

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA UN ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD  
TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA  
PLM APLICADA A LA EMPRESA O-I COLOMBIA**

**ÁLVARO JOSÉ NIÑO ACEVEDO  
VERÓNICA ALEJANDRA SANTIAGO CARMONA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2017**

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA UN ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD  
TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA  
PLM APLICADA A LA EMPRESA O-I COLOMBIA**

**ÁLVARO JOSÉ NIÑO ACEVEDO**

**VERÓNICA ALEJANDRA SANTIAGO CARMONA**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Director:**

**MSc. ELIANA MARCELA PEÑA TIBADUIZA**

**MSc. en Ingeniería Industrial**

**Codirector:**

**Dr. JAVIER MAURICIO MARTÍNEZ GÓMEZ**

**Dr. En Sistemas de Producción & Diseño Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios primero que todo, porque sin Él nada de esto sería posible. Por darnos la vida y por ser la compañía en cada paso que damos. Por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestra mente. Por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han acompañado y ayudado durante toda la carrera.

A nuestros padres, por ser el pilar fundamental de todo lo que somos. Por los valores, educación y formación para la vida que nos han dado y su incondicional apoyo a través del tiempo.

A la profesora Eliana Peña y al Profesor Javier Martínez por su acompañamiento y guía para la elaboración de este proyecto. Y a todos los profesores que aportaron enseñanzas a lo largo de nuestra carrera, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

**Vero y Alvaro.**

## CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	<b>19</b>
1.1. TÍTULO .....	19
1.2. OBJETIVOS .....	19
1.1.1. Objetivo general .....	19
1.1.2. Objetivos específicos .....	19
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	<b>23</b>
2.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO .....	23
2.1.1. Artículos por año .....	24
2.1.2. Artículos por autor .....	25
2.1.3. Artículos por país .....	27
2.1.4. Artículos por fuente .....	28
2.2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA .....	29
2.2.1. Product Lifecycle Management - PLM .....	29
2.2.2. Uso industrial de PLM .....	35
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>37</b>
3.1. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO .....	37
3.2. PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT – PLM .....	39
3.2.1. Historia de PLM .....	39
3.3. Análisis de factibilidad .....	43
<b>4. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA</b> .....	<b>50</b>
4.1. BASE TEÓRICA .....	50

4.1.1.	Modelo de John Stark .....	50
4.1.2.	Modelo de Saaksvuori e Immonen .....	58
4.1.3.	Modelo general de Gerard Litjens.....	64
<b>4.2.</b>	<b>MODELO PROPUESTO .....</b>	<b>65</b>
4.2.1.	Modelo teórico pre-implementación de la estrategia PLM.....	65
4.2.2.	Metodología de análisis de factibilidad técnico-económico.....	70
<b>5.</b>	<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA .....</b>	<b>85</b>
<b>5.1.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN O-I COLOMBIA .....</b>	<b>85</b>
5.1.1.	Etapa I: Diagnóstico de la situación inicial de la empresa.....	85
5.1.2.	Etapa II: Definición y planeación .....	94
5.1.3.	Etapa III: Entendimiento detallado de los procesos e infraestructura disponible .....	95
5.1.4.	Etapa IV: Integración de las herramientas y procesos existentes .....	96
5.1.5.	Etapa V: Entrenamiento y gerencia del cambio.....	97
<b>5.2.</b>	<b>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....</b>	<b>97</b>
5.2.2.	Estudio económico.....	103
5.2.3.	Marco de tiempo de la evaluación costo-beneficio.....	108
<b>5.3.</b>	<b>HALLAZGOS DE LA IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>110</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>112</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>116</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Beneficios a corto y largo plazo de implementar PLM .....	33
Tabla 2. Modelo de Madurez PLM .....	60
Tabla 3. Herramientas de referencia para implementación de una estrategia PLM .....	77
Tabla 4. Costos aproximados de implementación de la estrategia PLM.....	78
Tabla 5. Indicadores Claves de Desempeño para medir los beneficios de la implementación PLM .....	80
Tabla 6. Ingeniería del proyecto.....	100
Tabla 7. Descripción de los paquetes de software seleccionados .....	101
Tabla 8. Estados consolidados de resultados 2014 O-I Colombia.....	107

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Número de artículos publicados por año .....	25
Figura 2. Artículos publicados por autor .....	26
Figura 3. Artículos publicados por país .....	27
Figura 4. Principales beneficios alcanzados por usuarios de PLM en la industria automotriz .....	36
Figura 5. Proceso para un análisis de factibilidad .....	44
Figura 6. Partes que conforman un estudio técnico .....	46
Figura 7. Estructura del análisis económico .....	48

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. CUESTIONARIO CM-PLM..... ¡Error! Marcador no definido.
- ANEXO B. MODELO FINAL PARA EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA PLM ..... ¡Error! Marcador no definido.
- ANEXO C. PLANTILLA APLICACIÓN METODOLOGÍA..... ¡Error! Marcador no definido.
- ANEXO D. ARTICULO CIENTÍFICO ..... ¡Error! Marcador no definido.

## GLOSARIO

- **CAD:** Computer-Aided Design. Diseño Asistido por Computador.
- **CAE:** Computer Aided Engineering. Ingeniería Asistida por Computador.
- **CAM:** Computer-Aided Manufacturing (CAM). Fabricación Asistida por Computadora.
- **ERP SAP:** conjunto de piezas de software que comprenden el ciclo financiero completo, recursos humanos, operaciones, compras, tesorería y otras funciones empresariales. En la actualidad es el ERP con más clientes del mercado.
- **WindChill:** Software PLM de la empresa PTC (Parametric Technology Corporation).
- **Smart Assembly:** herramienta de protección y mejora de código de programación.
- **Windows 365:** Funcionalidad que permite el arrendamiento del paquete Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint, Outlook y Access)
- **WAN:** Wide Area Network; es una red de computadoras que une varias redes locales.

## RESUMEN

### TÍTULO

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA UN ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA PLM APLICADO A LA EMPRESA O-I COLOMBIA<sup>1</sup>

### AUTOR

ÁLVARO JOSÉ NIÑO ACEVEDO, VERÓNICA ALEJANDRA SANTIAGO CARMONA<sup>2</sup>

### PALABRAS CLAVES

Análisis de factibilidad, Ciclo de vida del producto, Costo-beneficio, PLM.

### CONTENIDO

Este proyecto de investigación se concibió para definir una metodología de factibilidad técnico-económica para implementar un sistema aplicado la gestión del ciclo de vida del producto en la industria.

Inicialmente se hizo un análisis de la literatura para identificar los avances existentes del tema en mención, y comprender la razón de ser de una metodología de diseño de productos. Con base en la información recopilada y después del análisis de varios autores respecto a PLM se propuso un modelo genérico para lograr identificar los procesos que estaban involucrados en la gestión del ciclo de vida del producto: gestión empresarial; gestión del producto; gestión del proyecto; colaboración e integración. Adicionalmente se revisaron modelos de análisis de factibilidad técnicos y económicos para complementar el modelo propuesto inicialmente. Se analizaron las variables relacionadas con la capacidad de los procesos para atender las necesidades de la estrategia PLM, así como los beneficios, costos y riesgos que implican su implementación.

Con el modelo genérico definido se aplicó a la empresa O-I Colombia para identificar las fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora de la empresa, las cuales en su conjunto sirvieron para determinar su capacidad para implementar la estrategia PLM. Por último, se determinó el modelo más adecuado para analizar la factibilidad ante la implementación de la estrategia en la industria, ajustándolo de acuerdo a los hallazgos identificados a través de la aplicación del modelo.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico – mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Director: MSc. Eliana Marcela Peña Tibaduiza; MSc. en Ingeniería Industrial. Codirector: Dr. Javier Mauricio Martínez Gómez; Dr. En Sistemas de Producción y Diseño Industrial

## ABSTRACT

### TITLE

METHODOLOGY DESIGN FOR A TECHNICAL AND ECONOMICAL FEASIBILITY ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE PLM STRATEGY APPLIED TO O-I COLOMBIA'

### AUTHORS

ÁLVARO JOSÉ NIÑO ACEVEDO, VERÓNICA ALEJANDRA SANTIAGO CARMONA"

### KEY WORDS

Feasibility analysis, Product Lifecycle Management, Costs-benefits, PLM

### SUMMARY

This research project was conceived with the purpose of define a technical and economic feasibility methodology of implementing a product life cycle management system in the industry.

Initially an analysis of the literature was made to identify the existing advances of the subject in question, and to understand the objective of a product design methodology. After the analysis and research from some PLM authors was proposed a generic model to identify the processes that were involved in the management of the product life cycle, was carried out: business management; product management; project management; collaboration and integration. In addition few feasibility models were analyzed in technical an economical areas to complete the initial model proposed. The analysis of the variables related to the capability of the processes to meet the needs of the PLM strategy, as well as the benefits, costs and risks involved in its implementation. The complete generic model was implemented to O-I Colombia to identify the company's strengths, weaknesses and opportunities, which as a whole, were used to determine its capacity to implement the PLM strategy. Finally, was defined the most suitable model for analyzing the feasibility for the implementation of the strategy in the industry, adjusting it according to the findings in the application of the model.

---

' Bachelor Thesis

" Faculty of Physique Mechanic Engineering's, School of Industrial and Managerial Studies, Director: MSc. Eliana Marcela Peña Tibaduiza; Msc. In Industrial Engineering. Codirector: Dr. Javier Mauricio Martínez Gómez; Dr. in System Design and Industrial Design

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las organizaciones están orientadas a la búsqueda de la excelencia operacional a través de nuevas estrategias y herramientas que marquen la diferencia, apoyando el mejoramiento de ventajas competitivas sostenibles mediante la innovación para llegar con mayor rapidez al mercado desarrollando productos de mejor calidad. En este contexto, una de las estrategias que ha demostrado su eficacia en la consecución de estos propósitos es PLM, por su sigla en inglés - Product Lifecycle Management<sup>1</sup>. Sin embargo, las empresas encuentran dificultades en la implementación de PLM debido a su complejidad y falta de comprensión acerca de los beneficios que se pueden obtener<sup>2</sup>.

Para esto, las empresas necesitan tener un profundo conocimiento de las actividades y funciones de cooperación entre los actores dentro y fuera de la misma. La cantidad y la complejidad de todos los elementos que intervienen en el proceso dificultan el logro de una implementación exitosa de PLM (Reitman, 2009). Así pues, antes de implementar este tipo de estrategias es necesario primero estudiar la factibilidad de su implementación integrando todos los aspectos organizativos y niveles profesionales<sup>3</sup>.

El estudio de factibilidad propuesto en este proyecto, se enfocó en el proceso de definición e ideación de envases de vidrio genéricos (no artesanales) producidos por lotes de altos volúmenes en las plantas de producción de O-I Colombia

---

<sup>1</sup> WOGNUM, N; TRAPPEY, A: PLM challenges. Editorial Advanced Engineering Informatics 22 (2008) 419–420

<sup>2</sup> MENDEL, A. Why care about PLM? Mechanical engineering 1919 (2011)

<sup>3</sup> MERTICARU, V, MUSCĂ, G. A vision upon PLM as strategic instrument for concurrent engineering and for sustainable product design. The Annals Of 'Dunărea De Jos' University Of Galați. (2009) 355-360

Medellín. Se abordó la problemática de la información en los procesos de desarrollo y producción de los nuevos diseños de envases de vidrio.

En general se cubrieron tres aspectos en el estudio de factibilidad: técnicos, económicos y operativos. Los asuntos técnicos tienen que ver con la capacidad y madurez para implementar PLM, identificar las oportunidades de mejora, y realizar un inventario de las tecnologías disponibles. Los aspectos económicos se relacionan con el costo del estudio y la implementación de la estrategia PLM en cuanto a gasto laboral, eficiencia entrenamiento, adquisiciones de software, costo de desarrollo, soporte técnico, etc. Como último punto se toma el factor operativo buscando garantizar la correcta adopción del nuevo modelo y la gestión del cambio.

Para la evaluación de los potenciales beneficios que se obtendrían por la implementación de la estrategia PLM, el análisis se enfocó en los Indicadores Críticos de Desempeño (KPI) de interés para la empresa Owens-Illinois Inc Colombia (OI Colombia).

Con el fin de examinar las necesidades de la empresa O-I Colombia Medellín y su adaptabilidad para acoger una estrategia PLM se realizó un diagnóstico de capacidad y madurez para la implementación de PLM usando el cuestionario CM-PLM que se focaliza en cuatro aspectos estratégicos de la organización: Los procesos organizacionales, los procesos de diseño, la gestión de proyectos, la integración y la comunicación.

Igualmente, se realizó el análisis de costo-beneficio para determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de una posible implementación de PLM en O-I Colombia Medellín.

## CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

#	OBJETIVO	CUMPLIMIENTO
1	Identificar la situación actual y últimos avances acerca de la implementación de la estrategia PLM y las técnicas relacionadas divulgadas en revistas científicas reconocidas que permitan tener fundamentos teóricos para el desarrollo del proyecto.	2.2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA
2	Reconocer las metodologías actuales para proponer una estructura de análisis de factibilidad para la implementación de una estrategia PLM basada en los estudios técnico y económico.	4. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA
3	Aplicar en un caso estudio la estructura de análisis de factibilidad propuesta para identificar ajustes, analizar factores relevantes y constatar su validez respecto a la base teórica.	5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA
4	Establecer la metodología para el análisis de factibilidad técnico económico para la implementación de PLM que sea aplicable a la industria, basados en las mejoras identificadas en la aplicación del modelo..	ANEXO B
5	Difundir la metodología planteada mediante la elaboración de un artículo de carácter publicable.	ANEXO D

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1. TÍTULO**

Diseño de una metodología para el análisis de factibilidad técnico económico en la implementación de la estrategia PLM aplicada a la empresa O-I Colombia.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### 1.1.1. Objetivo general

Diseñar una metodología para el análisis de factibilidad técnico-económico para la implementación de la estrategia PLM aplicada a la empresa O-I Colombia.

#### 1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar la situación actual y últimos avances acerca de la implementación de la estrategia PLM y las técnicas relacionadas divulgadas en revistas científicas reconocidas que permitan tener fundamentos teóricos para el desarrollo del proyecto.
- Reconocer las metodologías actuales para proponer una estructura de análisis de factibilidad para la implementación de una estrategia PLM basada en los estudios técnico y económico.
- Aplicar en un caso estudio la estructura de análisis de factibilidad propuesta para identificar ajustes, analizar factores relevantes y constatar su validez respecto a la base teórica.

- Establecer la metodología para el análisis de factibilidad técnico-económico para la implementación de PLM que sea aplicable a la industria, basados en las mejoras identificadas en la aplicación del modelo.
- Difundir la metodología planteada mediante la elaboración de un artículo de carácter publicable.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad, la economía colombiana se basa en su mayoría en empresas tipo MiPyMe<sup>4</sup> a partir de ideas de negocio familiares, que contribuyen con la generación de empleo e incremento en el producto Interno Bruto. La vanguardia de la globalización es positiva para el país ya que también contribuye con el desarrollo del mismo, pero en la mayoría de casos las grandes empresas son las únicas beneficiadas de esto. En consecuencia, las Pymes deben estar preparadas para estos cambios con el fin de ser sostenibles en el mercado y competitivas nacional e internacionalmente.<sup>5</sup>

En este orden de ideas, las Pymes deben reinventar su modelo de negocio con base en una fuerza productiva que contemple una estructura corporativa y competitiva centrada en la cultura de la planificación, en el talento humano calificado, la flexibilidad y adaptabilidad del negocio, el marketing, las tecnologías de punta, la asociatividad empresarial y la estimulación del pensamiento

---

<sup>4</sup> En Colombia el sector empresarial está clasificado en micro, pequeñas, medianas y grandes empresas, reglamentada en la Ley 590 de 2000. El término Pyme hace referencia al grupo de empresas pequeñas y medianas con activos totales superiores a 500 SMMLV y hasta 30.000 SMMLV.

<sup>5</sup> PERILLA-FONTECHA, M: Pymes y Globalización en Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Mayo 2015

estratégico de sus gerentes para que puedan sostener sus ventajas empresariales girando en torno a la frontera de la competitividad.<sup>6</sup>

Debido a la globalización, las empresas tienen que trabajar en redes que son cada vez más diversificadas y geográficamente dispersas. Para llegar al costo, calidad y retardo de optimización de las empresas que implementan nuevas TIC's. Las PYMES también intentan implementar estas tecnologías pero a pesar de su flexibilidad, tienen dificultades en la estructuración e intercambio de información. Asimismo tienen problemas en la creación de modelos de datos para estructurar y compartir información de producto, especialmente en el contexto de las empresas extendidas; conocidas como aquellas en las que se integran en la estrategia de negocio, todos los elementos que forman parte del engranaje productivo, desde el cliente hasta el proveedor.<sup>7</sup>

Uno de los principales enfoques de PLM es la correcta administración de la información dentro de las diferentes áreas, etapas y sistemas de información que conforman los procesos productivos en las empresas. La propuesta generada por PLM es crear una red extendida dentro de los procesos, es decir, crear un núcleo de comunicación para que todos los subprocessos marchen al mismo ritmo; pero la gran dificultad de la creación de esta red radica en la incompatibilidad de los diferentes sistemas de información y la idea errónea de que PLM es sólo un software y no una estrategia. PLM no sólo comprende la definición del producto, sino también la definición de las líneas de productos, las tecnologías utilizadas, la organización y los servicios asociados al producto apoyado a su vez por un software de negocio.

---

6 VILLEGAS-LONDOÑO, D; TORO-JARAMILLO, I: Las Pymes: una mirada a partir de la experiencia académica del MBA. Revista MBA EAFIT. Mayo 2010

7 LE DUIGOU, J; BERNARD, A. y PERRY, N. Op cit.

Hasta el momento, a partir de la literatura y estudios analizados para este proyecto y que se basan en la implementación de la estrategia PLM, se ha encontrado que están enfocados en dar solución a la comprensión del concepto y respectivo diagnóstico para su implementación, pero no han tenido en cuenta la necesidad de saber cómo, cuándo y cuánto tendrían que invertir.

Los resultados limitados de implementaciones de PLM actuales radican fundamentalmente en tres principales causas. En primer lugar, PLM es un concepto complejo y todavía hay una falta de profundo conocimiento de lo que realmente significa en la práctica. Segundo, muchas iniciativas actuales de PLM se centran principalmente en aspectos aislados, tales como la gestión de documentos o la clasificación de partes, sin un enfoque global indispensable a todo el ciclo de vida del producto y sus procesos subyacentes. Finalmente, existe una brecha literaria y poca investigación sobre cuestiones de aplicación de PLM.<sup>8</sup>

Partiendo de estas causas, se ve la necesidad de proponer una metodología que permita tener soporte para decidir la implementación de PLM a partir de un modelo de análisis de factibilidad, hacia el uso del estudio técnico y económico como base fundamental de comparación y un análisis costo-beneficio para la evaluación de la propuesta. Esto incluye un diagnóstico base para identificar el estado de la empresa, determinando las características que debe cumplir para su implementación.

---

<sup>8</sup> SCHUH, G. y otros: Process oriented framework to support PLM implementation. Computers in Industry. No. 59 (2008) 210–218

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Con el fin de contextualizar el tema de estudio de esta investigación, se realizó una búsqueda en bases de datos, acerca de publicaciones reconocidas dentro del ámbito científico. Esta revisión de la literatura tuvo en cuenta las palabras claves identificadas en el proceso inicial y se relacionaron artículos del área de estudio.

Las bases de datos utilizadas fueron: Web of Science, Scopus y ProQuest. Estas bases son las que se encuentran disponibles por parte de la Universidad Industrial de Santander para la documentación y revisión científica y las más utilizadas por su alto índice de confiabilidad.

### 2.1. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Con base a las ideas y evidencias del problema a resolver, se escogieron las palabras claves que logran describir mejor la situación para generar una ecuación de búsqueda y analizar el estado actual de la estrategia PLM. Al mismo tiempo, se seleccionaron los criterios de búsqueda adecuados para limitar la información y obtener únicamente los resultados referentes al tema.

Criterios de búsqueda:

- Periodo: Año 2006 hasta junio de 2016
- Lengua: Inglés
- Tipo de documento: Artículos
- Áreas: Ingeniería, ciencias computacionales y negocios.

*Ecuación de búsqueda:*

```
TITLE-ABS-KEY ( product PRE/1 lifecycle PRE/1 management ) AND ( plm ) AND ( LIMIT-  
TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP" ) OR LIMIT-  
TO ( SUBJAREA , "BUSI" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-  
TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-  
TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-  
TO ( PUBYEAR , 2012 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2011 ) OR LIMIT-  
TO ( PUBYEAR , 2010 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2009 ) OR LIMIT-  
TO ( PUBYEAR , 2008 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2007 ) OR LIMIT-  
TO ( PUBYEAR , 2006 ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )
```

Luego de aplicar la ecuación de búsqueda, se obtuvieron 389 artículos de la base de datos Scopus. Los factores de comparación y presentación del informe fueron: año, autor, país y fuente.

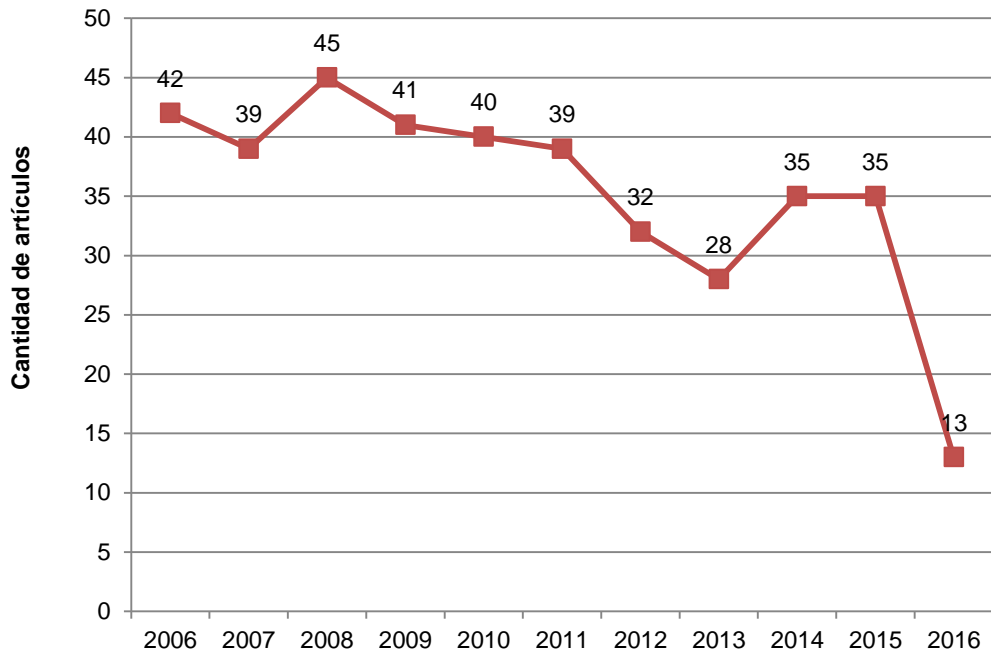
### 2.1.1. Artículos por año

PLM es la evolución del PDM - Product Data Management (Administración de Datos de Producto) en los años 90's que es el responsable de la publicación y administración de todos los datos del producto<sup>9</sup>. PDM es una herramienta manejada por TIC's con poco enfoque en la administración de datos del producto dentro del diseño del mismo. Por tal efecto se ha visto la necesidad de investigar más acerca de PLM para lograr mejoras en la implementación del proceso.

---

<sup>9</sup> ABRAMOVICI,, M.; SCHUTLE, S. : PLM – State of the Art and Trends. Chair of IT in Mechanical Engineering (ITM), Ruhr University Bochum. Germany

Figura 1. Número de artículos publicados por año

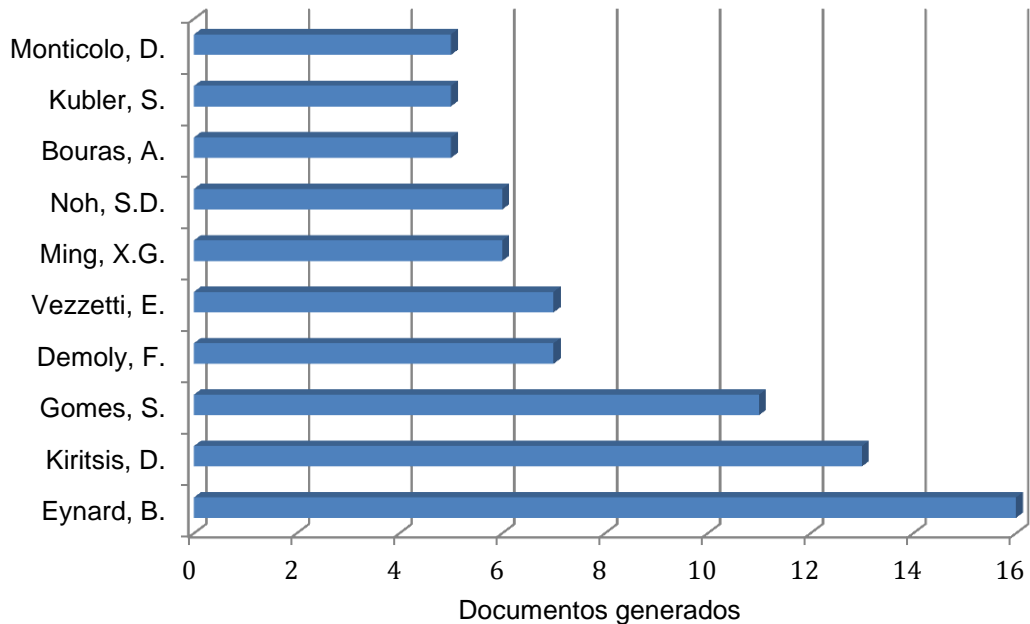


Fuente: Base de datos Scopus

### 2.1.2. Artículos por autor

Como seguimiento a esta actividad se observan los autores que han escrito más acerca de PLM y que han influenciado el desarrollo de este tipo de estrategia y permiten que sea como se conoce actualmente. Dentro de este marco, se puede apreciar que el mayor número de artículos ha sido escrito por Benoit Eynard, profesor y decano del departamento de Ingeniería de Sistemas Mecánicos y miembro del laboratorio de investigación Roberval de la Université de Technologie de Compiègne en Francia. Sus áreas de investigación incluyen claramente PLM, así como PDE (Product Data Exchange), CAx, diseño Integrado, ingeniería concurrente, diseño colaborativo, manufactura sostenible, evaluación del ciclo de vida, entre otros.

Figura 2. Artículos publicados por autor



*Fuente: Base de datos Scopus*

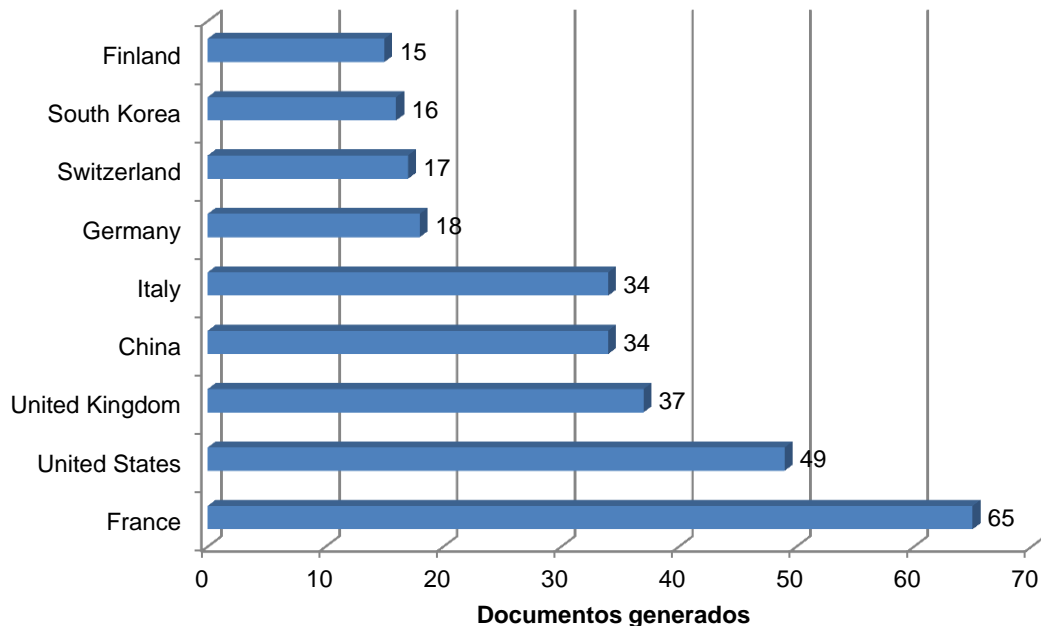
Por otro lado, se encuentra Dimitrios Kiritsis del Ecole Polytechnique Federale de Lausanne en Suiza, quien lo prosigue en número de publicaciones. Profesor de TIC's para la producción sostenible. Profesor adscrito a la Escuela de Ingeniería Mecánica, Escuela de Robótica, Control y Sistemas Inteligentes, Escuela de Manufactura Avanzada, y miembro del grupo de Conocimiento de Información de Datos. Sus áreas de investigación incluyen gestión del ciclo cerrado de vida, evaluación del rendimiento del ciclo de vida, ingeniería de gestión de activos del ciclo de vida y administración predictiva.

Samuel Gomes, Frédéric Demoly y Guillaume Ducellier de Francia, Sylvain Kubler de Luxemburgo, Kary Främling de Finlandia, Enrico Vezzetti de Italia y Patric Waurzyniak de Estados Unidos continúan en la lista de los autores con más publicaciones en los últimos 5 años acerca de PLM. Algunos de ellos son profesores asociados de universidades que se relacionan en el punto 3.1.4.

### 2.1.3. Artículos por país

Con más del 10% del mercado global en soluciones de PLM, Francia es el segundo país de la región europea con oferta de productos enfocados a esta herramienta. Se estima un crecimiento promedio del 8% en los últimos años gracias a ser un mercado atractivo y con bastante potencial. En respuesta al crecimiento de la demanda generada por compañías con operaciones en Francia respecto a soluciones de implementación en estrategias de mejoramiento como PLM, se ha podido apreciar que el ámbito científico se ha preocupado por estudiar más esta herramienta. Dentro de los artículos revisados, Francia se encuentra en el primer lugar, con 65 artículos publicados entre el 2006 y 2016. Seguido de Estados Unidos con 49 publicaciones. Otros países presentes y que siguen generando conocimiento al tema, se encuentra el Reino Unido, China, Italia, Alemania, Corea del Sur, Suiza y Finlandia. Ver Figura 3.

Figura 3. Artículos publicados por país



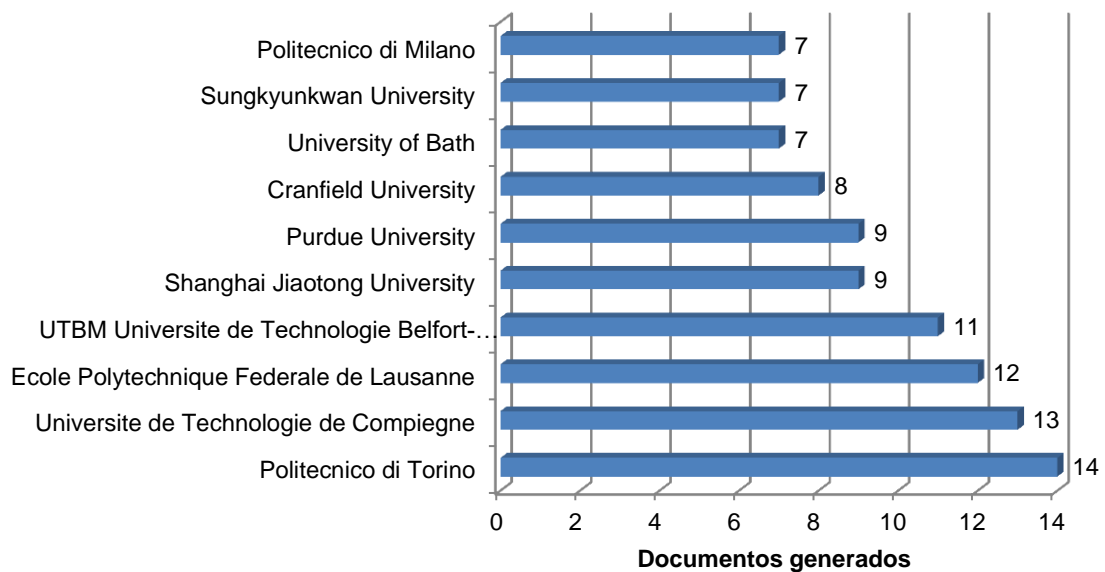
Fuente: Base de datos Scopus

Es posible apreciar que los países latinoamericanos no son pioneros del tema y aunque ya se tiene conocimiento de la necesidad de implementar estrategias de gestión de este tipo, PLM no ha sido prioridad.

#### 2.1.4. Artículos por fuente

Al revisar el número de publicaciones por afiliación, es posible encontrar que el mayor número pertenece al Politécnico di Torino, el cual posee programas de maestría y doctorado enfocados especialmente en PLM. De igual manera se puede observar que hay presentes dos universidades francesas entre las cuatro con mayor cantidad de artículos publicados; University de Technologie de Compiegne y la UTBM. Esto confirma que el crecimiento de las empresas con base en Francia ha generado que más universidades y entidades se sientan interesadas en generar conocimiento en el tema de interés.

Gráfico 4. Artículos publicados por universidad



Fuente: Base de datos Scopus

Por su parte, las demás universidades mostradas en la gráfica son de países al rededor del mundo, entre ellas Ecole Polytechnique Federale de Laussane en Suiza, Aalto University en Finlandia, Cranfield University y Loughborough University de Inglaterra, y Sungkyunkwan University de Corea del Sur.

Sin duda, se puede observar que la estrategia PLM está cobrando importancia al rededor del mundo y que distintos países, universidades y científicos han encontrado el Product Lifecycle Management importante como fuente de investigación y necesidad de las industrias mundiales en todas sus áreas.

## **2.2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA**

Con el objeto de entender el estado actual de las investigaciones basadas en la estrategia PLM (Product Lifecycle Management) es necesario revisar, analizar y entender las publicaciones de artículos y distintos documentos disponibles en el ámbito científico para tener argumentos y plantear una solución al problema actual. A continuación se da una revisión de los métodos y tecnologías utilizadas en PLM y se muestra los niveles de implementación industrial; también se provee las principales tendencias de métodos y herramientas de PLM que se esperan en la siguiente generación y describe algunos ejemplos representativos acerca de la implementación de PLM.

### **2.2.1. Product Lifecycle Management - PLM**

PLM es una estrategia integrada que incluye un consistente número de modelos, métodos y herramientas de TI para la administración de la información del

producto, procesos y aplicaciones de ingeniería a lo largo de las diferentes fases del ciclo de vida del producto. PLM direcciona no sólo una compañía sino una distribución global y colaboración interdisciplinaria entre fabricantes, proveedores, aliados y clientes.

La esencia de esta estrategia es un meta modelo integrado de datos y procesos gestionado por un sistema de administración de bases de datos y una central de control para el almacenamiento de todos los documentos y modelos creados.

Los Meta modelos (modelos de datos) de productos ayudan a apoyar la interoperabilidad, estructuración de información que puede accederse fácilmente por los distintos actores involucrados en el desarrollo de productos. Una de las principales dificultades radica en la aplicación del producto meta-modelo, debido a que Las empresas tienen que integrar las estructuras de información de sus clientes.<sup>10</sup>

Los métodos y herramientas de PLM pueden ser organizados en tres grupos:

- Administración de información
- Administración de procesos
- Aplicación de integración

En años pasados, los distintos proveedores de PLM, promovían su propio concepto de la estrategia. Actualmente todos comparten una visión a largo plazo y ofrecen varias soluciones que cubren una parte de los métodos y herramientas descritas en el Product lifecycle management. Estos proveedores pertenecen a alguno de estos grupos:

---

<sup>10</sup> LE DUIGOU, J; BERNARD, A. y PERRY, N: Framework for PLM integration in Small and Medium Enterprises Networks. Computer-Aided Design & Applications, 8(4), 2011, 531-544

- Proveedores de software CAx
- Proveedores de herramientas ERP/SCM
- Proveedores de PDM independientes o herramientas de colaboración web
- Proveedores independientes de servicios e integración

Estas diferencias entre proveedores se deben a sus modelos iniciales de negocio por el cual fue creada la empresa pero con el tiempo y ante la necesidad del mercado, fue evolucionando hasta proveer a sus clientes una solución de tipo PLM. Por su parte, cada uno de estos proveedores ha generado una solución configurada especialmente para cierto tipo de empresas, modelos, procesos y funciones específicas del sector al que pertenecen.

Seis clases de necesidades se han identificado, dependiendo del tipo de la empresa y su actividad:

- Gestión de la configuración: Esto viene de los equipos de fabricantes de piezas. El sistema PLM debe gestionar las alternativas, las opciones, las versiones, las familias y la diferenciación entre los productos internos y externos.
- Colaboración: El intercambio con los clientes (de las partes y componentes fabricantes) y con los proveedores (de los componentes y equipos fabricantes) debe ser facilitado y estandarizado, especialmente para los intercambios de archivos CAD.
- Múltiples vistas: La información tiene que ser visible con la estructura y los nombres de cada departamento. Esto es especialmente necesario para la lista de materiales (BOM) en el diseño y producción de departamentos, que corresponde a las estructuras CAD y el software ERP.
- Planificación de proceso: fabricantes de las piezas en bruto necesitan los planes de proceso y la información incluidos (operaciones, centros de trabajo, herramientas, etc.) para ser gestionados por los sistemas PLM.

- Interoperabilidad: La interoperabilidad con el ERP y el CAD es requerida por las PYME, especialmente para la lista de materiales y el proceso de los planes de actualizaciones.
- Indicadores para la toma de decisiones: El costo es el indicador más comúnmente solicitado para comparar productos y alternativas para los fabricantes de equipos o, para los fabricantes de piezas, para elegir entre las operaciones alternativas en un plan de proceso.<sup>11</sup>

A pesar de las fortalezas que tienen estos proveedores, se ha logrado identificar debilidades que dificultan la implementación o que hacen dudar a las empresas si es bueno implementar o no dicha estrategia. Entre ellas se encuentra el deficiente soporte de las actividades fuera del desarrollo del producto, tareas en sistemas de ingeniería, así como la integración de componentes mecánicos, electrónicos y software. Igualmente al momento de la implementación se hacen necesarios grandes niveles de personalización; a pesar de los grandes esfuerzos que hacen las empresas por crear procesos estandarizados de implementación, todavía hace falta una solución de PLM que sea aplicable como modelo genérico<sup>12</sup>.

La implementación de este tipo de soluciones, como se nombraba anteriormente, es una inversión a largo plazo y los beneficios no son medibles en periodos cortos debido a que las actividades de mejoramiento, optimización y cambio en los hábitos laborales de empleados, proveedores, clientes, entre otros, son procesos que toman tiempo<sup>13</sup>. Alguna de las dificultades que pueden surgir son:

- No hay suficiente capacidad de modelación en las empresas debido al tamaño crítico de la información de los servicios internos de los sistemas.

---

<sup>11</sup> Ibid

<sup>12</sup> ABRAMOVICI,, M.; SCHUTLE, S. : PLM – State of the Art and Trends. Chair of IT in Mechanical Engineering (ITM), Ruhr University Bochum. Germany

<sup>13</sup> ALEMANNI, M.; ALESSIA, G. ; TORNINCASA, S.; VEZZETTI, E. : Key performance indicators for PLM benefits evaluation: The Alcatel Alenia Space case study. Italia, Febrero 2007

- La falta de interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información interior (PLM, CAD, ERP) y fuera de la empresa (PLM de empresas asociadas).
- Conceptos de modelado y modelado de métodos que permite la integración adecuada y estructuración de datos multidisciplinares, es uno de los puntos principales para la aceptación de la solución PLM especialmente en las empresas.<sup>14</sup>

Esta implementación requiere de importantes esfuerzos económicos y financieros por parte de la empresa; antes, durante y después. Este esfuerzo debe traer consigo un retorno en dicha inversión (ROI) que debe ser suficiente y estar garantizado al momento de adoptar una solución innovadora como la planteada por PLM, así estos sean difíciles de calcular.

En cuanto a la evaluación de los KPIs (Indicadores Claves de Desempeño) para el caso de estudio de Alcatel Alenia Space, se encontraron cierto tipo de factores claves que permiten la evaluación de los mismos después de la implementación de PLM. Estos beneficios generados por la implementación de PLM están divididos en 2 grupos:

1. Beneficios de largo plazo
2. Beneficios de corto plazo

Tabla 1. Beneficios a corto y largo plazo de implementar PLM

	Largo plazo	Corto plazo
<b>Mejoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento de las utilidades</li> <li>✓ Mejoramiento de la posición competitiva</li> <li>✓ Reducción de los tiempos de lanzamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción de tiempo en actividades diarias</li> <li>✓ Mejoramiento de los procesos</li> <li>✓ Reducción de actividades innecesarias.</li> </ul>
<b>Visible en</b>	✓ Número de clientes	✓ Reducción de material

<sup>14</sup> LE DUGOU, J; BERNARD, A. y PERRY, N. Op cit.

Largo plazo	Corto plazo
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calidad de los productos</li> <li>✓ Frecuencia de compra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consumo de energía</li> <li>✓ Costo de almacenamiento de información</li> <li>✓ Costo de impresión de documentos</li> <li>✓ Costo de reproceso</li> <li>✓ Reducción del tiempo de búsqueda e identificación de información (como costo).</li> <li>✓ Reducción de costos de retraso.</li> </ul>

Fuente: Autor. Tomada de Key performance indicators for PLM benefits evaluation

Para lograr identificar este tipo de beneficios es necesario implementar un método que pueda medir y entender cómo esta nueva estrategia puede generar las mejoras esperadas.

Atendiendo a estas consideraciones, se ha logrado identificar que existen artículos que analizan el retorno en la inversión para la adopción de herramientas genéricas de TI, las cuales se encuentran orientadas al intercambio y colaboración entre la empresa<sup>1516</sup>.

Otros han desarrollado un análisis particular en soluciones específicas, cercanas a la estrategia PLM, como CRM, SCM y ERP, focalizando toda su atención en el retorno que deja dicha inversión<sup>1718</sup>. Finalmente, sólo unos pocos han medido el impacto de los beneficios generados por la implementación de PLM.

<sup>15</sup> HUAN, S; OU,C; CHEN, C; LIN, B: An Empirical Study of Relationship Between IT Investment and Firm Performance: A Resource-based Perspective. *European Journal of Operational Research* 173 (2005) 984–999

<sup>16</sup> BRYD, T; TURNER, D: Measuring the flexibility of the information technology infrastructure: exploratory analysis of a construct, *Journal of Management Information Systems* 17 (2000) 167–208.

<sup>17</sup> HENDRICKS, K; SINGHAL, V;STRATMAN, J: The impact of enterprise systems on corporate performances: a study of ERP, SCM and CRM system implementations, *Journal of Operations Management* 25 (2006) 65–82.

<sup>18</sup> MABERT, V; SONI, A; VENKATARAMANAN M: Enterprise resource planning survey of US manufacturing firms. *Production & Inventory Management Journal*. 41 (2000) 52–58.

### 2.2.2. Uso industrial de PLM

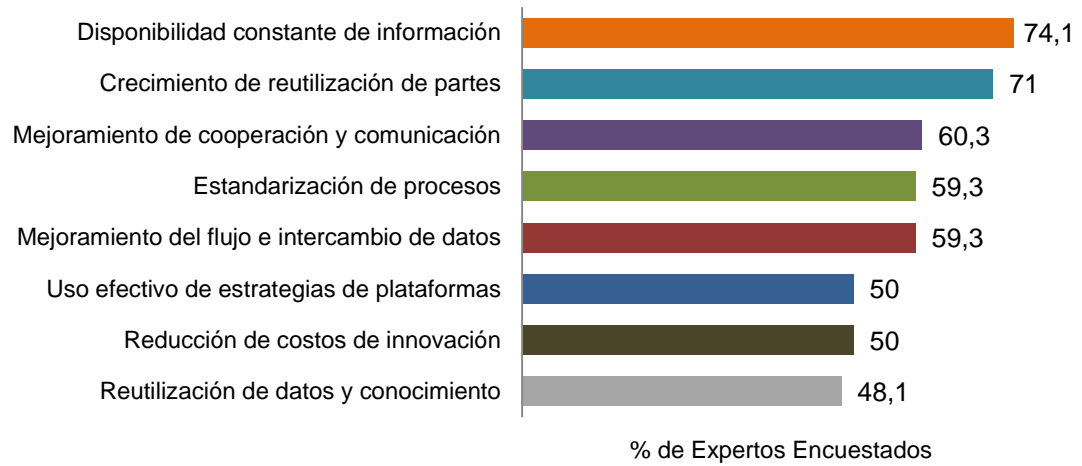
En un estudio realizado por Deloitte Research sobre la estrategia PLM, se concluyó que aunque la estrategia PLM no es nueva y existe en el mercado una amplia variedad de herramientas, sólo el 8% de las empresas tienen una clara visión y alcance de lo que significa su implementación. Cerca del 50% de las empresas que la implementan, lo hacen parcialmente en ciertas áreas<sup>19</sup>. Asimismo, sólo el 18% de las empresas analizadas tienen un alto grado de uso e integración de PLM (Campeones PLM) mientras que cerca del 50% mantienen sobre su nivel de implementación (Seguidores PLM). A pesar de que esta estrategia lleva a los usuarios a través de todo el ciclo de vida del producto, sólo el 26% de los empleados campeones PLM y el 7% de los seguidores PLM hacen uso completo de los métodos, datos y herramientas de la estrategia. La mayoría de los usuarios de PLM trabajan en departamentos de desarrollo de productos.

Los usuarios de PLM más avanzados, han alcanzado varios tipos de beneficios cualitativos y cuantitativos, los cuales han ayudado a mejorar su posición competitiva. En las PyMes, especialmente en las empresas pertenecientes a sectores diferentes al automotriz y aeroespacial han tenido un espacio entre 5 y 7 años en la implementación de PLM y no han explotado el potencial total de la estrategia. En la siguiente gráfica se muestra los beneficios obtenidos por las industrias encuestadas que implementaron PLM.

---

<sup>19</sup> Deloitte Research: Mastering Innovation – Exploiting Ideas for Profitable Growth, Deloitte Research Global Manufacturing Study, New York, 2005

Figura 4. Principales beneficios alcanzados por usuarios de PLM en la industria automotriz<sup>20</sup>



Fuente: Beneficios de PLM, ITM / IBM BCS 2004

<sup>20</sup> ABRAMOVICI, M; SCHUTLE, S.; et al: Study "Benefits of PLM – The Potential Benefits of Product Lifecycle Management in the Automotive Industry", Chair of IT in Mechanical Engineering (ITM), Ruhr University Bochum, IBM BCS, Bochum, Frankfurt, 2004.

### 3. MARCO TEÓRICO

Con la finalidad de definir unas bases confiables que permitan generar un aporte científico de valor, se realizó una búsqueda de distintas fuentes acerca de las teorías, definiciones, procesos, técnicas y herramientas de todos los temas que se van a tratar durante el desarrollo de este proyecto y que serán necesarias para su finalización.

#### 3.1. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

El concepto de “*Ciclo de Vida del Producto*” (en adelante CVP) toma cada día más fuerza en el ámbito científico. El CVP describe la evolución de un producto en el tiempo, medido por sus ventas o porcentaje de saturación. Cada etapa en el ciclo es una fase particular en la aceptación del producto en el mercado y el término “ciclo de aceptación” ha sido sustituido por “ciclo de vida”<sup>21</sup>.

El concepto de tener un producto con un ciclo de vida existe desde hace mucho tiempo en ciertas industrias, particularmente en las que incluyen productos de larga duración (aviones y plantas de energía) mientras que otras han tratado de ignorar lo que pasa con sus productos una vez atraviesa las puertas de la fábrica<sup>22</sup>.

Existen diferentes acercamientos respecto al orden, importancia y etapas que pueda tener un ciclo de vida:

- De acuerdo al mercadeo, enfocado al comportamiento del producto, el ciclo de vida tiene 4 etapas: introducción, crecimiento, madurez y declive.

---

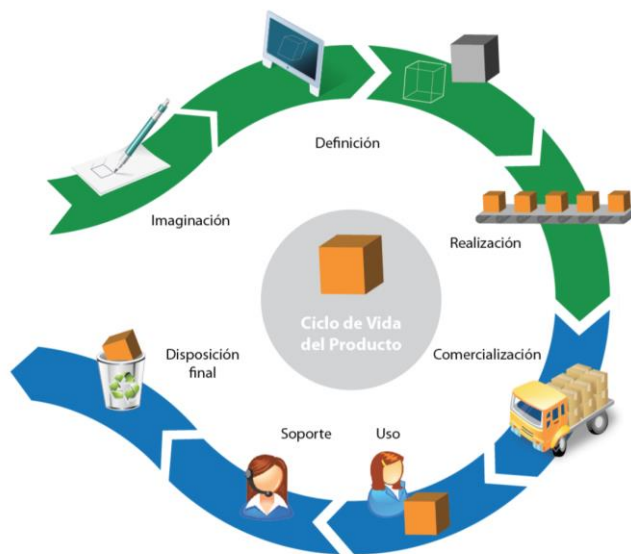
21 KLUYVER, C. Innovation and Industrial Product Life Cycles. California Management Review. Otoño 1977. Volumen 20. No. 1 P. 21-33

22 STARK, J., Product Lifecycle Management: 21st century paradigm for product realisation. 3rd ed2006, London: Springer-Verlag. P17-18

- De acuerdo al medio ambiente existen 5 etapas: extracción de la materia prima, procesamiento, uso en la fabricación, uso del producto y desecho.
- De acuerdo al fabricante del producto existen 5 etapas: imaginación o ideación, definición, producción, soporte y disposición final.
- De acuerdo al usuario basándose en lo que él piensa, debido a que las 3 primeras etapas son acorde al fabricante, se tiene una cuarta etapa en el usuario utiliza el producto y el fabricante le brinda soporte, finalmente el usuario puede seguir haciendo uso del producto hasta desecharlo, esto puede suceder mucho tiempo después de la disposición final hecha por el fabricante.

Finalmente Stark<sup>23</sup> propone un ciclo de vida de 7 fases las cuales se ilustran a continuación:

Figura 1. Ciclo de vida del producto



Fuente: Modelo de Visualización para PLM<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Ibíd.

<sup>24</sup> CHIABERT, P; MARTÍNEZ, J; SAUZA, J: Visualization Model for PLM. International Scientific Conference MOTSP 2012

## **3.2. PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT – PLM**

Ante la necesidad de mejorar sus procesos y encontrar modelos y estrategias que les permita a las empresas mantenerse en el mercado y mejorar su nivel competitivo frente a las otras se han generado metodologías y herramientas que facilitan llevar a cabo estos procesos.

Gracias a estas razones, en los últimos años PLM se ha convertido en una importante estrategia de negocios para la industria manufacturera en todo el mundo debido a su enfoque holístico en la gestión de información técnica de productos a través de todo su ciclo de vida, desde la concepción, el diseño, la realización, ventas, distribución, servicios, soporte, hasta la disposición final (Pullin, 2005).

### **3.2.1. Historia de PLM**

Desde el punto de vista de negocios, la implementación de un sistema PLM no se veía necesaria debido a que los procesos enfocados en el producto no tenían gran importancia. El objetivo principal de la mayoría de gerentes eran los procesos administrativos y financieros así como el flujo de dinero que provenía de estos.

Hace algunos años nadie tenía en mente la gestión del ciclo de vida del producto. Entre los años 50's y 60's, el objetivo de las compañías era llevar productos al mercado así como las personas estaban motivadas por nuevos productos. Sin embargo, existían algunos que comenzaban a preguntarse acerca del desarrollo de los productos y el efecto que este proceso tenía sobre ellos. En la década de los 70's la crisis petrolera y el escándalo de Nixon en los Estados Unidos, llevó a

generar cambios en la inflación así como fluctuaciones de moneda moviendo la economía a introducir productos de alta calidad y bajo costo provenientes de Japón (autos y artículos electrónicos). Por su parte los fabricantes del occidente del mundo respondieron ante el mercado con estrategias JIT, ISO 9000 y TQM así como el inicio de la implementación de computadores en los procesos de diseño, materiales, fabricación, finanzas y administración.

Fue hasta la década de los 80's que el MRP (Planificación de materiales) evolucionó, aparecieron los minicomputadores, computadores personales, y se dió paso a los EDM (Engineering Data Management). Hacia los 90's con la aparición del internet, el comercio electrónico y el modelo B2B los sistemas MRP evolucionaron a ERP. Los sistemas EDM tomaron el nombre de sistemas PDM (Product Data Management) y trajeron consigo orden a toda la información del producto<sup>25</sup>.

Actualmente las compañías han visto en PLM la posibilidad de controlar todo el ciclo de vida del producto con la información perteneciente a este. La administración eficiente del ciclo de vida permite a las compañías competir satisfactoriamente en un mercado tanto internacional como global<sup>26</sup>.

#### 3.2.1.1. Definición de PLM

SEIMENS ha definido la gestión del ciclo de vida del producto (PLM) como un sistema de gestión de la información que puede integrar datos, procesos, sistemas empresariales, y finalmente personas en el contexto de una empresa, en el sentido más amplio. El software de PLM le permite gestionar esta información a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto de forma eficaz y económica desde la

---

<sup>25</sup> STARK, Op cit

<sup>26</sup> SAAKSVUORI, A; IMMONEN, A: Product Lifecycle Management. 3ra Edición 2008: Springer.

idea inicial, el diseño y la fabricación hasta el mantenimiento del producto y su eliminación<sup>27</sup>.

Por otro lado, Stark plantea a PLM como la actividad de administrar eficazmente los productos de una compañía a lo largo de su ciclo de vida, desde la cuna hasta la tumba<sup>28</sup>. De igual manera CIMdata<sup>29</sup> define PLM como:

*"Un enfoque estratégico de negocios que aplica un conjunto coherente de soluciones empresariales de apoyo a la creación colaborativa, gestión, difusión y uso de la información de definición del producto; la integración de personas, procesos, sistemas empresariales y la información (CIMdata, 2012)".*

Se puede decir que en PLM, convergen distintas funciones y tecnologías, entre ellas:

- Gestión de datos del producto (PDM)
- Diseño asistido por ordenador (CAD)
- Fabricación asistida por ordenador (CAM)
- Ingeniería asistida por ordenador (CAE) y simulación en 3D
- Simulación de sistemas mecatrónicos (CAE 1D)
- Análisis de elementos finitos (FEA)
- Pruebas y análisis modales
- Fabricación digital
- Gestión de operaciones de producción (MOM)<sup>30</sup>

---

<sup>27</sup> SIEMENS PLM Software es un proveedor líder a nivel mundial de software de gestión del ciclo de vida del producto y de gestión de operaciones de producción.

<sup>28</sup> STARK, Op cit

<sup>29</sup> CIMdata es una firma global de consultoría independiente que se ha consolidado como una fuente de información y orientación líder a nivel mundial para las organizaciones industriales y proveedores de tecnologías y servicios PLM

<sup>30</sup> SIEMENS Op cit

### 3.2.1.2. Oportunidades y beneficios de PLM

De acuerdo a Stark, al momento de implementar PLM se tienen las siguientes ventajas:

- Reducción de pérdida de tiempos durante las etapas de ingeniería y fabricación por la gestión en el manejo de actividades así como la recuperación y utilización de datos.
- Aumento en la participación colaborativa mediante flujos constantes y acertados de información del producto, encontrando al personal idóneo para cada proceso y reduciendo costos por reducción de personal innecesario.
- Compatibilidad de distintos tipos de software e interacción entre ellos unificando las bases de datos que pueden mostrar la información de manera más eficiente permitiendo tomar decisiones más acertadas.
- Retroalimentación efectiva entre desarrollo y soporte logrando así entregar al cliente un producto que satisface sus necesidades y requerimientos previamente establecidos.
- Beneficio a nivel estratégico que busca generar desarrollo y soporte a sus productos de tal manera que logren dejar atrás a la competencia; táctico, que se enfoca en el mejoramiento de procesos para alcanzar ventajas de tiempo de salida al mercado; y operacional cuyo objetivo es aumentar la eficiencia en los procesos.

### 3.2.1.3. Factores claves en la implementación de PLM

Para lograr una implementación exitosa Stark propone como necesario:

- a. Comprender el ciclo de vida del producto

- b. Entender las actividades y procesos que se desarrollan en cada fase del ciclo de vida
- c. Definir los roles en el ciclo de vida del producto
- d. Entrenar a los desarrolladores del producto
- e. Definir la información necesaria
- f. Administrar el desarrollo del proyecto
- g. Utilizar un sistema de información (PDM) durante todo el ciclo de vida del producto.

### **3.3. Análisis de factibilidad**

#### 3.3.1.1. Definición

La factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados<sup>31</sup>, se apoya en tres aspectos básicos:

- Operativo
- Técnico
- Económico

Un análisis de factibilidad consiste en la recopilación, análisis y evaluación de diferentes factores que determinen los riesgos económicos para la implementación de una nueva estrategia, iniciativa o proyecto en una empresa. Este análisis es considerado el paso más crítico antes de implementar la idea e invertir una cantidad de dinero significativa.

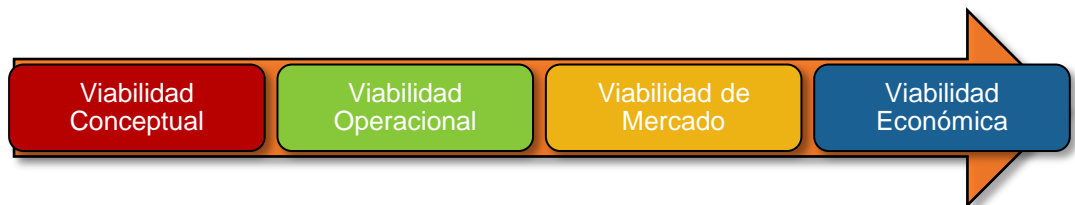
---

<sup>31</sup> BACA, Gabriel. Evaluación de proyectos. Séptima edición. Bogotá. Mc Graw Hill. 2013. 381 p.

Los propósitos básicos de un análisis de factibilidad son: demostrar la viabilidad del negocio a los inversionistas, dueños o instituciones financieras y estimar el posible rendimiento o ganancia económica de una iniciativa empresarial. Para realizar un análisis de factibilidad se recomienda tener en cuenta cuatro aspectos esenciales para toda iniciativa demostrados en la Figura 5.

Aunque los procesos no son dependientes el uno del otro, el establecer etapas de desarrollo, ayuda en la planificación y ejecución de la investigación.<sup>32</sup>

Figura 5. Proceso para un análisis de factibilidad



Fuente: Autor

El análisis de factibilidad requiere ser presentado con todas las posibles ventajas para la empresa u organización, pero sin descuidar ninguno de los elementos necesarios para que el proyecto funcione; para esto se tienen los requisitos mínimos y óptimos. Los requisitos mínimos son los mínimos necesarios que el proyecto debe tener para obtener las metas y objetivos, este paso trata de hacer uso de los recursos disponibles de la empresa para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional y los requisitos óptimos son elementos que deberán ser los necesarios para que las actividades y resultados del proyecto sean obtenidos con la máxima eficacia<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> VEGA, J: Los estudios de viabilidad para negocios. Centro de Desarrollo Económico del Recinto Universitario de Mayagüez 2006.

<sup>33</sup> *Ibíd.*, BACA.

### 3.3.1.2. Análisis técnico

Un estudio técnico permite proponer y analizar las diferentes opciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas. Este análisis identifica los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión y de operación requeridos.

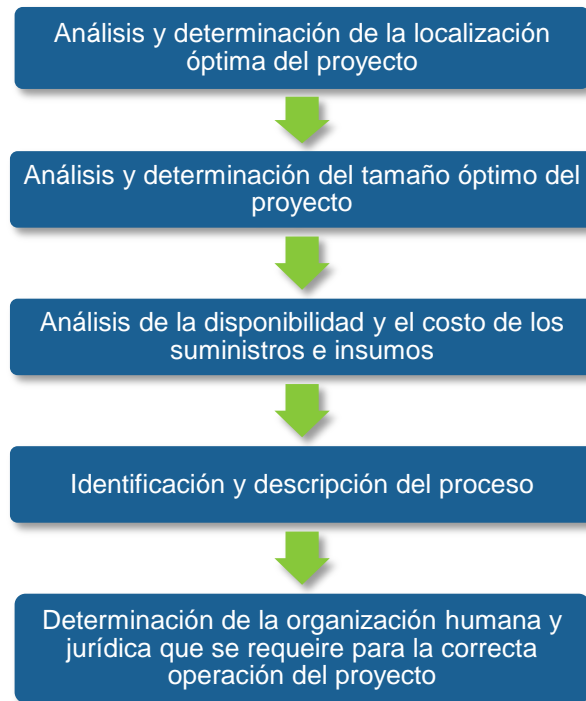
Los aspectos que se relacionan con la ingeniería del proyecto, son probablemente los que tienen mayor incidencia sobre la magnitud de los costos y las inversiones que deberán efectuarse a la hora de implementarlo. En el análisis de la viabilidad financiera de un proyecto, el estudio técnico cumple la función de proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes.

En síntesis, el objetivo del estudio técnico es llegar a determinar la función óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado. De la selección de la función óptima se derivarán las necesidades de equipos y maquinarias que, junto con la información relacionada con el proceso de producción, permitirán cuantificar el costo de operación (Sapag, 2008). Por otra parte, un análisis técnico – operativo, comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del proyecto. Las partes que conforman el estudio técnico<sup>34</sup> se muestran a continuación:

---

<sup>34</sup> BACCA, G: Evaluación de proyectos. Cap. 2 – Estudio técnico. 2013 Cap. 3 p. 97

Figura 6. Partes que conforman un estudio técnico



*Fuente: Evaluación de proyectos – Estudio técnico*

*Localización del proyecto:* la localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre capital o el costo unitario mínimo. El objetivo general de este punto es, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta. En la localización óptima del proyecto se encuentran dos aspectos: la macro localización (ubicación del mercado de consumo; las fuentes de materias primas y la mano de obra disponible) y la micro localización (cercanía con el mercado consumidor, infraestructura y servicios).

*Determinación del tamaño óptimo de la planta:* se refiere a la capacidad instalada del proyecto, y se expresa en unidades de producción por año. Existen otros indicadores indirectos, como el monto de la inversión, el monto de ocupación efectiva de mano de obra o algún otro de sus efectos sobre la economía. Se

considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

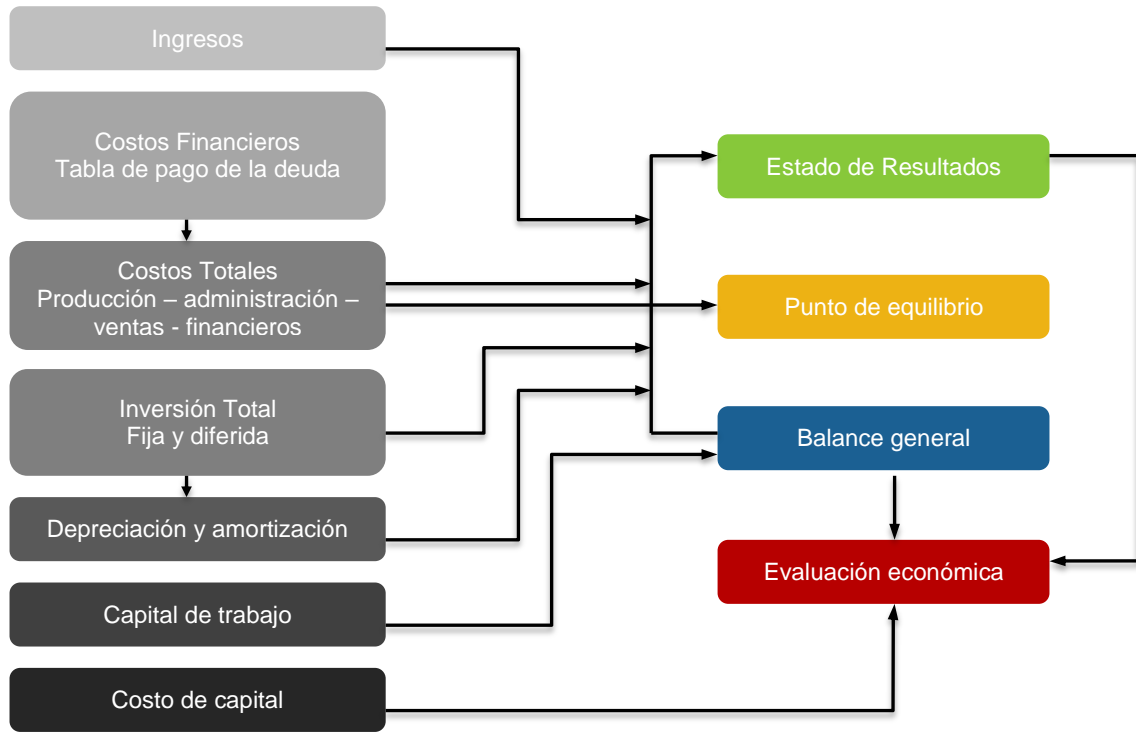
*Ingeniería del proyecto:* su objetivo es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta, desde la descripción del proceso, adquisición del equipo y la maquinaria; se determina la distribución óptima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva.

*Organización humana y jurídica:* una vez que el investigador haga la elección más conveniente sobre la estructura inicial de organización, procederá a elaborar un organigrama de jerarquización vertical simple, para mostrar cómo quedarán, a su juicio, los puestos y jerarquías dentro de la empresa. Además la empresa, en caso de no estar constituida legalmente, deberá conformarse de acuerdo al interés de los socios, respetando el marco legal vigente en sus diferentes ámbitos: fiscal, sanitario, civil, ambiental, social, laboral y municipal. (Baca, 2010).

### 3.3.1.3. Análisis económico

El análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de la planta (que abarque las funciones de producción, administración y ventas), así como otra serie de indicadores que servirán para la evaluación económica. En la Figura 7 se muestra la estructura general del análisis económico.

Figura 7. Estructura del análisis económico



Fuente: BACCA, G. *Evaluación de Proyectos* p. 170

Las flechas indican dónde se utiliza la información obtenida. Por ejemplo, los datos de la inversión fija y diferida son la base para calcular el monto de las depreciaciones y amortizaciones anuales, el cual, es un dato que se utiliza tanto en el balance general, en el punto de equilibrio, y en el estado de resultados. La información que no tiene flecha antecedente, como los costos financieros, el capital de trabajo, y el costo de capital, indica que esta información hay que obtenerla con investigación. Como se observa, hay cuadros de información, como el balance general y el estado de resultados, que son síntesis o agrupamientos de información de otros cuadros.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Ibid. p 71

#### 3.3.1.4. Análisis costo-beneficio

El estudio de evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Si no han existido contratiempos, hasta este punto se sabrá que existe un mercado potencial atractivo; se habrá determinado un lugar óptimo y el tamaño más adecuado para el proyecto, de acuerdo con las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurra en la etapa productiva; además, se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, a pesar de conocer incluso las utilidades probables del proyecto durante los primeros cinco años de operación, aun no se habrá demostrado que la inversión propuesta será económicamente rentable.

En este momento surge el problema sobre el método de análisis que se empleará para comprobar la rentabilidad económica del proyecto. Se sabe que el dinero disminuye su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de la inflación vigente. Esto implica que el método de análisis empleado deberá tomar en cuenta este cambio de valor real del dinero a través del tiempo<sup>36</sup>.

Una forma alternativa de evaluar económicamente un proyecto, es mediante el análisis costo-beneficio, el cual consiste en dividir todos los costos del proyecto sobre todos los beneficios que se van a obtener. Si se quiere que el análisis tenga una base sólida, tanto costos como beneficios deberán estar expresados en valor presente. No se trata entonces de sumar algebraicamente todos los costos por un lado, y beneficios del proyecto por el otro lado, sin considerar el cambio del valor del dinero a través del tiempo.<sup>37</sup>

---

36 Ibid p 207

37 Ibid. p 212

## 4. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA

### 4.1. BASE TEÓRICA

La literatura actual propone diversos modelos para desarrollar la implementación de la estrategia PLM. Entre la discusión de los diferentes autores, se identifican una serie de etapas similares que conducirán al éxito de la estrategia. A continuación se analizan los modelos propuestos por los autores más destacados, que serán guía en el desarrollo de la propuesta de la metodología.

#### 4.1.1. Modelo de John Stark

Existen diferentes maneras de abordar la implementación de la estrategia PLM, uno de los modelos generales es el propuesto por (Stark, 2006)<sup>38</sup>, el cual está comprendido por cinco pasos fundamentales:

- Recolección de información en torno a la implementación de PLM.
- Identificación de posibles estrategias para implementar PLM.
- Selección de una estrategia.
- Comunicación y divulgación de la estrategia seleccionada.
- Implementación de la estrategia PLM.

##### 4.1.1.1. Recolección de información en torno a la implementación de PLM

Desde el esquema de la documentación del modelo, se puede ver que una muy buena comprensión de las actividades y los recursos en el ciclo de vida del producto, son necesarios para su adecuado desarrollo. Esta comprensión debe basarse en información objetiva y clara; no en conjeturas y opiniones sin fundamento, por lo que el primer paso del desarrollo de la estrategia propuesta en

---

<sup>38</sup> STARK, Op cit

el modelo de Stark consiste en reunir la información con la que se desplegará la estrategia de implementación de PLM.

Esta información incluye la visión de la empresa, los objetivos asociados y relacionados con los clientes, la innovación, los detalles de los recursos, las capacidades, el medio ambiente, las fortalezas, debilidades, oportunidades de mejora, y las amenazas de la empresa en general o de un área específica.

Dado que la visión definida por parte de la empresa respecto a la estrategia PLM ya contiene información sobre el futuro, la mayor parte de la información que se recogerá probablemente se ocupará de su situación actual:

- Organización, actividades, objetivos, estrategias, recursos, fuentes de ingresos, capacidades, fortalezas y debilidades.
- El medio ambiente en la empresa, en la industria, y el mercado.
- Factores claves de éxito, tendencias, oportunidades, y amenazas.

La situación inicial de la empresa puede abordarse desde los siguientes aspectos:

- Objetivos de la actividad PLM
- Necesidades de la empresa
- Requisitos de los usuarios
- Productos existentes
- Proyectos de desarrollo de productos
- Tareas de soporte del producto
- Las actividades que crean y hacen uso de la información del producto
- Datos del producto
- Métodos para crear, comunicar y almacenar información de productos
- Los sistemas de información que soportan el uso de los datos del producto

- La organización de las actividades en el ciclo de vida del producto
- Los usuarios de la información del producto
- La gestión de productos y proyectos
- La gestión de las actividades en el ciclo de vida del producto
- La gestión de los datos del producto y el flujo de trabajo.

Los aspectos analizados en el punto anterior arrojarán una importante cantidad de información, por esto surge la necesidad de definir con antelación el enfoque para entender la situación actual de la empresa, la información que se va a recopilar, y los entregables que se producirán. La definición de los entregables a priori, ayudará a definir la razón de ser de la etapa de recolección de información y a evitar la sobrecarga de esta. Los principales entregables podrían incluir:

- Diagramas de flujo de actividades generales o procesos en el ciclo de vida del producto
- Descripciones de cada una de las principales actividades en el ciclo de vida del producto
- Diagramas de flujo para cada actividad principal
- Un diagrama de flujo de información de alto nivel
- Descripciones de documentos, técnicas y sistemas de información utilizados en el ciclo de vida del producto
- Una lista de necesidades identificadas
- Una lista de oportunidades de mejora.

Para la recolección de la información se cuentan con diferentes técnicas como la lluvia de ideas, el análisis de procesos, y el uso de cuestionarios, a través de los cuales, se puede comprender la información para describir la situación inicial de la empresa. Con estas herramientas y los resultados obtenidos se identificarán las

personas directamente responsables de los diferentes procesos que se incluirían en la implementación de la estrategia PLM, con referencia a los siguientes tópicos:

- Objetivos del negocio
- Actividades que componen el ciclo de vida del producto
- La forma en que PLM contribuye a la creación de una ventaja competitiva
- Necesidades del cliente y medición de su satisfacción
- Servicio al cliente
- Fortalezas y debilidades de la empresa
- Tecnología empleada en los procesos
- Desempeño de los procesos de la empresa
- Manejo de la información del producto
- Ejecución de proyectos de desarrollo de productos ejecutados anteriormente.

#### 4.1.1.2. Identificación de posibles estrategias para implementar PLM

En la segunda etapa del desarrollo de la estrategia PLM, se utiliza toda la información recolectada para identificar potenciales estrategias formuladas y descritas en términos de la empresa y sus políticas para aplicar a los recursos. Siempre es útil identificar y describir estas estrategias, para mejorar las posibilidades de encontrar la más acertada. Es importante resaltar que las estrategias evidentes o usuales no necesariamente son las más apropiadas.

Algunas estrategias de negocio pueden incluir: liderazgo en costos, enfoque o nicho de mercado, líder del mercado, seguidor de bajo costo, ágil tiempo de respuesta, creación de asociaciones y soluciones basadas en procesos.

Algunos ejemplos de los elementos que podrían estar en la estrategia a proponer son:

- Capacidad de personalización - cada cliente puede configurar su propio producto
- Los productos y/o servicios con mayor funcionalidad
- Los productos o servicios más robustos
- Los productos más sostenibles - reciclaje perpetuo
- Los mejores procesos a lo largo del ciclo de vida del producto
- Productos y procesos respetuosos con el medio ambiente
- Tiempo más rápido de lanzamiento al mercado
- Productos de alta tecnología líderes en el mercado
- Soluciones agrupadas, en lugar de productos individuales
- Productos de larga vida - comprar una vez, usar para siempre
- Competidor de menor costo
- El mejor servicio durante el ciclo de vida del producto
- Los productos más seguros
- Máxima reutilización de piezas
- La gama más amplia de productos y servicios en el mercado
- La menor variación entre los productos de las generaciones siguientes
- Productos que son fáciles de integrar en soluciones
- Reducir a las actividades básicas de desarrollo de productos
- Organización ágil
- Productos más apreciados por los clientes
- Costos más bajos de desarrollo de productos
- Asociación
- Mano de obra más calificada.

Es normal que el significado exacto de un elemento de la estrategia difiera de una empresa a otra. Por ejemplo, los elementos de la estrategia de "tiempo más rápido de lanzamiento al mercado" y "competidor de menor costo" podrían ser implementados de muchas maneras. La estrategia de "tiempo más rápido de lanzamiento al mercado" podría ser implementada mediante la creación de un inventario predefinido de soluciones, incrementando el número de ingenieros, y/o acortando el proceso de desarrollo del producto o eliminando las actividades que no añaden valor. "Competidor de menor costo" podría ser implementado con programas de reducción de costos, recortes de gastos de capital, reducciones de personal, o mejorando la eficacia del proceso de desarrollo del producto. Los criterios para seleccionar los elementos de la estrategia y la decisión de cómo se aplicarán, serán establecidos en cierta medida, por los objetivos proporcionados por la estrategia global del negocio, así como por la aplicación de los principios de PLM.

El análisis para identificar la estrategia de implementación de PLM tiene como objetivo encontrar la forma más adecuada de llevar a cabo las actividades del ciclo de vida del producto y cumplir los objetivos teniendo en cuenta la limitación de recursos disponibles. Entre los posibles resultados puede estar la no identificación de una estrategia que permita implementar PLM para cumplir con dichos objetivos. En este caso, es necesario modificar el alcance o hacer una nueva estimación de los recursos.

#### 4.1.1.3. Selección de una estrategia

En el tercer paso se deben poner a prueba las estrategias previamente definidas; seleccionando y detallando la más apropiada. Será útil analizar entre tres o cuatro estrategias. Esto deberá conducir a una comprensión en profundidad de la posible estrategia a implementar. Los puntos fuertes y débiles de una estrategia, se

obtienen al comparar esta con otras ya definidas, identificando y poniendo en una balanza las fortalezas y debilidades.

El análisis de las diferentes estrategias se propone realizar mediante la utilización de una matriz DOFA. Se identificarán Los cuatro factores de la matriz: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, los cuales deben describir y comparar las estrategias contempladas para la empresa e identificar cual es la que se adapta a su necesidad.

#### 4.1.1.4. Comunicación y divulgación de la estrategia seleccionada

Uno de los componentes clave para que las actividades del ciclo de vida del producto sean exitosas, es la fuerza de trabajo. Las empresas necesitan diferentes tipos de habilidades en las personas de sus equipos de trabajo, para desarrollar los procesos que componen el ciclo de vida del producto. Aunque el trabajo en equipo es común, existe la necesidad de contar con personas con habilidades específicas o especializadas. Por ejemplo, ciertos tipos de análisis sólo pueden ser llevados a cabo por personas con un profundo conocimiento de un tema y una larga experiencia en la interpretación de los resultados, aquellos llamados expertos.

La implementación de la estrategia PLM, requiere contar con personal altamente calificado. Las implicaciones de esto incluyen:

- Contratar a las personas idóneas y capaces.
- Brindar la formación necesaria para que las personas mejoren o fortalezcan constantemente sus habilidades.
- Contar con personal multidisciplinario y especialista.

- Reconocer y fortalecer las habilidades de los integrantes del equipo del proyecto.

El personal multidisciplinario tiene un papel diferente de los especialistas; los primeros participan o lideran equipos, actúan como una interfaz entre los especialistas, externalizan actividades, gestionan actividades de colaboración y proporcionan el enlace para los clientes y proveedores.

Todos los integrantes del equipo de trabajo, tanto especialistas como el personal multidisciplinario, deben contar con habilidades para el manejo de sistemas de información, prácticas empresariales y técnicas de la organización. Necesitan comprender y ser los expertos de las herramientas con las que la empresa ha optado trabajar, no sólo para que pueda hacer uso de ellas, sino también para que puedan entender, cuestionar, sugerir, y mejorar lo que sus colegas están haciendo.

La estrategia PLM elegida se debe comunicar a las personas que serán partícipes o estarán involucradas, siendo esto un paso fundamental. Una estrategia es inútil si las personas que se encuentran en los equipos de trabajo tienen una actitud adversa a cambio, en torno a esto radica la necesidad de que estén plenamente conscientes de ello, para que puedan entenderlo e implementarlo.

#### 4.1.1.5. Implementación de la estrategia PLM

Finalmente, se levantará un informe sobre la estrategia PLM, el cual debe contener un plan que muestre la implementación, adicional se debe realizar un análisis más detallado para el primer año para hacer seguimiento a la etapa de estabilización. La estructura para el plan debe seguir el marco de PLM, lo que

facilita a los gerentes y otros actores ver cómo todos los temas están vinculados, y como se abordarán.

#### 4.1.2. Modelo de Saaksvuori e Immonen

Antii Saaksvuori y Anselmi Immonen, en su libro "*Product Lifecycle Management*"<sup>39</sup>, hicieron un despliegue de la estrategia PLM, la cual comprende cuatro pasos básicos que se muestran en los siguientes numerales.

##### 4.1.2.1. Comprender la necesidad de implementar cambios en los procesos

La necesidad de cambio puede surgir de manera diferente, así como su comprensión y aceptación. Por ejemplo, un cambio repentino en la situación de la empresa puede servir como un impulso para que esto se dé. Puede tratarse de una nueva administración, un nuevo propietario, una fusión, adquisición, o cualquier otro cambio dentro de la empresa. El proceso de identificar las oportunidades de mejora puede desarrollarse gradualmente; los problemas relacionados con los datos del producto y la gestión del ciclo de vida pueden generar dificultades a la empresa durante mucho tiempo antes de llegar a superar su nivel de tolerancia. En algún momento, se llegará a la conclusión de que la empresa ya no puede continuar utilizando las actuales herramientas y procesos de operación.

Durante el proceso de planificación estratégica se pueden plantear cambios en los procesos sin que la empresa experimente grandes problemas en el área de información de productos y gestión de su ciclo de vida. Al diseñar la estrategia

---

<sup>39</sup> SAAKSVUORI, A. IMMONEN, A. *Product Lifecycle Management*. Tercera Edición. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008.

para implementar PLM y los objetivos para la empresa, pueden surgir varias perspectivas que incluyen las dos áreas mencionadas. Para tal efecto, de estas decisiones, podrían incluir un objetivo comercial de aumentar fuertemente la participación del negocio en el proceso de postventa en las ventas netas de la empresa, o de reducir a la mitad el tiempo empleado en la introducción de nuevos productos.

En esta fase de comprensión de la necesidad de cambio, las personas con habilidades específicas deben documentarse del tema utilizando libros y artículos como referencia; El benchmarking debe hacerse asistiendo a seminarios, conferencias y visitando otras empresas; solicitando apoyo a consultores; y analizando los sistemas PLM de diversos proveedores o empresas con actividades económicas semejantes. De manera coincidente, se debe encontrar la mayor información posible sobre el tema, incrementando el nivel de conocimiento y comprensión en la empresa sobre el mismo. Se deben estudiar muchos enfoques y alternativas de soluciones.

La gerencia o el nivel operativo de la organización puede ser el primero en percibir la necesidad de cambio. Pero se requiere que la alta gerencia le de importancia y prioridad a PLM, entendiendo los beneficios que tiene su implementación, en consecuencia a esto brinde su total apoyo al proyecto.

#### 4.1.2.2. Estudio y definición de objetivos para los procesos actuales

Es necesario saber cuál es la situación en el punto de partida de la implementación de PLM, en donde se puede encontrar con escenarios de procesos debidamente estructurados o no. La mejor metodología, es describir los procesos de la empresa mediante documentación como procedimientos, funciones, manuales de usuario final, instructivos entre otros. Además, la documentación debe corresponder a las actividades que se están desarrollando al inicio del proyecto. Una buena herramienta para entender y describir la situación

actual de la empresa, puede ser un modelo de madurez para la empresa (modelo de madurez de PLM).

La idea del modelo de madurez consiste en describir, de manera aproximada, cómo una empresa y su equipo directivo, estratégico, funcional y operativo pueden desarrollar y extender el uso de un concepto de PLM corporativo, así como poner en marcha, acoplar y estabilizar los procesos y sistemas de información relacionados. El origen del modelo reside en la idea de las fases o etapas, por las que suele pasar una empresa a medida que se adapta a cambios culturales, de procesos, prácticas de gestión, conceptos empresariales y modos de funcionamiento. Estas etapas representan el crecimiento organizacional, el aprendizaje y el desarrollo que se produce a medida que se implementan nuevos métodos en la empresa. En la Tabla 2 es posible apreciar los niveles del modelo de madurez PLM descrito.

Tabla 2. Modelo de Madurez PLM

Nivel de madurez	Descripción del nivel de madurez
No estructurado	El tema PLM ha sido reconocido y su importancia acordada. Hay que trabajar para definir y desarrollar el concepto y las normas de PLM. Sin embargo, en la actualidad, no hay enfoques definidos sobre la gestión del ciclo de vida del producto; Todos los problemas relacionados con el ciclo de vida y la gestión de productos se resuelven individualmente caso por caso.
Repetible pero intuitivo	Los procesos de ciclo de vida del producto y de gestión de productos se han desarrollado hasta la etapa en que procedimientos similares son seguidos por diferentes personas que realizan la misma tarea. No hay desarrollo formal, definición, entrenamiento o comunicación de procesos estándares; toda responsabilidad queda a cargo de los individuos. Existe un alto grado de confianza en el conocimiento individual, por lo tanto, se producen errores.
Definidos	Los procesos y conceptos básicos son estandarizados, definidos, documentados y comunicados a través de manuales y capacitaciones. Sin embargo, el factor humano sigue teniendo una importancia muy marcada, no hay un proceso de PLM de extremo a extremo que soporte los sistemas de tecnologías de la información, todo el trabajo es completa o parcialmente manual desde el punto de vista del proceso. Los sistemas de tecnologías de la información soportan partes individuales de los procesos. Los procesos de PLM o los conceptos básicos de PLM no son los mejores de su tipo, ni son uniformes en toda la empresa, sin embargo, están formalizados.

Gestionado y medible	Es posible monitorear y medir el cumplimiento entre procesos y tomar medidas cuando los procesos no funcionan bien. Los procesos y conceptos están en constante mejora y proporcionan mejores prácticas. Los sistemas de tecnologías de la información soportan bien los procesos PLM. La automatización de procesos se utiliza de forma parcial o limitada. Los procesos y conceptos se desarrollan a través de una visión clara en toda la empresa. El estado de uniformidad de los procesos es claro.
Óptimo	Los procesos y conceptos han sido perfeccionados hasta el nivel de las mejores prácticas, basados en la mejora continua y benchmarking con otras organizaciones. Las tecnologías de la información se utilizan de manera integrada y la automatización de procesos existe de extremo a extremo.

Fuente: SAAKSVUORI, A. IMMONEN, A. Product Lifecycle Management. Tercera Edición. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2008 P. 72

#### 4.1.2.3. Selección de un sistema de información

Existen diversas alternativas para desarrollar la gestión de información del producto. El alcance de las operaciones de la compañía, los recursos financieros o humanos disponibles podrían no permitir la inversión inmediata en un sistema PLM completo. Dentro de este marco es posible desarrollar operaciones de otras formas, por ejemplo incrementando la utilización de los sistemas CAD y ERP existentes o simplificando, aclarando y estructurando procesos y modos de operación. Además, aunque el sistema de información puede no ser crucial para el desarrollo futuro de la empresa, el proyecto puede actuar como un buen punto de inflexión o estímulo, para que incluso se haga una revisión radical de los procesos existentes.

Una empresa que decide invertir en un sistema PLM se enfrenta a un período laborioso en el que debe descubrir qué modelo de implementación y software es el que más le conviene, teniendo en cuenta la escasez de posibles proveedores de sistemas PLM. Un examen objetivo e imparcial de las alternativas, podría finalmente ayudar a concluir que los sistemas y proveedores adecuados para la empresa en particular, se encuentran en una reducida lista de opciones lo cual

implica un acople y búsqueda de balance entre los costos y beneficios que proponen los sistemas del mercado.

Las fases implicadas en la elección de un sistema son las mostradas a continuación:

- Conocer los sistemas existentes y sus proveedores.
- Hacer visitas a empresas que utilizan dichos sistemas.
- Elección de sistemas a probar.
- Probar los sistemas escogidos.
- Negociación de términos comerciales, contenido de proyectos y cronograma de implementación.
- Selección de un sistema a implementar.

Al elegir un sistema, se deben considerar los siguientes puntos:

- El mercado principal (sector industrial) del software PLM en cuestión, la hoja de ruta o plan de desarrollo del producto de software y la visión de futuro de la empresa de desarrollo de software.
- Las características funcionales y técnicas del software; sus limitaciones, arquitectura y escalabilidad.
- El nivel de integración; oportunidades de uso de tecnologías estándar (por ejemplo, XML).
- La cantidad de trabajo de implementación y el tiempo requerido, trabajo propio versus trabajo externo.
- Facilidad de mantenimiento.
- Facilidad y comodidad de uso.
- Apoyo disponible y otros servicios de proveedores, tales como conferencias de usuarios.

- Precio total: trabajo, licencias, mantenimiento, nuevo software de terceros, personalizaciones, adquisición de conocimientos técnicos, hardware.
- Implementaciones existentes, visitas de referencia.
- El programa de soporte en diferentes lenguajes de la documentación de referencia.
- Versiones del lenguaje de interfaz.

En general, se presta demasiada atención a revisar los detalles funcionales del software individual, restando importancia a la facilidad de uso y mantenimiento, o a la posibilidad requerir la contratación y capacitación de personal especializado para controlar la nueva infraestructura, siendo estos temas críticos para el éxito en la implementación de la estrategia PLM.

#### 4.1.2.4. Ejecución del proyecto PLM

Al inicio de la ejecución del proyecto se tendrá un esquema en donde se describen las tareas de los grupos de trabajo (equipos funcionales, de servicios, T.I., certificación, soporte, y proveedores) organizadas por importancia, prioridad, tiempo de realización, y cierre. El proyecto se puede desarrollar solo con recurso humano de la empresa o contar con la participación de socios de implementación; normalmente será una empresa de consultoría o proveedor de software. Los cuales suelen tener una larga experiencia en proyectos similares, siendo ellos los desarrolladores de las plataformas, proponiendo metodologías y herramientas para la ejecución de este tipo de proyectos. Pueden ser una gran ayuda en la planificación anticipada y la programación de las etapas del proyecto.

El proyecto puede dividirse, por ejemplo, en cinco etapas programadas que serán dirigidas y controladas por un equipo de dirección del proyecto. Estas etapas podrían ser:

- Inicio del proyecto.
- Preparación, planificación, y alcance del proyecto.
- Fase de desarrollo y ejecución del proyecto.
- Fase de arranque o salida a producción del proyecto.
- Estabilización, retroalimentación y ajuste.

#### 4.1.3. Modelo general de Gerard Litjens

Como último modelo para la implementación de la estrategia PLM se hace referencia a los pasos 10 pasos propuestos por Litjens (Litjens, 2009)<sup>40</sup> para guiar la puesta en marcha de PLM, estos son:

- Definir los objetivos que se buscan con la implementación de la estrategia PLM
- Analizar la estructura existente y la capacidad de la empresa para soportar la implementación de PLM
- Identificar las áreas de proceso que serán afectadas de conformidad con los objetivos establecidos
- Identificar el nivel de madurez de la empresa (sólo para las áreas de proceso que serán afectadas)
- Seleccionar un modelo de referencia adecuado
- Personalizar a la realidad empresarial el modelo de referencia

---

<sup>40</sup> LITJENS, G. PLM Market Trends & Evolution. Paris. 2009 Disponible en: <http://www.CIMdata.com>

- Establezcer los requisitos para el conjunto de herramientas software que respaldarán la implementación de la estrategia
- Seleccionar el conjunto de herramientas software que constituirán el ambiente PLM en la organización
- Definir el plan de implementación del ambiente PLM
- Entrenar a las personas en el ambiente de trabajo colaborativo

## **4.2. MODELO PROPUESTO**

### 4.2.1. Modelo teórico pre-implementación de la estrategia PLM

Luego de la revisión de las metodologías de los autores propuestos como referencia, a continuación se describen los pasos ajustados para la implementación del modelo de PLM en la industria, en el cual se buscó sintetizar la literatura analizada, con la finalidad de hacerlo más comprensible y sencillo.

#### 4.2.1.1. Etapa I: Diagnóstico de la situación inicial de la empresa

El diagnóstico inicial de la empresa, permite comprender la situación de las áreas de procesos que se encuentran involucradas en la gestión del ciclo de vida del producto, con esto se identificarán las fortalezas, y oportunidades de mejora, que ayudarán a determinar la capacidad de la empresa para implementar la estrategia PLM.

El diagnóstico abarca cuatro variables de análisis: gestión empresarial; gestión del producto; gestión de proyectos; colaboración e integración, teniendo en cuenta y cumpliendo diversos aspectos estratégicos deseados para el análisis de una

organización, teniendo como soporte la herramienta CM-PLM<sup>41</sup> que consta de una pregunta por variable, y para la cual se establecieron cuatro niveles de respuesta de acuerdo al cumplimiento en mayor o menor escala de la empresa objeto de estudio respecto a los puntos analizados. Ver **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia..** A continuación se describen cada una de las variables antes mencionadas:

- **Gestión empresarial:** Orientación de la empresa hacia el diseño, estructuración, y definición de una estrategia PLM, para la gestión de integración de la información de productos y procesos en su interior.
- **Gestión del producto:** Estrategia empresarial en torno a la gestión de archivos CAD, la cual formula pasos a seguir para la generación, administración, seguimiento y control de la información de los procesos y resultados de trabajo (digital) vinculados a un producto (archivos CAx, programaciones, simulaciones documentos office, información audiovisual, etc).
- **Gestión de proyectos:** Administración de recursos empresariales para la ideación, definición, puesta en marcha, dirección, control, estabilización y seguimiento de proyectos de creación y/o modificación de procesos y productos.
- **Colaboración e integración:** Metodologías que sigue la organización para establecer planes de comunicación y capacitación orientados al trabajo colaborativo en los equipos de trabajo del área, con otros departamentos de la empresa y con agentes externos como clientes, usuarios finales,

---

<sup>41</sup> MARTÍNEZ, J. Diagnóstico de la Gestión del Ciclo de Vida del Producto. Politecnico Di Torino. 2012

proveedores, consultores, etc. Además de las comunicaciones e integración con los otros sistemas de información (p.ej. ERP SAP)

Según los resultados del diagnóstico será posible evaluar la madurez, capacidad, recursos, y disponibilidad de herramientas con las que cuenta la empresa para tener una adecuada gestión de sus procesos, y la probabilidad para la correcta y provechosa implementación de la estrategia PLM.

Este primer punto está relacionado con la “recopilación de información”, propuesta por Stark, y con el “estudio de los procesos actuales y definición de objetivos futuros para estos”, tal como lo explica Saaksvuori en su metodología.

#### 4.2.1.2. Etapa II: Definición y planeación

En esta etapa, se busca establecer cuáles son los objetivos o expectativas de la empresa respecto a la implementación del proyecto PLM, establecer la necesidad de adoptar el cambio y definir los factores de cambio en procesos que esto conlleva, junto con las posibles estrategias para alcanzar las metas propuestas por la empresa desde su interior, o marcadas ya sea por el comportamiento y evolución del mercado, los requerimientos y satisfacción de sus clientes o el desempeño de sus competidores.

Tal como lo plantea Saaksvuori, estas podrían llegar a ser: liderazgo en costos, enfoque o nicho de mercado, líder del mercado, seguidor de bajo costo, ágil tiempo de respuesta, creación de asociaciones y estrategias basadas en procesos, entre otros. Es necesario que con base a los resultados obtenidos en el diagnóstico y la realización de estudios de mercado y benchmarking competitivo, se establezcan cuáles son las prioridades de mejoramiento de la empresa para

fortalecer su perfil competitivo y conseguir sus metas de crecimiento y posicionamiento en el mercado.

Esta etapa está relacionado con la “identificación de posibles estrategias”, propuesta por Stark, y “comprender la necesidad de implementar cambios en los procesos”, planteado por Saaksvuori.

#### 4.2.1.3. Etapa III: Entendimiento detallado de los procesos e infraestructura disponible

En este punto, se debe hacer una revisión de la estructura de procesos de la empresa, analizar si todos se encuentran debidamente actualizados, documentados o cuáles son las necesidades de levantamiento de procedimientos, funciones, instructivos, y manuales de usuario. En caso de que la empresa en proceso de implementar la estrategia PLM se encuentre certificada bajo los estándares de una norma internacional de calidad, ya sea por determinación propia o por exigencia de un cliente, proveedor o consultor, se habrá cubierto un terreno importante, debido a que esta situación por lo general asegura que la empresa haya documentado, medido y evaluado periódicamente el desempeño de sus procesos.

Esta etapa del modelo de implementación es compatible con “recopilar información” de la propuesta de Stark y el “estudio de los procesos actuales y definición de objetivos futuros para estos”, tal como lo explica Saaksvuori en su metodología.

#### 4.2.1.4. Etapa IV: Integración de las herramientas y procesos existentes

Esta etapa se centra en la revisión de las capacidades de las herramientas software con las que cuente la empresa: programas CAD, de control y seguridad de la información, gerencia de proyectos, control de cronogramas y presupuestos, plataformas de trabajo colaborativo o de comunicaciones, entre otras. Esto servirá para definir cuáles serían las actividades a desarrollar respecto a la búsqueda y adquisición de dichas herramientas, el análisis de su idoneidad respecto a las necesidades de la empresa, su costo, recursos adicionales que deban ser adquiridos para el correcto funcionamiento, tiempo de implementación, y soporte por parte del proveedor.

Para la empresa, contar con algunos o todos los tipos de herramientas descritas, sería una gran ventaja al momento de decidir implementar PLM, en el caso contrario habría que ampliar el cronograma de implementación de la estrategia y planificar adicionalmente la forma cómo se llevará a cabo la adquisición e integración de dichas herramientas en el proyecto de implementación general de PLM. Siendo importante resaltar que la inversión en herramientas estará determinada, según las expectativas u objetivos propuestos por la empresa para la implementación de PLM.

Esta etapa se encuentra alineada con la propuesta de Saaksvuori en lo que respecta a la “selección de un sistema”.

#### 4.2.1.5. Etapa V: Entrenamiento y gerencia del cambio

La integración del personal de la empresa para la implementación de la estrategia PLM, es de alta importancia para su correcta y adecuada ejecución, dado que a pesar de que esta tiene un alto componente tecnológico y de automatización; relacionado con el uso de software de gestión y de diseño asistido por computador, se requiere de una amplia interacción entre las personas que

manejan cada uno de esos componentes, con la finalidad de asegurar que la información fluya de una manera ágil, se certifique su fácil accesibilidad, seguridad y recuperabilidad. Así se estaría cumpliendo con la estrategia de PLM, que enmarca la integración de personas, tecnología e información. Esta etapa se alinea con la propuesta de Stark en el paso 4.

#### 4.2.2. Metodología de análisis de factibilidad técnico-económico

Se tomó como referencia la metodología utilizada por (Bacca, 2013) para un estudio técnico, que consiste en:

- Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.
- Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos.
- Descripción del proceso.
- Determinación de la organización humana que se requiere para la correcta operación del proyecto.

##### 4.2.2.1. Estudio técnico

Para la realización del estudio técnico, es necesario definir primero los factores que han de ser utilizados para determinar la capacidad de los procesos de la empresa para el cumplimiento de sus metas respecto a la estrategia PLM:

- **Cantidad deseada de producción:** teniendo en cuenta que el diseño del sistema estará asociado directamente a los requerimientos de producción de la empresa, es preciso definir claramente este indicador. Su principal función es definir las necesidades a cubrir en el área de producción: la

máquinaria y equipos necesarios, asegurándose de configurar su capacidad de tal manera que estén alineado a los objetivos de la implementación de la estrategia y permitan alcanzar los niveles definidos de acuerdo a los KPIs establecidos.

- **Intensidad del uso de la mano de obra y cantidad de turnos de trabajo:** Este factor servirá para definir cuáles serán los costos de los recursos humanos en los que se deberá incurrir para la implementación de la estrategia. La empresa definirá el tiempo en el cual desea desarrollar el proyecto, lo que marcará la pauta para establecer el tipo y número de recursos necesarios, sus perfiles profesionales, fases en las cuales ingresarán al proyecto, así como su remuneración, bonificaciones o incentivos, si aplica.
- **Mejoramiento físico del equipo de producción:** De acuerdo a las metas de producción de la empresa, será necesario analizar si las herramientas utilizadas actualmente permitirán alcanzarlas, o si será necesario incluir otras con mejores rendimientos. De igual manera es necesario revisar si la infraestructura existente está en capacidad de soportar los nuevos recursos y las mejoras a implementar. Para realizar esto, se deberá disponer de personal capacitado, ya sea interno o externo, que pueda hacer una revisión de las modificaciones, para estimar el tiempo que llevará su realización, así como el costo asociado.

Por otro lado, se deberán establecer los factores que determinan el tamaño del proyecto de PLM que permitirán dimensionar y caracterizar técnicamente las herramientas soporte para la implementación de la estrategia:

- **Demanda del mercado:** la empresa deberá realizar investigaciones de mercados con base en información primaria (encuestas, entrevistas, grupos focales, entre otras), información secundaria (análisis de informes o datos de terceros), así como incluir el análisis los registros de ventas actuales, para pronosticar la demanda en el periodo de evaluación del proyecto, y con base en esta ajustar la estructura de su producción.
- **Capacidad de los proveedores para entregar suministros e insumos:** Se trata de conocer qué tan aptos se encuentran los proveedores para el cubrimiento de las necesidades de la empresa en relación a la implementación de la estrategia. Para esto, se deben levantar diversos criterios de compras de acuerdo a cada requisito y asignarle un peso para su posterior calificación. En caso de que la empresa se encuentre en un proceso de certificación de calidad o ya se encuentre certificada, se podrá acceder más fácilmente a esta información, dado que las normas de calidad vigentes, exigen que la empresa cuente con un procedimiento documentado en el cual se especifican las diversas políticas que rigen las compras de tal manera que no se afecte la prestación del servicio o la producción, en su defecto.
- **Tecnología y los equipos a emplear:** De acuerdo al nivel de desarrollo y automatización de sus procesos, la empresa definirá cuales son los aspectos que debe cubrir en cuanto a los equipos, maquinaria y herramientas CAD y de comunicaciones para poder implementar la estrategia PLM en la empresa.

A partir de información provista por CIMdata; empresa líder en consultoría para gestión estratégica global, y autoridad de investigación enfocada exclusivamente en el mercado de PLM, que está dedicada a maximizar la habilidad de los clientes para diseñar, desarrollar productos y servicios innovadores a través de la

aplicación de PLM, se hizo una revisión de aquellos proveedores de software PLM, para conocer su trabajo y desarrollo del core business, comparándolo a su vez con las con las necesidades actuales de la empresa. Los proveedores más sobresalientes en lo que respecta al desarrollo de paquetes de software con enfoque PLM, se encuentran:

- Accenture
- Altair
- ANSYS
- Aras
- CENIT
- CMstat
- Dassault Systemes
- ESI
- eQ technologies
- Geometric
- Hewlett-Packard
- Oracle
- PTC
- SAP
- Selerant
- Siemens
- Tata Consultancy
- Tata Technologies
- Tecplot

De este estudio técnico se derivará una lista preliminar de requisitos que habrán de completarse, con el fin de poder ejecutar correcta y completamente el proyecto PLM. A medida que se inicie la implementación con dichos requerimientos, dicha lista se irá complementando respecto a los factores iniciales. Esta lista de

requisitos dependerá del sector en el que se desee desarrollar la estrategia, es decir, de una empresa a otra, teniendo en cuenta que cada una de ellas se encontrará en una realidad distinta al momento de tomar la decisión de recurrir a la estrategia PLM. Esta decisión establecerá distintos puntos de partida y distintas prioridades.

El levantamiento de esta lista de requisitos, se puede hacer de acuerdo a lo establecido en el capítulo de Gestión del Alcance del PMBOK (Project Management Body Of Knowledge) del PMI (Project Management Institute). Los requisitos pueden comenzar a un alto nivel e ir convirtiéndose gradualmente en requisitos más detallados, conforme se va conociendo más acerca de ellos. Los requisitos deben ser reales (medibles y comprobables), trazables, completos, coherentes y aceptables para los interesados clave del proyecto. El formato de un documento de requisitos puede variar desde un documento sencillo en el que se enumeran todos los requisitos clasificados por interesado y por prioridad, hasta formas más elaboradas que contienen un resumen ejecutivo, descripciones detalladas y anexos<sup>42</sup>.

Los componentes de la documentación de requisitos incluyen, entre otros:

- Requisitos del negocio:
  - Objetivos del negocio y del proyecto, para su trazabilidad;
  - Principios rectores de la organización.
  
- Requisitos de los interesados:
  - Impactos sobre otras áreas de la organización;
  - Impactos sobre otras entidades dentro o fuera de la organización; y

---

<sup>42</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Gestión de Proyectos. Guía del PMBOK. 5ª Edición. Pennsylvania.PMI.2013. p. 177.

- Requisitos de los interesados en relación con la comunicación y presentación de informes.
- Requisitos de soluciones:
  - Requisitos funcionales y no funcionales;
  - Requisitos de tecnología y cumplimiento de los estándares;
  - Requisitos de apoyo y capacitación;
  - Requisitos de calidad; y
  - Requisitos de presentación de informes, etc. (los requisitos de soluciones se pueden documentar de manera textual, por medio de modelos, o de ambas formas).
- Requisitos del proyecto:
  - Niveles de servicio, desempeño, seguridad, cumplimiento, etc., y
  - Criterios de aceptación.
- Requisitos de transición.
- Supuestos, dependencias y restricciones de los requisitos.

#### 4.2.2.2. Estudio económico

Este estudio tiene como finalidad cuantificar las necesidades y demás aspectos identificados en el estudio técnico, y que son requeridos para la correcta y cabal ejecución de un proyecto; en este caso, uno de PLM.

- **Análisis de Inversiones**

Acá se deben especificar las diversas inversiones en las que debe incurrir la empresa:

- Activos fijos (servidores; equipos de cómputo y oficina; muebles y enseres; maquinaria y otros equipos);
- Activos diferidos (ensayos y puesta en marcha; el pago por el uso de marcas y patentes; pago por licencias de software: CAD, Gestión de proyectos, PLM, plataformas colaborativas de comunicación, herramientas para la seguridad de la información; gastos para la capacitación y entrenamiento de personal); asesoría, tanto para la implementación del software PLM, como para completar la puesta en funcionamiento de los demás sistemas y equipos que sean requeridos.

La empresa debe indagar y listar los recursos existentes que pueden ser empleados en el proyecto, con la finalidad de evitar incurrir en costos adicionales. Aunque algunos recursos humanos que serán empleados para la implementación del sistema PLM, seguirán ligados a sus áreas funcionales mientras hacen parte del proyecto, es necesario prorratar el tiempo que destinarán para la ejecución de actividades propias del proyecto PLM, asignándolo a los costos totales del mismo. Esta asignación de tiempo dependerá de las necesidades y la prioridad de la empresa para implementar la estrategia, o al deseo de ejercer un control detallado sobre el avance de la misma.

Contando con esta información organizada y presupuestada, será posible establecer cuál es el valor total de las erogaciones a realizar por parte de la empresa para lograr la implementación de la estrategia PLM.

Teniendo en cuenta que la estrategia PLM se puede abordar para cada tipo de empresa mediante la utilización de un set de diversas herramientas, ya sean

gratuitas o de pago, dependiendo de su tamaño, capacidad financiera, capacidades del personal, en la Tabla 3 se presenta una referencia de las herramientas que podrían ser utilizadas para el funcionamiento de un sistema PLM.

Tabla 3. Herramientas de referencia para implementación de una estrategia PLM

<b>Programa</b>	<b>Función o uso</b>	<b>Frecuencia de renovación</b>
Microsoft Office 365 (incluye herramientas ofimáticas, Project, Skype y OneDrive)	Utilización de herramientas ofimáticas	Anual
Dropbox (Incluye Microsoft Office 365)	Gestión de los documentos del proyecto en la nube	Gratuito: Básico Business: Anual
Software CAD (AutoCAD, Caryl Draw Illustrator)	Realización de tareas de diseño	Pago único
Skype	Realizar conferencias entre miembros del equipo que no se encuentren en la misma locación o con los encargados de la consultoría	Gratuito
Software PLM según conveniencia de la empresa		

Fuente: El autor. Tomado de las páginas de cada software.

Dada la marcada importancia que representa contar con los procesos documentados y controlados, así como con personal capacitado y concientizado con la mejora, buscando incrementar la probabilidad de éxito del proyecto PLM, se recomienda a las empresas, la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la Norma ISO. Este tipo de sistemas, dependiendo del tamaño y complejidad de los procesos propios de la empresa, podría costar desde \$8.000.000 para una empresa con menos de 20 empleados, por ejemplo.

Según un estudio realizado por la empresa Gartner<sup>43</sup> de acuerdo a los servicios de consultoría prestados a sus clientes, se encontró que para una empresa mediana<sup>44</sup>, el costo de implementación de la estrategia PLM, estaría rondando los US\$ 750.000, mientras que para una grande, sería cercano a los US\$ 2,5 M. En la Tabla 4 se presenta la distribución porcentual de los rubros necesarios para la implementación de una estrategia PLM, divididos en inversiones de capital, gastos generales y gastos recurrentes.

Tabla 4. Costos aproximados de implementación de la estrategia PLM

INVERSIÓN	DEPENDENCIA DEL COSTO
<b>Pago único – Inversión de Capital</b>	
Software – 30% del costo inicial	Número y tipo de usuarios Funcionalidad requerida Licencias flotantes o licencias de usuario único
Hardware – 8% del costo inicial	Número de usuarios Requisitos de configuración y rendimiento Cantidad de datos y espacio en disco requerido Disponibilidad requerida para el sistema y tiempo de actividad
<b>Pago único – Gastos Generales</b>	
Educación y selección del software – 8% del costo inicial	Entendimiento acerca de PLM Duración y minuciosidad de la evaluación Participación de un consultor externo de PLM
Mejoramiento del proceso – 8% del costo inicial	Número de procesos y metodología Tamaño de la organización y comprensión de PLM Documentación de prácticas y procesos existentes Participación de un consultor externo de PLM
Servicios de implementación – 25% del costo inicial	Configuración requerida y/o personalización Condiciones contractuales Tarifa por hora y descuento
Entrenamiento – 5 % del costo inicial	Material utilizado para el entrenamiento: estándar o personalizado

<sup>43</sup> Product Life Cycle Management an informational guide to understanding PLM. En línea. Disponible en: <http://www.product-lifecycle-management.info/plm-implementation/plm-cost.html>. Consultado en 22 de enero de 2016.

<sup>44</sup> Mediana Empresa (Activos entre \$ 3.447.270.001 – \$ 20.683.620.000). Gran Empresa (Activos superiores a \$ 20.683.620.001)

INVERSIÓN	DEPENDENCIA DEL COSTO
	Lugar del entrenamiento: en sitio o virtual
Migración de datos – 5% del costo inicial	Enfoque: manual o automatizado Número de sistemas de origen Tipo de datos: Metadatos, datos estructurados y archivos Calidad y cantidad de datos
<b>Gastos anuales recurrentes</b>	
Mantenimiento del software - 5% del costo inicial	Número y tipo de usuarios Funcionalidad requerida Opción de implementación: por defecto o bajo demanda Licencias flotantes o licencias de usuario con nombre
Soporte pos-implementación - 5% del costo inicial	Duración Tipo y nivel de apoyo Tiempo de respuesta y requisitos de disponibilidad del sistema Tarifa por hora y descuento

Fuente: Product Life Cycle Management an informational guide to understanding PLM. En línea.  
Disponible en: <http://www.product-lifecycle-management.info/plm-implementation/plm-cost.html>.

- **Análisis costo-beneficio**

Por otra parte, será necesario determinar cuáles serían los beneficios y el retorno de la inversión que obtendría la empresa luego de la realización de este esfuerzo, de tal manera que pueda estimarse la inversión total del proyecto, comparando con los beneficios obtenidos en sus procesos gracias a las mejoras que trae consigo la estrategia, así como como los beneficios económicos derivados de la generación o liberación de recursos que les permita crear nuevos negocios o fortalecer los actuales.

Según la empresa CIM Data, en el 2011 publicó un informe en el cual explicaba algunos de los porcentajes de mejora que puede obtener una empresa que decida

implementar PLM, basándose en experiencias reales de otras organizaciones que han implementado esta iniciativa:

- Tiempo de fabricación - Reducción del 10% al 50%
- Proceso de revisión del diseño - Reducción del 50% al 80%
- Productividad de la Mano de Obra - Aumento del 10% al 20%
- Costos de desarrollo de productos - Reducción del 25% al 40%
- Tiempo para encontrar información - 75% a 90% de reducción
- Errores de diseño - Reducción del 10% al 25%
- Tiempo para diseñar - 15% a 70% de reducción

Estos son solo algunos de los indicadores que podrían medirse en el marco de la implementación de la estrategia PLM. Alemanni et al<sup>45</sup>, proponen la medición de indicadores claves de desempeño (Key Performance Indicators – KPIs) al inicio del proyecto, y una vez se hayan estabilizado los cambios luego de su implementación. Después de realizada la comparación se podrán identificar realmente qué mejoras se consiguieron. Los autores propusieron cinco grupos de indicadores: calidad, tiempo, costo, infraestructura y comunicaciones, los cuales se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Indicadores Claves de Desempeño para medir los beneficios de la implementación PLM

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
<b>Calidad</b>	
Trazabilidad del producto	La introducción de la configuración de las instalaciones, permite obtener información más precisa del producto y mejorar su trazabilidad
Mejoramiento de la gestión documental	Revisión, asignación de versión y archivo

<sup>45</sup> ALEMANNI, Marco et al. Key performance indicators for PLM benefits evaluation: The Alcatel. Alenia Space case studyComputers in Industry 59 (2008) 833–841.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Número de cambios de dibujo	Número de cambios promedio implementado dentro de una lista de partes
Número de cambios por pieza	Número de cambios promedio implementado dentro de un dibujo
Cambio del número de emisión	Duración media de la emisión del cambio
Número de elementos no conformes	Número de elementos no conformes durante un período

*Continuación Tabla 5*

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
<b>Tiempo</b>	
Tiempo de inicio promedio	Tiempo promedio para el inicio de un proyecto
Tiempo de lanzamiento al mercado	Tiempo completo de desarrollo del producto
Tiempo promedio para el procesamiento de las propuestas de cambio de ingeniería	Tiempo promedio que se toma para el procesamiento de las propuestas de cambio de ingeniería
Tiempo necesario de aceptación	Tiempo de demora entre la creación del documento y su accesibilidad por parte de los usuarios
Tiempo promedio para el cambio de un documento	Tiempo empleado para realizar un cambio en un documento
Tiempo promedio para la distribución de documentos	Tiempo promedio empleado para la distribución de documentos
Tiempo promedio de aceptación del documento por parte del cliente	Tiempo promedio dedicado a la aprobación del documento por parte del cliente
Número de solicitudes de cambio que se convierten en órdenes de cambio	Número de solicitudes de cambio que después de análisis, pasan a convertirse en órdenes de cambio
Tiempo promedio para crear una solicitud de aceptación bajo concesión a un cliente	Tiempo para la creación y finalización de una solicitud de aceptación bajo concesión
<b>Costo</b>	
Porcentaje de los componentes de transferencia	Porcentaje de componentes de proyectos anteriores que podrían ser empleados sin realizarles cambios
Porcentaje de componentes adquiridos	Porcentaje de componentes que deben ser obtenidos por medio de proveedores externos
Costo del cambio antes de la revisión de los requisitos del sistema	Costo promedio debido a un cambio antes de la revisión de los requisitos del sistema
Costo del cambio antes de una revisión preliminar del diseño	Costo promedio debido a un cambio antes de la revisión preliminar del diseño

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
Costo del cambio antes de la revisión del diseño de la configuración	Costo promedio debido a un cambio antes de la revisión del diseño de la configuración
Costo de almacenamiento de la documentación	Costo promedio de almacenamiento de la información en papel
Costo de procesamiento de una solicitud de aceptación bajo concesión	Costo promedio debido a las solicitudes de aceptación bajo concesión
Costo de procesamiento de una solicitud de desviación	Costo promedio debido a las solicitudes de desviación

*Continuación Tabla 5*

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
<b>Infraestructura</b>	
Tiempo promedio de acceso a la información almacenada	Se consideran las diferentes metodologías de almacenamiento empleadas
Costo de propiedad de la plataforma tecnológica	Costo promedio de mantenimiento de la infraestructura
Tiempo de retraso entre la ingeniería del producto y la ingeniería de procesos	Tiempo promedio antes de que una pieza nueva se mueva del área de ingeniería a la de producción y eventualmente se asigne su versión
<b>Comunicación</b>	
Tiempo promedio de aprobación de un documento por parte del cliente	Tiempo dedicado para permitir que el documento generado por la empresa llegue al cliente, y la aprobación se comunique a todos los interesados
Tiempo medio de búsqueda y transferencia de dibujos	Tiempo promedio necesario para encontrar un dibujo y transferirlo

Fuente: Autor. Tomada de Key performance indicators for PLM benefits evaluation

Con el fin de dar un resultado cuantitativo del análisis de factibilidad, se propone una plantilla que ayudará a indicar los costos y beneficios de un sistema PLM, y obtener un cálculo estimado del Valor Presente Neto (VPN) y la Rentabilidad que puede ser esperado al utilizar una solución PLM. Ver Anexo C.

Conjuntamente al estudio técnico y económico, es necesario llevar a cabo un análisis de los riesgos que implica la implementación del proyecto PLM, con la

finalidad de aumentar las probabilidades de éxito, dado que está comprobado que una mala planificación y gestión de riesgos en un proyecto, es una de las razones principales para su fracaso. Este análisis se puede llevar a cabo siguiendo las directrices contenidas en el PMBOK, el cual divide la de gestión del riesgo en seis pasos<sup>46</sup>:

- **Planificar la Gestión de los Riesgos:** El proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.
- **Identificar los Riesgos:** El proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características.
- **Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos:** El proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos.
- **Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos:** El proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.
- **Planificar la Respuesta a los Riesgos:** El proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
- **Controlar los Riesgos:** El proceso de implementar los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto.

Es necesario tener en cuenta que la gestión de riesgos es un proceso iterativo, y que se debe aplicar durante todo el ciclo de vida del proyecto de implementación de la estrategia PLM, pues estos evolucionan o aparecen nuevos riesgos a medida que avanza el proyecto y se va cumpliendo sus fases predefinidas.

---

<sup>46</sup> *Ibíd*, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. p. 308.



## **5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA**

Atendiendo a la investigación previa y con el ánimo de encontrar mejoras y correcciones en el modelo propuesto se decidió aplicarlo a la empresa O-I Colombia enfocado al área de ideación y definición para los procesos de diseño y desarrollo de envases de vidrio en la planta de producción de Medellín.

### **5.1. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN O-I COLOMBIA**

El área de aplicación del modelo fue establecida de acuerdo a la necesidad del manejo de información en el desarrollo y producción de los nuevos diseños que dan lugar al lanzamiento de nuevos productos por parte de la empresa y que no contaba con un proceso establecido y ordenado.

Se ejecutaron las cinco etapas establecidas previamente para identificar los factores a evaluar en el análisis de factibilidad.

#### **5.1.1. Etapa I: Diagnóstico de la situación inicial de la empresa**

A continuación se muestra el estudio de las cuatro variables de análisis de gestión en O-I Colombia: gestión empresarial; gestión del producto; gestión de proyectos y colaboración e integración.

#### 5.1.1.1. Gestión empresarial

Inicialmente se analizaron aspectos generales sobre los sistemas, herramientas y recursos disponibles en la empresa, con el fin de identificar la madurez con la que cuenta y las estrategias utilizadas en el ámbito de la gestión de la información y procesos, enfocando el análisis en los que estaban involucrados en la gestión de diseño de producto:

- Orientación de la estrategia empresarial enfocada al diseño de producto.
- Disponibilidad de los sistemas de información.
- Gestión del conocimiento.

A continuación se describen los hallazgos para cada una de las variables antes mencionadas:

- **Estrategia de diseño y gestión del equipo de diseño:** Aunque actualmente el desarrollo de nuevos productos se lleva a cabo de manera organizada, surge la necesidad principalmente como reacción a los requerimientos pautados por el mercado. Dicha necesidad del mercado no es considerada un riesgo para O-I Colombia gracias al carácter monopólico que tiene el sector de la producción de los envases de vidrio en Colombia. Se identificó como punto neurálgico el diseño de nuevos productos en la organización; pues frecuentemente se realizan estudios comparativos para identificar buenas prácticas que podrían incluirse a los procesos actuales de la compañía, y se tiene clara la manera en la que se deben especificar los requisitos del producto.

Al estudiar la organización de la empresa se observó que su estructura está basada en departamentos funcionales que tienen una dirección jerárquica que dispone de personal con características propias, asignado a la

realización de nuevos productos. Existe un equipo de diseño sujeto a una estructura con personal que posee competencias específicas en gestión de diseño dentro de la compañía. La estrategia de diseño se encuentra definida por los roles de Coordinadores de Diseño, Gerentes de Negocio, Gerente de Mercadeo, Coordinadores de Producto, y se define de acuerdo a las experiencias adquiridas en proyectos previos de diseño.

- **Gestión de la información:** Las TI de carácter colaborativo son del tipo ERP y se emplean para la gestión de recursos (clientes, proveedores, artículos, órdenes de fabricación, pedidos de clientes, contabilidad, etc.) pero estos elementos no se encuentran vinculados en su totalidad con toda la información que se genera del proceso (documentos de requisitos, Planos CAD, validaciones, imágenes, etc.). Adicional a las funciones básicas del ERP, se emplean de manera sistemática tipos de aplicaciones a nivel corporativo (gestor documental, aplicaciones CAD, intranet, etc.) que se consideran como una base aislada de información. Los vínculos entre toda esa información se procesa de forma manual entre el personal que hace uso de los mismos.
- **Gestión del conocimiento:** El “*Know How*” de la compañía reside fundamentalmente en la experiencia adquirida por las personas que hacen parte de sus procesos de diseño. Estas se encargan de compartir con su equipo de trabajo las buenas prácticas y lecciones aprendidas en proyectos anteriores. Sin embargo, esta información no se comparte de manera sistemática y en línea, lo cual dificulta en ocasiones el encontrar lo requerido por los diversos equipos de proyecto.

#### 5.1.1.2. Gestión del producto

Para esta variable, se evaluaron cuatro puntos clave del aseguramiento de la eficiencia en la gestión de productos:

- Alcance de la estrategia de ciclo de vida implementada.
- Grado de centralización de los datos relativos al diseño.
- Eficiencia en la gestión de listas de materiales - BOM (Bill Of Materials).
- Eficiencia en la gestión de archivos CAx (CAD, CAE, CAM).

A continuación se describen los hallazgos para cada una de las variables antes mencionadas:

- **Alcance:** Para la aplicación del modelo en O-I Colombia no se analizó todo el ciclo de vida de un producto. Se evaluaron las etapas involucradas únicamente en el diseño de un producto, a través de la definición conceptual, el diseño y la ingeniería de detalle. Con esta finalidad se llevaron a cabo ciertos análisis para coordinar recursos humanos, técnicos y económicos desde la definición conceptual, hasta la fabricación y los lanzamientos al mercado del producto, pero sin tener en cuenta fases posteriores al proceso como trazabilidad, soporte técnico a clientes o retirada y reciclaje del producto.
- **Centralización de datos:** Al momento de finalizar el diseño del producto los datos son controlados y consolidados, y finalmente son dados de alta en un sistema llamado P117, con lo cual se procede a supervisar a partir de ese momento la logística para su gestión (identificación del proyecto, archivos de diseño asociados, plazos de entrega, lotes de fabricación, etc.). La documentación que se genera con cada aplicación se administra a través de un sistema de carpetas compartidas donde se almacenan de

manera manual. Esta información se centraliza y vincula fundamentalmente a archivos CAD, gracias al uso de funcionalidades disponibles en software CAD (CRIO, O-I CAD, Smart Assembly), que son capaces de establecer referencias entre objetos, versiones, composición de listas de materiales, etc. Por último la información adicional generada por el proyecto es centralizada en carpetas compartidas específicas del mismo.

- **Gestión de listas de materiales (Bill Of Materials - BOM):** A través de la herramienta O-I CAD, se especifica la ingeniería de detalle y se definen los componentes estructurales, pero no se realiza la gestión de la lista de materiales de fabricación, sino que esta tarea se asigna a un equipo de personas encargadas de actualizar los datos maestros y son los autorizados para dar de alta los componentes de fabricación que son indispensables dentro del sistema ERP; proceso NSR o New SKU Request en SAP ECC6 según sea definido.
- **Control de versiones:** No existen prácticas para el control de versiones que se encuentren implantadas a nivel organizacional, y como resultado no se abarca toda la información que debe estar vinculada al producto. Las versiones desarrolladas son creadas mediante la codificación manual de archivos en el P117 y se elimina o modifica la ubicación física de dichos archivos para evitar trabajar con versiones que se encuentren muy viejas o que sean obsoletas.
- **Gestión de archivos CAx (CAD, CAE, CAM):** En relación con el diseño se generan planos en 2D (siluetas) y en 3D (modelos CAD). Se establecen distintas opciones de visualización de planos con el fin de facilitar la supervisión por terceros de las modificaciones realizadas. Sin embargo es imprescindible que el equipo en el que serán mostrados los diseños disponga del software correspondiente para ello. Para el diseño se emplea

fundamentalmente archivos 3D y se dispone de distintos tipos de integración que permiten a los autores crear estructuras de producto diferentes (cuerpo, base y terminado de botellas), de acuerdo a la opción más adecuada posible, permitiendo que ésta información sea consultada, modificada o supervisada por el resto de la organización (regional Latam y globalmente) mediante opciones avanzadas de visualización y colaboración integradas.

#### 5.1.1.3. Gestión del proyecto

Dentro de este marco, se analizó la gestión el proyecto de diseño de producto que tiene como eje principal los requerimientos del cliente y el desarrollo de nuevos productos, enfocando el análisis en los siguientes aspectos:

- Las herramientas disponibles para el control de proyectos.
- La gestión documental de los proyectos.
- La capacidad de la empresa para reutilizar información entre proyectos.
- La gestión de las relaciones entre elementos que forman parte de un proyecto/producto.
- Grado de eficiencia en la gestión del soporte a clientes y la trazabilidad y seguimiento a productos.

Después de analizar cada una de estas variables en la empresa O-I Colombia se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Control de proyectos:** Para esta variable se utilizan herramientas de gestión de proyectos para planificar cada una de las fases y tareas del proyecto en cuestión. El Business Manager o Gerente de negocios será el

responsable del proyecto, y su responsabilidad será llevar el control del avance y las posibles desviaciones con carácter retroactivo. Para tal efecto se está considerando la implementación de una herramienta de tipo colaborativo para la gestión y control de proyectos llamada Clarity Project & Portfolio Management, pero aún no se tiene evidencia de su uso en el diseño.

- **Gestión documental de proyectos:** En el transcurso del proyecto, la documentación es gestionada por cada miembro del equipo en archivos locales. Al finalizar el proyecto usualmente se procede a grabar últimas versiones en los servidores de la organización. Llama la atención que la gestión documental en la empresa es escasa, pues no se tiene un único repositorio documental, a pesar que gran parte de la documentación se encuentra localizada en carpetas compartidas a las cuales el resto del equipo tiene acceso. Se encontró que existe una gestión de la documentación técnica de diseño, pero que no es excesivamente rigurosa. La documentación se dispone en sistemas de carpetas alojadas en servidores, se cuentan con un control especial de permisos y que adicionalmente se realizan copias de seguridad de forma permanente.
- **Reutilización de datos:** La información es generada desde el comienzo de cada proyecto. En ocasiones se utiliza información parcial (componentes CAD, documentos de proyecto, etc.) cuando se tiene conocimiento de la existencia de dicha información en proyectos previos, pero esto sólo sucede cuando la persona que lidera el proyecto tiene la experiencia en proyectos similares. Se copia información existente en otros proyectos de manera regular y se crean bases consolidadas de información en carpetas compartidas por proyectos. Este sistema de reutilización no es muy útil puesto que es tedioso encontrar la información que se necesita.

O-I Colombia se rige bajo una estrategia de unificación y reutiliza sobretodo geometrías de diseño, al emplear múltiples elementos estándares comunes para una familia de productos y llevando un control de elementos de diseño como variantes de un mismo producto. La empresa cuenta con repositorios colaborativos de información, con opciones de búsquedas, y se pueden solicitar cambios pero estos dependen del repositorio central en O-I Brasil, sin embargo no se lleva un control de los cambios y estos se almacenan de manera local.

- **Relaciones entre productos de trabajo:** En muchos casos se encuentra información redundante en el almacenamiento en P117 al guardar información reutilizada, ya que fue guardada previamente en el proyecto anterior. No existe ninguna herramienta que permitan saber en qué otros proyectos está siendo utilizada la información.
- **Soporte a clientes:** No existe ninguna práctica que permita controlar u obtener la trazabilidad del proyecto ante un problema en un producto durante su ciclo de vida. En algunas oportunidades se utilizan bases de datos independientes para el registro y seguimiento básico de tareas de mantenimiento y el control administrativo (p.ej. facturaciones), pero éstas no se encuentran de manera centralizada dificultando el seguimiento.

#### 5.1.1.4. Colaboración e integración

Para el análisis de este ítem se realizó la evaluación de la capacidad que tiene la organización para realizar la gestión de los procesos de una manera integral, así

como el tipo de software con los que cuenta y la capacidad que tienen para compartir la información proveniente de los distintos tipos de plataformas. Se analizaron 5 aspectos específicos:

- Eficiencia de las comunicaciones internas de la empresa
- Eficiencia de los intercambios de información con agentes externos
- Operativa general de los flujos de trabajo empleados
- Grado de desarrollo en la gestión de órdenes de cambio
- Grado de integración con el proceso de fabricación

A continuación se describen los hallazgos para cada una de las variables antes mencionadas:

- **Comunicaciones internas:** En su mayoría son de carácter oral a través de reuniones o llamadas telefónicas, aunque en ciertas ocasiones se manejan a través de correos electrónicos como fuente de comunicación. En efecto, no existe un proceso formal establecido para el intercambio de información entre departamentos. En determinado punto del proceso, de acuerdo a los diagramas de procesos (Workflow - P-117), se intercambia información entre algunos de los actores del mismo.
- **Comunicaciones externas:** Para la comunicación con los proveedores o clientes se utilizan igualmente llamadas, reuniones o correos electrónicos. Para mostrar la información de gran tamaño se hace a través de almacenamiento temporal, lo que genera duplicidad en la información.
- **Trabajo en equipo:** Para evitar inconvenientes y mantener el control de cambios se trata que un solo usuario sea el que lleve la mayoría del

proceso. En caso de ser necesario un cambio se comunica con el equipo para que todos tengan clara la información.

- **Proceso de gestión de la configuración y gestión de cambios de ingeniería:** No existe un procedimiento claro para la gestión de cambios. Usualmente se gestionan de manera manual, mediante comunicaciones interpersonales y correo electrónico, pero rara vez se documentan. Los cambios de diseño de productos se comunican al resto de la organización una vez ya están ejecutados.
- **Proceso de fabricación:** En este caso no hay canales de comunicación específicos, pues la coordinación entre diseño y manufactura se hace de manera manual. Desde la fase de diseño, se tienen en cuenta aspectos relativos a los requisitos de producción (plazos de entrega, capacidad y factibilidad de fabricación, etc.) disponibles en el ERP y documentados en el P117. Los códigos de los nuevos productos, junto con la lista de materiales se transfieren manualmente al sistema ERP.

#### 5.1.2. Etapa II: Definición y planeación

Los objetivos se definen apoyando las métricas de los indicadores de desempeño (KPIs) que se busca mejorar, en particular las que hacen referencia a la velocidad de mercado y costo del desarrollo de productos.

Ya con los indicadores definidos se busca el apoyo y compromiso de la gerencia con el proyecto de implementación de la estrategia. A través de los cuales se espera favorecer y facilitar los procesos de gestión del cambio necesarios en este

tipo de proyectos. Por otra parte, se propone hacer una planeación de la posible implementación teniendo en cuenta los recursos mínimos requeridos y el alcance que se espera tener de acuerdo a los resultados en la etapa I.

Dado el diagnóstico y hallazgos descritos anteriormente, se puede detallar de manera aproximada las necesidades básicas de recursos:

- Tiempo de las personas involucradas: En necesario definir el tiempo que las personas van a dedicar al proceso de implementación de la estrategia así como la planeación del momento ideal en el que deben iniciar este proceso.
- Herramientas de software necesarias: Después de conocer con qué herramientas cuenta la empresa es necesario definir las necesidades actuales y a través de qué herramientas lograrán implementar el proyecto.
- Consultoría especializada para la integración de los sistemas: Se requiere definir un apoyo externo que les permita integrar los sistemas con los que cuentan actualmente (PTC WindChill, SAP ECC 6 y Windows 365) así como los que requieran agregar al portafolio, y sea para la migración de información como para la adaptación a los sistemas de información en general.

### 5.1.3. Etapa III: Entendimiento detallado de los procesos e infraestructura disponible

Es posible determinar un programa de iniciativas de reconocimiento y desarrollo de los procesos involucrados a través de las áreas de mejoramiento continuo y lean six sigma mediante la construcción detallada de mapas de la corriente de valor de los procesos (Value Stream Maps - VSMS).

Para el alcance de la aplicación en O-I Colombia se analizaron los factores de ideación, conceptualización, diseño y lanzamiento a producción. Los VSMS dan el nivel de detalle suficiente para identificar o determinar los siguientes componentes:

- Áreas involucradas,
- Información requerida,
- Ciclos de re-trabajo,
- Variables que afectan positiva o negativamente los KPI de los procesos involucrados.

Además permite dejar documentados los detalles de la situación actual respecto al ciclo de vida del producto en sus fases iniciales para tener el punto de partida ideal.

#### 5.1.4. Etapa IV: Integración de las herramientas y procesos existentes

De acuerdo al análisis realizado en la etapa I, se encontró que O-I Colombia cuenta con la mayoría de plataformas software requeridas para la implementación de la estrategia PLM aunque no hay procesos claramente establecidos para el uso de dichas herramientas.

Una etapa fundamental consistirá en la integración planificada de las mismas para lograr el objetivo propuesto. Aunque existen las licencias de software y las herramientas están disponibles para uso de todos los actores involucrados en la estrategia, se carece de integración y automatización de comunicaciones entre ellas. Por ejemplo, la integración entre SAP ECC 6, PTC WindChill, O-I CAD, Clarity o P-117 (para gestión de proyectos), y entre estos y la plataforma de trabajo colaborativo Window 365 (para comunicaciones internas o con aliados de negocios de confianza).

### 5.1.5. Etapa V: Entrenamiento y gerencia del cambio

Por último, se propone desarrollar un plan de entrenamiento específico para las personas involucradas. Dados los múltiples componentes de conocimiento de la estrategia, es necesario identificar las necesidades específicas por persona y las grupales para planear y llevar a cabo dichos entrenamientos, asegurándose de evaluar los niveles de conocimiento adquirido antes, durante y después de los entrenamientos.

De acuerdo al gran número de personas involucradas, es posible que se encuentre cierta resistencia ante los cambios que la implementación de la estrategia PLM pueda traer consigo, por lo que se será conveniente adelantar actividades relacionadas con la gestión del cambio, como un plan de comunicaciones permanente de los avances y las mejoras de la implementación, además del entrenamiento sugerido.

## 5.2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Mediante este análisis se buscó dar respuesta a las preguntas ¿Qué se hace? ¿Cómo se hace? y ¿Quién lo hace?; enfocados a asuntos técnicos, y económicos.

Los asuntos técnicos tienen que ver con la madurez de la capacidad para implementar la estrategia PLM, identificar las oportunidades de mejora, y realizar un inventario de las tecnologías disponibles. Los aspectos económicos se relacionan con los costos de la implementación de la estrategia PLM en cuanto a personal, entrenamiento, adquisición de licencias, desarrollo y soporte técnico, entre otros, y un análisis costo-beneficio en donde se evalúa la viabilidad de la inversión.

#### 5.2.1.1. Estudio técnico

A partir del análisis del proceso de ideación, se identificaron varias oportunidades de mejora y se estableció cómo la estrategia PLM puede apoyar con el funcionamiento y operatividad en necesidades tecnológicas o técnicas, teniendo en cuenta proveedores, colaboradores y aliados que participen en el área.

#### 5.2.1.2. Factores que se tuvieron en cuenta para determinar la capacidad del proceso de ideación

**Cantidad deseada de producción:** Para medir la cantidad a producir, se tuvo en cuenta el conteo de lanzamientos exitosos por ideas generadas. Actualmente se tiene un estimado de 25/60 equivalente al 42% anual. (Conteo de NPDs - New Product Development). Este indicador es considerado uno de los KPIs más importantes para la empresa. Uno de los objetivos de este proyecto es maximizar este indicador, teniendo como resultado una cantidad de ideas convertidas en su mayoría en lanzamientos exitosos.

**Intensidad del uso de la mano de obra:** En el área analizada todo el proceso requiere de mano de obra. Por lo anterior sólo se tuvieron en cuenta herramientas tecnológicas que permitan mejorar el desarrollo y la disminución de tiempos de diseño. Para la medición de este indicador se estableció como factor clave de desempeño el tiempo de lanzamiento, que es el tiempo que tarda una idea en llegar a consolidarse y entregarle el producto final al cliente. Actualmente este proceso puede variar de 2 semanas a 3 años, pero en general tardan aproximadamente 4 meses.

**Cantidad de turnos de trabajo:** el área de ideación se maneja con turnos administrativos, de lunes a viernes con 8 horas productivas al día.

**Optimización física del equipo de producción:** Sólo se utilizan medios tecnológicos o virtuales para el envío de la información. Como parte del proyecto se planea hacer uso de un software de los que actualmente se ofrecen en el mercado para la ejecución de la estrategia PLM que permite reducir tiempos y mejorar la comunicación entre las áreas.

**Capacidad individual de cada máquina:** Se seleccionaron los diversos softwares existentes que se usarán y los módulos que se configuran como esenciales en el proceso de ideación y definición de producto.

**Optimización de la mano de obra:** Se estimó el tiempo dedicado de la jornada laboral a cada diseño para su finalización.

#### 5.2.1.3. Factores que determinan o condicionan el tamaño de la planta

**Tamaño del proyecto y la demanda:** Este factor se tomó en cuenta debido que el mercado actual exige cambios y mejoras en sus productos para ganar clientes sobre sus competidores ya sean extranjeros o aparición de nuevas alternativas o productos sustitutos. Por esto la empresa se ve obligada a mejorar sus procesos y en este caso, incrementar la velocidad de lanzamiento en sus diseños para que los clientes puedan contar con nuevos productos más rápido y diferenciados a los de su competencia.

**Tamaño del proyecto y los suministros e insumos:** Por ser un proyecto enfocado al uso de tecnologías de la información, se consideran los proveedores de software como los encargados de los “insumos”, así como la respuesta al mantenimiento de los equipos y del sistema.

**Tamaño del proyecto, la tecnología y los equipos:** En este momento, la empresa cuenta con la infraestructura tecnológica requerida, confirmando que la capacidad actual es adecuada para todos los trabajos que se desarrollan en el área de diseño. En este punto, el factor clave de desempeño, consiste en evitar despilfarros de tiempo, en actividades que no agregan valor al diseño como los reprocesos.

**Tamaño del proyecto y financiamiento:** El tamaño fue medido según las necesidades detectadas para la capacitación de los trabajadores, pues el software la empresa ya cuenta con una plataforma tecnológica robusta.

**Tamaño del proyecto y la organización:** El personal actual con el que cuenta la empresa se ajusta a las necesidades del proyecto de implementación, por lo tanto se sugiere la capacitación y actualización de las TIs.

Factores que se tuvieron en cuenta para la identificación y descripción del proceso (ver Tabla 6)

Tabla 6. Ingeniería del proyecto

Estado Inicial		Proceso transformador		Producto final
Insumos		Proceso		Productos
Ideas tanto de los trabajadores como de los clientes. Las necesidades de los clientes		Desarrollo de concepto, evaluación de alternativas, diseño de detalle y aprobación de planos		Plano aprobado y enviado a fabricación de moldura.
Suministros	+	Equipo productivo	=	Subproductos
Softwares e infraestructura tecnológica		Software especializado a implementar		Ideas no convertidas en lanzamientos
		Organización		Residuos o desecho
		Empleados del área de ideación		Dummies desechados, lote de prueba, bosquejos inutilizables.

La empresa cuenta con paquetes de software que cumplen diversas funciones de acuerdo a los procesos en que son empleados. Entre estos, algunos son utilizados únicamente en el área de ideación y otros son de tipo colaborativo, entre otras áreas: para ideación se utiliza PTC Windchill y/o PTC Creo; el uso de SAP actualmente es sólo para el área de manufactura pero es muy importante su uso.

Como criterios de selección, se tuvo en cuenta aspectos como ventas, crecimiento en los últimos años, recomendaciones de CIMdata así como capacidad y respuesta al cliente. Luego de ello, se llegó a la conclusión de que los siguientes, son los paquetes más adecuados de acuerdo a las necesidades de la empresa:

- Aras
- PTC con sus dos series: Creo para ideación y Windchill para PLM
- SAP
- Siemens

De estos 4 paquetes informáticos, la empresa cuenta con el módulo Creo y Windchill de PTC y con el módulo de manufactura de SAP. En la Tabla 7 es posible apreciar la descripción de cada uno de ellos.

Tabla 7. Descripción de los paquetes de software seleccionados

Programa	Función	Áreas de Desempeño
PTC WINDCHILL	Ofrece capacidades comprensivas para ayudar a los fabricantes a administrar sus productos a través de todas las fases del ciclo de vida de los mismos. Como el depósito central de información relacionada al producto, las herramientas de PLM de PTC Windchill ayudan a las compañías a lanzar productos al mercado más rápido, mejorar la calidad y el desempeño así	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Administración de datos del producto</li> <li>-Calidad del producto</li> <li>-Análisis del producto</li> <li>-Colaboración</li> <li>-Integración</li> <li>-Administración</li> <li>-Servicios del producto</li> </ul>

Programa	Función	Áreas de Desempeño	
	como la reducción de riesgos en su producción.		
PTC CREO	Es un software de diseño de productos, escalable e interoperable que permite un desarrollo más rápido agregando valor. Ayuda a los equipos de trabajo a crear, analizar, ver y revisar el diseño de productos con todo el equipo utilizando CAD 2D y 3D así como modelamiento directo y paramétrico.	Diseño del Concepto	-Diseño del concepto libre -Ingeniería conceptual -Concepto evolutivo del diseño
		Diseño Detallado	-Cambios en la etapa avanzada de diseño -Reposicionamiento de datos Multi-CAD -Desempeño de grandes cadenas de ensamblaje -Diseño modular del producto -Diseño multi-CAD
		Simulación y Análisis	-Notas de Ingeniería para PTC Mathcad -Simulación para Diseñadores -Preparación del Modelo para CAE
		Trabajo con otros equipos	-Usuarios de Manufactura Casual -Codiseño Electro Mecánico -Ilustración técnica
SAP	Basado en fundamentos para desarrollo de productos en plataformas colaborativas a través de su software para PLM. Integra los recursos internos, socios, clientes y proveedores. Permite compartir datos críticos (planos del proyecto, recetas, estructuras de productos y documentación, servicios, resultados de auditorías y cambios de órdenes) a través de equipos virtuales.	-Reducción de tiempos de ciclo de diseño a través de procesos colaborativos y el uso eficiente de recursos -Aprobación simple de cambios requeridos para usuarios definidos junto con la administración de registro de cambios -Optimización de formulaciones, y creación y gestión de especificaciones de producto y datos de etiquetado del producto -Evaluación de cálculos en tiempo real, que son mediciones claves, así como nutrientes, propiedades químicas y costos -Tomar mejores decisiones con información de contextos relevantes sobre productos y proyectos actuales.	
SIEMENS	Es una unidad de negocio de Siemens Industry Automation Division, líder global de software y servicios para PLM.	Teamcenter es un portafolio de soluciones digitales para el ciclo de vida con base en PLM. Es usado como apoyo para la introducción y desarrollo de nuevos productos, desarrollo de productos globales, manufactura global, mantenimiento, reparación y registro, abastecimiento estratégico y otras funciones estratégicas del ciclo de vida del producto. Teamcenter está diseñado para proveer de información a los usuarios con seguridad y acceso global a una sola fuente de producción.	

### 5.2.2. Estudio económico

El objetivo de este estudio consistió en ordenar y sistematizar la información de carácter financiero proporcionada por el análisis técnico, y de esta manera determinar el costo-beneficio del proyecto. Se determinaron los costos totales y la inversión inicial para la propuesta de implementación de PLM para O-I Colombia, ya que estos costos dependen de la tecnología seleccionada.

Los factores claves de desempeño se clasificaron en tres aspectos para la estimación del ROI:

- Beneficios: ¿Cuánto la compañía se beneficiará con la implementación de PLM?
- Costos: ¿Cuánto se pagará por recursos e inversiones?
- Riesgos: ¿Cómo la incertidumbre podría cambiar el impacto total de PLM en el negocio?

Luego de realizar un análisis respecto a los beneficios asociados a la implementación de PLM, se concluyó lo siguiente:

- **Tiempo de lanzamiento al mercado:** Al contar con información centralizada y con un control significativo de los datos se logrará acelerar el ciclo de revisiones a los cambios de diseño así como mejorar la agilidad para la transferencia de información al área de producción. Estas mejoras ayudan a llevar nuevos productos al mercado más rápido y permite que los ingresos sea captados de forma rápida. Aunque el mercado de envases de vidrio es monopolístico, existen competidores extranjeros o productos sustitutos, por lo que la ventaja del primer movimiento es un diferenciador crítico, y una mayor velocidad de desarrollo de productos también se puede

correlacionar con ventajas competitivas y el aumento de la cuota de mercado.

- **Eficiencia operativa:** La plataforma PLM permite mejorar el escaso control que existe actualmente con los datos de producto, centralizando la información. Puede eliminar actividades innecesarias, se evita la duplicación de datos a través de los sistemas, se comprueban las inconsistencia de datos, y la búsqueda de la información faltante.

Por otra parte, los equipos de desarrollo de productos y el personal de operaciones, posiblemente encontrarán un menor número de errores de reprocesamiento y ciclos de re-trabajo asociados a información desactualizada. La disminución de los tiempos de diseño representa menores costos asociados a la reutilización de información.

- **Costos bajos de materiales y de producción:** Hasta con un 70% de los costos de un producto bloqueado durante la fase de diseño, la oportunidad de reducir los costos de materiales y de producción a través del diseño colaborativo es grande. La estrategia PDM se aprovecha de materiales compartidos, proveedores y formatos de diseño "maestros" para lograr un ahorro de materiales directos.
- **Menores riesgos de incumplimiento:** La capacidad de PLM para controlar una única versión para toda la información relacionada con el producto ayudará a mitigar los riesgos de incumplimiento para la empresa. Así pues se reduce el riesgo de sanciones civiles, honorarios legales, pérdida de productividad, entre otras.

Los costos asociados al proyecto de instauración de PLM en OI-Colombia están divididos en tres grupos:

- **Inversión de capital (pago único):** inversión inicial y hardware.
- **Costos generales (pago único):** Compra o arrendamiento de hardware del servidor, contrato anual de mantenimiento de hardware del servidor, actualización WAN Interna, recursos de personal de TI, administrador del sistema PLM, costos de Ingeniero(s) de aplicación PLM, formación y capacitación del administrador del sistema y el ingeniero de aplicaciones(s), software de base de datos (Oracle) y mantenimiento de las bases de datos.
- **Costos Anuales:** costos futuros para actualizaciones de software PLM y actualizaciones de hardware del servidor, mantenimiento de software y servicio post-compra.

Los riesgos asociados para convertir un proyecto optimista y potencialmente inalcanzable, en uno con mayor precisión fueron los siguientes:

- **Problemas con la integración de las diferentes tecnologías:** Es fundamental reducir las posibilidades de bloqueos por tratar de conciliar la visión de la estrategia PLM desde el personal de TI y la visión de la parte operativa desde la perspectiva de los equipos de diseño y desarrollo.
- **Desalineación de los objetivos PLM entre las diferentes funciones organizacionales:** no sólo los directivos de la empresa manejan distinta información en el sistema PLM, sino que necesitan habilidades y derechos de acceso diferentes; ellos también tienen distintas perspectivas sobre cómo es la organización y gestión de los datos, que a menudo crea una

topología política difícil de entender que no coincide con los usuarios operativos (diseñadores especialmente).

- **Problemas de compatibilidad de datos:** Mapear datos del producto unido a las nuevas características, conlleva tiempo y consume muchos recursos. Tomando esto en cuenta, la empresa debe validar que el trabajo se haya completado antes de migrar los datos al PDM, o de lo contrario el sistema no dará los resultados requeridos inutilizándola, así como los datos que se ingresen a él.
- **Falta de aceptación por parte de los usuarios del sistema:** diferenciando del caso de los procedimientos financieros basados en el sistema ERP, con PLM, los profesionales de desarrollo de productos, realizan fácilmente actividades de diseño fuera del sistema PLM sin preaviso. En concreto, la búsqueda y reporte de cambios a componentes y su actualización en base de datos, son procesos que a menudo socavan la adopción y la eficacia de las funcionalidades de PLM.

Para calcular el Retorno Sobre la Inversión (ROI - Return On investment) por la implementación de PLM, se realizó una valoración cuantitativa de las implicaciones económicas que trae consigo PLM, tomando en cuenta factores tales como: beneficios, costos y riesgos mencionados anteriormente, de conformidad con los ingresos típicos, márgenes, y las operaciones de desarrollo de productos de la empresa.

Para el análisis, se asumió a O-I Colombia como una sola división de negocios con múltiples líneas de productos que generan \$722.513.353 millones de pesos en ventas anuales, con una utilidad operacional del 23,76% para una utilidad neta del año de \$116.466.008 millones de acuerdo al informe de Estados Consolidados a

31/12/2014 (ver Tabla 8). En este escenario, se consideró que la compañía opera con un 45,78% de margen bruto (antes de contabilizar ventas, generales y gastos administrativos), tiene un personal de desarrollo de producto de 20 personas, y sus ingresos anuales procedentes de nuevos lanzamientos, oscilan entre el 3% al 5%.

Tabla 8. Estados consolidados de resultados 2014 O-I Colombia

A 31 de Diciembre 2014 en miles de pesos			
Ingresos Operacionales		722.513.353	
Costo de ventas		(391.767.753)	
	Utilidad Bruta	330.745.600	<b>45,78%</b>
Gastos Operacionales			
Ventas		(126.206.348)	
Administración		(28.589.860)	
Jubilaciones		(4.298.575)	
	Utilidad Operacional	171.650.817	<b>23,76%</b>
Otros ingresos/egresos			
Financiero neto		(1.467.000)	
Diversos neto		9.248.415	
	Utilidad antes de Impuestos	179.432.232	<b>24,83%</b>
Impuesto de renta y complementarios			
Corriente		(51.480.727)	
Diferido		(11.485.497)	
	Utilidad neta del año	116.466.008	<b>16,12%</b>

Se encuentran 10 personas realizando operaciones adicionales, necesarias para colaborar periódicamente sobre decisiones de diseño, así como referencias liberadas (released) de datos del producto.

Para efectos de llevar a cabo el análisis costo-beneficio, se estableció un conjunto de valores de referencia y suposiciones basadas en las entrevistas con directivos, usuarios del sistema y proveedores de tecnología. Se eligieron los siguientes parámetros como los principales insumos para el modelo:

- Se estableció una ventana de tres años para el análisis. La propuesta o escenario de inversión en la estrategia PLM será durante un período de tres años con una distribución para el despliegue inicial de la configuración del PDM (con una duración de 18 meses) y el despliegue de la estrategia PLM ampliada posteriormente (con una duración de 12 meses).
- Las licencias de software se calculan con precios según el tipo de usuario de conformidad, y con listas de precios suministradas por proveedores nacionales que manejan esta tecnología. Las licencias para el software extendido PLM para un usuario diseñador de productos es en total \$15.000.000 y \$6.000.000 por usuario operativo. Para ambos tipos de licencias, se calcularon los cargos por servicio de mantenimiento en curso al 20% de los costos de licencia.

A continuación se hace una descripción de los diversos recursos necesarios para la implementación de PLM

### 5.2.3. Marco de tiempo de la evaluación costo-beneficio

Este análisis presume que la iniciativa PLM comienza el 1 de enero del año 1 y continúa hasta el 31 de diciembre del año 3. Con base en informes de

organizaciones que han enfrentado este tipo de proyectos, las siguientes fases se desarrollarán:

- *Fase de planificación inicial:* La empresa trabajará durante los primeros 3 meses para establecer la eficacia del programa, alinear los intereses de las partes involucradas en todos los departamentos, y de esta manera justificar la inversión. Si bien la organización sin duda ganará en cuanto al aprendizaje en el trabajo colaborativo con PLM durante esta fase, no se han asumido beneficios financieros durante esta fase inicial.
- *Fase de despliegue del sistema:* Esta fase tiene una duración de 18 meses; requiere un mayor costo necesario para ofrecer la funcionalidad de gestión de datos de productos básicos (PDM) a través de los usuarios de desarrollo de productos. Incluye la inversión en hardware y licencias de infraestructura y software, configuración/personalización de la funcionalidad, la migración de datos de productos, e integrar el software PLM con aplicaciones nuevas y existentes de diseño tales como CAD y otros sistemas de creación de producto simultáneamente. La empresa inicia la planificación e implementación de la funcionalidades ampliadas de la gestión del ciclo de vida del producto, con orientación al personal operativo en el mes 13, con el despliegue completo calculado para el mes 24 y pudiendo medir los beneficios correspondientes al principio del año 3.
- *Beneficios en curso y fase de apoyo:* Durante el mes 19 y los siguientes meses, la empresa se da cuenta de los beneficios de la funcionalidad PDM. Durante el mes 25 y posteriores, la empresa identificará los beneficios de las funcionalidades extendidas PLM, sometidas a los factores de riesgo definidos. Para efectos de este análisis, los beneficios comienzan junto con los costos operativos en curso, como el software y el mantenimiento de

hardware, formación de usuarios, y los recursos de apoyo tanto del negocio y de TI.

### **5.3. HALLAZGOS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

Luego de realizar la aplicación de la estrategia PLM en O-I Colombia, y hacer el análisis de factibilidad, se obtuvieron los siguientes hallazgos:

- La empresa se encuentra en un estado avanzado en cuanto a la gestión organizada de sus procesos, las herramientas de software con las que cuenta, su recurso humano, así como la infraestructura disponible; situación que hace propicia la implementación de PLM, sumando a que se cuenta con los recursos económicos necesarios para realizar las adquisiciones determinadas por la estrategia.
- A pesar de que en el modelo teórico se establece una serie de pasos para el desarrollo del estudio de factibilidad, probablemente al aplicarlo en una empresa, sea necesario realizar ciertos análisis complementarios, con la finalidad de describir de una manera más acertada la realidad de la empresa, tal como ocurrió en el caso de O-i Colombia, en donde fue necesaria la inclusión de los factores “capacidad individual de cada máquina” y “optimización de la mano de obra” en cuanto a la determinación de la capacidad de los procesos, ajustado al proceso de ideación, sobre el cual se hizo el análisis en la empresa.
- A pesar de que el pronóstico de los beneficios esperados luego de la implementación de la estrategia PLM, podría brindar un panorama más amplio respecto a los resultados a los que se apuntaría conseguir luego de culminar el proyecto, no siempre se cuenta con las variables necesarias para poder identificarlos cuantitativamente. Debido a esto, es necesario

definir los indicadores claves de desempeño<sup>47</sup> y hacer una medición de los mismos al inicio del proyecto, de tal manera que puedan ser comparados periódicamente, una vez culmine el proyecto PLM y sea posible evidenciar el comportamiento de los procesos intervenidos en el nuevo escenario de trabajo.

Después de identificadas las mejoras y los hallazgos de la implementación del modelo en O-I Colombia, se procedió a documentarlo en su versión final, incluyendo los aspectos que fueron empleados durante su aplicación, pero que inicialmente no se habían tenido en cuenta al momento de diseñar el modelo teórico. En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es posible preciar dicho modelo de manera consolidada.

---

<sup>47</sup> En la tabla 5 es posible apreciar algunos indicadores claves de desempeño que podrían ser utilizados para realizar la medición de referencia.

## 6. CONCLUSIONES

- Según el análisis de la literatura se puede concluir que el 50% de las empresas que implementan la estrategia PLM lo hacen en ciertas áreas del ciclo de vida del producto, pero solo el 8% de las empresas cuentan con una visión clara de que implica su implementación, adicional a esto, el 50% se queda en la implementación y solo el 18% de las empresas analizadas utilizan la estrategia, en donde el 26% de sus trabajadores interiorizan el concepto y el 7% solo son seguidores.
- En relación al análisis de la literatura en implementación de un sistema PLM, se evidencia que los autores proponen como necesario un diagnóstico inicial de las capacidades internas de la empresa, en cuanto al conocimiento y estado de sus procesos, permitiendo identificar la estrategia adecuada para la implementación, asegurando el éxito de la iniciativa.
- El objetivo de la estrategia PLM debe estar alineado con la planeación estratégica de la empresa; a través de iniciativas o proyectos, en donde la empresa escoja los correctos sistemas de información, organice sus procesos, incluya personal experto e integre a las personas mediante capacitación, motivación y concientización de sus responsabilidades e importancia en la transición a PLM.
- El tiempo y los recursos necesarios para la estabilización de un sistema PLM en una empresa, dependerán del tamaño de la empresa, el enfoque adoptado para el proyecto y el software elegido; ya sea un paquete estándar, o uno ajustado a las necesidades de la empresa.

- Con el uso adecuado de los sistemas de información, es posible evitar la duplicidad de información, gestionando y generando planes de proyecto, métodos estándar y enunciaciones de producto para todo un grupo o familia de productos. De esta manera se tendrá control sobre los datos asociados a un producto, una estructura, procesos, proyectos, documentación asociada, etc. y analizar los impactos de cambios o proyectos que están relacionados con un producto.
- La estimación del recurso técnico que requiere la empresa en torno a la cantidad deseada de producción, intensidad del uso de la mano de obra, optimización física del equipo de producción y tecnología de los equipos a emplear, dependerá del alcance definido en el proyecto de implementación.
- Es posible encontrar que dos o más empresas que tengan el mismo objetivo en torno a la implementación de PLM, tengan diferencias en la inversión inicial y los costos generados para el desarrollo del proyecto. Esto tiene una relación directa con los KPIs propuestos para el análisis costo-beneficio.

## 7. RECOMENDACIONES

- Las empresas que decidan implementar una estrategia PLM, deberán tener en cuenta que este, al igual que cualquier otro proyecto, requiere de una adecuada ejecución y la aplicación de buenas prácticas de gestión de proyectos, tal como las presentadas por el PMI en su PMBOK, documento que contiene las buenas prácticas recopiladas por expertos en la materia, para incrementar la probabilidad de éxito de un proyecto.
- Se debe tener en cuenta los beneficios aportados por los software PDM permite llevar un mejor control sistematizado de los tipos de productos, llevando a cabo la información de manera personalizada, enfocada a cada una de las necesidades de la empresa para evitar controles excesivos. Este sistema permitirá tener garantías de cada uno de los realizados, reprocesos y reutilización de información histórica.
- Se recomienda aplicar el modelo a otras empresas, en lo posible de distintos sectores para identificar otros aspectos relevantes en la implementación de la estrategia PLM que no fueron planteados en este estudio ya que se realizó únicamente en O-I Colombia.
- Es importante que la herramienta se dé a conocer, pues se considera un aporte grande a la investigación de la gestión del ciclo de vida del producto. Tema que en la actualidad no es muy común y los pocos análisis que existen son aplicados a empresas grandes (industria automotriz, aeroespacial, energía, microprocesadores y alta tecnología, etc.), dejando a las PyMes con dificultad para implementarla.

- Otro aspecto importante va dirigido a futuros investigadores que deseen continuar con el análisis de factibilidad, donde puedan identificar costos adicionales que han de ser específicos en cada área de la empresa (producción, mercadeo, finanzas, gestión administrativa, entre otros) que pueden marcar una diferencia en la obtención de los beneficios, y logren dar una visión más amplia a los directivos antes de comenzar el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVICI, M; SCHUTLE, S.; et all: Study “Benefits of PLM – The Potential Benefits of Product Lifecycle Management in the Automotive Industry”, Chair of IT in Mechanical Engineering (ITM), Ruhr University Bochum, IBM BCS, Bochum, Frankfurt, 2004.
- ABRAMOVICI,, M.; SCHUTLE, S. : PLM – State of the Art and Trends. Chair of IT in Mechanical Engineering (ITM), Ruhr University Bochum. Germany
- ALEMANNI, M.; ALESSIA, G. ; TORNINCASA, S.; VEZZETTI, E. : Key performance indicators for PLM benefits evaluation: The Alcatel Alenia Space case study. Italia, Febrero 2007
- BACCA, G: Evaluación de proyectos. Cap. 2 – Estudio técnico. 2013 Cap. 3 p. 97
- BRYD, T; TURNER, D: Measuring the flexibility of the information technology infrastructure: exploratory analysis of a construct, Journal of Management Information Systems 17 (2000) 167–208.
- CHIABERT, P; MARTÍNEZ, J; SAUZA, J: Visualization Model for PLM. International Scientific Conference MOTSP 2012
- CIMdata es una firma global de consultoría independiente que se ha consolidado como una fuente de información y orientación líder a nivel mundial para las organizaciones industriales y proveedores de tecnologías y servicios PLM
- Deloitte Research: Mastering Innovation – Exploiting Ideas for Profitable Growth, Deloitte Research Global Manufacturing Study, New York, 2005
- HENDRICKS, K; SINGHAL, V;STRATMAN, J: The impact of enterprise systems on corporate performances: a study of ERP, SCM and CRM system implementations, Journal of Operations Management 25 (2006) 65–82.
- HUAN, S; OU,C; CHEN, C; LIN, B: An Empirical Study of Relationship Between IT Investment and Firm Performance: A Resource-based Perspective. European Journal of Operational Research 173 (2005) 984–999
- KLUYVER, C. Innovation and Industrial Product Life Cycles. California Management Review. Otoño 1977. Volumen 20. No. 1 P. 21-33

- LE DUIGOU, J; BERNARD, A. y PERRY, N: Framework for PLM integration in Small and Medium Enterprises Networks. *Computer-Aided Design & Applications*, 8(4), 2011, 531-544
- MABERT, V; SONI, A; VENKATARAMANAN M: Enterprise resource planning survey of US manufacturing firms. *Production & Inventory Management Journal*. 41 (2000) 52–58.
- MENDEL, A. Why care about PLM? *Mechanical engineering* 1919 (2011)
- MERTICARU, V, MUSCĂ, G. A vision upon PLM as strategic instrument for concurrent engineering and for sustainable product design. *The Annals Of 'Dunărea De Jos' University Of Galați*. (2009) 355-360
- PERILLA-FONTECHA, M: Pymes y Globalización en Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Mayo 2015
- RODRÍGUEZ-FLÓREZ, J: Modelo de Visualización del Diseño Centrado en el Usuario a la Gestión del Ciclo de Vida del Producto (PLM). Universidad Industrial de Santander 2012
- SAAKSVUORI, A; IMMONEN, A: *Product Lifecycle Management*. 3ra Edición 2008: Springer.
- SCHUH, G. y otros: Process oriented framework to support PLM implementation. *Computers in Industry*. No. 59 (2008) 210–218
- SIEMENS PLM Software es un proveedor líder a nivel mundial de software de gestión del ciclo de vida del producto y de gestión de operaciones de producción.
- STARK, J., *Product Lifecycle Management: 21st century paradigm for product realisation*. 3rd ed 2006, London: Springer-Verlag. P17-18
- VEGA, J: Los estudios de viabilidad para negocios. Centro de Desarrollo Económico del Recinto Universitario de Mayagüez 2006.
- VILLEGAS-LONDOÑO, D; TORO-JARAMILLO, I: Las Pymes: una mirada a partir de la experiencia académica del MBA. *Revista MBA EAFIT*. Mayo 2010
- WOGNUM, N; TRAPPEY, A: PLM challenges. *Editorial Advanced Engineering Informatics* 22 (2008) 419–420

## **ANEXOS**