

09-015

### **IMPLEMENTATION OF PLM METHODOLOGY IN UNIVERSITY TEACHING. A CASE WITH 3DXPERIENCE**

López Navarro, Ferran (1); Puigoriol Forcada, Josep Maria (1)

(1) Institut Químic de Sarrià IQS, School of Engineering SE, URL

The present project consists in the implementation of a project management system based in the Product Lifecycle Management (PLM) methodology, in the environment of the technical school IQS School of Engineering. In order to find the most appropriate aspect of this methodology for a pedagogical environment, a case has been prepared with the Dassault Systems software, 3DXPERIENCE, which aims to cover the teaching of the subject Projects. Through theoretical-practical classes and with a case prepared for this purpose, it is intended to put the student in different scenarios where he must solve different aspects of project management focused from two points of view: CPD (Collaborative Product Development / Design) and PDM (Product Data Management). The case and PLM software combine the aspects mentioned above so that students are able to learn in a solid and enjoyable way the knowledge demanded by today's companies.

Keywords: PLM; Product Lifecycle Management; Project Management

### **IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA PLM EN DOCENCIA. CASO DE ESTUDIO CON 3DXPERIENCE**

El presente trabajo consiste en la implantación de un sistema de gestión de proyectos empleando la metodología Product Lifecycle Management (PLM) en el entorno universitario de la escuela técnica superior IQS School of Engineering. Con el fin de hallar la vertiente de esta metodología más adecuada para un entorno pedagógico, se ha preparado un caso con el software de Dassault Systems, 3DXPERIENCE, que pretende abarcar la docencia de la asignatura Proyectos. Mediante clases teórico-prácticas y con un caso preparado para tal fin, se pretende poner al alumno en diferentes escenarios donde debe resolver diferentes aspectos de la gestión de proyectos enfocado desde dos puntos de vista: CPD (Collaborative Product Development/Design) y PDM (Product Data Management). El caso y el software PLM combinan los aspectos anteriormente nombrados para que los alumnos sean capaces de aprender de una manera sólida y amena los conocimientos que demandan las empresas de hoy en día.

Palabras clave: PLM; Gestión de ciclo de vida de producto; Gestión de proyectos

Correspondencia: Josep Maria Puigoriol Forcada. Correo: josep.puigoriol@iqs.url.edu



©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

La metodología PLM es una estrategia de negocio aplicable a cualquier industria, involucrada en la fabricación de bienes de consumo tangibles. La característica principal de esta filosofía se basa en el control en tiempo real de todos los procesos, etapas de diseño y materias primas necesarias para la fabricación exitosa de un producto, desde la etapa de conceptualización inicial hasta su retirada del mercado (Ameri & Dutta, 2005).

Dado que las principales empresas industriales de todo el mundo han implementado y utilizado con éxito, este proyecto establece la creación de un método para enseñar esta herramienta a los estudiantes de ingeniería industrial, y proporcionarles las habilidades y conocimientos necesarios para acceder al mercado laboral con habilidades más adecuadas para el complejo entorno empresarial actual.

## 2. Objetivo

El objetivo principal recae en gran medida en implantar en el currículo de estudios de ingeniería una formación práctica y teórica sobre las herramientas PLM actuales. En segundo lugar, el objetivo se define como implementar el software apropiado, así como los estudios de casos prácticos necesarios para tal fin.

## 3. Conceptos PLM

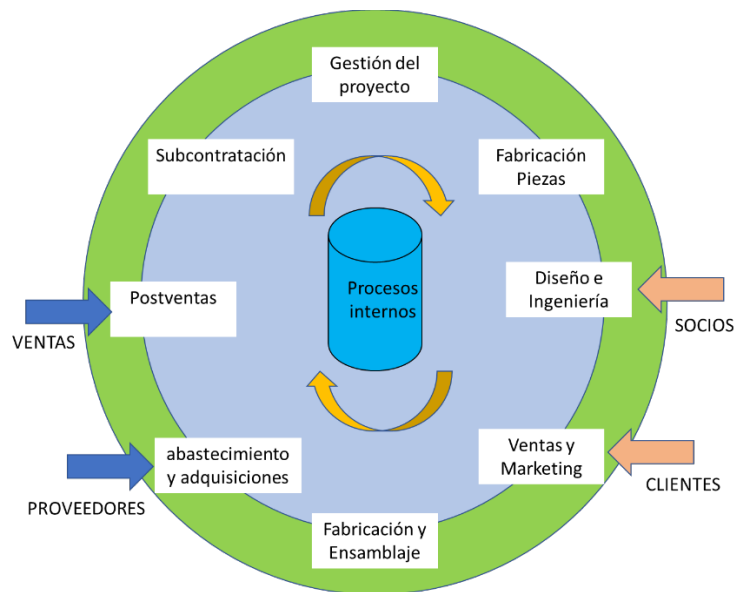
La gestión del ciclo de vida del producto (PLM) a menudo se describe como una tecnología, aunque es más preciso decir que es una estrategia técnica / económica. Esta estrategia permite a las empresas industriales ser más innovadoras y productivas gracias a la sinergia creada entre la gestión de datos y la integración de las diferentes herramientas de software utilizadas (Paavel et al., 2017).

Los principales objetivos de esta estrategia son la reducción de costes, el aumento del nivel de calidad en la empresa, facilitar la creación de productos y servicios innovadores, y gestionar la adaptación a los constantes cambios del mercado (Antonelli et al., 2012). Es uno de los cuatro pilares de la infraestructura de tecnología de la información en una corporación. Los otros tres pilares son:

- *Customer Relationship Management* (CRM) se utiliza para recoger las necesidades de los clientes y analizar las tendencias para permitir la innovación continua.
- *Supply Chain Management* (SCM): se utiliza para gestionar las actividades de aprovisionamiento requeridas con los proveedores.
- *Enterprise Resource Planning* (ERP) se utiliza para gestionar la producción y las actividades de la empresa en general.

Estas herramientas permiten a las empresas monitorizar el ciclo de vida de un producto en tiempo real utilizando la propiedad intelectual creada por los diferentes departamentos de la empresa. También permite gestionar e interpretar eficientemente los datos generados desde la concepción de un producto hasta el final de su vida útil (Saaksvuori & Immonen, 2008).

Figura 1: Los diferentes campos de PLM. (Saaksvuori & Immonen, 2008)



#### 4. Dificultades

La gestión de un producto durante su ciclo de vida no es trivial, ya que entran en juego múltiples factores fuera del control de los fabricantes. Durante las etapas de desarrollo no hay nada físico, solo bocetos y modelos virtuales, y no es raro perder el control de los procesos. Del mismo modo, cuando el producto es entregado/vendido va a las instalaciones del cliente, y de nuevo es difícil tener control sobre el mismo (Kärkkäinen & Silventoinen, 2016)

Con el fin de solventar estas dificultades PLM ofrece herramientas en los siguientes campos:

- Gestión la estructura del Portafolio de Productos.
- Control y visibilidad del producto a lo largo de su ciclo de vida.
- Gestión del desarrollo, soporte y entrega del producto de manera efectiva.
- Gestión de la retroalimentación sobre el producto de los clientes, ingenieros de campo y el mercado en general.
- Fomento del trabajo colaborativo entre diseñadores, proveedores y clientes.
- Gestión de los procesos para asegurar que sean consistentes y eficientes.
- Gestión y mantenimiento de la integridad de la definición del producto de forma segura, haciéndola visible cuando es necesario.
- Conservación del conocimiento exacto de las características del producto (tanto técnicas como financieras) a lo largo de su ciclo de vida.

A grandes rasgos, el objetivo del PLM es gestionar, almacenar y distribuir toda la información del ciclo de vida del producto para que llegue a las personas adecuadas, en el momento adecuado y con la calidad adecuada (Stark, 2005).

Como ejemplos de algunos de los retos a superar en las diferentes etapas del ciclo de vida, podríamos mencionar:

- Durante la fase creativa: asegurar que se sigan en todo momento las pautas requeridas.
- En la fase de definición: garantizar que los objetivos definidos en la etapa de conceptualización se alcancen durante el desarrollo del producto.
- En la etapa de fabricación: verificar que la versión del producto establecida en la etapa de definición es la que se está produciendo.
- En la fase de uso: comprobar que el producto cuenta con un programa de mantenimiento adecuado que tenga en cuenta y refleje las posibles actualizaciones o cambios en la evolución técnica del mercado.
- En la fase final de la vida útil: asegurar que todos los componentes tengan una estrategia de reciclaje adecuada.

Mientras que para un usuario común le puede parecer poco probable que se deban controlar tantos factores en todas las etapas, un estudiante de ingeniería debe asimilar que la industria maneja grandes cantidades de información. Además, a lo largo del ciclo de vida de un producto, los cambios y revisiones se realizan constantemente de acuerdo con el comportamiento del producto en el mercado. Estos cambios son llevados a cabo por diferentes departamentos y a diferentes niveles en la jerarquía de la empresa -y en consecuencia- por un gran número de profesionales. Esto hace que perder el control en cualquiera de las fases sea aún más fácil. De hecho, así es como sucede en la industria, cuanto más complejo es un proyecto, más necesario se vuelve utilizar la metodología y las herramientas de PLM.

## **5. Definición de la metodología docente**

### **5.1 Introducción**

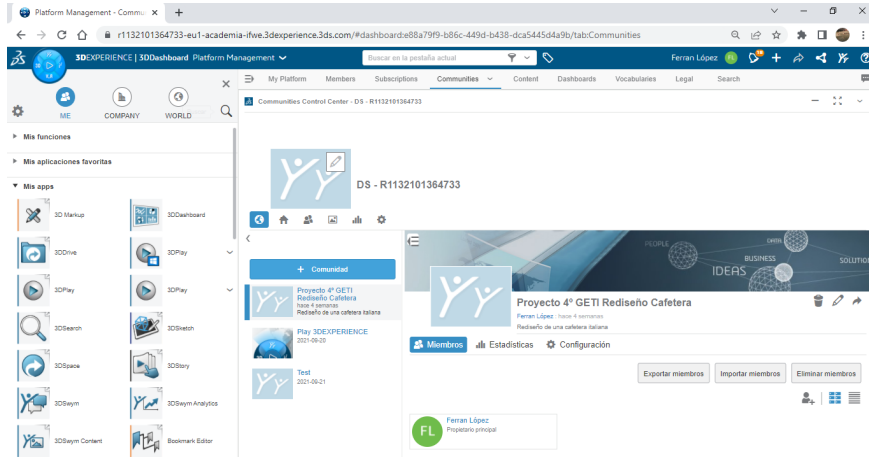
En el presente año docente la situación es especial, la asignatura proyectos de ingeniería pasa de su modalidad clásica a modalidad intensiva. Es decir, que donde antes se disponía de un cuatrimestre para ir desarrollando el proyecto seleccionado mediante unas 2 horas de teoría por semana se pasa a realizar toda la asignatura en cuatro semanas, a razón de una hora de teoría diaria y plazos de entrega del proyecto común en un tiempo muy corto. En estas circunstancias se hace especialmente importante utilizar todo tipo de herramientas que consigan coordinar los diferentes grupos de alumnos de manera efectiva y que la información, correcciones y decisiones tomadas se reflejen de manera centralizada y organizada si se desea que el proyecto tenga éxito. En estas circunstancias, el uso de una herramienta PLM parece lo más adecuada.

### **5.2 Software seleccionado**

El software seleccionado para este caso es 3DEXPERIENCE de Dassault Systemes. La empresa CimWorks ofrece para este reto asistencia y licencias de software asequibles, y después de unas semanas de pruebas y formación se dispone de la suficiente

capacidad para implantar y desarrollar un caso para los alumnos de ingeniería en tecnologías industriales de la escuela.

Figura 2: Plataforma web de 3DEXPERIENCE



La plataforma 3DEXPERIENCE ofrece las soluciones que se requieren para gestionar el proyecto seleccionado simulando las dificultades y las soluciones que se presentan en las empresas reales en tiempo real, desde la ingeniería hasta el marketing y las ventas. El sistema aporta soluciones de software para todas las dinámicas necesarias en el proyecto.

La interfaz es en formato web y es del mismo desarrollador que los programas CAD que se disponen en el IQS School of Engineering.

### 5.3 Metodología docente

La metodología docente aplicada es la de formación de grupos y la de plantear un proyecto de ingeniería emulando una empresa. Con objetivos concretos y utilizando los medios habituales en una ingeniería real. Se plantea como reto el desarrollar el proyecto en un tiempo muy corto, del 8 al 28 de febrero del 2022, con una dedicación estimada de 10 horas por estudiante, el 50% del tiempo dedicado a teoría de la asignatura.

## 6. Caso de estudio.

Es necesario crear un caso específico para que los estudiantes puedan trabajar con PLM y puedan comprender el problema específico. Deben ser capaces de asimilar las metodologías y comprender cómo PLM les ayuda a tener control sobre el proyecto. Partiendo de estas premisas, se crea un caso ficticio de la industria con las siguientes características:

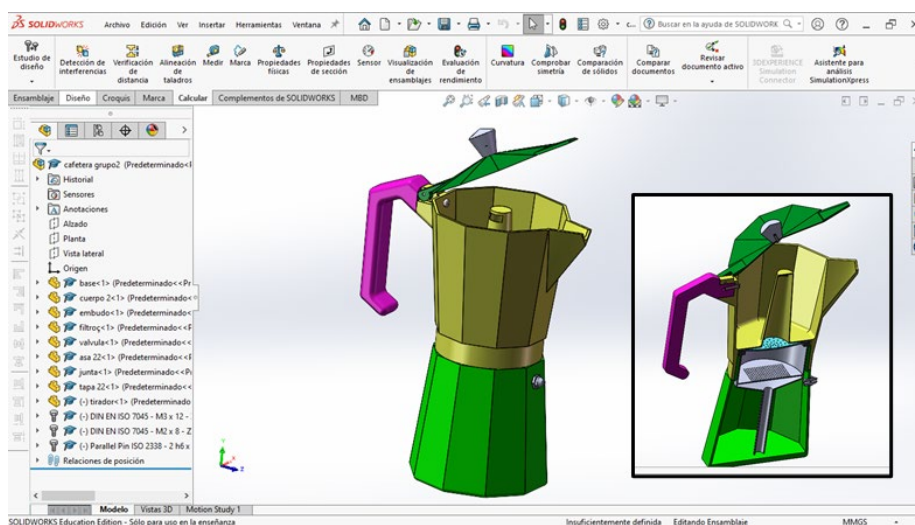
- Los estudiantes deben ser capaces de trabajar en diferentes equipos y utilizar la ingeniería concurrente.
- El caso debe ser lo suficientemente complejo como para que la solución no sea trivial.
- El proyecto debe ser preferiblemente sobre un producto real conocido. Esto favorece conocer rápidamente el entorno del proyecto y realizar una inmersión rápida

- A los alumnos se les entregará material semidesarrollado para que no tengan que dedicar demasiado tiempo en aspectos menos interesantes, teniendo en cuenta del tiempo que se dispone.
- Debería ser posible gestionar los roles y permisos de cada usuario.
- En ningún momento se deben abandonar los objetivos iniciales del proyecto.
- El proyecto tendrá una trazabilidad absoluta
- El profesor deberá tener visión y control total del proyecto en todo momento definiendo y controlando los indicadores que se van observando en tiempo real.

## 6.1 El caso planteado

El caso elegido es el rediseño de una cafetera italiana que se ha quedado obsoleta, estudio clásico en asignaturas de proyectos.

Figura 3: Cafetera inicial



El estudiante recibe un set de piezas CAD conocidas, ya que las desarrollaron en su primer curso en la asignatura Expresión Gráfica cuando aprendieron a utilizar el software Solid Works.

El estudiante recibe también una información de su jefe de ingeniería definiendo el objetivo y marcando los hitos de entrega con los resultados esperados.

El caso empieza con la definición de los roles. El rol del profesor es el de jefe del departamento de ingeniería de una empresa que fabrica utensilios de cocina y el rol de los alumnos es el de empleados del departamento.

En este escenario el jefe de ingeniería convoca una reunión para explicarles el nuevo proyecto.

Las palabras del jefe de ingeniería son las siguientes:

*“Nuestra gamma de cafeteras italianas clásicas se ha quedado desfasada, debemos hacer una mejora para poder volver a tener una cantidad de ventas que aseguren la vida de la empresa.*

*Los nuevos diseños deben de ser elegantes, fáciles de fabricar, sencillos de usar y a un precio muy competitivo.*

*Recordad que la estrategia de la empresa es tener unos precios económicos de sus productos y un gran volumen de producción*

*Se empezará por el modelo de capacidad para 6 tazas y si tenemos éxito haremos la familia de cafeteras de 1, 2, 3, 4, 6, 10 y 12 tazas  
Debemos poder tener un anteproyecto del nuevo diseño antes de finalizar el presente mes para poder pasar la propuesta a nuestro departamento de producción y a nuestro departamento de marketing”*

Además, se les entrega una lista de especificaciones inicial para que se hagan propuestas más realistas.

Lista de requerimientos iniciales:

- Material acero inoxidable (requisito mandatorio)
- Fácil de utilizar y limpiar
- Que se pueda usar en cocinas de gas, eléctricas, vitrocerámicas y de inducción
- Mango ergonómico
- Estilo elegante
- Dimensiones máximas 150x150x300 (requisito impuesto por el departamento de Packaging)
- Peso máximo 1 Kgr
- Precio máximo en mercado 30€
- Que haga buen café
- Que se reconozca nuestro estilo de marca
- Tiene que cumplir todas las normativas para poder obtener el certificado CEE

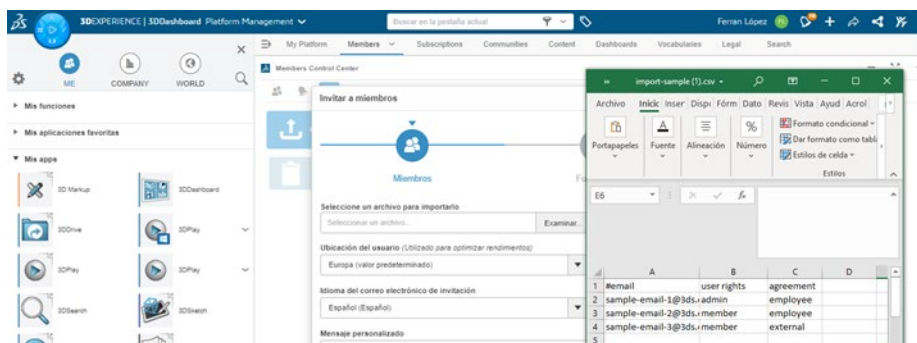
Evidentemente se trata de una lista inicial, se debe hacer una clarificación de objetivos, el establecimiento de funciones, la fijación de requerimientos, la determinación de características y la generación y selección de alternativas.

## 6.2 Preparaciones previas

Antes de empezar el profesor debe prepararse y realizar unos trabajos previos como enviar el instalable a los alumnos, dar permisos, crear grupos y configurar el proyecto.

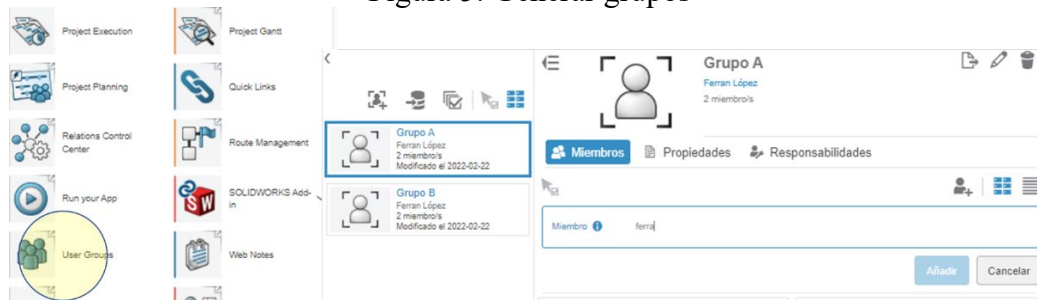
Importar miembros y dar permisos y roles se realiza de manera muy fácil a partir de una hoja Excel

Figura 4: Importar miembros y dar permisos



Generar grupos de trabajo y dar propiedades y responsabilidades también es una tarea fácil.

Figura 5: Generar grupos



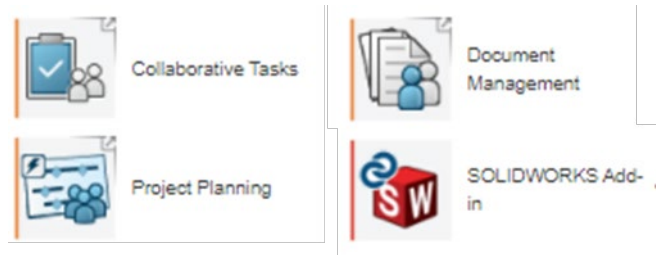
Configurar los atributos del proyecto tales como:

- Reglas de nomenclatura de contenido
- Reglas de acceso
- Configuración de requisitos
- Gestión de variantes
- Gestión del cambio
- Gráficos de madurez
- Reglas de revisión

### 6.3 Herramientas 3DEXPERIENCE utilizadas

Durante el Proyecto se han utilizado las siguientes herramientas del software seleccionado.

- Collaborative Task
- Project Planning
- Document Manager
- Solid Works Add ins 3DExperience



### 6.4 Primeros pasos

Las primeras tareas no requieren del uso del software 3DExperience, de manera que solo se han utilizado los diagramas de Gantt y las herramientas de Gestión de documentos.

Estas tareas se reparten en los 8 grupos asignados y se ponen en común en la plataforma.

Las tareas iniciales son:

- Investigar cómo se hace un buen café (I): Cuales son los tipos de café, la cantidad optima por taza, nivel de molienda y todos aquellos parámetros que podamos encontrar que afecten las propiedades organolépticas del café (sabor, aroma, cuerpo y acidez)
- Investigar cómo se hace un buen café (II): Proceso de hacer café en una cafetera tipo italiana, calor y vaporización suficiente, llenado del cacillo, paso por el cacillo y obtención del sabor, correcto almacenamiento del producto lixiviado en la cámara superior.
- Benchmarking de cafeteras italianas. Cuáles son las mejores y cuáles son las "best in class" en cuanto a precio, diseño y calidad percibida
- Análisis de usuarios y funciones

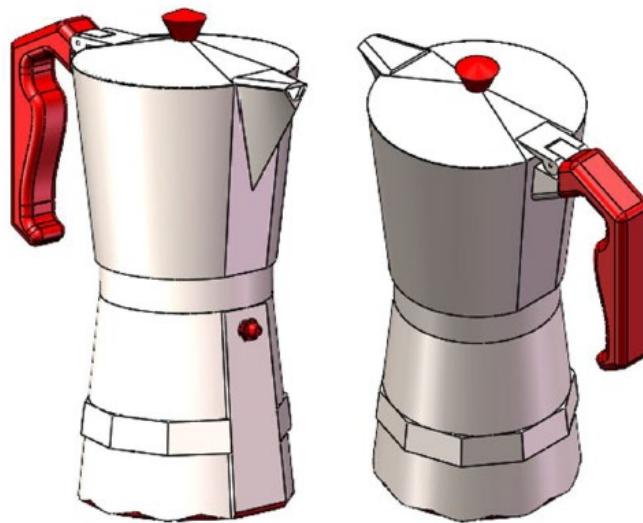


- Lista de componentes y materiales
- Normativa que se debe cumplir
- Bocetos iniciales de la “nueva cafetera”
- Procesos de fabricación de piezas de acero inoxidable.
- Estas tareas se hacen en paralelo a lo largo de 4 días. De los resultados de esta primera entrega y puesta en común se decide la lista de especificaciones y el boceto objetivo

Ejemplo de información obtenida fruto de estas primeras acciones:

Para una correcta lixiviación entre el café y el agua se ha de tomar en cuenta que los sabores que se consideran más agradables se obtienen cuando la temperatura del agua es del orden de 93°C, la presión es suficiente para permitir que el volumen de agua que atraviese el «cazo» de café granulado de la cafetera «moka» corresponda a una sola taza (entre 30 y 50 mililitros) y el agua fluya a través de éste durante unos 30 segundos o menos. Si el agua está más caliente de 95°C, el café tiende a saber «quemado», y si es menor que 93°C, algunos de los sabores más gustosos del café se quedan en el grano. Hay que tomar en cuenta que al calentar la cafetera hasta una temperatura inferior a 100°C el volumen de agua que asciende como café será inferior al volumen de la vasija. Esto conlleva a que se desaproveche cierta cantidad de agua, pero mejorando el sabor de este

Figura 6: Boceto seleccionado



Se entrega a los alumnos la lista de especificaciones revisada después de analizar los datos obtenidos en las tareas iniciales, tales como aumentar la distancia de la base que está en contacto con el fuego al cacillo de café ya que se ha visto que la exposición del café molido al calor debe ser mínimo, siendo ideal poner el agua

precalentada en la cafetera y que la generación de vapor sea lo más rápida posible para arrastrar los mejores sabores del café.

Se optimiza el tamaño del cacillo y se definen parámetros ergonómicos más adecuados que la cafetera antigua.

Por motivos de fabricación se propone dividir la pieza cuerpo en dos piezas ya que facilita mucho la fabricación y por consiguiente el precio final.

También se verifica que hay que estilizar la forma de la cafetera para que quepa en un módulo de empaquetamiento 150x150 (módulo normalizado) necesario para guardar de manera óptima las cajas en un pallet tamaño europeo.

Y finalmente, debe cumplir normativa para marcado CEE.

## 6.5 Ingeniería concurrente con herramientas PLM

A cada uno de los grupos se les da una o dos piezas en función de la complejidad y se trabaja con las herramientas típicas de todo software PLM

### 6.5.1 Gestión documental y de ficheros CAD

Los documentos del proyecto se almacenan en el espacio común del proyecto y mediante un sistema de permisos y estados de madurez son visibles en cada momento por la persona adecuada. Así pues, un documento puede ser privado, en curso, congelado, emitido u obsoleto

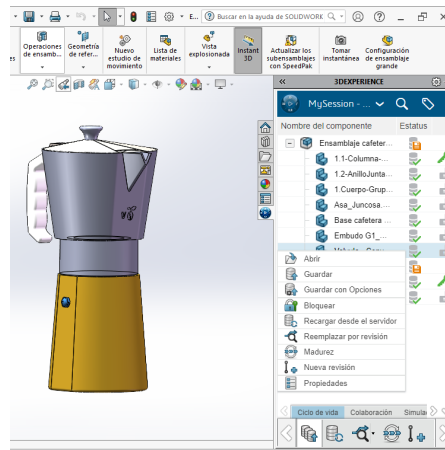
Figura 7: 3DExperience Document Management



Los documentos CAD tienen el complemento 3dExperience instalado directamente en el software Solid Works y se puede seleccionar de la lista de materiales la pieza que se quiere trabajar. Cuando un grupo ha bloqueado una pieza, solo la persona asignada la puede cambiar y una vez liberada el administrador puede dar el visto bueno y cambiar su nivel de madurez si lo considera necesario, también se pueden habilitar variantes y nuevas revisiones.

Con este sistema se evitan errores y se puede hacer un seguimiento pormenorizado de los cambios. El jefe de proyecto puede controlar el estado de las tareas, ver las diferentes versiones y asignar nuevas revisiones en un tiempo mucho más rápido que en las condiciones tradicionales, pudiendo ver la trazabilidad de las modificaciones y el avance del diseño.

Figura 8: Solid Works Add Ins 3DEXperience



### 6.5.2 Gestión de tareas

La gestión de tareas se realiza mediante la herramienta “Colaborative Task”. Esta consiste en un escritorio tipo Kanban donde se puede crear tareas de manera rápida. Cada usuario del sistema tiene visibilidad de sólo aquellas tareas que le conciernen mediante filtros de fácil selección (tareas propias, tareas predecesoras, todas las tareas del proyecto, etc). Se puede trabajar con las tareas de equipo y asignar tareas a los integrantes del equipo, así como cambiar el estado y las fechas de finalización si se tienen los permisos adecuados.

También se permite enviar notificaciones a las direcciones de correo electrónico asociadas a los alumnos y asignarles o no asignarles tareas.

Como ejemplo de las bondades del sistema se pueden enumerar los siguientes ejemplos: Crear comentarios sobre una tarea, responder a estos comentarios y apoyarlos. También se permite organizar tareas en torno a un contexto, como el diseño de una pieza, de un documento o bien de un proyecto.

A nivel de programa, el proyecto tiene definidas unas jerarquías. Si se tienen los permisos adecuados, como por ejemplo permisos de director de proyecto, se puede cambiar el nivel de madurez de las tareas, moverlas o actualizarlas en el diagrama de Gantt y ver todos los detalles asociados a dichas tareas.

La diferencia con otros softwares de gestión utilizados habitualmente radica en que todo se gestiona en tiempo real y que cada uno tiene visibilidad de aquello que le afecta directamente y se tiene acceso a la documentación más actualizada según los criterios de madurez y visibilidad que han otorgado los diferentes responsables. De esta manera cada alumno ve sus tareas y su estado de madurez (To do, In Work, Completed), así como las tareas predecesoras que necesita de otros grupos con sus correspondientes entregables. Además, el profesor (con el rol de administrador) las ve todas, con unos indicadores que le facilitan en seguimiento y control, como por ejemplo aquellas tareas que están en riesgo o las que no han pasado el estado de madurez de “en modificación” a “finalizadas”.

En resumen: Se gestiona, se almacena y se distribuye toda la información para que llegue a las personas adecuadas, en el momento adecuado y con la calidad adecuada.

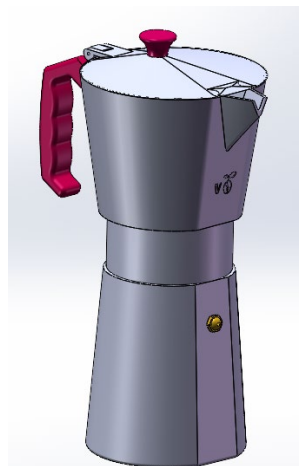
### 6.5.3 Consideraciones finales

No ha sido posible utilizar todas las herramientas que se hubiesen querido debido al tiempo tan corto de proyecto y al ser la primera vez que se utilizaba en esta modalidad de proyecto en docencia. Pero cabe destacar que el uso de chats que ofrece la herramienta para discutir diferentes soluciones con los diferentes grupos y personas han sido de gran utilidad, estos luego quedan almacenados como información del proyecto y a posteriori ayudan a entender por qué se adoptó esa solución y no otra. También hay que destacar la generación automática del histórico de acciones que se han ido realizando a lo largo del proyecto y no menos importante el guardar el “kwon how” del proyecto en forma de plantilla para posteriores proyectos.

Finalmente, después de utilizar estas herramientas el aspecto final del rediseño de la cafetera quedó de la siguiente manera:

- Cafetera de acero inoxidable sin geometría tipo poligonal para abaratar costes
- Optimización del tamaño del cacillo del café y distancia a la base para optimizar las propiedades organolépticas del café (sabor, aroma, cuerpo y acidez)
- Relación entre volumen depósito de agua y depósito de café acorde con las recomendaciones de los estudios consultados
- División de la pieza “depósito de café” en dos piezas ensamblables para abaratar costes de fabricación.
- Sustitución de la válvula original por nueva válvula de fabricación nacional con mejores prestaciones y precio.
- Tamaño de modulo empaquetado (150x150) con asa desmontada. El asa dispone de un clipaje muy fácil de poner y casi imposible de sacar sin deterioro para que el cliente final lo monte fácilmente al sacar la cafetera de su caja. Sistema Poka Yoke para que sea imposible equivocarse a la hora de montarlo
- Mango y asa ergonómicos para manos del 10% al 90% de la población adulta europea
- Manual de hacer buen café en formato código QR serigrafiado en la cafetera
- Materiales y procesos acorde con las normas CEE

Figura 9: Diseño final anteproyecto



## 7. Conclusiones

La implementación de la filosofía PLM es compleja. Los estudiantes están acostumbrados a trabajar individualmente o en equipos pequeños en proyectos más o menos difíciles. Sin embargo, comprender la gestión compleja inherente a los proyectos reales es difícil para ellos y, por lo tanto, no entienden la necesidad de herramientas de gestión de proyectos tan complicadas.

Esta implementación acerca a los estudiantes de ingeniería de IQS School of Engineering a los retos y problemas de la industria real, y les da una visión de las herramientas que en un futuro próximo serán comunes en todas las empresas.

El uso de la herramienta 3DExperience ha sido satisfactoria y después de pasar una fase inicial de aprendizaje los alumnos han apreciado la bondad de estas herramientas cuando la gestión se hace complicada

La filosofía PLM ha demostrado ser una filosofía ganadora. En los próximos años se verá una gran demanda de profesionales conocedores de esta tecnología.

La barrera de entrada a estas tecnologías es notable, pero una vez superada esta barrera inicial las bondades del sistema compensa con creces en el caso de la gestión de un elevado número de alumnos

Sin embargo, no merece la pena para gestionar proyectos individuales a no ser que ya se tenga la herramienta dominada y con plantillas específicas.

## 8. Referencias

- Ameri, F., & Dutta, D. (2005). Product Lifecycle Management: Closing the Knowledge Loops. *Computer-Aided Design and Applications*, 2(5).  
<https://doi.org/10.1080/16864360.2005.10738322>
- Antonelli, D., Chiabert, P., & Villa, A. (2012). Introducing Product Lifecycle Management to small medium enterprises: Discussion and analysis. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 45(6 PART 1), 1059–1064.  
<https://doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00261>
- Kärkkäinen, H., & Silventoinen, A. (2016). Different approaches of the PLM maturity concept and their use domains –analysis of the state of the art. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 467, 89–102.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33111-9_9)
- Paavel, M., Karjust, K., & Majak, J. (2017). Development of a product lifecycle management model based on the fuzzy analytic hierarchy process. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 66(3).  
<https://doi.org/10.3176/proc.2017.3.05>
- Saaksvuori, A., & Immonen, A. (2008). Product lifecycle management (third edition). In *Product Lifecycle Management (Third Edition)*. Springer Berlin Heidelberg.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-78172-1>
- Stark, J. (2005). Product Lifecycle Management 21st Century Paradigm for Product Realisation. In *Springer-Verlag London Limited*.