

03-010

COLLABORATIVE ENVIRONMENTS FOR PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT (PLM): LITERATURE REVIEW AND FUTURE TRENDS

Recio Rubio, Lucía (2); Martín-Mariscal, Amanda (2); Peralta Álvarez, M. Estela (2)

(1) Universidad de Sevilla, (2) Universidad de Sevilla

In the last few years, concepts such as PLM (Product Lifecycle Management), collaborative engineering or industry 4.0 have been gaining importance in the different fields of engineering, from design to production management in companies. This recent trend of Product Lifecycle Management is due to the potential benefits it can offer in the context of today's design and manufacturing challenges. Due to this tendency, this study performs an exhaustive review of the scientific literature on existing PLM environments available nowadays and the technological solutions they are based on. An analysis is made of the industry requirements that PLM environments satisfy, the existing limitations and the industrial impact of the technological solutions available. The objective is to study this product management strategy and its integration with Industry 4.0 technologies. Thus, it is intended to facilitate the implementation of PLM systems in companies, as they can constitute an important tool for adapting to the competitive needs of contemporary markets.

Keywords: Product Lifecycle Management; Industry 4.0; Collaborative engineering; Product Data Management.

ENTORNOS COLABORATIVOS PARA LA GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO (PLM): REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y TENDENCIAS FUTURAS

En los últimos años, conceptos como PLM (Product Lifecycle Management), ingeniería colaborativa o industria 4.0 han ganado importancia en los diferentes ámbitos de la ingeniería, desde el diseño hasta la gestión de la producción en las empresas. Este reciente auge de la gestión del ciclo de vida del producto o PLM es debido a los potenciales beneficios que puede ofrecer frente a los desafíos de diseño y fabricación actuales. Debido a esta tendencia, este estudio realiza una revisión exhaustiva de la literatura científica sobre los entornos PLM disponibles actualmente y las soluciones tecnológicas en las que se basan. Se analizan los requisitos de la industria que satisfacen los entornos PLM, las limitaciones existentes y el impacto industrial que tienen las soluciones tecnológicas disponibles. El objetivo es estudiar esta estrategia de gestión del producto y su integración en las tecnologías propias de la industria 4.0. De esta forma, se pretende facilitar la implementación de los sistemas PLM en las empresas, ya que pueden constituir una importante herramienta de adaptación a las necesidades competitivas de los mercados contemporáneos.

Palabras clave: Gestión del ciclo de vida del producto; Industria 4.0; Ingeniería colaborativa; Gestión de datos del producto.

Correspondencia: Lucía Recio Rubio. Correo: lrecio@us.es



©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

En los últimos años, conceptos como PLM, Ingeniería colaborativa o Industria 4.0 han ido ganando importancia en los diferentes ámbitos de la ingeniería, desde la parte más enfocada al diseño hasta la fabricación o gestión de la producción en las empresas.

El término PLM (Product Lifecycle Management) ha atraído mucha atención en la última década, tanto por parte del mundo industrial como por parte del mundo académico y de la investigación, este reciente auge es debido a los potenciales beneficios que el PLM puede ofrecer frente a los desafíos de diseño y fabricación actuales, sin embargo, esto es aún una promesa lejana para la mayoría de las organizaciones (Rangan et al. 2005).

La preocupación actual de las empresas es la de ser capaces de gestionar su cadena de valor de manera que se reduzcan los tiempos de diseño y desarrollo de productos, así como sus costes de fabricación, a la vez que mejoran la calidad. Todo esto en un entorno en el que la información se encuentra distribuida entre diversos actores que entienden el mercado de forma heterogénea (Terzi et al. 2010).

Esta problemática ya ha sido abordada previamente bajo el concepto de empresa extendida, en el que los equipos se basan en la multidisciplinariedad, la cooperación y la colaboración (Grieves & Tanniru, 2008). Sin embargo, se sigue necesitando de un soporte computacional mediante el que se puedan almacenar, representar, compartir y reutilizar todo el conocimiento generado del producto y del proceso durante las etapas del ciclo de vida (Rose et al. 2007). Todo este intercambio y gestión de datos, información y conocimientos sobre el producto constituye la esencia de la gestión del ciclo de vida del producto (PLM).

El PLM surgió como tal en la literatura en la década de 1990 con el objetivo de ir más allá de la gestión de los aspectos de ingeniería de un único producto, llegando a ser capaces de proporcionar una plataforma o entorno colaborativo para abordar la creación, organización y comunicación de toda la información relacionada con el producto (Ameri & Dutta, 2005).

Se podría definir la gestión del ciclo de vida del producto (PLM) como un concepto sistemático de gestión integrada de la información y los procesos relacionados con el producto a lo largo de todo su ciclo de vida, desde su concepción inicial hasta su fin de vida útil (Saaksvuori & Immonen, 2008).

Si se enfocase el PLM como una solución tecnológica, no se estaría hablando de una única herramienta estándar o una solución puntual, sino de un integrador de herramientas y tecnologías que propicia el flujo de información y datos a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del producto. Se podría decir que es una solución holística, ya que aúna productos, procesos, servicios, tareas, personas, herramientas, competencias, conocimientos, procedimiento, técnicas y normas bajo un mismo término (Stark, 2005).

Se entiende, por tanto, que la gestión del ciclo de vida del producto permite el desarrollo y el control de la información mediante el almacenamiento, el procesamiento, la recopilación y la distribución eficientes de los datos a lo largo del ciclo de vida de los productos (diseño, fabricación, logística, uso y fin de vida), los procesos y los recursos (planificación, ejecución y eliminación) dentro de una organización.

De este modo, los sistemas PLM se vuelven esenciales para lograr una interconexión óptima y gestionar los datos digitales que favorezcan a cumplir los objetivos de digitalización e Industria 4.0 que se han convertido en la preocupación central de las compañías. Por este motivo, se hace necesario tener un conocimiento profundo de los entornos PLM, sus

elementos fundamentales, las herramientas que lo componen, sus funcionalidades y los potenciales desarrollos futuros.

Esta necesidad sustenta la redacción de este artículo, que se estructura de la siguiente forma: la sección 2 en la que se explica la metodología de revisión utilizada, la sección 3 en la que se recoge el contenido de la revisión y la sección 4 en la que se hace una discusión de los resultados obtenidos y un resumen de las tendencias futuras.

2. Metodología de revisión

Para la realización de este artículo se ha llevado a cabo una revisión de la literatura sobre el área de conocimiento del PLM y los entornos colaborativos. Esta revisión se basa en un primer análisis crítico de las publicaciones científicas existentes, de forma que se pueda identificar el estado actual de la cuestión, sus elementos principales y las herramientas asociadas, así como las tendencias futuras para su desarrollo.

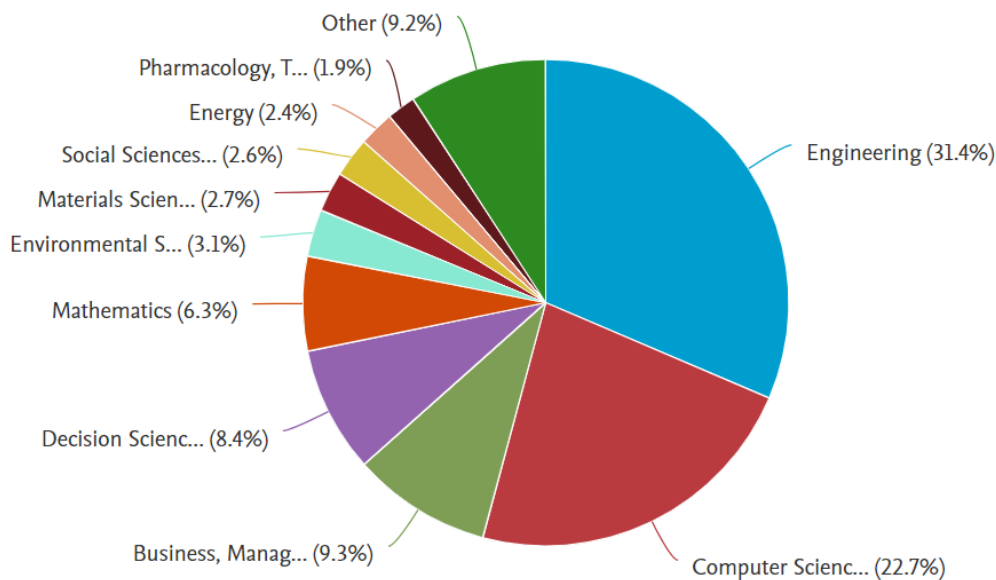
El proceso de búsqueda de la literatura científica seguido se ha realizado a través de los motores de búsqueda Scopus, Web of Science y Google Scholar. En cada uno de ellos se han aplicado un criterio temporal para filtrar los textos encontrados, acotando los artículos publicados desde el año 2000 en adelante. Esta selección temporal es debido a que el concepto de ciclo de vida del producto, y la gestión del mismo, en un principio, en el ámbito del marketing se centraba únicamente en la vida del producto en el mercado, sin embargo a raíz de la aplicación del concepto en ámbito de la ingeniería se empieza a examinar el ciclo de vida real y completo de un solo producto, desde su diseño conceptual, pasando por el diseño en detalle, fabricación, venta, uso del producto y fin de vida del mismo (Cao & Folan, 2012), todo ello manejado a través de los métodos y herramientas de gestión proporcionados por la plataforma o entorno colaborativo integrado que es el propio sistema PLM. Esta concepción basada en el enfoque industrial es la que interesa en este estudio y es la razón de acotar temporalmente los textos encontrados.

Sin embargo, los criterios temporales no son los únicos a la hora de reducir el número de artículos de interés, para ello se ha basado la búsqueda en una serie de términos y combinaciones de los mismo de forma que se centrarse la búsqueda en el enfoque de la ingeniería, la fabricación, la industrialización y las aportaciones al sector industrial. Para eso se ha apoyado la búsqueda en un vocabulario controlado (tesauro) usado en el análisis de textos científicos.

En primer lugar, se realizó una búsqueda general del concepto PLM, Product Lifecycle Management y gestión del ciclo de vida del producto, y se pudo comprobar que de la gran cantidad de artículos que se encontraron, más del 30% de los mismos fueron referentes al

ámbito de la ingeniería y casi el 25% al enfoque informático, tal como se puede observar en la figura 1.

Figura 1: Distribución de artículos para Product Lifecycle Management (elaboración propia)



En un primer lugar se continuó la búsqueda con los artículos referentes al ámbito de la ingeniería y al de la informática, pero se comprobó que la relevancia de los segundos no era tan alta como para incluirlos, por lo que se aplicó el uso del vocabulario controlado únicamente sobre los artículos referentes a la ingeniería. Se buscó diferenciar las publicaciones entre los siguientes ámbitos de aplicación:

Concepto y fundamentos teóricos del PLM, sus orígenes y sus antecedentes.

Diseño de los entornos PLM, sus componentes principales y la gestión de dichos entornos colaborativos.

Herramientas incluidas dentro de un sistema de gestión del ciclo de vida y relaciones con otras herramientas necesarias para la gestión del producto.

Marcos de implantación de los entornos colaborativos y casos reales en la industria.

Bajo estos aspectos clave se ha estructurado la información recogida en la siguiente sección y es en los que se deberá profundizar realizando una mayor selección de tesauros para completar el análisis crítico.

3. Entorno colaborativos. Gestión del ciclo de vida del producto

La gestión del ciclo de vida del producto o PLM puede definirse a grandes rasgos como un sistema centrado en el producto y orientado al ciclo de vida, desde la fase de diseño conceptual hasta su fin de vida útil, como se vio en la sección 1. Un modelo empresarial orientado al ciclo de vida, apoyado por las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), en el que los datos del producto se comparten entre los diferentes actores, procesos y

organizaciones involucrados en las diferentes fases del del ciclo de vida del producto, de forma que se logre el rendimiento y la sostenibilidad deseados para el producto y los servicios relacionados (Terzi et al. 2010).

El concepto de PLM se ha estudiado desde diferentes comunidades, sectores y enfoques, obteniendo en todas ellas interpretaciones que suelen diferir ligeramente en función de la aplicación y el entendimiento que se tiene del producto y del ciclo de vida. Tal como se comentaba en la introducción, Stark (2005) lo consideraba como un concepto holístico encargado de gestionar productos, procesos, servicios, tareas, personas, herramientas, competencias, conocimientos, procedimiento, técnicas y normas. Grieves (2005) por otro lado acotó la definición basándose en el concepto “de la cuna a la tumba” que posteriormente ha sido necesario ampliar a las necesidades de la economía circular o los principios basados en un ciclo de vida “de la cuna a la cuna” (Braungart & McDonough, 2002). Otros como Saaksvuori y Immonen (2008) se centraron más en el estudio de las herramientas TIC aplicadas a los entornos PLM y las relaciones entre ellas.

Es posible obtener de los diferentes enfoques de la literatura, que el objetivo común que se quiere conseguir a través de los entornos PLM es la gestión integrada de los datos del producto, de modo que se pueda acceder a ellos en el momento y lugar adecuados (Terzi et al. 2010). Esto requiere no solo la gestión sino el almacenamiento del gran volumen de datos que almacena una compañía a lo largo de la vida de sus productos (calidad, prevención, responsabilidad social corporativa, costes, tiempo, materiales, recursos humanos, daños medioambientales, etc.), lo que hace indispensable el uso de las TIC para este fin. Lo que se espera de un PLM es que sea capaz de reducir y ordenar eficazmente esa inmensa cantidad de datos en un flujo coherente en el que los datos estén accesibles cuando se necesiten y en el que no existan lagunas o redundancias de información (Ibrahim y Paulson, 2008).

Se podría llegar a entender, derivado del párrafo anterior, que los sistemas PLM cubren un problema meramente de herramientas o tecnologías, sin embargo, como ya se comentó en la sección de introducción, un entorno PLM es más que un problema de TIC. Se trata de un problema de digitalización, continuidad y accesibilidad de los datos de un producto a lo largo de su ciclo de vida (Grieves, 2005), en el que se usan las TIC como uno de los pilares principales. Pero también es necesario conocer otros elementos fundamentales de las organizaciones para comprender el flujo de información, los recursos involucrados y la interacción entre todos los actores en contacto con el producto, esto se conoce como los procesos de la compañía. De la misma forma se hace necesario comprender la manera en la que se llevan a cabo esos procesos empresariales, las prácticas que se desarrollan y la generación y utilización de los datos que llevan a cabo, lo que se conoce como metodologías. Por tanto, las metodologías, los procesos y las herramientas tecnológicas son los tres pilares fundamentales del PLM que intervienen a lo largo de las fases del ciclo de vida del producto.

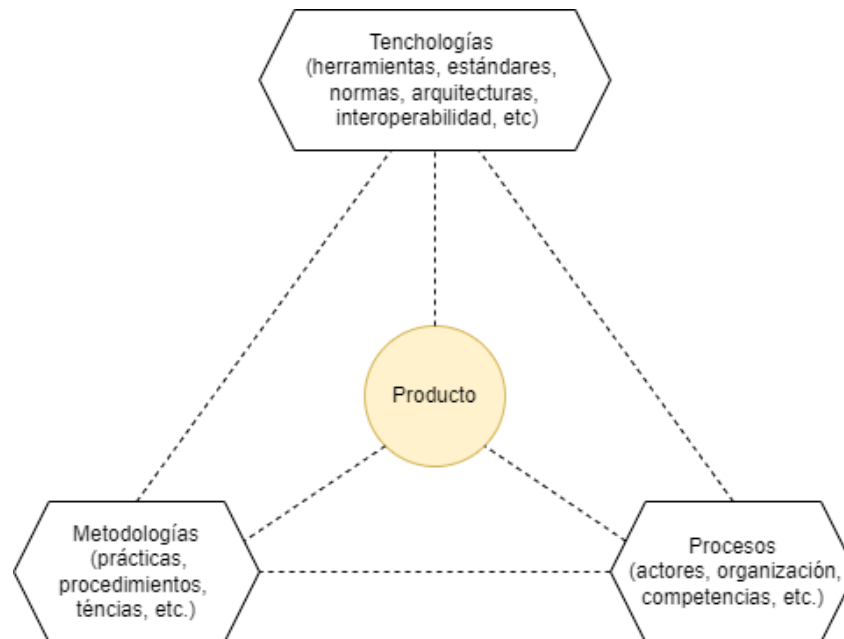
3.1 Elementos fundamentales de los entornos PLM

Resulta de interés, una vez introducidos los pilares fundamentales del PLM, detenerse a explicar con mayor profundidad cada uno de ellos.

Tal como se verá en las siguientes secciones, en primer lugar, se verá qué se entiende por procesos dentro de los entornos PLM, haciendo especial mención a la necesidad de colaboración entre los actores humanos presentes en la cadena de valor del producto. En segundo lugar, se verán las metodologías de las que se ayudan los sistemas PLM para llevar a cabo estos procesos dentro de la organización. Y por último se verán las tecnologías de la información (TIC) para los entornos PLM, haciendo una regresión a los inicios de los sistemas PLM, en qué herramientas se basaron y como fueron creciendo poco a poco hasta llegar a

concebir el sistema integrado y colaborativo que entendemos actualmente como sistema de gestión del ciclo de vida del producto.

Figura 2: Elementos fundamentales de PLM (elaboración propia basada en Terzi et al., 2010)



3.1.1 Procesos en los entornos PLM

Se entiende como un proceso de negocio, todas aquellas actividades que se realizan dentro de una compañía, destinadas a la creación de valor para la empresa. En dichas actividades se involucran diversos actores y departamentos de la compañía, desarrollando diferentes funciones a lo largo del ciclo de vida para generar su aporte en la cadena de valor del producto. De estas actividades coordinadas se acaba derivando el producto o servicio que ofrece la compañía al mercado.

Actualmente el mercado se está viendo marcado por una gran competitividad y globalización, así como por una creciente necesidad de innovación en ciclos más cortos, esto hace necesario que los procesos empresariales sean más eficaces, flexibles, eficientes y colaborativos para gestionar la gran cantidad de datos generados a lo largo del ciclo de vida y mantener su posición ante las exigencias de un mercado dinámico y competitivo.

Como ya se ha mencionado, los entornos PLM controlan estos procesos empresariales a través de las herramientas y tecnologías, y gran parte del éxito de un PLM eficaz está ligado al nivel de aplicación e implementación que se tengan de dichas tecnologías a los procesos de las organizaciones, sin embargo, no hay que olvidar que estos procesos son gestionados, controlados y realizados por actores humanos, de manera que también gran parte del éxito de un entorno colaborativo está en la comprensión y participación de las personas en el entorno. Al final son los actores humanos involucrados en los procesos empresariales son los responsables de las tomas de decisiones que se llevan a cabo a lo largo de todas las fases del ciclo de vida, siendo por tanto la colaboración y la cooperación una de las bases fundamentales del éxito de un sistema PLM (Terzi et al. 2010).

Sería necesario, por tanto, hablar del concepto de colaboración, entendiéndolo como el proceso de trabajo que implica a varias personas juntas de manera independiente con el objetivo de lograr un fin mayor que el que podrían lograr cada uno de ellos de manera individual (Todd, 1992). Aunque pueda parecer un concepto conocido y de sentido común, se ha evidenciado a través de la realización de muchos proyectos, que la colaboración es algo

que se da por sentado y que a menudo no llega a comprenderse en su totalidad, lo que acaba resultando en que el proceso colaborativo se lleva mal a la práctica (Lu et al. 2007).

La colaboración y la comprensión de los procesos colaborativos deber ser algo omnipresente en todos los ámbitos profesionales. La industria es capaz de reconocer los casos de éxito que son resultantes de una buena colaboración entre los agentes implicados, pero está aún demasiado lejos de poder recrear los procesos colaborativos deseados y de ser capaces de formar a los actores para que colaboren mejor entre los diferentes departamentos implicados en todo el ciclo de vida de un producto (Hammond, Koubek & Harvey, 2001).

Si nos acercamos más al entorno industrial, se entendería la ingeniería colaborativa como una aplicación práctica de las ciencias de la colaboración, aplicadas al entorno de la ingeniería (Lu et al. 2007). Sin embargo, este aspecto colaborativo es algo en lo que los ingenieros no se encuentran ampliamente formados, haciéndolo así un aspecto limitante a la hora de implantar cualquier entorno colaborativo, dado que se sigue tendiendo a trabajar bajo un enfoque de ingeniería concurrente o ingeniería secuencial.

La falta de colaboración o de puesta en práctica de la ingeniería colaborativa puede llegar a tener serias consecuencias para las empresas que no adapten sus procesos de negocio a la transformación digital que está sufriendo el mercado a tiempo. Esta problemática podría verse reflejada en una imposibilidad de identificación de los errores temprana, y por lo tanto una difícil mitigación a tiempo de estos, o una creciente dificultad a la hora de realizar el seguimiento, control y medición de los avances en los proyectos (Hicks, 2013). Sería una situación en la que los procesos y su avance controlan a la empresa y no al contrario, debido a la rapidez y el dinamismo actual del mercado y la tecnología.

Tras la revisión de la literatura, se ha comprobado que los expertos en campos de industria e investigación (Vila et al. 2017) han considerado la ingeniería mediante procesos colaborativos como un pilar fundamental a la hora de reducir los tiempos de diseño, fabricación y por tanto entrega al mercado, así como para mejorar la calidad de los procesos.

La ingeniería colaborativa es considerada como un enfoque sistemático del desarrollo del producto para que se logre la colaboración necesaria entre todas las disciplinas implicadas a lo largo del ciclo de vida del producto, teniendo como fin último la satisfacción de las necesidades de los clientes. Se podría decir, que el éxito de cualquier organización, en los tiempos de transformación digital que corren, se basa en la efectividad de la colaboración entre los distintos equipos de trabajo multifuncionales involucrados en las distintas etapas del ciclo de vida del producto, o lo que es lo mismo, entre los distintos procesos llevados a cabo durante el ciclo de vida (Vila et al. 2017).

3.1.2 Metodologías en los entornos PLM

Tal como se ha mencionado anteriormente, una metodología es la manera en la que se llevan a la práctica los procesos empresariales, se podrían describir como un sistema de principios, prácticas y procedimientos aplicados a una rama específica del conocimiento. Dentro del marco de los entornos PLM, el uso de las metodologías es algo de vital importancia, deben conocerse y llevarse a la práctica cantidad de metodologías diferentes en función de las diversas necesidades presentes en las distintas fases del ciclo de vida del producto (Terzi et al. 2005).

Estas metodologías son las encargadas de trabajar con los datos del producto, en las distintas fases de su ciclo de vida de forma que se puedan obtener los resultados específicos

necesarios en cada momento del ciclo. Según Terzi (2010), se puede clasificar las metodologías en cuatro tipos diferentes:

Procedimientos y técnicas que apoyan a los diseñadores e ingenieros en el desarrollo de una solución de producto coherente con las metas y objetivos de la empresa. Un ejemplo podría ser el método TRIZ o la matriz QFD.

Reglas y procedimientos, basados en experiencias pasadas, que indican a los diseñadores e ingenieros cómo considerar las necesidades y limitaciones existentes en las diversas fases del ciclo de vida del producto. Como por ejemplo el diseño para X, el diseño modular o el diseño de plataformas.

Técnicas para la evaluación de la capacidad de respuesta del producto a las necesidades procedentes de diversas fases de su ciclo de vida. Por ejemplo, la evaluación de impactos ambientales a través de ACV.

Enfoques y normas de gestión que apoyan la mejora continua de la empresa. Como ejemplo se podría mencionar el método JIT o los métodos basados en lean manufacturing.

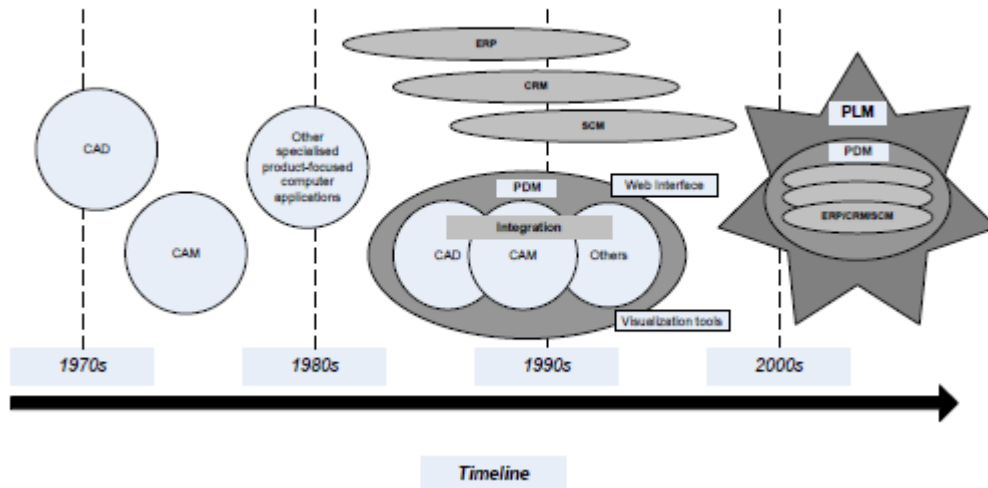
Es importante mencionar que, para facilitar el uso de estas metodologías como herramientas para mejorar los procesos relacionados con el producto, los entornos PLM integran tecnologías, herramientas y softwares de los que puedan beneficiarse. Esto vuelve a poner de manifiesto que los sistemas PLM necesitan aprovechar la sinergia entre sus elementos principales para ser realmente una solución exitosa.

3.1.3 Tecnologías y herramientas en los entornos PLM

Las tecnologías tienen un papel principal e imprescindible dentro del PLM. El PLM puede concebirse como un conjunto de definición y entrega de productos digitales (Stark, 2005). Donde el adjetivo "digital" implica que las tareas se basan en modelos informáticos procesados con asistencia informática. El desarrollo de los entornos PLM ha tenido por tanto una gran dependencia de la evolución y asimilación de las soluciones de estos productos digitales, empezando por las aplicaciones de diseño asistido por ordenador o fabricación asistida por ordenador (CAD, CAM o CAE), pasando por las aplicaciones relacionadas con la planificación de recursos empresariales (ERP), la gestión de las relaciones con los clientes

(CRM) o la gestión de la cadena de montaje (SCM) (Cao & Folan, 2012) (Ameri & Dutta, 2005).

Figura 3: Evolución del PLM en función de las tecnologías (Ameri & Dutta, 2005)



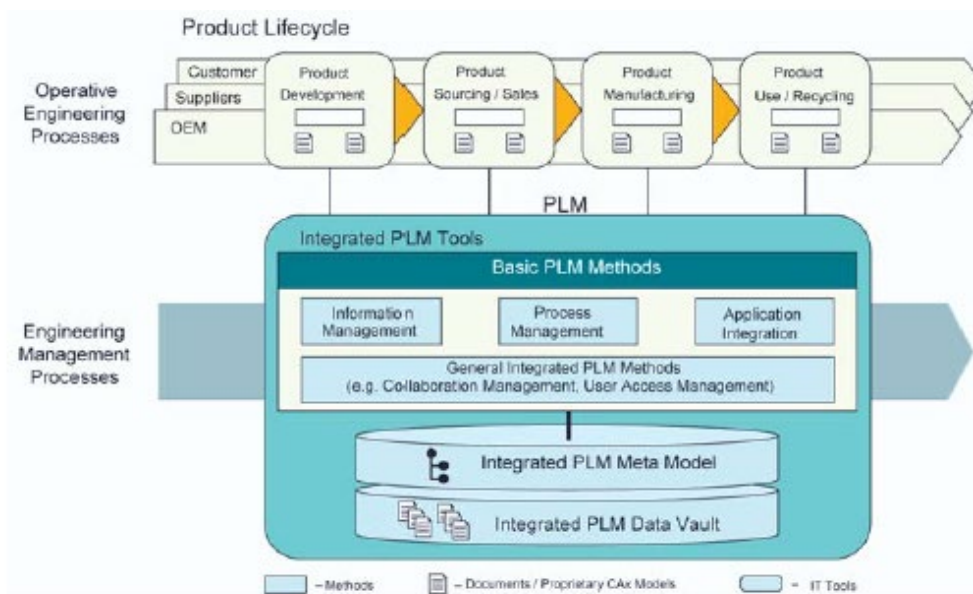
De lo observado en la figura anterior se puede afirmar que se comenzó el camino hacia el PLM con el desarrollo aislado de aplicaciones informáticas asociadas al diseño de producto (CAD, CAM o CAE) que posteriormente se fusionaron para conformar lo que se denominó PDM (Product Data Management), generando así el entorno para la gestión básica de datos de productos (Cao & Folan, 2012). Este concepto de PDM posteriormente avanzó complementándose con herramientas adicionales y con la incorporación de sistemas independientes como ERP, CRM y SCM, dando paso así al PDM del nuevo milenio, que pasó a conocerse como PLM temprano y que es la base del proceso de mejora continua en el que nos encontramos actualmente.

De esta manera surge el enfoque integrado de softwares y herramientas tecnológicas que se conoce como PLM, en el que se incluyen un conjunto de métodos, modelos y herramientas tecnológicas para gestionar la información del producto, los procesos de ingeniería y sus aplicaciones a lo largo de todo su ciclo de vida, garantizando dentro de las compañías el

control y la gestión de sus productos y facilitando la colaboración interdisciplinaria entre proveedores, productores, socios y clientes (Abramovici, 2007).

Tal como apuntaban Abramovici & Schulte (2006), gracias a esta combinación de soluciones tecnológicas se puede llegar a una completa integración y simbiosis entre todos los agentes, tanto internos como externos a la organización, presentes a lo largo de la vida de los productos. Generando un modelo integrado de datos y procesos gestionado por un sistema de bases de datos centralizada para el almacenamiento de todos los modelos y documentos.

Figura 4: Modelo de gestión de datos en entornos PLM (Abramovici & Schulte, 2006)



Se podrían agrupar las herramientas tecnológicas disponibles en el PLM en tres grupos diferenciados (Abramovici, 2005):

Gestión de la información: métodos enfocados en la identificación, estructuración, clasificación, modelado, recuperación, difusión, comunicación, visualización y archivo de los datos relacionados con los productos, procesos y proyectos de la organización.

Gestión de procesos: métodos cuya finalidad es modelar, estructurar, planificar, operar y controlar todos los procesos, tanto los formales o semiformales como los procesos de ingeniería, de revisión o de gestión del cambio.

Integración de aplicaciones: aquellos métodos para definir y administrar las interfaces y las relaciones entre el PLM y las diferentes aplicaciones de diseño como son CAD, CAM o CAE y los softwares empresariales como son ERP, CRM o SCM.

Adicionalmente a estos métodos o herramientas básicos de los entornos PLM, el enfoque o la filosofía que lo soportan hacen que se incluyan otro conjunto de herramientas generales extras que ayuden a la ingeniería colaborativa a la gestión de los usuarios del entorno y al análisis, informe y visualización de datos, de manera que se genere un entorno holístico en el que se incluyan todas las funcionalidades necesarias para la gestión integral de proyectos a lo largo de su ciclo de vida.

Cabe mencionar, dentro de la gran importancia que tienen las herramientas digitales para el PLM, el papel fundamental que juegan la estandarización y la normalización para garantizar el intercambio de datos entre los actores digitales del entramado tecnológico que compone un entorno PLM, por ejemplo, se podría mencionar STEP, ISO 14649, IEC 62424, IEC 62264, ISO 15926 o ISO 16739 (Fraga et al. 2020) (Krister & Lanza, 2020). Se podría decir que las

plataformas PLM se han convertido en uno de los principales habilitadores tecnológicos y digitales para las empresas actuales.

Con este último punto, ya se ha realizado una primera aproximación a los entornos PLM, sus elementos principales, las herramientas de los que se componen, así como un breve recorrido por los antecedentes que le dieron forma al concepto que se conoce hoy en día.

3.2 Implantación de entornos PLM

Una vez se han presentado los beneficios de implantar un PLM a la hora de gestionar el diseño, desarrollo y fabricación de productos, así como los procesos siguientes a la producción, cabría preguntar el motivo por el que no todas las empresas han integrado soluciones PLM para mejorar su transformación digital.

Al revisar la literatura, únicamente el 8% de las empresas tienen una visión PLM clara e implementada y del 50% que están en proceso de implementación se encuentran en una etapa inicial (Abramovici & Schulte, 2007).

Según Abramovici (2007) la respuesta a estos limitados resultados de la implantación del PLM en las organizaciones se fundamenta en tres causas principales:

La primera es que el PLM es un concepto complejo, lo que hace que aún sea necesaria una profunda comprensión de cómo llevarlo a la práctica.

La segunda, que muchas de las iniciativas actuales de implantación de un entorno PLM se centran en aspectos aislados del ciclo de vida del producto, como puede ser la gestión de documentación o la clasificación de piezas, pero no hay ninguna propuesta de enfoque holístico de todo el ciclo de vida.

Por último, existe una gran brecha en la investigación en cuestiones de implementación de entornos PLM en empresas, sobre todo en las PYMES.

Parte de la confusión existente con el concepto de PLM es debida a que no se entiende como un concepto holístico que tenga una filosofía colaborativa como base, sino que se entiende como una mera solución tecnológica que se basa en un software de aplicación, como ya se ha mencionado anteriormente (Schuh et al. 2008).

Esto unido a la falta de transparencia en el mercado de las soluciones existentes hace que se dificulte la implementación del PLM en la práctica, las organizaciones no son capaces de entender el potencial que tiene o no tienen el conocimiento necesario para integrarlo correctamente. A la vista del análisis realizado en la sección anterior y de las dificultades encontradas, así como la revisión de la literatura, surgen las siguientes afirmaciones (Gehrke et al. 2020):

Las empresas no son capaces de explotar plenamente las posibilidades del PLM para el desarrollo de nuevos productos o servicios.

Los sistemas y arquitecturas del PLM deben ser capaces de adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes actuales en el mercado.

Las organizaciones no son plenamente conscientes de las capacidades del PLM en el contexto de la transformación digital.

4. Conclusiones

Nos encontramos en un entorno empresarial marcado por una alta competitividad, un ritmo dinámico y cambiante y una gran dependencia de las herramientas digitales, en resumen, nos encontramos en la era de la Industria 4.0. Se busca ser capaces de ofrecer el máximo valor posible a los clientes, que ya no basan sus decisiones en los atributos tradicionales de coste y calidad, sino que buscan una satisfacción integral a través de la innovación, el respeto por

el medioambiente, la calidad del servicio o el control de los riesgos. Estamos ante un público objetivo más informado y comprometido.

Se ha cambiado la concepción del producto, ya no es un objeto físico que cumple con su función y que genera ingresos para las compañías, sino que se ha transformado en un conjunto de atributos, tangibles e intangibles, que incluye desde el producto físico a los servicios prestados a los clientes para llegar a esa satisfacción integral antes mencionada. El problema surge en que este paradigma de producto-servicio requiere de una gestión y un control del producto y de su información asociada que no se puede conseguir con los métodos tradicionales, sino que necesita de otras soluciones para eliminar la brecha de información existente a lo largo del ciclo de vida de los productos. Para ello es necesario garantizar la trazabilidad, accesibilidad y gestión de todos los datos de las compañías, y para eso es necesario implantar en ellas entornos de colaboración y gestión como son los entornos PLM. Para finalizar, hay que tener en cuenta que adoptar un enfoque de PLM dentro de una compañía significa, por encima de todo, comprender el papel de la información dentro de la empresa a lo largo de la cadena de valor y ser capaces de garantizar la continuidad de la información para que sea accesible en el momento y lugar necesario.

5. Referencias

- Abramovici, M. (2007). Future trends in product lifecycle management (PLM). In *The future of product development* (pp. 665-674). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Abramovici, M. (2005). Quo vadis PLM. *CAD/CAM-Report*, (24).
- Abramovici, M., & Schulte, S. (2006). PLM—State of the Art and Trends. *Inovacoes Tecnologicas no Desenvolvimento do Produto*, 11, 2-13.
- Abramovici, M., & Schulte, S. L. (2007). Study “Benefits of PLM—The Potential Benefits of Product Lifecycle Management in the Automotive Industry”. ITM Ruhr-University Bochum, IBM BSC, Detroit.
- Ameri, F., & Dutta, D. (2005). Product lifecycle management: closing the knowledge loops. *Computer-Aided Design and Applications*, 2(5), 577-590.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2009). *Cradle to cradle*. Random House.
- Cao, H., & Folan, P. (2012). Product life cycle: the evolution of a paradigm and literature review from 1950–2009. *Production Planning & Control*, 23(8), 641-662.
- Fraga, A. L., Vegetti, M., & Leone, H. P. (2020). Ontology-based solutions for interoperability among product lifecycle management systems: A systematic literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 20, 100176.
- Gehrke, I., Schauss, M., Küsters, D., & Gries, T. (2020). Experiencing the potential of closed-loop PLM systems enabled by Industrial Internet of Things. *Procedia Manufacturing*, 45, 177-182.
- Grieves, M. (2005) *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking*. New York: McGraw Hill.
- Grieves, M. W., & Tanniru, M. (2008). PLM, process, practice and provenance: knowledge provenance in support of business practices in Product Lifecycle Management. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 3(1), 37-53.
- Hammond, J., Koubek, R. J., & Harvey, C. M. (2001). Distributed collaboration for engineering design: A review and reappraisal. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 11(1), 35-52.
- Hicks, B. (2013). The language of collaborative engineering projects. In *DS 75-6: Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design (ICED13), Design for Harmonies, Vol. 6: Design Information and Knowledge*, Seoul, Korea, 19-22.08. 2013 (pp. 321-330).
- Ibrahim, R., & Paulson, B. C. (2008). Discontinuity in organisations: identifying business environments affecting efficiency of knowledge flows in product lifecycle management. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 3(1), 21-36.

- Lanza, R. K. S. (2020). Improving and implementing the STEP ISO 10303 standard for design, analysis and structural test data correlation.
- Lu, S. Y., EIMaraghy, W., Schuh, G., & Wilhelm, R. (2007). A scientific foundation of collaborative engineering. *CIRP annals*, 56(2), 605-634.
- Rangan, R. M., Rohde, S. M., Peak, R., Chadha, B., & Bliznakov, P. (2005). Streamlining product lifecycle processes: a survey of product lifecycle management implementations, directions, and challenges.
- Rose, B., Robin, V., Girard, P., & Lombard, M. (2007). Management of engineering design process in collaborative situation. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 2(1), 84-103.
- Saaksvuori, A., & Immonen, A. (2008). *Product lifecycle management*. Springer Science & Business Media.
- Schuh, G., Rozenfeld, H., Assmus, D., & Zancul, E. (2008). Process oriented framework to support PLM implementation. *Computers in industry*, 59(2-3), 210-218.
- Stark, J. (2005) *Product Lifecycle Management – 21st Century Paradigm for Product Realization*. USA: Springer-Verlag.
- Terzi, S., Bouras, A., Dutta, D., Garetti, M., & Kiritsis, D. (2010). Product lifecycle management—from its history to its new role. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 4(4), 360-389.
- Terzi, S., Flores, M., Garetti, M., & Macchi, M. (2005, June). Analysis of PLM dimensions. In 2nd International Conference on PLM, Lyon (pp. 11-13).
- Todd, S. (1992). *Collective Action: Theory and Application*, University of Michigan Press.
- Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. *Procedia manufacturing*, 13, 1269-1276.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

