actividad 12. El método RCM.

El profesor explica durante 20 minutos el método RCM, cuándo se puede aplicar y a qué equipos es aconsejable aplicárselo, prestando especial atención al modo de fallo y la técnica FMEA. Durante el debate se realizan preguntas como: *¿qué se busca al realizar un estudio RCM? ¿qué equipos son candidatos para incluirlos en un estudio RCM?* A continuación, se pide a los alumnos que reflexionen y expresen sus ideas. A esta fase de la actividad se le dedica 45 minutos. A continuación, durante 20 minutos adicionales se repasan los conceptos aplicados a un ejemplo práctico de una fundición.

Actividad 13. La lógica del RCM.

El profesor explica durante 20 minutos la parte fundamental del RCM, donde se elige el tipo de tarea de mantenimiento que se le aplica al equipo. En el debate se realizan preguntas como: *¿el modo de fallo es oculto? ¿se puede predecir el fallo? ¿se puede prever la frecuencia del fallo?* Se pide a los alumnos que reflexionen y expresen sus ideas. A esta fase de la actividad se le dedica 45 minutos. Luego, durante 20 minutos se repasan los conceptos y la lógica con el ejemplo práctico de la puerta automática de un tren de alta velocidad.

Actividad 14. El Mantenimiento Autónomo.

El profesor explica durante 30 minutos el mantenimiento autónomo como primer pilar del TPM. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿a quién implica el TPM? ¿en qué se convierte el operador de un equipo? ¿por quién están formado los pequeños grupos autónomos?* A continuación, se pide a los alumnos que reflexionen y expresen sus ideas, el profesor procura que cada alumno encaje correctamente sus ideas. A esta fase de la actividad se le dedica 45 minutos. En los últimos 10 se repasan conceptos y fijan ideas.

Actividad 15. Otros pilares del TPM.

Se explican durante 30 minutos los otros cuatro pilares del TPM. Durante la exposición y el posterior debate se realizan preguntas como: *¿qué se entiende por pérdida? ¿qué tipo de pérdidas se pueden dar en una máquina? ¿Cómo se contabiliza la eficiencia de una máquina?* Tras la reflexión y el debate se procura que cada alumno elabore correctamente sus ideas. A esta fase se le dedican 45 minutos. En los últimos 10 se repasan conceptos y fijan ideas.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Para realizar la evaluación del aprendizaje se ha desarrollado un cuestionario de preguntas (Rivero y Porlan, 2017), que es cumplimentado por los alumnos en el momento inicial y final del CIMA. Este cuestionario pretende explorar cuestiones centrales del contenido y aquellos posibles obstáculos al aprendizaje detectados durante la fase de contraste de ideas y debate en ocasiones previas. Se intenta descubrir: déficit de conceptos, errores de comprensión, niveles de conocimientos, formas de razonar, ideas establecidas y actitudes. Otro objetivo perseguido es proporcionar orientación para ir adecuando la propuesta de contenidos y las actividades que se desarrollarán en el futuro.

Antes de iniciar las actividades y la exposición de los contenidos se pidió a los alumnos que rellenasen el cuestionario (inicial). La información que se obtuvo sirvió para establecer su nivel de conocimiento antes del inicio del CIMA. Al final del ciclo se repitió la operación para medir

el nivel alcanzado por los mismos alumnos y el mismo cuestionario. De este modo se contrastan las ideas previas frente a las ideas elaboradas tras la exposición y reformadas tras el debate. La comparación permite evaluar el proceso de aprendizaje de cada alumno y también el del grupo, al establecer distintos niveles de conocimiento, separados por la superación de algún obstáculo.

El cuestionario está compuesto por noventa preguntas cerradas, tipo test, cuya respuesta puede ser verdadero o falso. El cuestionario final también se utiliza como parte de la evaluación al alumno. El tiempo ofrecido para la cumplimentación de ambos cuestionarios fue de 90 minutos. En la Tabla 2 se presentan las primeras preguntas del cuestionario.

Tabla 2. Cuestionario inicial y final (tres primeras cuestiones)

<i>Tenemos una pequeña válvula, en cuyo interior hay una bola que hace el cierre contra una junta. Esta bola, ni ninguno de los elementos interiores de la válvula se pueden adquirir. Solamente se vende la válvula completa. Dicha bola se puede decir que es un elemento.</i>
<i>Una determinada instalación industrial está formada por tuberías, que a su vez tienen instalados sensores y válvulas. También tiene depósitos y reactores conectados por dichas tuberías. En el interior de los depósitos hay otros elementos de control, así como agitadores, etc., en algunos casos. La instalación discurre por dos naves y un patio. Dichas naves y patio se podrían considerar un nivel de intervención. El nivel de intervención, en una jerarquía de elementos, es aquel en el que se realizan las operaciones de mantenimiento (elementos que se sustituyen o reparan, etc.).</i>

Las 90 preguntas del cuestionario están divididas en grupos de 6 para cada una de las 15 actividades propuestas para el CIMA. Esto permite elaborar escaleras de aprendizaje (Porlán, 2017) para cada uno de los 6 bloques en que se distribuyen las actividades. Estas escaleras contienen distintos niveles, según las preguntas que se han acertado (obstáculos superados) para cada uno de los bloques temáticos.

- El bloque de Terminología tiene 4 actividades y 24 preguntas.
- El grupo de Documentación tiene 3 actividades y 18 preguntas.
- El grupo de Modelos de Gestión tiene 1 actividad y 6 preguntas.
- El grupo de Análisis de Criticidad tiene 3 actividades y 18 preguntas.
- Los grupos de metodología RCM y TPM tienen 2 actividades y 12 preguntas cada uno.

Una vez determinado el número de aciertos y fallos, los primeros acumulan un punto y los segundos rectan medio punto. Sumados estos valores, divididos por el número de preguntas de cada bloque y multiplicado por diez (para que el resultado se distribuya entre 0 y 10), se obtienen los valores representados gráficamente en la Figura 3.

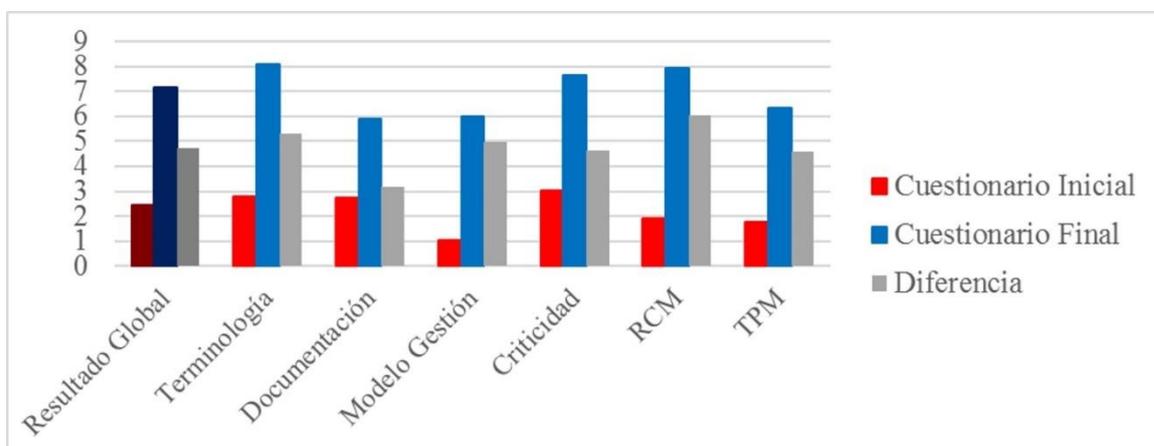


Figura 3. Resultados entre 0 y 10 de los cuestionarios inicial, final y su diferencia

Para el resultado global hay un aumento de 4.73 puntos sobre 10, pasando de un 2.45 a 7.18. Los resultados parciales van desde 1 a 3 para el inicial y desde 5.9 a 8.1 para el final, estando la diferencia comprendida entre 3.15 y 6.1.

Por otra parte, para analizar el avance individual de los alumnos, se elabora una Tabla de avance individual (Sánchez Herguedas, 2020), expresada por bloques de contenidos tal y como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultado del avance individual para 4 alumnos.

Alum.	Cuestionario inicial						Cuestionario final						Diferencia Global
	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	
A-1	5.00	5.28	3.33	5.28	1.25	2.92	10.00	6.11	7.50	7.50	7.50	7.92	3.72
A-2	2.29	2.50	0.00	2.22	0.00	2.92	8.75	6.94	7.50	7.50	8.75	4.17	5.50
A-3	1.25	2.78	-0.83	2.50	-1.25	3.33	8.96	4.72	4.17	6.67	9.17	8.33	5.67
A-4	1.88	3.33	2.50	4.17	1.25	2.50	9.38	5.83	7.50	7.50	8.75	10.00	5.50

Para analizar los obstáculos del cuestionario final, se desarrolla una tabla de valoración de obstáculos donde se pretende detectar los problemas no superados por un porcentaje importante de alumnos. Diez de las noventa preguntas han presentado un porcentaje de error superior al 30%. Estas preguntas posteriormente han sido expuestas y explicadas con detenimiento a los alumnos. El cuestionario constituye el 64% de la calificación final. El 36% restante está formado por las calificaciones obtenidas en las reseñas de los bloques, la exposición en grupo y el diario de clase del profesor. Antes de empezar el CIMA, el alumno sabía que su nota depende en un 64% de la evaluación del cuestionario final. Pero no ha sabido hasta el final que el profesor ha estado realizando un ciclo de mejora.

Evaluación del CIMA

Cuestiones a mantener y cambios a introducir para un futuro Ciclo de Mejora

Los siguientes elementos se pretenden mantener en futuros ciclos:

- *El modelo metodológico.*
- *La confección de los cuestionarios en base a los obstáculos previamente detectados durante los debates, cuestionarios y tutorías de cursos anteriores.*
- *La evaluación de los alumnos en base al cuestionario final.*
- *La detección de los obstáculos y la presentación de los errores más generalizados.*

Los cambios a introducir en un futuro ciclo de mejora:

- *Un mapa de contenido más amplio para incluir más contenidos en un futuro ciclo de mayor duración.*
- *Algunas de las actividades cotidianas necesitan ser mejoradas para una mejor adaptación a los contenidos.*
- *Los cuestionarios serán actualizados en base a la información recopilada durante este CIMA.*
- *El sistema de evaluación de los alumnos puede ser actualizado y mejorado, incluyendo nuevos elementos de evaluación.*

Aspectos de la experiencia que se pretenden incorporar a toda la práctica

El profesor ha preparado las sesiones con la ayuda de 22 documentos expuestos mediante diapositivas. Este documento recoge los contenidos de la asignatura y las actividades cotidianas. Será el documento de trabajo de los alumnos. A medida que se desarrolla la sesión, el profesor dispone de una lista de preguntas que utiliza para lanzar los debates para cada uno de los contenidos. También dispone de otra lista de obstáculos que se deben tratar durante el debate para asegurar que las ideas de los alumnos son las correctas. Estos obstáculos y preguntas han aparecido en cursos previos y fueron recogidos en el diario del profesor. Son actualizados en cada curso en función a lo detectado. Se pretende incorporar a toda la práctica docente habitual: *la lista de preguntas y de obstáculos y la actualización y mejora de las actividades cotidianas.*

Principios Didácticos argumentados que han guiado la experiencia

A partir del nivel de desarrollo de cada alumno, la intervención educativa es un proceso de interacción entre el profesor y los alumnos o entre los alumnos. Durante este proceso, el alumno comienza a elaborar sus ideas en base a la influencia ejercida por la información exterior que está recibiendo. Esta información exterior le llegará en forma de documentos proyectados en la pizarra y actividades cotidianas.

El profesor debe identificar y modificar los esquemas de conocimiento de los alumnos de una manera globalizada. Para ello, desarrolla actividades de contraste en base a preguntas intencionadas que provoquen el debate. Debe asegurarse de la construcción de aprendizajes significativos, localizando los posibles obstáculos durante las sesiones. Mediante esta ayuda pedagógica se consigue crear las condiciones de aprendizaje para que el alumno construya, modifique y mejore sus conocimientos en la dirección de las intervenciones educativas. También se debe promover que las posteriores actuaciones entre alumnos sigan el modelo metodológico propuesto por el profesor.

El proceso de aprendizaje requiere una intensa actividad por parte del alumno, una reflexión sobre el porqué ha modificado sus ideas y cuál ha sido el propósito que pretendía el profesor. Este proceso debe ser individualizado por cada alumno, pero ayudado por otros compañeros y el profesor mediante las tutorías.

Referencias Bibliográficas

- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Valencia: Publicacions de la Universitat de València.
- De Alba, N. y Porlán, R. (2017). La metodología de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 37-51). Madrid: Morata.
- Delord, G., Hamed, S., Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coord.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 127-162). Madrid: Morata.
- Delval, J. A. (2001). *Aprender en la vida y en la escuela*. Madrid: Morata.
- Finkel, D. L. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publicacions de la Universitat de València.
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria : cómo mejorarla*. Madrid. Morata.
- Rivero, A. y Porlan, R. (2017). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 73-91). Madrid: Ediciones Morata.
- Sánchez Herguedas, A. (2020). Ciclo de mejora en el aula para la elaboración de un plan de mantenimiento bajo el método RCM. En E. Navarro y R. Porlán (Coord.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2019. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 494-520). Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla.