

**MODELO DE DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD Y MADUREZ EMPRESARIAL  
ORIENTADO A SOPORTAR LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA  
PLM PARA PYMES MANUFACTURAS EN SANTANDER. CASO: SECTOR  
METALMECÁNICO.**

**GIOVANNI JUNIOR NAVARRO ZAGARRA  
ALEXIS VILLAMIZAR CÁRDENAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL – ESCUELA DE ESTUDIOS  
INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2016**

**MODELO DE DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD Y MADUREZ EMPRESARIAL  
ORIENTADO A SOPORTAR LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA  
PLM PARA PYMES MANUFACTURAS EN SANTANDER. CASO: SECTOR  
METALMECÁNICO.**

**GIOVANNI JUNIOR NAVARRO ZAGARRA  
ALEXIS VILLAMIZAR CÁRDENAS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por los títulos de:  
Ingeniero Industrial  
Diseñador Industrial**

**Director:**

**JAVIER MARTÍNEZ GÓMEZ, PhD.  
PhD en Sistemas de Producción y Diseño Industrial**

**Codirector:**

**ELIANA MARCELA PEÑA TIBADUIZA, MsC.  
Magister en Ingeniería Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL – ESCUELA DE ESTUDIOS  
INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA

*No soy alguien religioso pero creo en ti a mi modo, así que por el simple hecho de permitirme estar aquí y culminar una etapa más en mi vida te agradezco Dios.*

*A mis Padres Giovanni y Diana por ser mi ejemplo a seguir, por sus sacrificios, consejos, lagrimas, oraciones y regaños. Son las personas que me trajeron a este mundo y me han amado desde el primer momento y lo seguirán haciendo hasta el último. Por estas razones y muchas más que de escribirlas jamás terminaría, a ustedes este logro.*

*A mi hermana, Andrea eres nuestro pequeño orgullo, y este logro es un ejemplo más para que tú también alcances tus metas.*

*A mis amigos que me han enseñado tanto y a su vez me han hecho reír, preocupar, y encaminarme, por ustedes estamos culminando esta etapa (CR, RH, CH, TS).*

*Y por último a todas las personas que de una u otra forma han contribuido al desarrollo de mi formación como persona y profesional a todos ustedes ¡lo logramos!..*

**Giovanni Junior Navarro Zagarra**

## **DEDICATORIA**

*Principalmente dedico este trabajo a mi madre, Yolanda, quien con su ejemplo, esfuerzo y amor me ha enseñado a superar los obstáculos de la vida, y a quien amo inmensamente, este logro es más para ti que para mi.*

*A mi abuela Alix, mi modelo a seguir y a la Nonita Olinda que no alcanzó a estar para este momento.*

*A mi familia y amigos por siempre estar presentes, creer en mí y brindarme su apoyo y cariño, ustedes también han contribuido en llegar a esta meta.*

*A Edgar, quien me ha apoyado incondicionalmente, siempre me da los mejores consejos y me impulsa constantemente a enfocarme para cumplir objetivos, gracias, esto también es por ti.*

*A todos ustedes, muchas gracias, sin ustedes no habría sido posible.*

***Alexis Villamizar Cárdenas***

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento especial a los profesores Javier Mauricio Martínez Gómez y Eliana Marcela Peña Tibaduiza directores de este proyecto, por su paciencia, tiempo, ayuda constante y por brindarnos las pautas necesarias para el desarrollo del mismo.

A la Universidad Industrial de Santander, por la formación profesional que nos ha brindado durante estos años.

A nuestros familiares y allegados, por estar siempre brindándonos su apoyo.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	18
CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS .....	20
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	21
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	24
1.3 OBJETIVOS .....	26
1.3.1 Objetivo General .....	26
1.3.2 Objetivos Específicos .....	26
2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....	27
2.1 PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT .....	27
2.2 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA PLM .....	29
2.3 IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA PLM .....	33
3. ESTADO DEL ARTE .....	35
3.1 ENTORNO GENERAL .....	35
3.1.1 Evolución de sistemas PLM .....	35
3.2 ENTORNO GLOBAL .....	36
3.3 ENTORNO NACIONAL .....	37
3.3.1. Proyección a futuro .....	38
3.4 SECTOR METALMECÁNICO EN SANTANDER .....	39
3.4.1 Evolución histórica del sector metalmecánico .....	39
3.4.2 Evolución histórica a nivel departamental .....	42
3.4.3 Delimitación de la aglomeración de empresas metalmecánicas en el área metropolitana de Bucaramanga .....	44

4. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DIAGNOSTICA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD Y MADUREZ EMPRESARIAL ORIENTADO A SOPORTAR UNA ESTRATEGIA PLM EN PYMES MANUFACTURERAS DE SANTANDER.....	46
4.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	46
4.2 SELECCIÓN DE LAS FASES DEL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO .....	47
4.2.1 Definición de ciclo de vida del producto basado en PLM.....	48
4.2.2 Selección de las fases del ciclo del producto presentes en la herramienta diagnóstica.....	57
4.2.3 Asignación de las áreas organizacionales a evaluar por la herramienta diagnóstica (modelo de visualización de procesos PLM).....	63
4.2.4 Áreas organizacionales .....	67
4.3 IDENTIFICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS.....	70
4.3.1 Niveles de Capacidad y Madurez .....	71
4.4 DESARROLLO DEL MODELO .....	76
4.4.1 Interacción entre áreas .....	77
4.4.2 Definición de variables de medición.....	83
4.4.3 Estructura del diagnóstico.....	85
4.4.4 Simulación y pruebas del modelo .....	86
5. VALIDACIÓN .....	100
6. CONCLUSIONES .....	102
7. RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXOS.....	112

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Línea del tiempo desarrollo del sector metalmecánico nacional y regional. .....	39
Figura 2. Aglomeración de empresas del sector metalmecánico de la región de Santander. ....	43
Figura 3. Mapa geográfico de las empresas en Santander. ....	44
Figura 4. Localización empresas metalmecánicas en el AMB .....	45
Figura 5. Ciclo de vida del producto (Marketing).....	48
Figura 6. Sobre posición de las fases del ciclo de vida de un producto .....	50
Figura 7. Product Lifecycle Abramovici & Schulte.....	53
Figura 8. Interrelación entre diferentes estrategias y sistemas informáticos con PLM. ....	54
Figura 9. Product Lifecycle Phases.....	55
Figura 10. Fases del ciclo de vida del producto de la herramienta diagnostica .....	57
Figura 11. Áreas de proceso en el ciclo de vida del producto.....	64
Figura 12. Visualización del modelo. ....	65
Figura 13. Panorama general del modelo de visualización de procesos. ....	66
Figura 14 "....." .....	88
Figura 15. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Gestión de Requerimientos .....	90
Figura 16. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Diseño de Producto .....	91
Figura 17. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Gestión de Proyectos.....	92

Figura 18. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Gestión de configuración y cambios .....	93
Figura 19. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Producción del producto .....	94
Figura 20. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Pruebas del producto.....	95
Figura 21. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Marketing y servicios del producto.....	96
Figura 22. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Evaluación de la sostenibilidad del producto .....	97

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Cumplimiento de objetivos .....	20
Tabla 2. Fases de ciclo de vida.....	51
Tabla 3. Ideación .....	58
Tabla 4. Definición .....	58
Tabla 5. Realización .....	59
Tabla 6. Marketing, Distribución y Ventas.....	60
Tabla 7. Uso y Soporte .....	61
Tabla 8. Disposición o Reciclaje .....	62
Tabla 9. Interacción de la fase ideación vs las áreas organizacionales seleccionadas. ....	77
Tabla 10. Interacción de la fase definición vs las áreas organizacionales seleccionadas. ....	78
Tabla 11. Interacción de la fase realización vs las áreas organizacionales seleccionadas. ....	79
Tabla 12. Interacción de la fase marketing, distribución y ventas vs las áreas organizacionales seleccionadas. ....	80
Tabla 13. Interacción de la fase uso y soporte vs las áreas organizacionales seleccionadas. ....	81
Tabla 14. Interacción de la fase disposición final vs las áreas organizacionales seleccionadas. ....	82
Tabla 15. Determinación de variables de medición: Requerimientos del producto	84
Tabla 16. Validación de preguntas por variables respecto a fases del ciclo de vida del producto y áreas de procesos: Requerimientos del producto. ....	101

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Medición de desempeño en Organizaciones. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO B: Niveles de capacidad y madurez según el enfoque del modelo de integración de modelos de madurez de capacidades. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO C: Tablas de evidencias con variables en cada una de las áreas organizacionales. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO D: Carta de consentimiento informado Empresas. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO E: Guía de aplicación de la encuesta. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO F: Formato de la encuesta (Plataforma Survey Monkey). (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO G: Formato de asignación de roles. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO H: Respuestas Encuestas Empresa A. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO I: Respuestas Encuestas Empresa B. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO J: Tablas de verificación. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO K: Formato 2 Modelo Diagnóstico. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

ANEXO L: Formato base de entrega de informe a empresas encuestadas. (Anexo en carpeta adjunta en cd)

## RESUMEN

**TÍTULO:** MODELO DE DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD Y MADUREZ EMPRESARIAL ORIENTADO A SOPORTAR LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA PLM PARA PYMES MANUFACTURAS EN SANTANDER. CASO: SECTOR METALMECÁNICO .

**AUTORES:** NAVARRO ZAGARRA, Giovanni Junior  
VILLAMIZAR CÁRDENAS, Alexis \*\* .

**PALABRAS CLAVES:** Gestión del ciclo de vida del producto (PLM), Herramienta Diagnóstica, Capacidad y Madurez empresarial, Sector metalmeccánico de Santander.

### DESCRIPCIÓN:

Mejorar en un entorno donde la globalización ya no es un término lejano y cualquier recurso distintivo puede convertirse en la ventaja diferenciadora, transforma a la búsqueda de nuevas estrategias en un medio de consolidación para brindar ese atributo singular que permita distinguirse y sobresalir.

Nuevas estrategias como la Gestión del ciclo de vida del producto (PLM) actualmente se están aplicando en muchos sectores, debido a la eficiencia con la cual se puede gestionar toda la información concerniente a un determinado producto, esto gracias a una base de datos gestionada a través de Sistemas de Administración de Datos de Producto (PDM) e integrando múltiples soluciones software como Sistemas de Planificación de recursos Empresariales (ERP) o Sistemas Gestión de la cadena de suministro (SCM), proporcionando beneficios como el aumento y optimización de la productividad; no obstante, una organización antes de pensar en abordar dicha estrategia debe realizar un diagnóstico de su estado actual y así poder conocer y tener la certeza del nivel de madurez en que se encuentra, teniendo este tipo de información pueden determinar si poseen las capacidades necesarias para la implementación, y el conocimiento de los aspectos que se deben mejorar antes de pensar en adoptar la estrategia o si realmente no es el tipo de estrategia a la cual deben recurrir en el momento.

Lo que se busca en este proyecto es poder suplir esta primera instancia al desarrollar una herramienta que le permita a las empresas realizar el diagnóstico inicial y de esta manera conocer su posición frente a una estrategia de Gestión del ciclo de vida del producto.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de estudios industriales y empresariales, Escuela de diseño Industrial. Director: Javier Mauricio Martínez Gómez, Codirectora: Eliana Marcela Peña Tibaduiza.

## ABSTRACT

**TITLE:** DIAGNOSTIC MODEL OF MATURITY AND CAPACITY BUSINESS ORIENTED TO ENDURE THE IMPLEMENTATION OF A PLM STRATEGY FOR MANUFACTURING SMES IN SANTANDER. CASE: METALWORKING SECTOR<sup>\*</sup>.

**AUTORS:** NAVARRO ZAGARRA, Giovanni Junior  
VILLAMIZAR CARDENAS, Alexis<sup>\*\*</sup>.

**KEY WORDS:** Product Lifecycle Management (PLM), Diagnostic Tool, Santander's metalworking sector.

### DESCRIPTION:

Improve in an environment where globalization is no longer a distant term and any distinctive resource can become the differentiating advantage, transforms the search for new strategies in a consolidation method to provide that unique attribute sought.

New strategies such as Product Lifecycle Management (PLM) are currently being implemented in many areas, due to the efficiency with which you can manage all information concerning a particular product, this thanks to a database managed to through Product Data Management System (PDM) and integrating multiple software solutions such as an Enterprise Resource Planning System (ERP) and a Supply Chain Management System (SCM), providing benefits as increasing and optimizing productivity; however, before thinking about engaging this strategy an organization should diagnose its current state so it can know and be certain about the maturity level at which it is, having this type of information they can determine if they possess the necessary capabilities to implementation, which aspects should be improved before thinking about adopting the strategy or isn't really the kind of strategy which must resort at the time.

What is sought in this project is to fill this first instance by developing a tool that allows companies to make the initial diagnosis and thus in this way their position against a Product Lifecycle Management strategy.

---

\* Collage Thesis.

\*\* Physical and Mechanical Engineering Faculty. School of Industrial and Business Studies, School of Industrial Design. Directed by: Javier Mauricio Martínez Gómez, Codirected by: Eliana Marcela Peña Tibaduiza.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante del proceso económico, tecnológico, político y cultural determinado como globalización ha traído consigo grandes cambios en el entorno en el cual se desenvuelven las industrias, la apertura de la economía Colombiana a mercados internacionales exigen un mayor nivel de competitividad para las empresas del país, lo cual hace que la búsqueda de innovaciones o un recurso distintivo sea necesaria y pueda llegar a convertirse en la ventaja que determine la diferencia en el mercado.

Colombia como país en vía de desarrollo basa gran parte de su economía en las PYMES (Pequeñas y Medianas empresas), porcentaje que al año 2011 representaba el 96% de las empresas del país<sup>1</sup>, estas empresas por la estructura que presentan son aptas para ser objeto de estudios y de esta manera promover la competitividad y dinámica de la economía, debido a que por el amplio porcentaje de la industria que representan su crecimiento influye directamente en la generación de empleo, favoreciendo a la industrialización del país. Esto hace que enfocar estudios a estos sectores y proveerles herramientas a los emprendedores que les ayuden a mantenerse, consolidarse e incluso liderar en los mercados sea de vital importancia.

Llegar a implementar una estrategia como la basada en la Gestión del Ciclo de Vida de un Producto es una de las posibles alternativas para fomentar el crecimiento de la las PYMES, pero como toda mejora conlleva un proceso, de lo contrario puede estar generando un estancamiento o inclusive un retroceso en el desarrollo de la industria Colombiana. Para disminuir este riesgo de fracaso al implementar una estrategia como PLM, es necesario evaluar en qué posición se

---

<sup>1</sup> Cantillo, D. Un país de pymes. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/un-pais-de-pymes-articulo-285125>. 2011.

encuentran las empresas frente a los conceptos de gestión y desarrollo que plantea dicha estrategia.

El propósito final de este proyecto es poder brindar la herramienta para aquellas empresas que desean optar por un cambio estratégico basado en la Gestión del Ciclo de Vida de un Producto, pudiendo contar con un modelo diagnóstico para realizar la primera etapa evaluativa sobre el estado en el que se encuentra la empresa a día de hoy, ayudando a comprender si en verdad PLM es la solución para poner en funcionamiento y de ser así que ámbitos se deben mejorar para realizar una buena implementación. En este documento el lector encontrará el desarrollo del proyecto distribuido de la siguiente manera:

- Capítulo 1. *Generalidades del proyecto*. Se presentan las consideraciones previas, tales como planteamiento, justificación y objetivos del proyecto.
- Capítulo 2. *Conceptos fundamentales*. Abarca definiciones sobre los principios fundamentales y de mayor relevancia para el proyecto.
- Capítulo 3. *Estado del arte*. Es la recopilación de contenido bibliográfico concerniente al tema abordado, enfocado a evidenciar el entorno general y actual del área de interés.
- Capítulo 4. *Diseño de la herramienta*. Se muestra el proceso de desarrollo de la herramienta, selección de áreas, interacción de las áreas, contenido a evaluar, y pruebas piloto realizadas en empresas del sector seleccionado para calibrar las preguntas y el método de aplicación.
- Capítulo 5. *Validación*. Muestra la corroboración de que la herramienta cumple el objetivo con el cual fue creada y contiene la información pertinente para evaluar el nivel de capacidad y madurez con respecto a una estrategia PLM.

Para finalizar se enuncian las conclusiones y recomendaciones.

## CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

**Tabla 1. Cumplimiento de objetivos**

Objetivos	Número de Páginas
Realizar una revisión de la literatura de PLM y modelos de referencia en capacidad y madurez empresarial enfocados a gestión del ciclo de vida de productos.	27-38
Caracterizar las pymes del sector metalmecánico en Santander a partir de información secundaria.	39-45
Determinar las áreas organizacionales que abarcará el modelo diagnóstico a diseñar a partir de modelos referentes, aplicables al sector metalmecánico en Santander.	46-70
Identificar modelos de buenas prácticas en cada área organizacional seleccionada para la categorización de los niveles de capacidad y madurez empresarial.	70-76
Elaborar un modelo diagnóstico que permita medir los niveles de capacidad y madurez en Pymes manufactureras para la implementación de una estrategia PLM. Enfocado a las características propias de la industria manufacturera Santandereana.	76-85
Validar el modelo de diagnóstico mediante la aplicación de estimación de parámetros y pruebas piloto en Pymes manufactureras de Santander.	85-101

# 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el crecimiento acelerado de las industrias, la globalización, y el constante cambio del mercado se obliga a las organizaciones a buscar mejores estrategias emergentes para consolidarse y mantenerse. La Gestión del Ciclo de Vida del Producto (PLM), ha pasado a ser una de las más utilizadas y que mejores resultados ofrece, tanto así, que sectores industriales líderes en gestión de la tecnología y la innovación como farmacéutica, aeroespacial y militar han optado por utilizar esta estrategia invirtiendo grandes cantidades de recursos en su desarrollo e implementación.<sup>2</sup>

La implementación de una estrategia PLM en una organización, genera grandes beneficios, se ha demostrado que esta puede llegar a aumentar la productividad de una empresa hasta el 100% con reducciones del costo del producto hasta del 41%<sup>3</sup>, reducir el capital inmovilizado, generar ahorros de tiempo y mejorar la calidad del producto de manera significativa.<sup>4</sup>

Colombia, un país en vía de desarrollo, que está abriendo las puertas a un amplio número de convenios internacionales, como por ejemplo los TLC con México, La Unión Europea, Estados Unidos de Norteamérica, CARICOM, entre otros<sup>5</sup>, concediendo la entrada de nuevos mercados y aumentando la competencia para

---

<sup>2</sup> Stark, J. Product Lifecycle Management: 21st century paradigm for product realization (3rd ed.). London: Springer-Verlag, 2006

<sup>3</sup> Ibid

<sup>4</sup> Sääksvuori, A., & Immonen, A. Product lifecycle management / Antti Saaksvuori, Anselmi Immonen: New York : Springer, 2004

<sup>5</sup> Ministerio de Comercio, I. y. T. M. Acuerdos Internacionales Vigentes 2014. Disponible en: <http://www.tlc.gov.co/publicaciones.php?id=5398>

las empresas nacionales, las cuales a su vez deben ajustar sus modelos empresariales y adoptar nuevas estrategias para poder afrontar dicha competencia, y así consolidarse, mantenerse vigentes y evitar su desaparición.

El departamento de Santander cuenta con un 22,5% de su PIB en el sector industrial, para el 2013 significó más de 6.155 miles de millones de Pesos creciendo un 2.2% con respecto a 2012 (DANE, 2013), así mismo como es tendencia en el resto del país, el 95,11% de las empresas del departamento se puede catalogar como Pyme (Cámara de Comercio, 2013), empresas que por su naturaleza y tamaño están en un constante proceso de desarrollo y son las que con mayor facilidad tienden a desaparecer, por esta razón necesitan conocer e implementar estrategias que les ayuden a aumentar su competitividad y mejorar sus capacidades.

Cabe aclarar que aunque PLM es una estrategia con resultados comprobados, no todas las organizaciones están en condiciones para soportar su implementación, de manera que se hace necesario realizar un alistamiento previo para que estas lleguen a un nivel de madurez y tengan la capacidad suficiente para poder implementarla y obtener los beneficios que esto trae consigo; por tanto para que las organizaciones en el país puedan utilizar esta estrategia, primero necesitan conocer sus capacidades actuales y su nivel de madurez, y de este modo generar las condiciones que optimas que requiere su implementación.

En la literatura sobre PLM se encuentran metodologías como la de PLM-Info (PLM-Info), SAP-PLM (SAP-PLM, 2014) o Konotec<sup>6</sup> que guían en el proceso de implementación de esta estrategia, y todas tienen en común la necesidad de medir el estado inicial de capacidades y madurez de la organización, pero no brindan un soporte o herramienta que facilite la realización de este objetivo, convirtiéndose en la meta del proyecto la creación de un modelo diagnóstico capaz de medir los

---

<sup>6</sup> Konotec. Implementación PLM, CRM y Documoto. 2014

niveles iniciales de madurez en Pymes Santandereanas bajo los conceptos que brindan expertos en el tema sobre la implementación de una estrategia PLM, y a su vez enfocados al comportamiento de la industria colombiana como tal.

Así mismo tomando ejemplos actuales de herramientas de medición, específicamente hablando la herramienta de diagnóstico realizada por La fundación Prodintec (PRODINTEC) y modelos de madurez como el de Hammer, se planea la integración de áreas directas al ciclo de vida del producto, que no se han tomado en cuenta como la comunicación con proveedores, clientes, y demás factores internos y externos de la organización, que recaen directamente sobre el producto final, antes, durante y después de su desarrollo. Alguno de los factores de medición que traen las herramientas actuales (PRODINTEC) son los siguientes:

- **Gestión Empresarial:** Es la orientación de la empresa hacia el diseño y hacia la gestión de manera general de la información dentro de la compañía.
- **Gestión de Producto:** Alcance en la Generación, seguimiento y control de los datos vinculados a un Producto.
- **Gestión de Proyectos:** Disponibilidad para la dirección de proyectos de Diseño y los mecanismos usados en el momento de la creación, lanzamiento y/o modificación de un nuevo producto.
- **Colaboración e integración:** Establecimiento de vías de comunicación orientadas al trabajo colaborativo dentro del equipo de diseño con otras áreas y con agentes externos, e integración de sistemas de innovación.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

### **Pregunta de investigación:**

¿Cómo medir la capacidad y madurez de una Pyme manufacturera santandereana para afrontar la implementación de una estrategia PLM?

La implementación de estrategias como PLM que permitan elevar la competitividad de las Pymes en Santander se hace cada vez más necesaria. Con el paso del tiempo se presentan mayores amenazas al mercado interno y las organizaciones comienzan a ver la necesidad de adoptar estos modelos que han tenido un amplio éxito en organizaciones a nivel mundial, para poder mantenerse vigentes y evitar su desaparición.

Previo a implementar una estrategia PLM se hace necesario que la empresa tenga la capacidad y madurez suficientes para que esta se pueda realizar de manera efectiva y con los resultados esperados, pero no existe un modelo diagnóstico de capacidad y madurez que se ajuste a las Pymes del sector manufacturero en Santander, ni una herramienta que permita realizar un diagnóstico de las mismas, obligando a adoptar instrumentos genéricos que probablemente no se ajusten a las necesidades ni naturaleza de estas empresas, por estas razones se hace necesario el desarrollo de un modelo diagnóstico de capacidad y madurez orientado a las Pymes de Santander para la implementación de una estrategia de gestión del ciclo de vida del Producto.

Aun cuando se habla de que un 95,11% de las empresas en el departamento de Santander son categorizadas en Pymes, no todos los sectores de estas presentaran la capacidad ni madurez necesaria para implementar una estrategia PLM. Por tanto se seleccionó uno de los sectores con más desarrollo en la región como lo es el sector metalmecánico.

“Los empresarios del sector metalmecánico unen esfuerzos con el propósito de expandir, internacionalizar y aumentar la competitividad de esta actividad.”<sup>7</sup>. La revista Semana cita como muchos de los partícipes del sector están buscando nuevas estrategias para aumentar la competitividad, debido a que empresas como Penagos Hermanos y Cía. generan ingresos de más de 2.100 millones, Nexans Colombia ingresos por 125.464 millones de pesos, Industria de ejes y transmisiones tuvo ingresos en 2010 por 128.635 millones de pesos y de esta misma manera el sector presenta otras empresas que mantienen estadísticas similares.

Por otro lado Juan Manuel Lesmes, Presidente de la Cámara Fedemetal de la ANDI, afirmó: “El sector metalmecánico en Santander es un sector potencial y tiene claro el norte”, durante la Rueda de Negocios de Innovación y Tecnología en Santander PROMOVER 2012<sup>8</sup>. En la cual la mayoría de universidades la región participaron, Universidad de Santander - UDES, la Universidad Santo Tomás, la Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad Cooperativa de Colombia y la Universidad Manuela Beltrán llevando en total 18 grupos de investigación los cuales presentaron sus propuestas ante los empresarios invitados. Con una conclusión a destacar la cual fue que la Asociatividad e Innovación son la clave para el sector metalmecánico en Santander, proporcionando más que razones suficientes para el desarrollo de un modelo diagnóstico enfocado al sector, con el fin de poder llegar a implementar una estrategia PLM, que con todos los beneficios que proporciona podría llegar a convertirse en ese recurso que sea capaz de aumentar la competitividad en la industria metalmecánica santandereana.

---

<sup>7</sup> Semana, R. Una industria que brilla. Disponible en: <http://www.semana.com/especiales/articulo/una-industria-brilla/246812-3> 2011.

<sup>8</sup> Santander, C. R. d. C. d. Asociatividad e innovación: La clave para el sector metalmecánico en Santander. 2012. Disponible en: <http://www.santandercompetitivo.org/noticias-11-5/23-asociatividad-e-innovacion:-la-clave-para-el-sector-metalmecanico-en-santander-.htm>

## **1.3 OBJETIVOS**

**1.3.1 Objetivo General.** Formular un modelo de diagnóstico de capacidad y madurez orientado a soportar la implementación de una estrategia PLM para pymes manufacturas en Santander. Aplicado al Sector metalmecánico.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión de la literatura de PLM y modelos de referencia en capacidad y madurez empresarial enfocados a gestión del ciclo de vida de productos.
- Caracterizar las pymes del sector metalmecánico en Santander a partir de información secundaria.
- Determinar las áreas organizacionales que abarcará el modelo diagnóstico a diseñar a partir de modelos referentes, aplicables al sector metalmecánico en Santander.
- Identificar modelos de buenas prácticas en cada área organizacional seleccionada para la categorización de los niveles de capacidad y madurez empresarial.
- Elaborar un modelo diagnóstico que permita medir los niveles de capacidad y madurez en Pymes manufactureras para la implementación de una estrategia PLM. Enfocado a las características propias de la industria manufacturera Santandereana.
- Validar el modelo de diagnóstico mediante la aplicación de estimación de parámetros y pruebas piloto en Pymes manufactureras de Santander.

## 2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

### 2.1 PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT

Los sistemas productivos en la actualidad evolucionan con gran velocidad, obligando a las organizaciones a buscar estrategias que optimicen su rendimiento, haciendo más precisos y veloces los procesos que implica la creación de nuevos productos. Hoy en día las empresas tienen el reto de lanzar al mercado sus productos de forma rápida, eficiente y sostenible para que sean competitivos con la creciente oferta de productos similares a la que se deben enfrentar.

La Gestión del Ciclo de Vida del Producto, PLM por sus iniciales en inglés (Product Lifecycle Management) es una estrategia de negocios que permite que las empresas, mediante la implementación de un sistema de herramientas informáticas, puedan administrar toda la información de sus productos durante todo su ciclo de vida, es decir, desde la idea inicial, hasta su etapa de disposición final.

John Stark define PLM como la actividad de gestión de productos de una empresa, a través de todos sus ciclos de vida de manera más efectiva, permitiendo a la organización tomar el control de sus productos<sup>9</sup>. Por su parte Antti Saaksvuori, afirma que PLM es un concepto de negocio integral que incluye no solo los objetos, documentos y BOM`s<sup>10</sup>, sino también los resultados del análisis, especificaciones de prueba, información del componente ambiental, normas de calidad, requisitos de ingeniería, ordenes de cambio, los procedimientos de fabricación, información sobre el rendimiento de los productos, proveedores de

---

<sup>9</sup> Stark. Op. Cit.

<sup>10</sup> BOM`s: Lista de Materiales, en inglés, Bill of Materials.

componentes, y así sucesivamente. Las capacidades de sistemas PLM modernos, incluyen flujo de trabajo, gestión de programas y funciones de control de los proyectos que estandarizan, automatizan y agilizan las operaciones.<sup>11</sup>

Por tanto, PLM es un enfoque estratégico de negocios donde se aplica un conjunto coherente de soluciones empresariales de apoyo a la creación colaborativa, gestión, difusión y uso de la información de definición del producto a través de la empresa extendida. Esta estrategia abarca al producto desde su concepto hasta el final de su vida, las personas que integran procesos, sistemas de negocios e información. Por tanto se convierte en la columna vertebral de la información de los productos de una empresa.<sup>12</sup>

Así mismo, PLM promueve el trabajo colaborativo, y permite descentralizar el trabajo, al mismo tiempo que hace posible que organizaciones globales puedan trabajar como un equipo unificado, en tiempo real, para diseñar, producir, dar soporte al mismo tiempo que recogen las prácticas recomendadas y aprenden lecciones en el proceso. Permite a las empresas construir una estructura de datos coherente, consolidando sistemas.<sup>13</sup>

El propósito de implementar una estrategia PLM es la creación, conservación y almacenamiento de la información relativa a los productos de la empresa y las actividades, con el fin de asegurar el hallazgo, refinación, distribución rápida, fácil y sin problemas, fácil de encontrar y reutilización de los datos necesarios para las operaciones diarias. En otras palabras, el trabajo que una vez se ha hecho, debe seguir siendo explotable, independientemente del lugar, tiempo, o dentro de los límites prescritos, la propiedad natural de los datos. Al mismo tiempo, la idea es convertir los datos gestionados por los empleados, técnicos y especialistas de la

---

<sup>11</sup> Saaksvuori, A. I. A. Product Lifecycle Management (Springer Ed. Second ed.). Berlin. 2004, 2005

<sup>12</sup> CimData. All About PLM. 2014

<sup>13</sup> Siemens. PLM Siemens Automation. 2014a

empresa, en capital de la misma de una forma fácilmente manejable y compartible, como bits.<sup>14</sup>

Cabe aclarar que el PLM no es un sistema informático, ni software, PLM es una estrategia empresarial que utiliza diferentes tecnologías y sistemas informáticos para integrar toda la información relacionada con cada producto, PLM busca relacionar todas las fases dentro del ciclo de vida de un producto, permitiendo realizar un trabajo colaborativo e integral, busca que se pueda tener un control de toda la información pertinente con cada producto de la organización, dando como resultado ahorro en recursos de las empresas y aceleración en los procesos productivos.

## **2.2 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA PLM**

La implementación de una estrategia PLM dentro de una organización trae grandes beneficios, que comienzan a notarse al poco tiempo, y siguen en aumento con el paso del tiempo, y si es correcta la implementación de dicha estrategia. Algunos de los beneficios que trae a una organización implementar una estrategia PLM son los siguientes<sup>15</sup>:

### **Aumento de la productividad de planificación**

- Reutilización de procesos certificados y reducción de coste de los bienes de equipo al capturar y gestionar los conocimientos de fabricación en una sola fuente.

---

<sup>14</sup> Saaksvuori, Op. Cit.

<sup>15</sup> Siemens. 2014<sup>a</sup> Op. Cit.

- Detección y eliminación de problemas en los sistemas de producción que, de otro modo, exigirían medidas correctivas a las que habría que dedicar gran cantidad de tiempo y dinero durante la salida a producción.
- Reducción de las tareas de planificación de montaje, por consiguiente el tiempo y los costes asociados a ello.
- El intercambio y el análisis de la información en un entorno digital permiten disfrutar de una visión detallada de las distintas fases del desarrollo de los procesos y de la repercusión de estos.
- Racionalización de las comunicaciones para poder adaptarse con mayor rapidez a las demandas de los clientes, y fundamentar las decisiones en hechos

### **Optimización de la productividad de fabricación**

Minimización de las inversiones de capital y maximización de la rentabilidad de la inversión (ROI<sup>16</sup>) a largo plazo gracias al aumento de la precisión y eficiencia de la planificación.

- Reducción del plazo hasta la producción en volumen gracias al análisis de la viabilidad de fabricación del producto y el desarrollo de procesos.
- Optimización de la logística y el rendimiento de sistemas de producción completos.
- Optimización del uso de recursos y aceleración de lanzamientos de productos con soluciones de eficiencia demostrada para la optimización de procesos abarcando varios departamentos y disciplinas.

### **Aumento de la productividad de la planta**

- Disponibilidad de la información de los programas en todos los niveles de la empresa: desde los ejecutivos hasta el personal de la planta.

---

<sup>16</sup> ROI: Retorno sobre la inversión.

- Consecución de plazos de lanzamiento más cortos, aumento de la capacidad de la planta y control del coste de materiales gracias a la visibilidad detallada de los problemas de calidad.
- Reducción de los costes de la inversión de capital gracias a la puesta en común y la reutilización.

### **Fuente única para la alineación y responsabilidades**

- Validación de ensamblajes y viabilidad de fabricación que aportan información de retorno a los equipos de diseño y de procesos.
- La configuración y reducción de listas de materiales y de procesos disminuyen los errores de planificación, al garantizar que se tengan en cuenta todos los componentes de un producto y estén alineados.
- La colaboración y comunicación en contexto revisten un carácter mundial en el seno de las redes de cadena de suministro, coordinan los procesos de flujo de trabajo y garantizan el cumplimiento de los plazos.
- Los procesos de flujo de trabajo de colaboración y comunicación en contexto garantizan que los plazos fijados sean extensivos a toda la cadena de suministro mundial.

### **Optimización del rendimiento y aprovechamiento de procesos de prácticas recomendadas**

- Reducción del tiempo de desarrollo de procesos en hasta un 40% gracias a la identificación y aplicación de los mejores procesos en su género mediante plantillas de operaciones y procesos maestros.
- Consecución de entre un 20 y un 80% de reutilización de procesos de fabricación certificados en el primer año.
- Disminución significativa o, incluso, eliminación, de las perturbaciones de la producción provocadas por los problemas fabricación en la planta, y equilibrado de procesos para optimizar el contenido de valor añadido.

- Optimización de líneas de fabricación mediante la puesta en servicio virtual, a fin de reducir el tiempo para la producción en volumen en hasta un 80%.

### **Entorno gestionado para la seguridad y ergonomía**

- Reducción de responsabilidades y gastos empresariales relacionados con lesiones de los trabajadores.
- Eliminación de entornos de trabajo peligrosos mediante la integración de la simulación y validación ergonómicas en el proceso de desarrollo.

### **Diseño y visualización de diseño de fábrica en 3D**

- Reducción de tiempo en diseño de fábricas, desde el concepto hasta la instalación, en hasta un 50% comparado con métodos convencionales de diseño en 2d.
- Reducción de los cambios de herramientas y equipos en un 15% detectando los errores y problemas de diseño en la fase de creación, en lugar de dejarlo para más tarde en la de instalación.

### **Análisis y optimización de la logística de la fábrica**

- Reducción de los costes de manipulación de materiales en hasta un 70% analizando los costes, los tiempos y las distancias de desplazamiento que presentan distintas distribuciones de fábrica.
- Optimización del uso del espacio en toda la planta y también para las carretillas de transporte, por medio del análisis y la evaluación de los requisitos de los materiales, los tamaños de los contenedores, los criterios de apilado de contenedores y las directrices de entrada y salida.

### **Simulación de los resultados de producción de la fábrica**

- Reducción del tiempo de producción en hasta un 20 o 60%, teniendo en cuenta las cadenas de suministro internas y externas, los recursos de producción y los procesos empresariales.

- Aumento de la productividad de los sistemas existentes en un 15 o 20%, con análisis estadísticos de fácil interpretación.
- Reducción del coste de nuevos sistemas entre un 5 y un 20% gracias a la detección y eliminación de problemas antes de haber instalado el sistema en sí.
- Reducción de inventarios entre un 20 y un 60% evaluando distintas estrategias de control de líneas y comprobando la sincronización entre las líneas principales y secundarias.<sup>17</sup>

### **2.3 IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA PLM**

La implementación de una estrategia PLM requiere de un software de planificación o PDM (Product Data Management) instalado en un equipo informático, el cual realiza la función de servidor por medio de una red local y/o Internet; donde se almacenan y centralizan los datos generados por el personal involucrado en el desarrollo del producto, desde sus diferentes estaciones de trabajo, de forma que los archivos creados por éstas son guardados en el sistema, Integrando a su vez otro tipo de aplicaciones tipo CAx, desde las cuales se generan dichos archivos que soportan procedimientos relacionados a la producción.<sup>18</sup>

Los diferentes tipos de sistemas o software PDM existentes en el mercado se pueden clasificar Según el sector, el tamaño de la empresa, o el enfoque de ingeniería que ésta requiera, adicionalmente se distinguen según sus funciones y modos de aplicación, solucionando el problema de gestión de datos de diseño en las empresas.

---

<sup>17</sup> Siemens. 2014b. Op. Cit.

<sup>18</sup> Stark, Op. Cit.

Desde sus inicios han evolucionado en funcionalidad convirtiéndose en grandes sistemas PDM, entre los software o bases de datos más conocidas y utilizadas en las empresas se encuentran los productos Enovia Smarteam y Enovia V6 (Dassault Systèmes), AgilePLM (Oracle), Teamcenter (Siemens PLM), SqlServer (microsoft), Windchill (PTC), PostgreSQL y MySQL. Los cuales ofrecen funciones varias y modulares que pueden crecer a medida que las empresas así lo requieran. Siendo útiles tanto para PYME como para grandes empresas, dando soporte a todos sus procesos con sus funciones de integración de sistemas.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> CimData. Op. Cit.

## 3. ESTADO DEL ARTE

### 3.1 ENTORNO GENERAL

**3.1.1 Evolución de sistemas PLM.** El enfoque organizativo que se manejaba anteriormente en las empresas orientadas al diseño y desarrollo de productos generaba una división entre todas las áreas de procesos involucradas, según esto la información generada en cada una de ellas era ajena a las demás, dificultando el flujo de información. La comunicación se producía de forma unilateral, condicionando el inicio de los procesos a la finalización de los mismos en otras áreas, impidiendo responder a tiempo a las necesidades del mercado y convirtiendo a las organizaciones en lentas, costosas y poco competitivas<sup>20</sup>

Los problemas generados de esa dinámica empresarial derivaron en el desarrollo de la ingeniería concurrente, lo que permitió mayor planificación en el desarrollo de productos, pero la gestión de información era deficiente, generando problemas como duplicación de documentos, malos entendidos, información incompleta o incorrecta, falta de disponibilidad de la información entre otros.

Estos hechos, y el aumento en la complejidad de productos debido al aumento de piezas y componentes y a la incorporación de sistemas complejos propiciaron la generación de PDM, el cual solucionaba algunos de esos problemas, pero su área de aplicación era exclusiva para los departamentos de ingeniería en las empresas, excluyendo factores como proveedores y distribuidores, quienes también necesitaban gestionar la información con las áreas de ingeniería, por este motivo se hizo necesaria la creación de un sistema que permitiera el intercambio de

---

<sup>20</sup> Anumba, C.J., Baron, G& Evbuomwan, N.F.O. Communications issues in concurrent life cycle design and construction. BT Technology Journal, 15, 209-216. 1997.

información entre todos los miembros de la organización e incluso actores externos que trabajan en conjunto en un proyecto específico.

PLM nace como una solución que permite la interacción entre los integrantes de la empresa, distribuidores y proveedores, también generar una metodología de trabajo simultáneo y de colaboración, que permite un mejor desempeño durante el desarrollo del producto.

Este sistema almacena información en una base de datos común que permite el acceso en tiempo real para todos los interesados en el proyecto, evitando problemas a causa de información inconsistente.

Con el tiempo, diferentes compañías han trabajado en soluciones que apoyan el concepto de PLM, aportando componentes como: definición de normas técnicas de los productos y metadatos, desarrollo de plataformas robustas para el intercambio de datos de aumento de la capacidad de procesamiento, banda ancha y almacenamiento de información, lo que facilita el acceso a todas las partes interesadas y permitiendo una mayor evolución de los sistemas PLM, sin embargo, debido a su corta historia, y a la falta de información, no es posible su implementación en la mayoría de las organizaciones (por su nivel de capacidad y madurez empresarial) y en muchas aún no se conoce de su existencia, sin embargo, cada vez son más las zonas industriales que invierten y se interesan en su desarrollo e implementación al conocer los beneficios que consigo trae.

### **3.2 ENTORNO GLOBAL**

Actualmente, en una amplia porción de la industria se gestiona información haciendo uso de PLM y gracias a la versatilidad de productos y de herramientas

de informáticas (PDM) adaptables a las necesidades y capacidades de organizaciones de diferente tamaño y complejidad.

Según SIEMENS, entre sus clientes de soluciones PLM (software y servicios), se encuentran empresas del sector aeroespacial y de defensa, transporte, sector retail y de productos de consumo, desarrolladores de componentes electrónicos y semiconductores, sector de la energía y Utilities (Arquitectura, ingeniería y construcción), maquinaria industrial y pesada, sector naval, sector de dispositivos médicos y farmacéuticos e incluso en el desarrollo de la academia.

Gracias a las prestaciones que brinda la implementación de la estrategia PLM en estas organizaciones, se ha convertido en una herramienta indispensable para el desarrollo y control de estas y empresas de diferentes sectores de la industrial como Ford, Nissan, General Motors, xerox, FIAT, NASA, entre otros, la han implementado en el desarrollo de sus procesos.

### **3.3 ENTORNO NACIONAL**

En Colombia, las herramientas de PLM Siemens son utilizadas por más de 250 clientes de todos los tamaños y de una gran variedad de sectores, como por ejemplo Carrocerías JGB, IMAL, compañía General de aceros (CGA), troquelados Partes y Desarrollos, Pro- gen Producciones Generales, Empaquetaduras y empaques, Helicentro.

Pero aún no se implementa de forma generalizada y falta mayor grado de investigación y desarrollo que permita su implementación efectiva, instituciones como el SENA, con su programa Tecnoparque ha iniciado su exploración pero aún no se hace de forma general.

Universidades como EAFIT, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional y gremios del sector industrial están desarrollando proyectos de investigación para poder acceder a los beneficios que trae consigo la implementación de estrategias PLM en el desarrollo del entorno empresarial del país.

**3.3.1. Proyección a futuro.** Según las cifras de CimData, las inversiones anuales en esta tecnología están alrededor de US\$25 billones, de los cuales América Latina engloba entre el 2% y 3% del total. Por su parte, Colombia es el tercer mercado en volumen de inversiones en América del Sur, atrás de Brasil y Argentina<sup>21</sup>

De acuerdo a CimData, se prevé que las herramientas de cPDM (administración colaborativa de Definición del producto) fueron el segmento de más rápido crecimiento en el mercado de PLM, para el año 2013, con una tasa de crecimiento anual compuesta de 8.6% (CAGR por sus siglas en inglés) excediendo los US\$12 billones en 2013.<sup>22</sup>

Particularmente, Siemens PLM Software tiene un poco más de 2,400 clientes en América Latina, de los cuales el 75 por ciento son pequeñas y medianas empresas (Pymes) y el 25 por ciento son grandes empresa.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Ibid

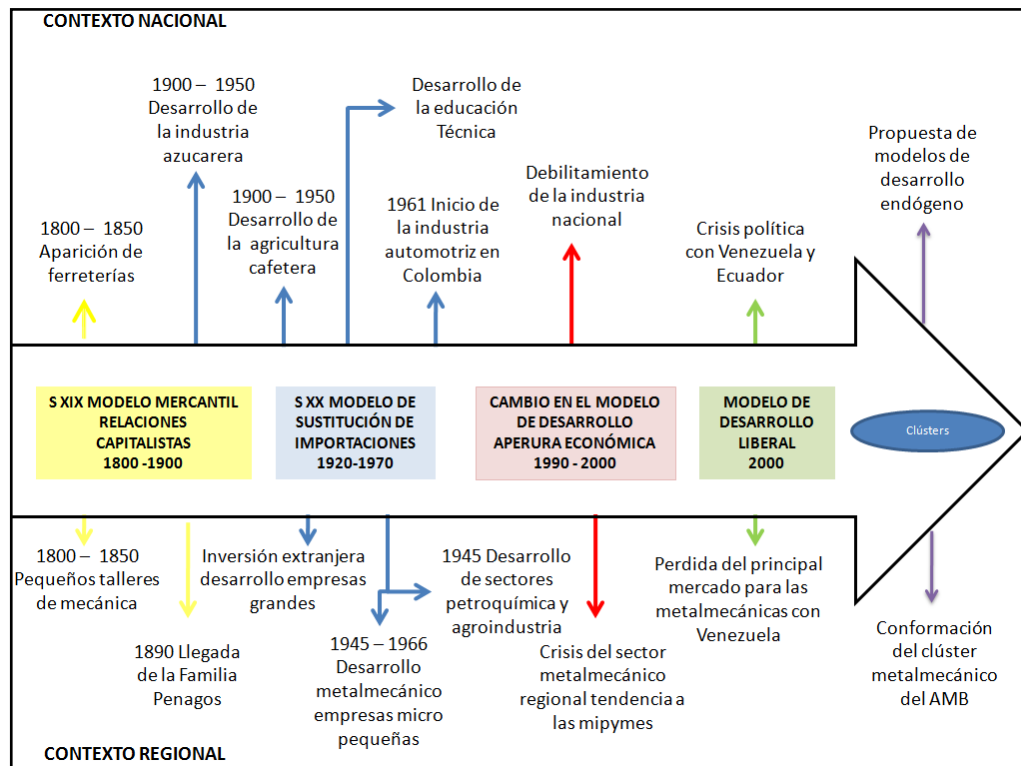
<sup>22</sup> Ibid

<sup>23</sup> Siemens. 2014a. Op. Cit.

### 3.4 SECTOR METALMECÁNICO EN SANTANDER

**3.4.1 Evolución histórica del sector metalmeccánico.** Realizando análisis de visión a largo plazo se han podido identificar las particularidades, transformaciones, las continuidades y rupturas de las tendencias del sector metalmeccánico.

**Figura 1. Línea del tiempo desarrollo del sector metalmeccánico nacional y regional.**



Fuente: Contreras Ferrer, Amaya León - 2011 - Estudio de Competitividad desde la Visión de Clúster para la Aglomeración de Empresas del Sector.

Como se observa en la Figura 1, en el centro del gráfico se evidencia un análisis desde los diversos modelos de desarrollo que ha tenido el país y los cuales han influido en la evolución del sector metalmeccánico a nivel nacional y regional. Desde el siglo XIX las ferreterías a nivel nacional y los pequeños talleres a nivel regional marcaron el comienzo de la industria metalmeccánica. A partir, de principios del siglo XX bajo el modelo de sustitución de importaciones se evidenciaron dos grandes tendencias, conformación de grandes empresas metalmeccánicas bajo la inversión extranjera y creaciones de Pymes, cabe resaltar que sectores como el agrícola e industrial tuvieron un lento crecimiento comparados con el de servicios. No obstante a pesar del estancamiento del sector industrial a nivel regional departamental sectores como: el calzado, las confecciones, maquinaria y equipo y autopartes, mostraron índices de recuperación. En la década de los 90's la recuperación mostrada por el sector metalmeccánico, se explica principalmente por la orientación que ha tenido el departamento en sus sectores tradicionales relacionados con el sector de alimentos, bebidas y tabaco, maquinaria y bienes de consumo intermedio. Influenciados por el notable desarrollo del sector petrolero en la ciudad de Barrancabermeja.

En el ámbito regional durante el siglo XIX comienza el desarrollo del sector metalmeccánico en Colombia. Impulsado por una serie de circunstancias que posibilitaron el crecimiento del sector según lo indica el Banco de la República<sup>24</sup>.

El primer factor de desarrollo, se explica por la presencia de los empresarios del hierro que no sólo estaban comprometidos en múltiples y disímiles negocios, sino que también eran motivados por ideales ambivalentes de prestigio social y de "progreso". Un segundo avance se debió a la industria azucarera y cafetera, gracias a las altas producciones de trapiches, piezas, equipos, trilladoras y

---

<sup>24</sup> BANCO DE LA REPUBLICA, Biblioteca virtual, Las fábricas de hierro en Colombia en el siglo XIX. ¿Un salto al vacío...? Edición original: 2005-05-19.

despulpadoras. La tercera circunstancia que incentivo la expansión de la industria metalmeccánica en el país fue, el desarrollo del sector en lo concerniente a la educación técnica. Educación que era impartida a través de dos métodos, el primera a nivel formal por la escuela de Artes Gráficas y Oficios de Medellín y el segunda método por talleres mediante un sistema de obreros colombianos que aprendían de los técnicos extranjeros. Como último impulsor del sector en el país, se considera el transporte, pero su mayor impacto se presentó a inicios del siglo XX con la construcción de las principales carreteras del país.

Algunos de los acontecimientos más representativos del sector metalmeccánico fueron los siguientes: la fundación de IMUSA en 1935 surge como la primera fábrica de artículos de lámina de aluminio, en el año de 1948 se crea Acerías Paz del Rio, la cual comenzó con la producción de hierro. En Los años 50's las Pymes del sector empezaron con la diversificación de productos como: muebles metálicos, tubería galvanizada, neveras y herramientas agrícolas entre otras.

En 1961 se fundó la empresa COLMOTORES, con la cual se da inicio a la industria automotriz en el país, posteriormente con la creación de SOFASA y aunque el ensamble de automóviles se encontraba todavía credo en el país, la industria de autopartes a partir de la década de los 70's se convertiría en el eje principal del sector metalmeccánico.

Finalmente, otros aspectos que se consideran claves para el progreso del sector se asocian a la aparición de la fabricación de envases de hojalata, el desarrollo de la industria petroquímica, el proceso de electrificación e infraestructura del país<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> Aristizabal López, Nelson, Identificación de estrategias de mercados meta de los sectores metalmeccánico, confecciones -textil y de alimentos de la ciudad de Manizales, Universidad Nacional de Colombia, 2005.

**3.4.2 Evolución histórica a nivel departamental.** A través de la compilación histórica realizada por el diario Vanguardia Liberal; se indica que el desarrollo metalmeccánico en Santander haciendo referencia a la ciudad de Bucaramanga se asocia principalmente a pequeños talleres de mecánica y fundición con forja hasta finales de 1800. Posteriormente, gracias a la llegada a la región de la familia Penagos la industria conoció maquinaria y herramientas como tornos, cizallas, y estampadoras, que permitieron la construcción de mejores elementos para la agricultura. Este hecho se considera el principio de la industria metalmeccánica en Santander.

Tiempo después con la llegada de la siderúrgica de Paz del Río surgieron industrias como Trefilco empresa dedicada a la producción de alambres, Sigma para la fabricación de máquinas de coser. Así mismo se fundó Fundiciones y Máquinas Funymac para la elaboración de máquinas con destino a la exportación.

Entre los años entre 1900 y 1945 el desarrollo del sector metalmeccánico a nivel regional, se caracterizó por el desarrollo de actividades basadas en la inserción de flujos de capital. Productos como el tabaco, la quina y el café permitieron el desarrollo de actividades manufactureras. Cinco años más tarde y hasta la década del 80 la ciudad Bucaramanga se convierte en la ciudad receptora de capital en sectores como la metalmeccánica, la cual se caracterizaba por la producción de bienes finales e intermedios en donde se destaca la fabricación de autopartes para el sector automotriz y maquinaria para la agricultura, tendencia que al día de hoy se mantiene.

Según datos de la página compite 360 en la región de Santander se presenta una aglomeración 682 metalmeccánicas inscritas. Esta aglomeración empresarial se ha convertido en factor fundamental para impulsar la industria en la región.

**Figura 2. Aglomeración de empresas del sector metalmecánico de la región de Santander.**



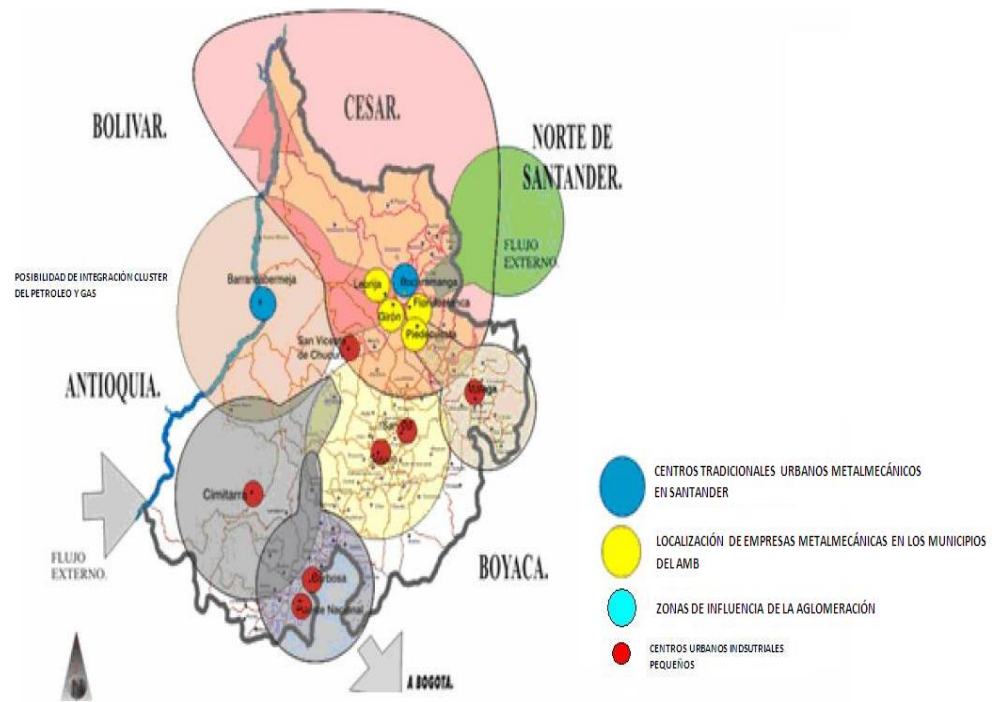
Fuente: Cámara de Comercio de Bucaramanga. Disponible en: [www.compite360.com](http://www.compite360.com)

Actualmente y en búsqueda de sostenibilidad y competitividad, han surgido iniciativas bajo esquemas asociativos de sinergias y cooperación entre empresas. El principal ejemplo corresponde al grupo de empresas metalmecánicas 10M – ANDI, “El Grupo Metalmecánico 10M, una iniciativa de asociatividad integrada por más de 10 empresas santandereanas con gran trayectoria y tradición en la industria metalmecánica. Con objetivo de Generar condiciones sostenibles de competitividad en las empresas del clúster metalmecánico del AMB a través de sinergias, cooperación y gestión, con el fin de aumentar la rentabilidad de las empresas y aprovechar de manera asociativa las oportunidades de negocios para los siguientes años”.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> 10M, G. M. Presentación Grupo Metalmecánico 10M. 2012. Disponible en: <http://grupometalmecanico10m.blogspot.com.co/>

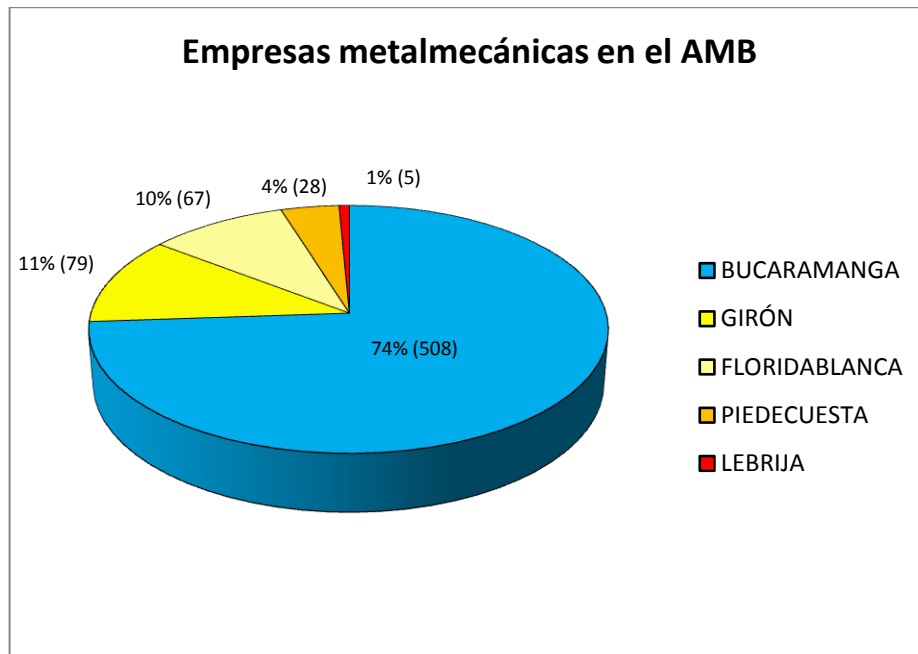
**3.4.3 Delimitación de la aglomeración de empresas metalmeccánicas en el área metropolitana de Bucaramanga.** En la Figura 3 se muestra mediante color azul la localización geográfica de empresas en la ciudad de Bucaramanga como centro metalmeccánico de la región. En color amarillo se distribuyen las empresas metalmeccánicas en los municipios del área metropolitana, el color rojo indica pequeños centros industriales del departamento con escasa localización de empresas. Finalmente, se realiza una representación frente a otras regiones del país debido a los flujos de materias que se mueven en entre los diferentes departamentos.

**Figura 3. Mapa geográfico de las empresas en Santander.**



Fuente: Contreras Ferrer, Amaya León - 2011 - Estudio de Competitividad desde la Visión de Clúster para la Aglomeración de Empresas del Sector.

**Figura 4. Localización empresas metalmecánicas en el AMB**



Fuente: Contreras Ferrer, Amaya León - 2011 - Estudio de Competitividad desde la Visión de Clúster para la Aglomeración de Empresas del Sector.

Según la gráfica las empresas metalmecánicas se encuentran en su mayoría concentradas en la ciudad de Bucaramanga, de las 682 empresas de la aglomeración el 74% (504 empresas) están ubicadas en este municipio. Seguido por el municipio de Girón con 11% (75 empresas), Floridablanca con el 10% (68 empresas), Piedecuesta con el 4% (27 empresas) y Lebrija con el 1% (6 empresas).

## **4. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DIAGNOSTICA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD Y MADUREZ EMPRESARIAL ORIENTADO A SOPORTAR UNA ESTRATEGIA PLM EN PYMES MANUFACTURERAS DE SANTANDER**

A continuación se presenta el proceso metodológico de la investigación para la realización de la herramienta diagnostica. Proceso que abarca desde la revisión de la literatura hasta la presentación de los resultados de la herramienta.

### **4.1 REVISIÓN DE LA LITERATURA**

En esta etapa se realizó una búsqueda y selección de libros, artículos, publicaciones en línea y literatura relacionada al tema trabajado. Para la revisión de la literatura se utilizó como referencia base el artículo “Visualization model for product lifecycle management”.<sup>27</sup>

La metodología de búsqueda tuvo como propósito segmentar la información enfocándola de la mejor forma al objetivo final realizado en el proyecto. Tomando el artículo base, se indagó sobre sus referencias, un total de veintidós, creando la primera etapa de búsqueda. En esta etapa toda la información se asumió como relevante ya que esta brindó el primer escalón de indagación esperado. Para llegar a información más amplia pero intentando desviarse de la menor manera posible del tema central de investigación, se volvió a realizar el proceso a partir de cada una de las referencias de las veintidós referencias del artículo base, dando como resultado un cálculo estimado de cuatrocientas citas bibliográficas para la realización de la investigación.

---

<sup>27</sup> Chiabert, P., Lombardi, F., Sauza Bedolla, J., & Martinez Gomez, J. Visualization Model for Product Lifecycle Management. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara, 11(1). 2013

El resultado de este proceso fue la consolidación de la búsqueda de información, en la cual se intentó incluir la mayor cantidad de autores, investigaciones y modelos relevantes al tema, intentando manejar la mayor neutralidad posible frente a desacuerdos o contradicciones bibliográficas ocasionales.

## **4.2 SELECCIÓN DE LAS FASES DEL CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO**

Una vez realizada la revisión y selección bibliográfica, se procedió a elaborar el planteamiento de la estructura y contenido de la herramienta. Este proceso inició con la definición de ciclo de vida del producto y la selección de las fases que lo componen.

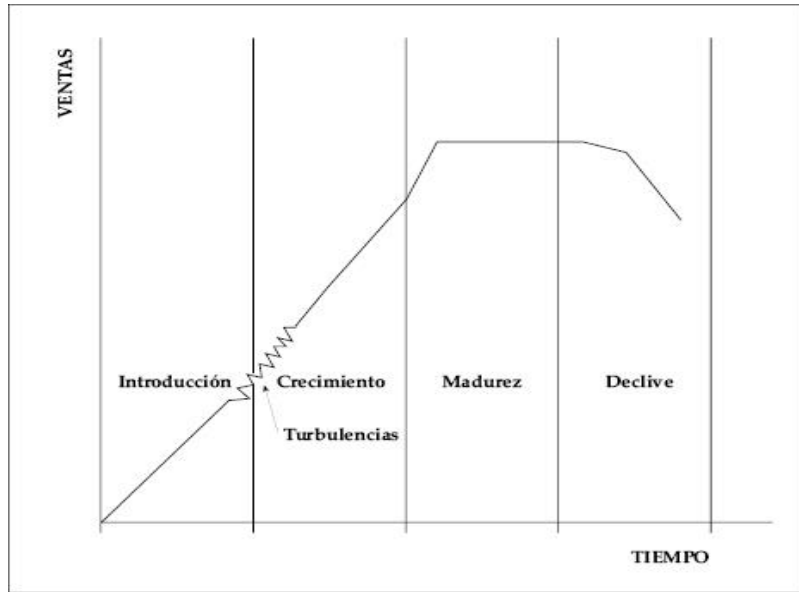
Para seleccionar las áreas organizacionales que el modelo diagnóstico a diseñar evaluará en las Pymes Santandereanas, primero hay que analizar cómo ven los expertos en el tema las diferentes fases que presenta el ciclo de vida de un producto y como estas interactúan en una estrategia PLM.

Inicialmente no hay que confundir la visión de ciclo de vida de un producto que trabaja PLM y versiones que proporcionan otras disciplinas sobre que se considera ciclo de vida de productos. Una visión que no es completamente ligada a PLM pero muchos autores toman en cuenta es el significado que brinda el marketing, el cual nos muestra cuatro fases principales que cumple el producto durante su trayectoria de vida; estas fases son: Introducción, Crecimiento, Madurez, Declive.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Stark, Op. Cit.

**Figura 5. Ciclo de vida del producto (Marketing)**



Fuente: Marketing XXI. Disponible en: [www.marketing-xxi.com](http://www.marketing-xxi.com)

La visión del marketing actual es entendido desde la perspectiva de la satisfacción de las necesidades del consumidor, y se compone de un conjunto amplio de herramientas disponibles para lograr tal fin (Vigaray, 2012). Así mismo otro concepto de ciclo vida actual va ligado a la renovación de recursos, en donde el ciclo empieza desde la extracción del material, su transformación y reutilización o desecho del mismo.<sup>29</sup>

#### **4.2.1 Definición de ciclo de vida del producto basado en PLM.**

**4.2.1.1 John Stark:** John Stark aborda el ciclo de vida de un producto desde dos perspectivas diferentes, la del consumidor y el productor, ambas presentan cinco fases, tres fases iniciales iguales y un cambio de percepción y operación en las últimas dos:

Productor:

---

<sup>29</sup> Ibid

- Imagine (Imaginación)
- Define (Definición)
- Realise (Realización)
- Support & Service (Soporte y Servicio)
- Retire (Retiro)

Consumidor:

- Imagine (Imaginación)
- Define (Definición)
- Realise (Realización)
- Use or Operate (Uso u Operación)
- Dispose or Recycle (Eliminación o Reciclaje)

En el concepto de Stark las tres fases iniciales son iguales en cada punto de vista, y es lógico comprender esto, debido a que el consumidor no interviene directamente en el proceso de fabricación de los productos. En la primera fase Imaginación nace la "idea", la cual puede incluso considerarse en este punto un sueño para alguien. Al presentarse la idea, esta se define en detalle, en otras palabras se realiza una descripción exacta de que se pretende crear. En el momento que se realiza la definición teórica puntualizada de la idea se puede considerar que se ha avanzado hasta la segunda fase, la cual es conocida como Definición. En la tercera fase cada característica definida es creada y ensamblada tanto para pruebas como uso final del producto, al terminar la tercera fase la cual es la Realización es donde cambia la percepción del productor y consumidor. Para el productor el objetivo de la cuarta fase es brindarles el soporte y servicio necesario a sus clientes, en cambio para el consumidor se percibe como el uso del producto. Por último la quinta fase aunque ambas manejan la eliminación o retiro del producto, difiere en que aunque una empresa decida retirar un producto de su portafolio o línea de producción, esto no quiere decir que dejará de circular en el

mercado. El caso más común para este ejemplo son las empresas automotrices; estas retiran sus modelos de sus líneas de producción pero debido a que siguen estando vigentes en el mercado tienen la obligación de seguir prestando los servicios necesarios para productos, que como ya se mencionó internamente culminaron su etapa final de ciclo de vida.

Hay que resaltar que es usual que las cinco fases se presenten de manera simultánea; en la Figura 6, se puede observar el inicio y final de cada fase y como estas se relacionan entre sí a través de todo el ciclo de vida, reiterando como las empresas deben mantenerse por mayor tiempo en la cuarta fase uso/soporte aun cuando hayan completado el ciclo de vida de un determinado producto.

**Figura 6. Sobre posición de las fases del ciclo de vida de un producto**

A	Imagine	xxx
B	Define	xxxxxxxxxxxxx
C	Realise	xxxxxxxxxxxxx
D	Use	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
E	Dispose	xxxxxxxxxxxxxxx

Fuente: Product Lifecycle Management: 21st century paradigm for product realization. Pg. 18

**4.2.1.2 Antti Saaksvuori and Anselmi Immonen:** Saaksvuori e Immonen al igual que Stark hacen referencia a que el ciclo de vida de un producto va a cambiar dependiendo el punto de vista que sea observado (productor/consumidor), pero su trabajo se centra principalmente en cómo se benefician las empresas al implementar una estrategia PLM, llevando la mayor parte de su trabajo a la percepción del productor, facilitando así la comprensión de los beneficios que esta

estrategia brinda<sup>30</sup>. Las fases del ciclo de vida de un producto que plantean Saaksvuori e Immonen son las siguientes:

**Tabla 2. Fases de ciclo de vida**

<b>Productor</b>
<b>Definition (Definición)</b>
<b>Design (Diseño)</b>
<b>Manufacturing (Fabricación)</b>
<b>Sales (Ventas)</b>
<b>Service (Servicio)</b>

En la primera fase Definición se realiza una descripción de los productos así como la información pertinente a este; tal como: elementos que lo componen, estructura física, características del producto, etc. En las cuatro fases siguientes Saaksvuori e Immonen plantean un modelo de desarrollo clásico para la industria en la cual después de definir mi meta, producto, proyecto u objetivo se realiza el diseño, fabricación, venta y se brindan los servicios necesarios.

Estas fases se pueden observar de mejor manera en lo que Saaksvuori e Immonen proponen como proceso de producto y proceso de entrega de orden. En el proceso de producto se desarrollan las dos primeras fases del ciclo de vida definición y diseño adicionándole dos etapas: introducción de un nuevo producto (INP) y mantenimiento del mismo. Así mismo durante el proceso de entrega de orden consideran las siguientes tres fases del ciclo de vida, enlazando, la producción, abastecimiento, ventas, entregas, mantenimiento y servicio a través de la gestión de la cadena de suministros (SCM).

---

<sup>30</sup> Sääksvuori, & Immonen, Op. Cit.

**4.2.1.3 Persson:** Más ligados a Product Data Management (PDM) y Software Configuration Management, Annita Persson Dahlgvist, identifica el término ciclo de vida de un producto no como un solo concepto, si no, que integra varios significados expuestos por diferentes disciplinas que deben ser tomados en cuenta a la hora de gestionar la información de un producto a través de su ciclo de vida.<sup>31</sup>

- Ciclo de vida orientado al mercado (visión del marketing) que incluye las diferentes fases por las que pasa un producto desde su aparición hasta su desaparición o decadencia. Estas son: introducción, crecimiento, madurez, declinación y retiro.
- El ciclo de vida que corresponde a las partes que ingresan en la cadena de suministro y se mueven por ella desde los proveedores hasta los clientes basado en los estudios realizados por Saaksvuori e Immonen.
- El ciclo de vida de un producto particular que es producido, comprado, usado, desechado o reciclado. Concepto similar a lo que plantea John Stark como ciclo de vida de un producto de acuerdo a la percepción del consumidor,
- El ciclo de vida de la información que define el producto: creada, modificada, eliminada.

**4.2.1.4 M. Abramovici & S. Schulte:** Abramovici & Schulte muestran una versión más simplificada pero que abarca los mismos conceptos de los autores anteriores.<sup>32</sup>

- Product Development (Desarrollo del producto)
- Product Sourcing/Sales (Abastecimiento de Productos/Ventas)
- Product Manufacturing (Fabricación del producto)
- Product Use/Recycling (Uso del producto/Reciclaje)

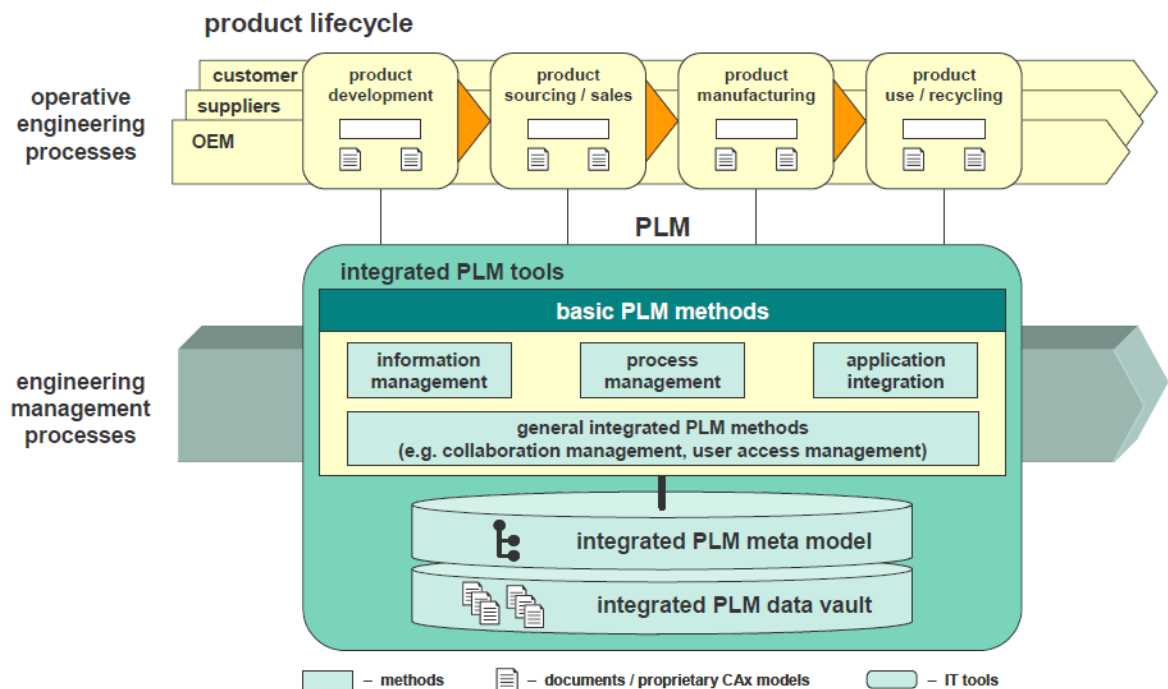
---

<sup>31</sup> Persson-Dahlgvist, A., U. Asklund, I. Crnkovic, M. Larsson, y D. Svesson. PDM and SCM – Similarities and Differences. 2002

<sup>32</sup> Abramovici, M., & Schulte, S. PLM – State of the Art and Trends. 2004. 2006

Todas estas fases integrándose a PLM en diferentes áreas. Lo que lleva a un método básico de PLM donde las herramientas de gestión de la información, gestión de proceso e integración de aplicaciones se juntan para formar la estructura principal de la estrategia Figura 7.

**Figura 7. Product Lifecycle Abramovici & Schulte**



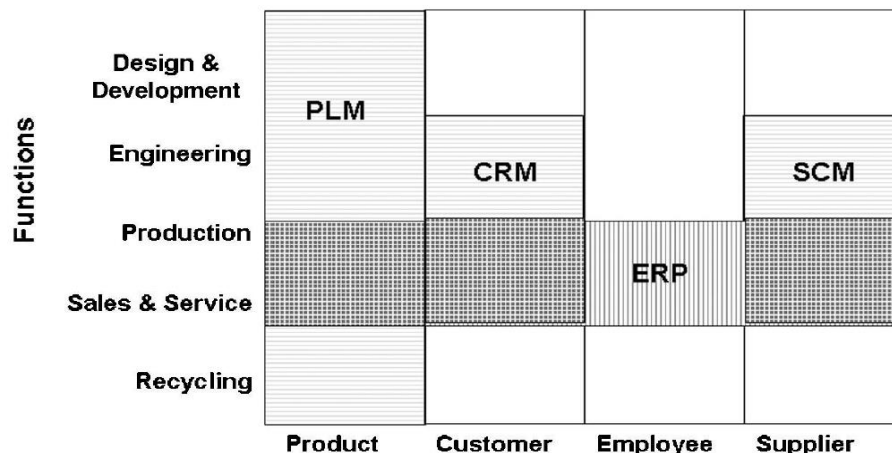
Fuente: PLM – State of the Art and Trends. M. Abramovici & S. Schulte.

**4.2.1.5 Michael Grieves:** A diferencia de otros autores Michael Grieves llama a la fase inicial del ciclo de vida del producto Plan, algo similar al concepto (Imagine) de Stark, pero con una mejor estructuración.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Grieves, M. Product Lifecycle Management - Driving the next Generation of Lean Thinking. United States of America: Mc Graw Hill. 2006a

- Plan: El modelo comienza con el análisis de requisitos y la planificación, que es el paso inicial en el desarrollo de cualquier producto.
- Diseño (Design): Los requisitos mencionados anteriormente son captados por concepto de ingeniería y prototipos. Las funciones generadas por el análisis de requisitos y la planificación pueden y generalmente se realizan en más de una forma.
- Construcción (Build): Una vez que se especifica completamente el producto, es el papel de la ingeniería para determinar cómo se debe construir el producto.
- Soporte (Support): La función de ventas y distribución utiliza la información del producto, para informarle a los compradores cuáles son las funciones y especificaciones. Además de retroalimentación sobre el producto para su mejoramiento y continua satisfacción del cliente.
- Eliminación (Dispose): El aspecto final del ciclo de vida del producto, es la eliminación y reciclaje. Información sobre cómo el producto ha sido diseñado y el desarrollo de sus componentes son necesarios para el reciclaje o eliminación efectiva y eficiente.

**Figura 8. Interrelación entre diferentes estrategias y sistemas informáticos con PLM.**

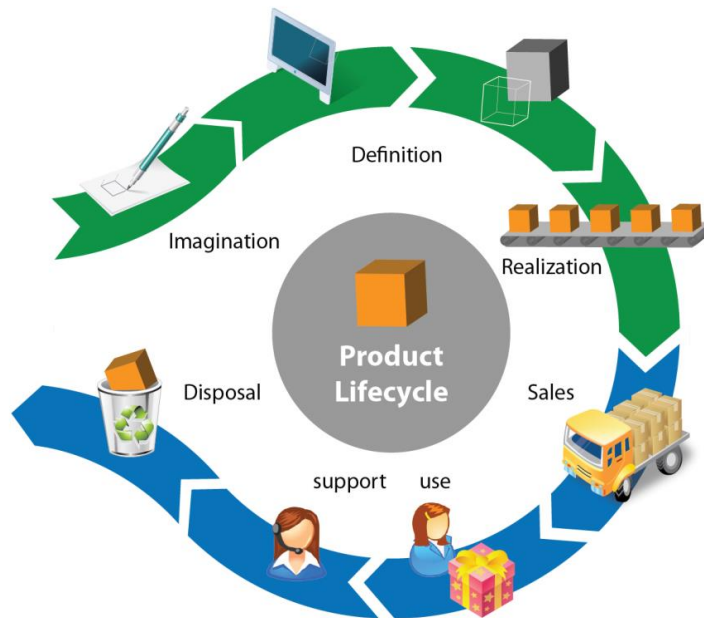


Fuente: Product Lifecycle Management: Driving the next generation of lean thinking.

No obstante Grieves resalta la importancia de otros sistemas acompañando a PLM, esta relación es debido a que el propósito principal de PLM es gestionar de la mejor manera toda la información que atraviesa durante el ciclo de vida de un producto, pero sin herramientas como CRM para mantener información detallada y actualizada los clientes, un ERP o MES para el manejo de producción y finalmente SCM para control e interacción con proveedores, PLM no daría los resultados y beneficios esperados

**4.2.1.6 Paolo Chiabert:** El último concepto de ciclo de vida del producto desde el enfoque de PLM a tomar, es el planteado por Paolo Chiabert y colaboradores. El cual es basado en criterios compartidos de John Stark, mostrando un solo esquema para los dos puntos de vista de Stark (Productor y Consumidor) y complementando con una nueva fase al ciclo de vida “Marketing Phase”.<sup>34</sup>

**Figura 9. Product Lifecycle Phases.**



Fuente: Visualization Model for Product Lifecycle Management.

<sup>34</sup> Chiabert, Lombardi, Sauza Bedolla, & Martinez Gomez, Op. Cit.

- Imagination phase (concept): Al inicio del proyecto, la empresa recibe toda la información sobre el producto de muchas fuentes: las partes interesadas, los clientes, marketing y producción. Talleres de creatividad se llevan a cabo para el primer borrador del producto, las ideas se convierten en croquis, planos y esquemas que explican los productos preliminares.
- Definition phase (design): Los bocetos se transforman en dibujos técnicos, se realiza un modelado y el producto se define (materiales, dimensiones y tolerancias). Una definición del producto realista será clara y verificable (diseño deberá cumplir con los requisitos del usuario); completa y precisa (diseño deberá indicar las necesidades reales de los usuarios); y debe ser factible.<sup>35</sup>
- Realization phase (manufacturing): Se prevé la producción, pre-serie y serie de la producción, basados en la capacidad de la empresa. Se establecen las relaciones con los proveedores. Y esta fase termina con el montaje y almacenamiento final.
- Marketing phase (distribution and sales): Una estrategia de marketing se define junto con los sistemas de transporte y logística de distribución para garantizar que el producto llegue a manos de los clientes en las mejores condiciones.
- Use-support phase (use and maintenance): Desde el punto de vista del usuario esta fase se inicia con el uso del producto hasta el final de su vida útil. Desde la perspectiva de procesos de negocio es el comienzo de la fase de apoyo y mantenimiento.
- Disposal phase: Esta fase es el fin del ciclo de vida del producto y está abierto a tres escenarios diferentes: reciclaje, residuos o reutilización. Aquí es donde el impacto ambiental del producto a través de su ciclo de vida se puede evaluar (recursos consumidos y las emisiones liberadas) y su incidencia sobre la salud humana se puede estimar.<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> Mortensen, M. J. a. U. Guide to the user requirements definition phase. European Space Agency Division E. P. 1995

<sup>36</sup> Carl Hans, K. A. H., David Potter, Paul Folan, Klaus-Dieter Thoben. Tracking and tracing in the end-of-life phase of product lifecycle management. inderscience Enterprises, Limited Pages 733 - 742. 2007

**4.2.2 Selección de las fases del ciclo del producto presentes en la herramienta diagnóstica.** Después de entender el concepto de ciclo de vida del producto para diferentes autores y que elementos trabaja cada uno entorno a una misma línea base, se seleccionaron seis fases del ciclo de vida del producto que la herramienta evaluará en cada una de las áreas organizacionales a determinar.

**Figura 10. Fases del ciclo de vida del producto de la herramienta diagnóstica**



Fuente: Visualization Model for Product Lifecycle Management.

- **Ideación**

**Tabla 3. Ideación**

Ideación	
Autor	Concepto
Stark	Imagine (Imaginación)
Michael Grieves.	Plan
Paolo Chiabert y colab.	Imagination phase (concept)

El ciclo de vida del producto, comienza en la fase de ideación. En esta fase nace la idea de lo que se quiere desarrollar, llevando a cabo talleres para dar noción de ese bosquejo preliminar al cual se le realizarán análisis de requisitos y la planificación, completando el paso inicial de desarrollo de un producto.

- **Definición**

**Tabla 4. Definición**

Definición	
Autor	Concepto
Stark	Define (Definición)
Saaksvuori e Immonen	Definition (Definición)
	Design (Diseño)
Abramovici & Schulte	Product Development (Desarrollo del producto)
Michael Grieves.	Diseño (Design)
Paolo Chiabert y colab.	Definition phase (design)

Los requisitos mencionados en la fase de ideación, son captados por conceptos de ingeniería y prototipos. Las funciones generadas por el análisis de requisitos y la planificación en general, se pueden realizar en más de una forma<sup>37</sup>. En esta fase se define totalmente la morfología del producto, es decir, se realiza el diseño de detalle, que incluye su geometría, dimensiones, especificaciones técnicas, lista de materiales (BOM), tolerancias, procesos de fabricación, herramientas necesarias, restricciones ergonómicas, consideraciones ambientales, la definición de cuales piezas se fabrican y cuales se compran, en general, toda la información necesaria para una producción del producto final<sup>38</sup>. Al finalizar esta etapa, el producto ya debe estar totalmente definido, lo que incluye planos técnicos, modelos virtuales (CAD), prototipos de ser necesario, procesos productivos, tiempos, empaques y demás.

- **Realización**

**Tabla 5. Realización**

Realización	
Autor	Concepto
Stark	Realise (Realización)
Saaksvuori e Immonen	Manufacturing (Fabricación)
Abramovici & Schulte	Product Manufacturing (Fabricación del producto)
Michael Grieves.	Construcción (Build)
Paolo Chiabert y colab.	Realization phase (manufacturing)

<sup>37</sup> Grieves, 2006a. Op. Cit.

<sup>38</sup> Chiabert, P. F. L., Javier Martínez, Joel Sauza. Visualization Model for Product Lifecycle Management. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara, XI, 109-116. 2013

Finalizada la etapa de Definición, entra la fase de la ingeniería de fabricación, para determinar cómo se debe construir el producto. Los diseños deben ser analizados y se debe definir el plan de procesos a desarrollar para especificar la secuencia de operaciones que deben realizarse para crear la pieza deseada. Las partes luego deben ser ensambladas en la secuencia específica para desarrollar el producto terminado<sup>39</sup>. Se planifica la producción, de pre-series y series, dependiendo de la capacidad de la empresa, y se realizan todos los procesos que se han contemplado en la etapa de definición. Esta etapa culmina con el montaje y almacenamiento final del producto<sup>40</sup>.

- **Marketing, Distribución y Ventas**

**Tabla 6. Marketing, Distribución y Ventas**

Marketing, Distribución y Ventas	
Autor	Concepto
Saaksvuori e Immonen	Sales (Ventas)
Abramovici & Schulte	Product Sourcing/Sales (Abastecimiento de Productos/Ventas)
Paolo Chiabert y colab.	Marketing phase (distribution and sales)

Esta fase es de vital importancia en el éxito de un producto, ya que es donde este llega a el usuario final, y así logra ser usado y evaluado. Abarca las estrategias de introducción al mercado, publicidad, promoción de ventas y en general todo el marketing alrededor del producto, además de los métodos de transporte,

<sup>39</sup> Grieves, M. Product Lifecycle Management Driving the Next Generation of Lean Thinking. United States of America: Mc Graw Hill. 2006b

<sup>40</sup> Chiabert, Paolo F. L., Martínez, Javier; Sauza, Joel. Visualization Model for Product Lifecycle Management. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara, XI, 109-116. 2013

distribución y almacenamiento, para que el producto llegue a manos del cliente en las mejores condiciones (en la etapa de definición se escogen los métodos de transporte y distribución, pero en esta fase se hacen reales). Se utiliza la información del producto para mostrar al comprador y al usuario cuáles son sus funciones y especificaciones. En esta etapa se compara la aceptación del producto vs productos similares.

- **Uso y Soporte**

**Tabla 7. Uso y Soporte**

Uso y Soporte	
Autor	Concepto
Stark	Support & Service (Soporte y Servicio)
Saaksvuori e Immonen	Service (Servicio)
Michael Grieves.	Soporte (Support)
Paolo Chiabert y colab.	Use-support phase (use and maintenance)

Desde el punto de vista del usuario, esta fase comienza con el uso del producto hasta el final de su vida útil. Desde la perspectiva del fabricante, es el inicio de los servicios de apoyo y mantenimiento; y la complejidad de estos varían dependiendo la complejidad del producto<sup>41</sup>. Esta parte del ciclo de vida es potencialmente una buena fuente de información sobre el producto, puede mostrar como es el funcionamiento del producto en un ambiente real de uso, que sirve para determinar si el producto está diseñado correctamente. Los datos de garantía por

---

<sup>41</sup> Stark, Op. Cit.

sistemas de vigilancia son información importante acerca de si un producto cumple sus funciones como se especifica.<sup>42</sup> Actualmente, las organizaciones cuentan con una amplia gama de opciones para recibir información del funcionamiento de sus productos gracias al uso de tecnologías como web, telefonía móvil, tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), entre otras, que pueden mostrar información en tiempo real y directa de los usuarios. En esta fase también es importante la capacitación de uso y mantenimiento que se da a los usuarios, la complejidad de la misma varía dependiendo de la complejidad del objeto en sí, y se puede realizar desde un manual de acciones, hasta jornadas específicas de orientación.

- **Disposición o Reciclaje**

**Tabla 8. Disposición o Reciclaje**

Disposición & Reciclaje	
Autor	Concept
Stark	Retire (Retiro)
Abramovici & Schulte	Product Use/Recycling (Uso del producto/Reciclaje)
Michael Grieves.	Disposición (Dispose)
Paolo Chiabert y colab.	Disposal phase

Esta fase es el fin del ciclo de vida del Producto, y está abierto a tres diferentes escenarios: reciclaje, residuo o reutilización. Aquí es donde el impacto ambiental del producto a través de su ciclo de vida de puede evaluar (recursos Consumidos y emisiones liberadas) y su incidencia sobre la salud humana se puede estimar.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Grieves, 2006b. Op. Cit.

<sup>43</sup> Chiabert, Lombardi, Martínez Gómez, Sauza Bedolla Op. Cit.

**4.2.3 Asignación de las áreas organizacionales a evaluar por la herramienta diagnóstica (modelo de visualización de procesos PLM).** El modelo de visualización es un marco que mejora la productividad del equipo y proporciona las mejores prácticas de diseño industrial a través de directrices, plantillas y herramientas de orientación para todas las actividades críticas del desarrollo del producto. El modelo es una representación visual integral que permite abordar muchos componentes PLM de los cuales los datos del producto conforman una de las piezas fundamentales. Otros componentes incluyen los productos en sí, la estructura organizativa, los métodos de trabajo, procesos, personas y sistemas de información que al abordarlos juntos conducen a mejores resultados (ver figura 11).

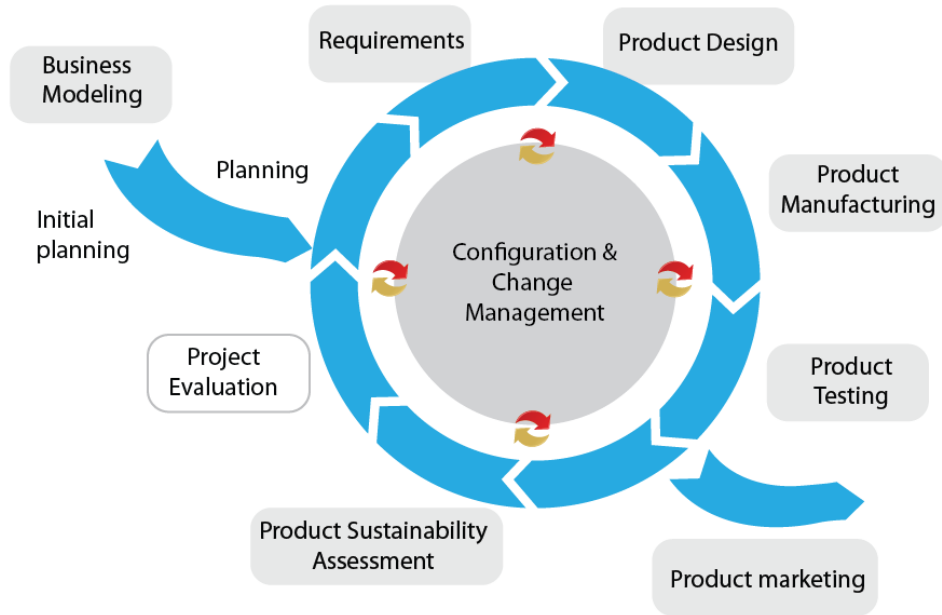
El modelo de visualización se centra en el proceso de diseño de producto activando el soporte a los usuarios y consiguiendo mejores soluciones, maximizadas a lo largo de su ciclo de vida y proporcionando transparencia en cuanto a lo que está sucediendo durante el ciclo de vida del producto desde cualquier enfoque.

A continuación se presenta un enfoque integral que tiene como objetivo hacer frente a algunos de los componentes PLM tales como productos, áreas de procesos, flujos de trabajo de procesos, personas, información, herramientas y habilidades; y proporcionar un marco disciplinado para la asignación de tareas y responsabilidades dentro de una organización (Ver Figura 12).

A través de este modelo se puede definir un proceso como un conjunto de medidas parcialmente ordenadas para alcanzar un objetivo; en el desarrollo de productos, el objetivo es la construcción de un nuevo producto, o mejorar uno ya existente; este mismo concepto lo podemos aplicar a la ingeniería de procesos, cuyo objetivo es el mismo entorno a determinado procesos (desarrollar un nuevo proceso o mejorar una existente). En el modelo de visualización, éstos se

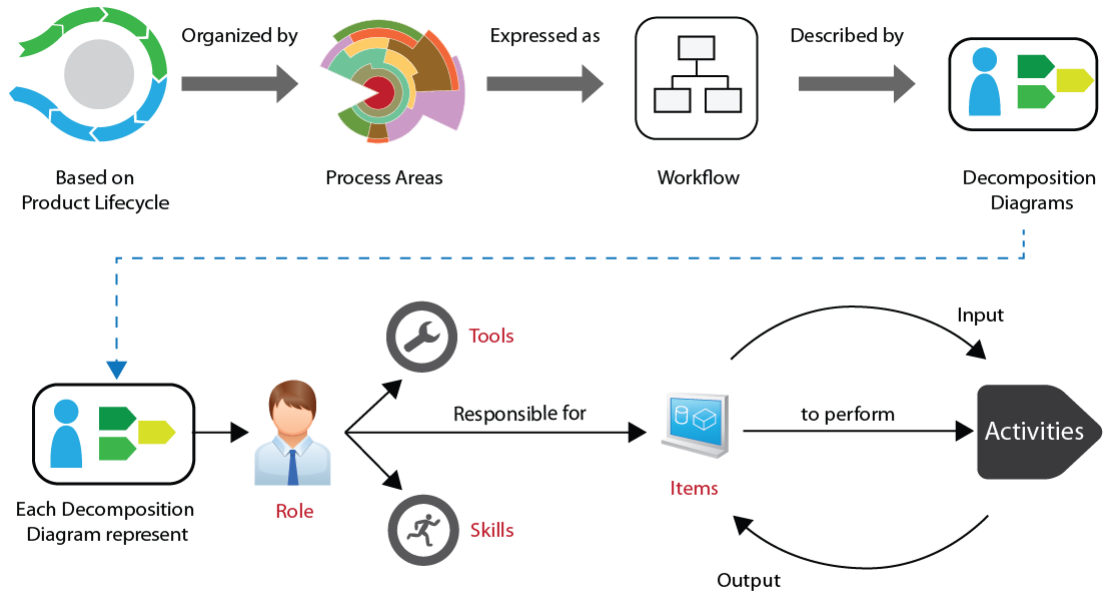
organizan en un conjunto de áreas organizacionales para definir mejor los flujos de trabajo y otros elementos del proceso, tales como actividades, roles, herramientas y habilidades Figura 11.

**Figura 11. Áreas de proceso en el ciclo de vida del producto.**



Fuente: Chiabert, P. Lombardi, Franco, Martínez Gómez, Javier, Sauza Bedolla, Joel. Visualization model for product lifecycle management.

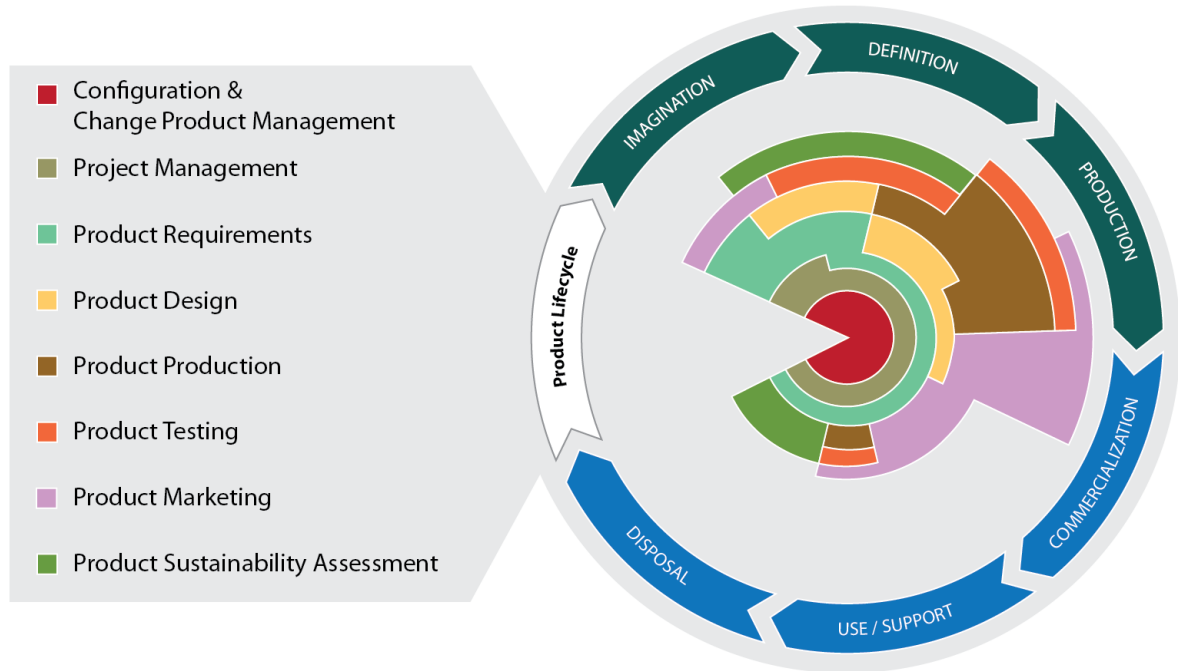
**Figura 12. Visualización del modelo.**



Fuente: Chiabert, P. Lombardi, Franco, Martínez Gómez, Javier, Sauza Bedolla, Joel. Visualization model for product lifecycle management.

El siguiente componente de dirección incluye las actividades, tareas y procesos; para poder asignar las diferentes funciones al personal dependiendo de las habilidades, conocimientos y competencias que estos posean. Después, está claro que las tareas tienen que realizarse, y de ser necesario es posible definir cómo hacerlas. Una vez que está claro que se ha hecho, cómo debe hacerse y quién debe hacerlo, los requisitos de información para el producto pueden ser definidos, permitiendo identificar el sistema de información para realizar actividades de apoyo y mantenimiento del producto.

**Figura 13. Panorama general del modelo de visualización de procesos.**



Fuente: Chiabert, P. Lombardi, Franco, Martínez Gómez, Javier, Sauza Bedolla, Joel. Visualization model for product lifecycle management.

La Figura 13 muestra el panorama general del modelo de visualización de procesos desde dos dimensiones diferentes:

- El círculo exterior representa el producto y su desarrollo a través las diferentes fases que un ciclo de vida de un producto desarrolla.
- La parte interna del círculo representa las áreas de proceso o áreas organizacionales, distribuidas por sus diferentes naturalezas en actividades a través de todo el ciclo de vida de un producto.

La primera dimensión representa el aspecto dinámico del proceso como en términos de fases. En la segunda dimensión se representan los aspectos estáticos del proceso: la forma en que se describe en términos de áreas de procesos, flujos

de trabajo, diagramas de descomposición, actividades, elementos, funciones y herramientas.

**4.2.4 Áreas organizacionales.** Un área de proceso u organizacional es un conjunto de actividades relacionadas con una o más de las fases del ciclo de vida de un producto. La agrupación de estas actividades en "áreas de organizacionales" es principalmente una ayuda para entender el proyecto desde una perspectiva más ortodoxa (paso a paso) y por lo general, es más común realizar ciertas actividades requisitos en estrecha coordinación con el análisis y diseño de ocupaciones. La separación de estas actividades en las áreas de proceso hace que sean más fáciles de comprender, pero más difícil de programar.

**4.2.4.1 Gestión de configuración y cambios (CM):** Este es el corazón del PLM, de acuerdo con CMMI,<sup>44</sup> controles de gestión de configuración y cambio de solicitud de cambio de, mantiene la integridad de, Artículos de productos.

Configuración y solicitud de cambio de gestión (CM y CRM) implica:

- Identificación de los elementos de configuración,
- Restricción de cambios a esos artículos,
- Cambios de auditoría realizados en esos artículos, y
- Definir y gestionar la configuración de esos artículos.

El CM es esencial para controlar los numerosos artículos producidos por las numerosas personas que trabajan en un producto común. CM ayuda a evitar la confusión costosa, y asegura que los artículos resultantes no están en conflicto debido a la actualización simultánea, la notificación limitada o múltiples versiones. Cada sistema PDM tiene su propio protocolo CM, sin embargo, no todos los

---

<sup>44</sup> Chrissis., M. B., Konrad., M., & Shrum., S. CMMI®Guía para la integración de procesos y la mejora de productos. (Vol. Segunda edición). 2009

artículos que necesite el mismo protocolo CM, por lo tanto es posible adaptar un protocolo CM para cada elemento.

**4.2.4.2 Gestión de proyectos (PM):** La gestión de proyectos ofrece equilibrio entre los objetivos de la competencia, la gestión del riesgo, y superando los obstáculos para entregar con éxito un producto que satisfaga las necesidades de los clientes y los usuarios. Según PMBOK el fin de PM es:

- Proporcionar un marco para la gestión de productos y desarrollo de proyectos,
- Proporcionar directrices prácticas para la planificación, dotación de personal, ejecución y seguimiento de proyectos.
- Proporcionar un marco para la gestión de riesgos.

Sin embargo, para PLM, este proceso Área se centra principalmente en los aspectos importantes de un proceso de desarrollo de productos:

- Gestión de riesgos.
- La planificación de un proyecto iterativo, a través del ciclo de vida.
- Seguimiento de los progresos (métricas).

Aspectos como la gestión de personas, la gestión del presupuesto la gestión de contratos, con proveedores y clientes, etc., no están cubiertos en una estrategia PLM. Estos aspectos deben ser cubiertos a través de la integración con el sistema ERP.

**4.2.4.3 Requerimientos del producto (PR):** Es un área crítica de proceso dentro de cualquier ciclo de vida del producto; la mayoría de los defectos del producto se remontan a que los requisitos fueron incomprendidos o incorrectos. Por tanto el fin de esta área es el de realizar y analizar los requisitos del cliente y del producto, e

identificar las posibles inconsistencias entre el producto realizado y los requisitos iniciales.

**4.2.4.4 Diseño de producto (PD):** El propósito del diseño es el de transformar las necesidades, requerimientos y restricciones en una solución plasmada en el diseño de un producto, que incluya una definición detallada del mismo, sus componentes, materiales, procesos de fabricación y ensamblaje, manuales de uso y mantenimiento, y todas las características necesarias para que el producto final coincida con las expectativas de los usuarios finales.

**4.2.4.5 Producción del producto (PP):** Es la fabricación de bienes para su uso o venta, en esta área es donde se emplea la mano de obra y maquinaria, herramientas, procesos químicos y biológicos, o de la formulación. PP puede referirse a una amplia gama de actividades, desde la artesanía hasta la alta tecnología, pero es más comúnmente aplicado a la producción industrial, en el que las materias primas se transforman en productos terminados a gran escala. Tales productos terminados pueden ser utilizados para la fabricación de otros productos más complejos, en el caso aviones, electrodomésticos o automóviles, o se vende a los mayoristas, que a su vez los venden a los minoristas, que luego venden a los usuarios finales.

**4.2.4.6 Pruebas de producto (PT):** El propósito de realizar pruebas es garantizar que los productos seleccionados (o componentes de productos) satisfacen los requisitos especificados, y a su vez demostrar que un producto cumple con su uso previsto.

**4.2.4.7 Marketing y servicios del producto (PMK):** Es el proceso de comunicar el valor de un producto o servicio a los clientes. El marketing puede ser visto como una función organizativa y un conjunto de procesos para crear, comunicar y

entregar valor a los clientes, así mismo crear y gestionar las relaciones con los clientes.

**4.2.4.8 Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS):** El propósito de la evaluación de la sostenibilidad es determinar los impactos ambientales asociados en todas las etapas del ciclo de vida de un producto, haciendo referencia solamente al impacto ambiental debido a que actualmente no se encuentran herramientas que permitan la medición de la sostenibilidad económica o social como lo permite la herramienta LCA (Life Cycle Assessment), de esta forma el PS consiste en:

- Compilar un inventario de insumos de energía y materiales pertinentes y emisiones al medio ambiente.
- La evaluación de los impactos potenciales asociados con entradas y liberaciones identificados.
- Interpretar los resultados para ayudar a hacer una decisión más informada

### **4.3 IDENTIFICACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS.**

Actualmente existen gran cantidad de modelos, metodologías, estándares, y pautas de madurez que pueden ayudar a una compañía a evaluar u optimizar la forma en que realizan su actividad. Sin embargo, muchos de los enfoques disponibles se centran en partes específicas de las actividades realizadas o áreas de procesos de las compañías, evitando un enfoque sistémico a los problemas que la mayoría de las industrias enfrentan. Con el fin de perfeccionar un área de proceso del negocio, estos modelos han perpetuado los sistemas obsoletos y las barreras que existen en las compañías. El modelo CMMI proporciona una oportunidad de evitar o de eliminar estos sistemas obsoletos y barreras a través

de los modelos integrados interdisciplinarios. Debido a que CMMI son colecciones de buenas prácticas que ayudan a las organizaciones a mejorar sus procesos, estos modelos son desarrollados por equipos de producto con miembros procedentes de la industria, del gobierno y del Software Engineering Institute (SEI)<sup>45</sup>, por estas razones se utilizó CMMI como modelo de referencia de capacidad y madurez e identificación de buenas prácticas empresariales.

**4.3.1 Niveles de Capacidad y Madurez.** A partir del Anexo B. Se seleccionaron los niveles presentes en la herramienta. El concepto de niveles está enfocado a la mejora desde un estado mal definido hasta un estado que utiliza información cuantitativa para determinar y gestionar las mejoras que se necesitan para satisfacer los objetivos de negocio de una organización.

Para alcanzar un nivel particular, una organización debe satisfacer todas las metas apropiadas del área o conjunto de áreas de proceso que son objetivos de la mejora, independientemente de si es de un nivel de capacidad o de madurez.

En este modelo de diagnóstico la capacidad y madurez empresarial se combinan para generar cinco niveles conjuntos dependiendo de las áreas de procesos, esto se hace para facilitar su aplicación, dependiendo del nivel en el que un área organizacional concluya se propone una ruta alternativa de mejora para aumentar de nivel, cabe aclarar que las rutas propuestas llevan de un nivel inferior al inmediatamente superior, y que cuando se creen superadas las metas para cumplir con ese nivel, se debe realizar un nuevo diagnóstico para comprobar que la organización en sus procesos ya se encuentra en el nivel superior.

Se recomienda para poder soportar la implementación de la estrategia PLM que se encuentre mínimamente en un nivel 3, ósea Definido, y el mejoramiento continuo se puede realizar mientras se cuenta con la estrategia PLM (hasta llegar

---

<sup>45</sup> Chrissis., Konrad., & Shrum., Op. Cit.

a un nivel Optimizado), en caso de encontrarse en un nivel inferior a Definido, los esfuerzos de implementación serán en vano y las inversiones no surtirán efecto, incluso puede entorpecer el desarrollo de actividades.<sup>46</sup>

**4.3.1.1 Nivel inicial:** En este nivel, las organizaciones no tienen procesos estandarizados, y estos se realizan generalmente de forma intuitiva. La organización no proporciona un entorno estable para dar soporte a los procesos. El éxito de estas compañías depende de la competencia y heroicidad de su personal, pero no del uso de procesos probados. A pesar de estas condiciones, las organizaciones con nivel de capacidad y madurez inicial pueden realizar productos y servicios que funcionan, sin embargo, frecuentemente exceden sus presupuestos y no cumplen sus calendarios.

Las empresa con nivel inicial se caracterizan por una tendencia a comprometerse en exceso, a abandonar los procesos en tiempos de crisis y a una incapacidad de repetir sus éxitos.

Generalmente no cuentan con los recursos e infraestructura necesaria para llevar a cabo muchos de los proyectos que se comprometen a realizar y por esto tienden a improvisar en la marcha y ocasionalmente incumplen con algunos de los requerimientos del proyecto.

Al no tener estandarizados sus procesos, deben iniciar de cero en cada proyecto y tienden a repetir desaciertos que ya han cometido anteriormente.

**4.3.1.2 Nivel manejado:** En este nivel de madurez, los procesos se planifican y realizan de acuerdo a políticas establecidas; los proyectos emplean personal con habilidad que dispone de recursos adecuados para poder producir resultados controlados; involucran a las partes interesadas relevantes; se monitorizan,

---

<sup>46</sup> Chiabert, Martínez Gómez, Sauza Bedolla. Op. Cit.

controlan y revisan; y se evalúan en cuanto a su adherencia a sus descripciones de proceso. La disciplina de proceso reflejada por el nivel Manejado ayuda a asegurar que las prácticas existentes se mantienen durante tiempos de estrés. Cuando estas prácticas están en su lugar, los proyectos se realizan y gestionan de acuerdo a planes documentados.

En este nivel, el estado de los productos de trabajo y la entrega de los servicios son visibles a la dirección en puntos de nidos (por ejemplo al analizar procesos o tareas principales). Se establecen compromisos entre las partes interesadas relevantes y se revisan, según sea necesario. Los productos de trabajo se controlan de forma apropiada. Los productos de trabajo y servicios satisfacen sus descripciones de proceso especificadas, estándares y procedimientos. Este nivel se caracteriza por la institucionalización y documentación de mejoras, procesos, estándares y procedimientos.

**4.3.1.3 Nivel definido:** En este nivel los procesos son bien caracterizados y comprendidos, y se describen en estándares procedimientos, herramientas y métodos. El conjunto de procesos estándar de la organización (es un conjunto de definiciones de procesos que dirigen las actividades de la organización, estas descripciones de procesos cubren los elementos fundamentales de proceso y las relaciones entre ellos, que deberían incorporar los procesos de nidos que se implementan en los proyectos, en los grupos de trabajo y en el funcionamiento de toda la organización. Un proceso estándar permite actividades de desarrollo y mantenimiento consistentes en toda la organización y es esencial para la estabilidad y la mejora a largo plazo), que es la base de este nivel, se establece y mejora a lo largo del tiempo. Estos procesos estándar se usan para establecer la consistencia en toda la organización. Los proyectos establecen sus procesos de nidos adaptando el conjunto de procesos estándar de la organización y de acuerdo a las guías de adaptación.

Una distinción crítica entre los niveles Manejado y Definido es el alcance de los estándares, descripciones de proceso y procedimientos. En el nivel Manejado, los estándares, descripciones de proceso y procedimientos pueden ser bastante diferentes en cada instancia específica de un proceso (ya sea en áreas de proceso o en diferentes proyectos). En el nivel Definido, los estándares, descripciones de proceso y procedimientos para un proyecto se adaptan para adecuarse a un proyecto particular o unidad organizativa a partir del conjunto de procedimientos estándar de la organización y, por tanto, son más consistentes, exceptuando las diferencias permitidas por las guías de adaptación.

Otra distinción crítica es que en el nivel Definido, los procesos normalmente se describen más rigurosamente que en el nivel Manejado. Un proceso de nido establece claramente el propósito, entradas, criterios de entrada, actividades, roles, medidas, etapas de verificación, salidas y criterios de salida. En el nivel Definido, los procesos se gestionan más proactivamente utilizando una comprensión de las interrelaciones de las actividades del proceso y las medidas detalladas del proceso, sus productos de trabajo y sus servicios.

La organización al afrontar cada proyecto, evalúa sus capacidades, infraestructura, experiencia y demás factores importantes que posibilite el desarrollo del mismo, evitando la improvisación.

**4.3.1.4 Nivel cuantitativamente manejado:** En este nivel, la organización y los proyectos establecen objetivos cuantitativos en cuanto al rendimiento de calidad y del proceso, y los utilizan como criterios en la gestión de los procesos. Los objetivos cuantitativos se basan en las necesidades del cliente, usuarios finales, organización e implementadores del proceso. El rendimiento de calidad y del proceso se comprende en términos estadísticos y se gestiona durante la vida de los procesos.

Para los sub procesos seleccionados, se recogen y analizan estadísticamente medidas detalladas de rendimiento del proceso. Las medidas de rendimiento de calidad y del proceso se incorporan en el repositorio de medición de la organización para dar soporte a la toma de decisiones basada en hechos. Se identifican las causas especiales de variación (causa de un defecto que se especifica a alguna circunstancia transitoria y no es una parte inherente de un proceso) y, donde sea apropiado, se corrigen las fuentes de las causas especiales para prevenir sus futuras ocurrencias.

Una distinción crítica entre los niveles Definido y Cuantitativamente Manejado es la predictibilidad del rendimiento de los procesos. En el nivel cuantitativamente manejado el rendimiento de los procesos se controla utilizando técnicas estadísticas y otras técnicas cuantitativas, y es predecible cuantitativamente. En el nivel definido, los procesos normalmente sólo son predecibles cualitativamente.

**4.3.1.5 Nivel optimizado:** En el nivel de madurez optimizado, una organización mejora continuamente sus procesos basándose en una comprensión cuantitativa de las causas comunes de variación (es la variación de un proceso que existe debido a las interacciones normales y esperadas entre los componentes de un proceso) inherentes a los procesos.

El nivel optimizado se centra en mejorar continuamente el rendimiento de procesos mediante mejoras incrementales e innovadoras de proceso y tecnológicas. Los objetivos cuantitativos de mejora de procesos para una organización se establecen, se revisan continuamente para reflejar el cambio a los objetivos de negocio, y se utilizan como criterios para gestionar mejoras de procesos. Los efectos de las mejoras de procesos desplegadas se miden y evalúan frente a los objetivos cuantitativos de mejora de procesos. Tanto los procesos definidos como el conjunto de procesos estándar de la organización son objeto de las actividades de mejora cuantitativa.

Una distinción crítica entre los niveles Cuantitativamente Manejado y en Optimización, es el tipo de variación del proceso tratado. En el nivel de madurez Cuantitativamente manejado, la organización se preocupa por tratar las causas especiales de variación del proceso y por proporcionar predictibilidad estadística de los resultados. Aunque los procesos pueden producir resultados predecibles, los resultados pueden ser insuficientes para alcanzar los objetivos establecidos. En el nivel Optimizado, la organización se interesa en tratar las causas comunes de variación del proceso y en cambiar el proceso (para cambiar la media del rendimiento del proceso o reducir la variación inherente del proceso experimentada) para mejorar el rendimiento del proceso y para alcanzar sus objetivos cuantitativos de mejora de procesos establecidos.

#### **4.4 DESARROLLO DEL MODELO**

Posteriormente al tener la estructura y contenido de la herramienta, se prosiguió a detallar como sería la interacción entre ellos, en donde cada área organizacional seleccionada debía verse confrontada con cada una de las fases del ciclo de vida del producto. Esta etapa tenía como propósito observar el comportamiento de las áreas de proceso de una organización a lo largo del ciclo de vida del producto, permitiendo evidenciar de una manera más detallada el panorama de evaluación y a su vez facilitando los criterios de formulación de las variables que constituirán la herramienta<sup>47</sup>.

Se determinó la interacción de las áreas de procesos con las fases del ciclo de vida del producto, después se hizo una definición de las variables de medición, luego se estableció la estructura de la prueba de diagnóstico y finalmente se realizaron pruebas piloto para su calibración.

---

<sup>47</sup> Chiabert, Martínez Gómez, Sauza Bedolla. Op. Cit.

**4.4.1 Interacción entre áreas.** En las siguientes tablas se encuentra descrita la interacción entre las áreas de procesos y cada una de las fases del ciclo de vida de un producto, esta revisión se realizó con el fin de determinar qué actividades se realizan en cada una de las fases del ciclo de vida y cuáles áreas de procesos están encargadas de su desarrollo y con esto tener claridad de las dinámicas asociadas al desarrollo de un producto a lo largo de su ciclo de vida y a cuales áreas de proceso van ligadas.

**Tabla 9. Interacción de la fase ideación vs las áreas organizacionales seleccionadas.**

	Ideación	
<b>Áreas de proceso vs fase del ciclo de un producto (ideación)</b>	Al iniciar el proyecto, se recibe la información sobre el producto de diferentes fuentes: clientes, marketing, producción, partes interesadas. Talleres de creatividad se llevan a cabo para el primer borrador del producto, las ideas se conviertan en croquis, planos y esquemas que explican los preliminares de productos.	
<b>Gestión de configuración y cambios (CM)</b>	Registrar y comunicar la información necesaria para gestionar los productos y los elementos que los componen de manera eficaz, controlando el estado de los cambios propuestos y aprobados (Justificación del estado de la configuración). Identificar y documentar las características físicas y funcionales de los productos y de los elementos que los componen. Estimar los riesgos potenciales (las fuentes de imprevisibilidad). Estimar el costo total y el calendario para todo el proyecto Preparar el entorno PLM como apoyo para el proyecto.	
<b>Requerimientos del producto (PR)</b>	Gestionar de requerimientos, parámetros y limitantes del producto.	Discriminar los escenarios principales de la operación que impulsarán el diseño
<b>Diseño de producto (PD)</b>	Exhibir al menos una alternativa en productos contra algunos de los escenarios principales.	
<b>Producción del producto (PP)</b>	No Aplica	
<b>Pruebas de producto (PT)</b>	Se establecen los criterios de pruebas a las cuales será sometido el producto a lo largo de su ciclo de vida.	
<b>Marketing y servicios del producto (PMK)</b>	Al establecer el alcance del producto se formulan los criterios de aceptación, lo que se pretende que sea en el producto y qué no lo es.	Diseño emocional, estudio del perfil del cliente y/o usuario.
<b>Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)</b>	Sostenibilidad como base de proyectos, porcentaje de propuestas sostenibles.	

**Tabla 10. Interacción de la fase definición vs las áreas organizacionales seleccionadas.**

	Definición	
<b>Áreas de proceso vs fase del ciclo de un producto (definición)</b>	La "idea" toma forma en dibujos técnicos, se realizan los moldeados y el producto se define (materiales, dimensiones y tolerancias). Una definición del producto realista será clara y verificable (el diseño deberá cumplir los requisitos del usuario); completa y precisa (diseño deberá exponer las necesidades reales de los usuarios); y debe ser factible.	
<b>Gestión de configuración y cambios (CM)</b>	Registrar y comunicar la información necesaria para gestionar los productos y los elementos que los componen de manera eficaz, controlando el estado de los cambios propuestos y aprobados (Justificación del estado de la configuración).	
	Documentación de diseño, que contemplaría toda aquella que define el producto. Controlar los cambios en los productos, en los elementos que los componen y en la documentación asociada	
<b>Gestión de proyectos (PM)</b>	Garantizar que el concepto de producto, los requisitos y los planes son lo suficientemente estable y los riesgos están suficientemente mitigado para poder determinar previsiblemente el costo y el cronograma para la culminación del desarrollo.	
<b>Requerimientos del producto (PR)</b>	Establecer un concepto de producto de base derivados de hacer frente a los escenarios importantes, que por lo general exponen los riesgos técnicos principales del proyecto.	
<b>Diseño de producto (PD)</b>	Producir un prototipo para mostrar la calidad de producción, así como posiblemente uno o más diseños de exploración, con el fin de mitigar los riesgos específicos, tales como: requisitos de diseño, la reutilización de componentes, viabilidad del producto o demostraciones para los inversores, clientes y usuarios finales.	
<b>Producción del producto (PP)</b>	Demostrar que la estructura de producto base apoyará los requisitos del producto a un costo razonable y en un tiempo razonable.	
<b>Pruebas de producto (PT)</b>	Realización de simulaciones virtuales y físicas, análisis de elementos finitos, pruebas técnicas, ergonómicas, de uso, de preferencias, de usabilidad y de preferencia con usuarios potenciales del producto. Modificaciones según resultados y re-testeo.	
<b>Marketing y servicios del producto (PMK)</b>	No Aplica	
<b>Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)</b>	Evaluación de uso de materiales, búsqueda de alternativas sostenibles; modificación de piezas para evitar desperdicios de recursos.	Análisis comparativo de costos Vs. Beneficios y de sostenibilidad.

**Tabla 11. Interacción de la fase realización vs las áreas organizacionales seleccionadas.**

Áreas de proceso vs fase del ciclo de un producto (realización)	Realización		
<b>Gestión de configuración y cambios (CM)</b>	<p>Registrar y comunicar la información necesaria para gestionar los productos y los elementos que los componen de manera eficaz, controlando el estado de los cambios propuestos y aprobados (Justificación del estado de la configuración).</p> <p>Documentación de fabricación, que contemplaría toda aquella que define el proceso de fabricación.</p> <p>Controlar los cambios en los productos, en los elementos que los componen y en la documentación asociada</p>		
<b>Gestión de proyectos (PM)</b>	Desarrollar sistemas de trabajo en paralelo entre los equipos de diseño e ingeniería.		
<b>Requerimientos del producto (PR)</b>	Minimizar los costos de fabricación mediante la optimización de los recursos y evitar los desechos y re trabajo innecesario.		
<b>Diseño de producto (PD)</b>	Alcanzar versiones útiles de productos (logrando versiones útiles: alfa, beta, y otras versiones de prueba) tan rápidamente como sea posible.		
<b>Producción del producto (PP)</b>	Lograr una calidad adecuada tan rápidamente como sea posible.	Completar los análisis de diseño, desarrollo y prueba de toda la funcionalidad requerida.	Implementar sistemas de gestión de recursos, control y optimización de procesos.
<b>Pruebas de producto (PT)</b>	Asegúrese de que el producto está listo para la transición a sus usuarios finales. Esto implica probar el producto y desarrolla el sistema de embalaje y otros requisitos para la protección del producto durante el transporte.		
<b>Marketing y servicios del producto (PMK)</b>	Evaluar el componente completo contra los criterios de evaluación definidos, tanto de clientes como usuarios finales e inversores.		
<b>Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)</b>	No Aplica		

**Tabla 12. Interacción de la fase marketing, distribución y ventas vs las áreas organizacionales seleccionadas.**

Áreas de proceso vs fase del ciclo de un producto (marketing, distribución y ventas)	Marketing, Distribución y Ventas	
<p style="text-align: center;"><b>Gestión de configuración y cambios (CM)</b></p>	<p>Una estrategia de marketing se define junto con los sistemas de transporte y logística de distribución para garantizar que el producto llegue a manos de los clientes en las mejores condiciones</p> <p>Registrar y comunicar la información necesaria para gestionar los productos y los elementos que los componen de manera eficaz, controlando el estado de los cambios propuestos y aprobados (Justificación del estado de la configuración).</p> <p>Auditar los productos y los elementos que los componen para verificar la conformidad con los requisitos documentados (Auditoría de la configuración).</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Gestión de proyectos (PM)</b></p>	<p>Definir la introducción del producto, a fin de no afectar a otros productos de la cartera de la compañía.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Requerimientos del producto (PR)</b></p>	<p>Establecer quién es el grupo de consumidores objetivo principal, que tiene que ser identificado con anterioridad por la investigación y la comercialización de la prueba.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Diseño de producto (PD)</b></p>	<p>Diseño de embalaje del producto (funciones del embalaje son: proteger el contenido, facilitar la manipulación, informar sobre sus condiciones de manejo, requisitos legales, composición, ingredientes). Diseño del embalaje comercial para alcanzar el mercado deseado</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Producción del producto (PP)</b></p>	<p>No Aplica</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Pruebas de producto (PT)</b></p>	<p>No Aplica</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Marketing y servicios del producto (PMK)</b></p>	<p>Desplegar a la comercialización, distribución y fuerza de ventas.</p>	<p>Decidir el lanzamiento y alcance del producto. Puede ser mercado regional, nacional o internacional, en función de la estrategia elegida, el capital y las capacidades operativas de la empresa.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)</b></p>	<p>No Aplica</p>	

**Tabla 13. Interacción de la fase uso y soporte vs las áreas organizacionales seleccionadas.**

Áreas de proceso vs fase del ciclo de un producto (Uso y Soporte)	Uso y Soporte	
<b>Gestión de configuración y cambios (CM)</b>	Se integran los puntos de vista de usuario vs empresa, empezando el primero con el uso del producto hasta el final de su vida útil. Y desde la perspectiva de la entidad es el comienzo de la fase de apoyo y mantenimiento.	
	Registrar y comunicar la información necesaria para gestionar los productos y los elementos que los componen de manera eficaz, controlando el estado de los cambios propuestos y aprobados (Justificación del estado de la configuración).	
	Auditar los productos y los elementos que los componen para verificar la conformidad con los requisitos documentados (Auditoría de la configuración).	
<b>Gestión de proyectos (PM)</b>	Aproximar la finalización de soporte al usuario final.	
<b>Requerimientos del producto (PR)</b>	Obtener retroalimentación de los usuarios	
<b>Diseño de producto (PD)</b>	No Aplica	
<b>Producción del producto (PP)</b>	No Aplica	
<b>Pruebas de producto (PT)</b>	Prueba de validación del nuevo producto frente a las expectativas de los usuarios.	Evaluar el producto contra los criterios de aceptación.
<b>Marketing y servicios del producto (PMK)</b>	Formar (educar) a los usuarios y mantenerlos.	Desarrollar actividades para la mejora del rendimiento y la usabilidad.
<b>Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)</b>	No Aplica	

**Tabla 14. Interacción de la fase disposición final vs las áreas organizacionales seleccionadas.**

	<b>Disposición Final</b>	
<b>Áreas de proceso vs fase del ciclo de un producto (Disposición Final)</b>	Fin del ciclo de vida del producto y está abierto a los tres escenarios diferentes: de reciclaje, de residuos o de reutilización. Aquí es donde el impacto ambiental del producto a través de su ciclo de vida se puede evaluar (recursos consumidos y las emisiones liberadas) y los efectos relacionados con la salud humana se pueden estimar.	
<b>Gestión de configuración y cambios (CM)</b>	Registrar y comunicar la información necesaria para gestionar los productos y los elementos que los componen de manera eficaz, controlando el estado de los cambios propuestos y aprobados (Justificación del estado de la configuración).	
	Auditar los productos y los elementos que los componen para verificar la conformidad con los requisitos documentados (Auditoría de la configuración).	
<b>Gestión de proyectos (PM)</b>	Realizar las evaluaciones de impacto.	Interpretar los resultados.
<b>Requerimientos del producto (PR)</b>	Realizar los análisis de inventario pertinentes.	
<b>Diseño de producto (PD)</b>	No aplica	
<b>Producción del producto (PP)</b>	No aplica	
<b>Pruebas de producto (PT)</b>	No Aplica	
<b>Marketing y servicios del producto (PMK)</b>	No Aplica	
<b>Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)</b>	Evaluar todos los aspectos que involucraron el producto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y desarrollo de los procesos de fabricación.</li> <li>• Embalaje y transporte.</li> <li>• Rendimiento y las prácticas de contratistas y proveedores del Medio Ambiente.</li> <li>• Gestión de residuos.</li> <li>• Extracción y distribución de materias primas y recursos naturales.</li> <li>• Distribución, uso y fin de vida de los productos, y vida silvestre y la biodiversidad.</li> </ul>	

**4.4.2 Definición de variables de medición.** Con el comportamiento de cada área organizacional definido en cada una de las fases del ciclo de vida del producto, se prosiguió a definir cada una de las variables que presentara las diferentes áreas de procesos. Las variables a evaluar son de carácter cualitativo, y recurrirán en su totalidad a la evidencia recolectada durante la etapa diagnóstica para poder generar el criterio de selección del nivel de capacidad y madurez que presenta la organización.

Debido a su carácter cualitativo es necesario que el personal realice un análisis y tome su debido tiempo para recopilar toda la información necesaria y evidencias antes de emitir un juicio, y para esto se recomienda seguir las pautas de la *guía de aplicación de encuesta* desarrollado (Ver Anexo #). Cada uno de los criterios seleccionados para definir las variables (característica, variable y evidencia) fueron determinados por las normativas de la empresa Siemens para el desarrollo de estrategias PLM en organizaciones.<sup>48</sup>

En el anexo (#) se realiza una descripción por áreas de procesos de las variables de medición a tener en cuenta para determinar el nivel de capacidad y madurez frente a las evidencias que se puede encontrar en el proceso, cabe aclarar que el factor a evaluar con estas evidencias es la capacidad y madurez del proceso que ellas reflejan y que su inexistencia refleja un nivel inicial.

En la tabla 15 se ve un ejemplo de cómo se realizó la relación de cada variable con las evidencias en cada área de procesos, en este caso se muestra el área de gestión de requerimientos del producto.

---

<sup>48</sup> Siemens. 2014a. Op. Cit.

**Tabla 15. Determinación de variables de medición: Requerimientos del producto**

CARACTERÍSTICA	VARIABLE	EVIDENCIA
Desarrollar los requisitos del cliente	Existencia de un sistema para la recopilación de las necesidades de los clientes.	Recopilación datos sin procesar de los interesados (cliente o usuario final) (lista de necesidades, expectativas, restricciones y deseos del producto)
		Recopilación de requisitos adicionales, implícito al desarrollo del proyecto.
	Transformación de las necesidades de las partes interesadas en requisitos del cliente.	Transformación de la voz del cliente en requerimientos (FURPS) y restricciones.
		Priorización de requerimientos y restricciones.
Desarrollar los requisitos del Producto	Establecimiento de los requisitos del producto y de los componentes del producto.	Desarrollo los requisitos en términos técnicos (métricas), requisitos del producto, de los componentes del producto y de la arquitectura del producto.
	Asignación de los requisitos para cada componente de producto.	Asignación de los requisitos a cada componente y a cada función del producto, y documentación del proceso.
	Identificación de los requisitos de interfaz.	Identificación de los requisitos de interfaz entre los componentes de producto, con los equipos de pruebas, con los sistemas de transporte, con los sistemas de soporte y con las instalaciones de fabricación.
Analizar y validar los requisitos.	Establecimiento de los conceptos y los escenarios de operación.	Desarrollo de los conceptos y escenarios de operación (operación, instalación, desarrollo, mantenimiento, soporte y retirada) del producto en desarrollo.
		Revisión de los conceptos y los escenarios de operación para refinar y descubrir requisitos.
	Establecimiento de la definición de funcionalidad y de los atributos de calidad requeridos.	Definición de funcionalidad y de los atributos de funcionalidad requeridos y deseados en el proyecto.
		Desarrollo de diagramas de actividad y de casos de uso.
	Análisis de los requisitos.	Determinación de los atributos de calidad significativos para la arquitectura del proyecto.
		Análisis de requisitos para asegurar que son necesarios y suficientes.
	Análisis de requisitos para equilibrar las necesidades y restricciones de las partes interesadas.	

Tabla 15. (Continuación)

CARACTERÍSTICA	VARIABLE	EVIDENCIA
Analizar y validar los requisitos.	Validación de los requisitos	Validación de los requisitos para asegurar que el producto resultante funcione según lo previsto en el entorno del usuario final (Registro de los métodos y resultados del análisis)
Gestionar los Requisitos	Comprensión de los requisitos.	Análisis individual de requisitos, y socialización con equipo de trabajo.
	Obtención del compromiso sobre los requisitos.	Asignación de responsabilidades de cumplimiento de requisitos en grupo de trabajo.
	Gestión de cambios en los requisitos.	Realización de petición de cambios en requisitos y de informes de impacto del cambio de requisitos.
		Documentación de historial de cambios de requisitos y estado de cada uno de ellos.
	Mantenimiento de la trazabilidad bidireccional de los requisitos.	Documentación de trazabilidades de los requisitos.
Aseguramiento del alineamiento entre el trabajo del proyecto y los requisitos.	Búsqueda, análisis y corrección de inconsistencias entre productos de trabajo y requisitos del proyecto.	

Fuente: Autores

**4.4.3 Estructura del diagnóstico.** La herramienta se encuentra dividida en dos formatos. El primer formato fue diseñado para realizar el diagnóstico (ver Anexo F) en la plataforma online Survey Monkey<sup>49</sup>, consta de sesenta y tres preguntas para evaluar cada una de las variables establecidas. Las preguntas se encuentran diseñadas para recolectar la información necesaria que le permitirá al evaluador emitir un juicio y de esta forma establecer el nivel de capacidad y madurez en cada área de procesos de la empresa. Cada una de las sesenta y tres preguntas se distribuye de la siguiente manera:

<sup>49</sup> SURVEY, Monkey es una herramienta útil para realizar encuestas, cuestionarios y recopilación de datos, actividades que usualmente los investigadores, docentes o estudiantes practican.

- Gestión de Requerimientos: catorce preguntas.
- Diseño de producto: doce preguntas.
- Gestión de Proyectos: ocho preguntas.
- Gestión de configuración y cambios: ocho preguntas.
- Producción del Producto: siete preguntas.
- Pruebas del producto: cuatro preguntas.
- Marketing y servicios del producto: seis preguntas.
- Evaluación de la sostenibilidad del producto: cuatro preguntas.

En la parte inferior de cada pregunta, el evaluador debe sustentar la selección del nivel de madurez anexando las evidencias de cumplimiento encontradas, de este modo justificando su criterio de selección, de no encontrar una evidencia que sustente el proceso evaluado, la calificación será nivel inicial para ese aspecto. Al finalizar de diligenciar la encuesta el resultado será exportado a dos tipos de informes, un informe en Excel necesario para anexar la información al segundo formato de la herramienta, y un informe en formato PDF donde se detalla la información registrada en la encuesta. Este informe debe anexarse junto a los resultados emitidos por el segundo formato como el entregable final a la empresa que incluirá: la justificación de la selección del nivel de capacidad y madurez en cada área por parte del evaluador, el resultado del nivel en que se encuentra la organización por cada una de las áreas evaluadas y una guía generalizada para el mejoramiento de cada área.

**4.4.4 Simulación y pruebas del modelo.** Se aplicó el cuestionario a dos empresas locales dedicadas a la manufactura, estas actividades sirvieron de soporte para la realización de ajustes y complementos a la herramienta de diagnóstico.

Al abordar la aplicación se modificó el protocolo planteado inicialmente gracias a la observación de las dinámicas empresariales, se definieron procedimientos para facilitar su utilización, evitando causar inconvenientes durante la aplicación, estos procedimientos están descritos en el manual de aplicación de la encuesta (ver Anexo E).

Se determinó que no es necesaria la presencia de diferentes entes pertenecientes a las áreas de procesos durante la aplicación de la prueba, por esto se fijó la metodología de asignación de roles a diferentes preguntas, que consiste en la inspección de las áreas de procesos por parte de el encuestador, previo a la realización de la prueba, y en esta inspección revisar que perfiles de los trabajadores son adecuados para responder las preguntas del cuestionario asignando un rol al trabajador o grupo de trabajadores del área de procesos, posteriormente, el encargado de la encuesta prepara el orden para su aplicación, la asignación de preguntas a roles se realiza en un formato diseñado para este fin (ver Anexo G), para evitar repetir u omitir preguntas, estas se realizan en los puestos de trabajo o estaciones, ya que en estos lugares se puede tener un mejor análisis mediante la observación, además de la facilidad para poder recopilar las evidencias de nivel.

Como PLM no es conocida en muchos ámbitos de la industria local, se hizo necesario incluir su descripción, los beneficios que trae consigo su implementación efectiva y por ende la importancia de los niveles de capacidad y madurez empresarial y la utilidad de esta herramienta de diagnóstico, a su vez la necesidad de plantear que la organización se disponga a ofrecer los resultados más cercanos a la realidad para tener un diagnóstico confiable.

En algunas preguntas se hizo ajuste de percepción que mejoró la comunicación entre el encuestador y la organización, cabe notar que la herramienta está diseñada para que se asignen preguntas a ciertos roles de la parte operativa, por

esta razón es de gran importancia que esas preguntas se hayan formulado en lenguaje básico, libre de tecnicismos, y en los que era necesario, se planteó un glosario de términos para referencia de los mismos.

**4.4.4.1. Entrega de resultados:** Al concluir con la aplicación de la prueba en cada organización, el encuestador descarga dos archivos de informe de la plataforma SurveyMonkey, uno en PDF que incluye todas las respuestas y evidencias recolectadas y otro que se exporta a Excel y en el que se calculan los niveles de capacidad y madurez por áreas.

**Figura 14 Informe de Niveles de capacidad y madurez.**

Informe de los Niveles de Capacidad y Madurez	
Nombre y NIT	
Ciudad	
Dirección	
Página web	
E - Mail	
Área Organizacional	Nivel de capacidad y madurez
Gestión de Requerimientos	
Diseño del producto	
Gestión de Proyectos	
Gestión de configuración y cambios	
Producción del Producto	
Pruebas del producto	
Marketing y servicios del producto	
Evaluación de la sostenibilidad del producto	
Nivel de Capacidad y Madurez General de la empresa	

Adicional al resumen general que arroja la herramienta al realizar el cálculo, el formato también genera una gráfica por área de procesos donde se puede observar la distribución de respuestas y el nivel general en el que se encuentra la organización en determinada área, y se acompaña de un texto diagnóstico

genérico adaptable a cada empresa donde describe las razones por las que se cataloga en el nivel de capacidad y madurez, y se realizan unas recomendaciones genéricas para aumentar el nivel de capacidad y madurez empresarial.

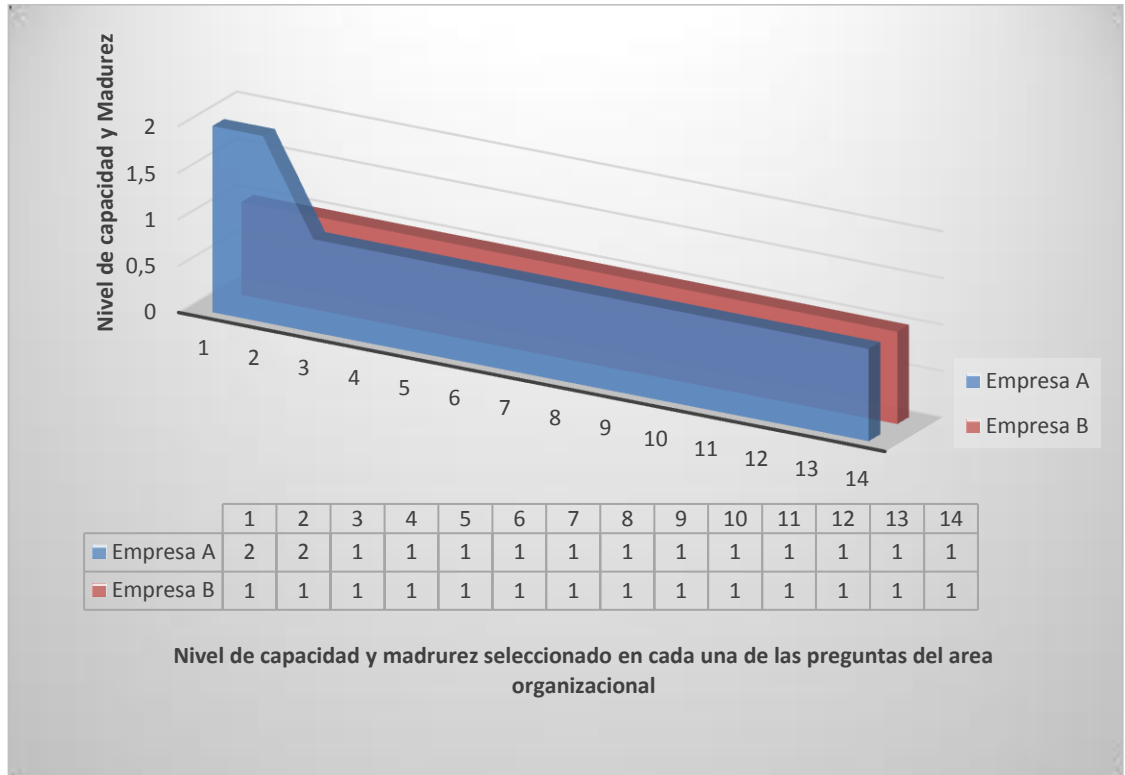
Con las pautas expuestas por el formato, el encuestador puede generar un informe adecuado para cada organización, que incluye descripciones genéricas que se adaptan a cada empresa y con estos informes ellas pueden tomar acciones para aumentar sus niveles de capacidad y madurez, y poder determinar si implementar una estrategia PLM de forma efectiva.

A continuación se listaran los resultados por áreas en las empresas evaluadas. Por motivos de confidencialidad no se mencionaran los nombres de las empresas que permitieron las pruebas, debido a que estas pruebas fueron diseñadas como metodología de ajuste, rectificación y ensayo de resultados dentro de lo estipulado del desarrollo de la herramienta diagnóstica.

Para observar los criterios de selección de cada uno de los niveles de capacidad y madurez y las evidencias encontradas dentro de las empresas (ver Anexo H y Anexo I).

## Gestión de Requerimientos (PR)

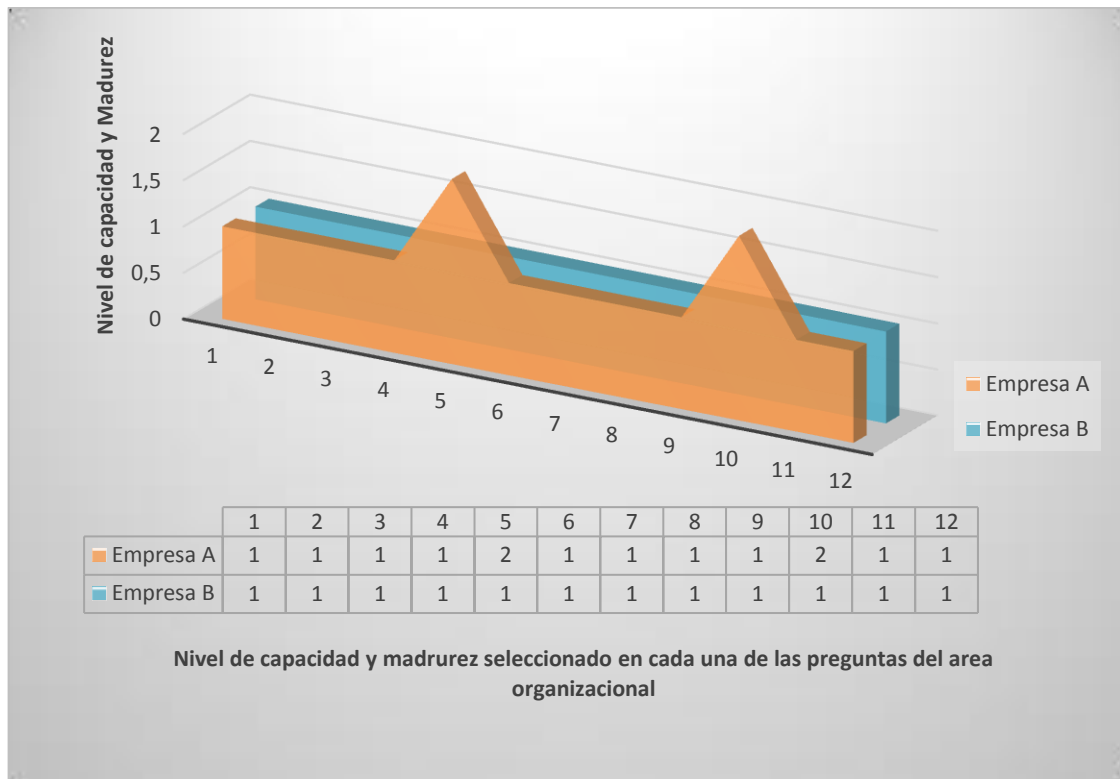
Figura 15. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Gestión de Requerimientos.



Dentro del área de requerimientos del producto la empresa A presenta un enfoque más personalizado a la hora de determinar los componentes de sus productos, esto se debe al tipo de productos que la empresa fabrica (accesorios en acero inoxidable y aluminio arquitectónico) los cuales deben ir acorde a las necesidades de cada cliente, esto difiere con la empresa B donde los productos por tener una naturaleza más genéricas los requerimientos van enfocados a las necesidades de la empresa sin realizar una retroalimentación con los clientes. A pesar de esto ambas empresas poseen pocas nociones de procesos entorno al desarrollo de los requerimientos de sus productos.

## Diseño del producto (PD)

**Figura 16. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Diseño de Producto.**

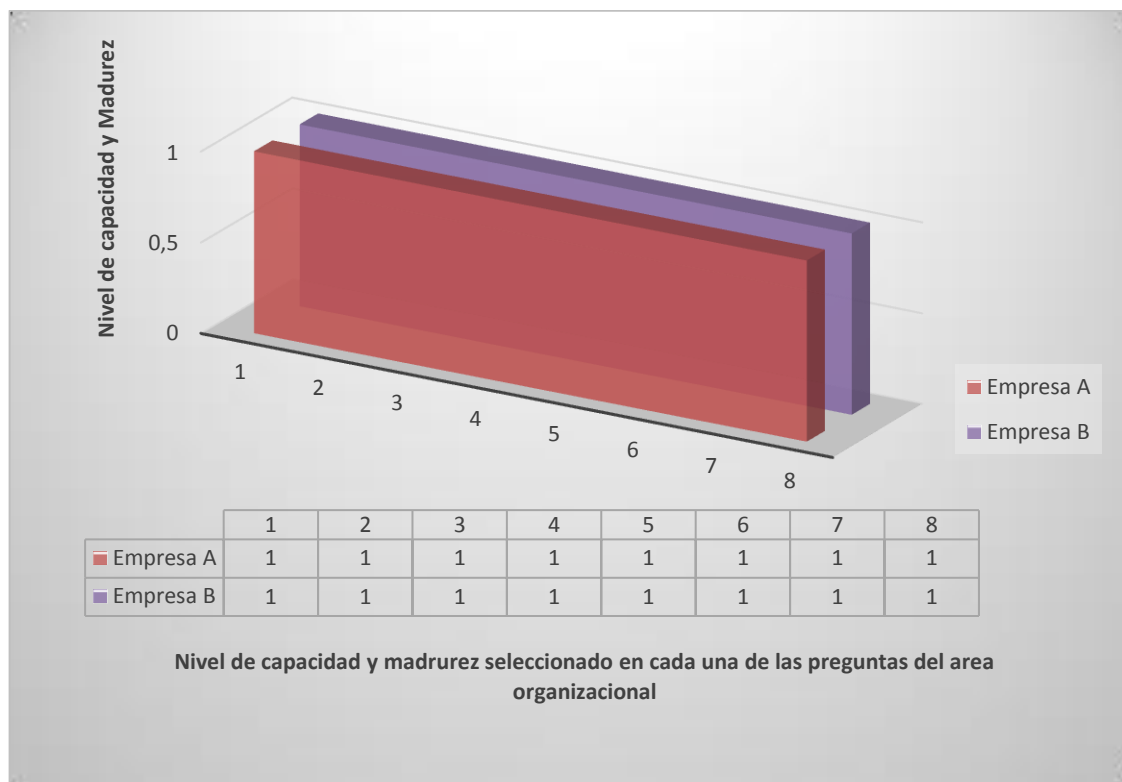


En el área de diseño se presenta un caso similar a la de requerimientos. La empresa A debido a que muchos de los proyectos de realización de productos son específicos a un solo tipo de cliente, presenta una mejor estructuración en torno a todos los elementos concernientes al área, teniendo un departamento dirigido por dos diseñadores industriales, los cuales se encargan de la esquematización de los productos, pero el desarrollo no presenta procesos organizados e incluso muchos de los programas utilizados no poseen licencias o son versiones gratuitas impidiendo la utilización de su potencial real, cabe mencionar que a pesar de que

la empresa posee dos diseñadores, el trabajo se realiza de manera independiente, es decir, no existe el concepto de trabajo en equipo si no que cada proyecto se maneja bajo la estructura de trabajo de cada uno a desarrollado por su experiencia. En la empresa B no existe el concepto de diseño de productos.

### Gestión de Proyectos (PM)

**Figura 17. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Gestión de Proyectos**

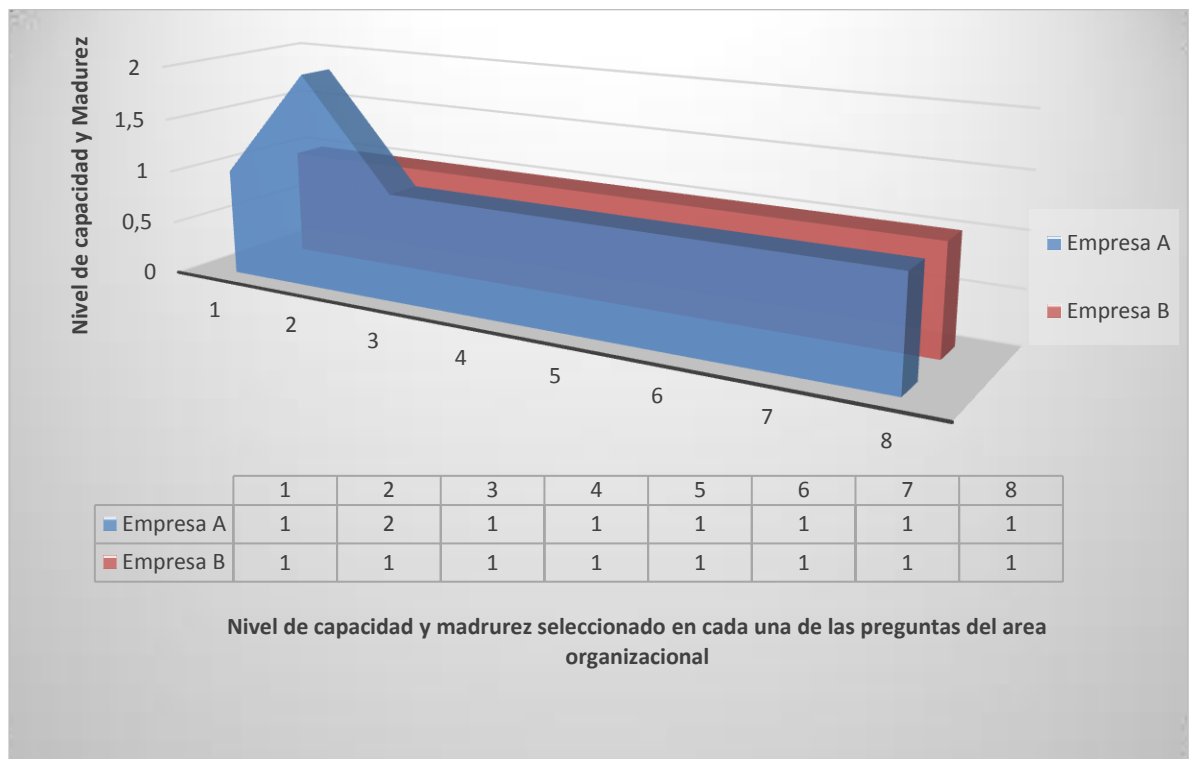


En ambas el concepto de gestión de proyectos es casi nulo, en particular la empresa B, basa su producción en los análisis de demandas de meses anteriores sin realizar proyecciones, itinerarios, o posibles riesgos que se puedan presentar

durante la fabricación, así mismo la empresa A, al no contar con trabajo colaborativo en el departamento de diseño, la producción se realiza a medida que los pedidos van arribando.

### Gestión de configuración y cambios (CM)

**Figura 18. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Gestión de configuración y cambios**

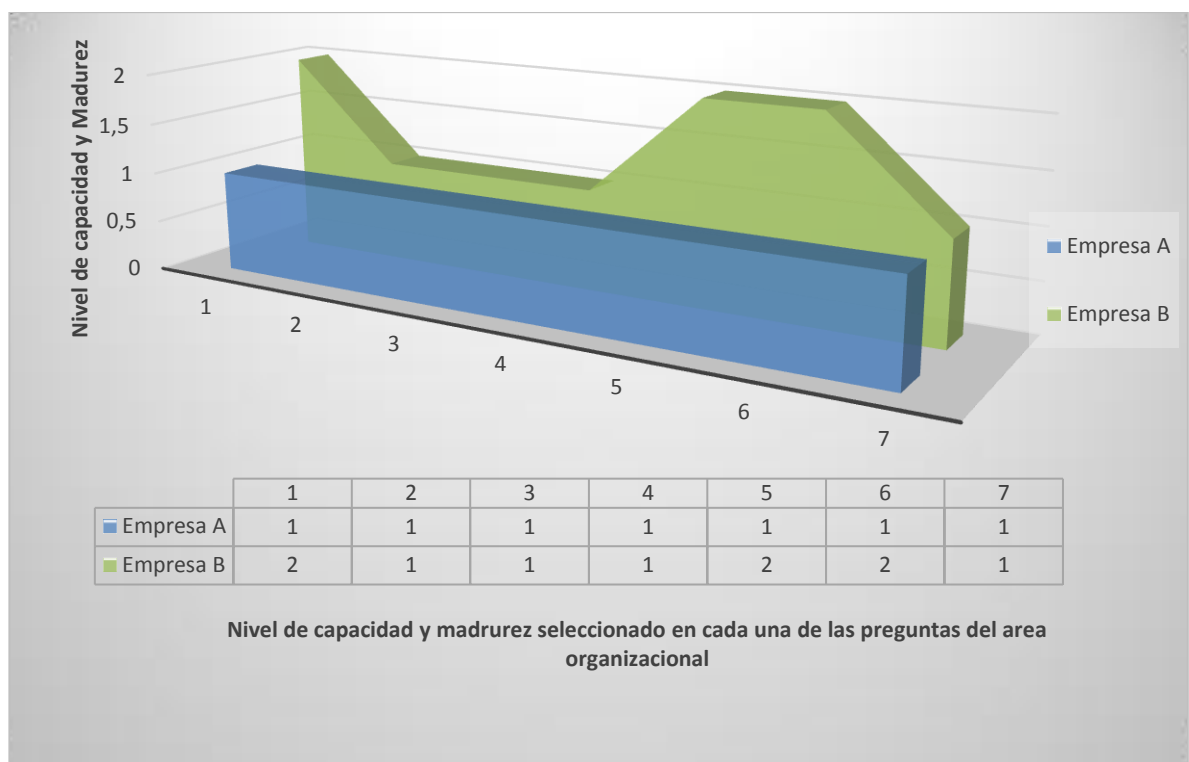


Quien tiene acceso a la información, quien la puede modificar, cuando se puede modificar son algunos de los factores que se deben tener en cuenta en la gestión de la configuración y cambios, factores que en ambas empresas pasaban desapercibidos. Al realizar el diagnostico se observó que cada persona era una especie de isla, la información de un producto o proyecto solo se manejaba a

niveles administrativos, y a su vez cualquier cambio solo podía ser realizado por un jefe sumado al poco manejo de herramientas informáticas, mostraron un flujo de información pobre y descoordinado.

### Producción del Producto (PP)

**Figura 19. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Producción del producto**

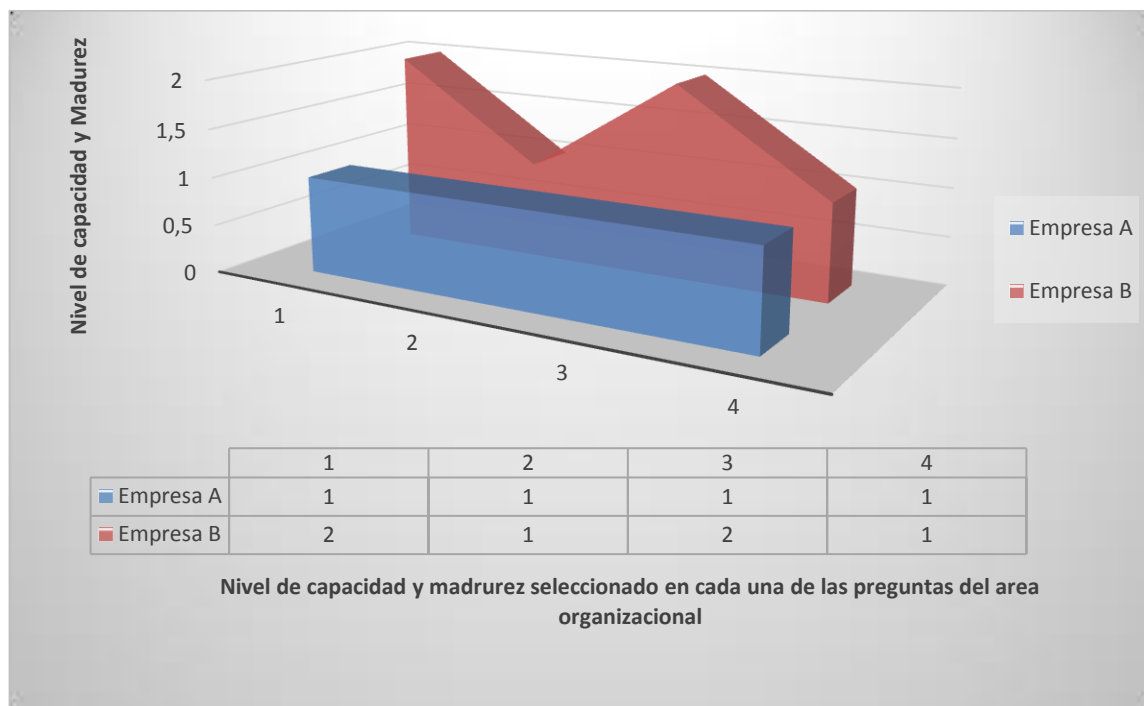


A partir de la producción las empresas mostraron un cambio de panoramas entre sí, la producción de la empresa B fue fundada bajo este lineamiento, es decir, a pesar que la empresa tiene una trayectoria de casi diez años en el mercado, solo hasta hace dos años realiza la producción de malla eslabonada, debido a la iniciativa de la propietaria de no solo permanecer como distribuidora. Con un

mercado ya captado y una posición establecida el objetivo de la empresa fue empezar a posicionar una marca propia, esto demuestra porque las áreas iniciales de gestión presentan niveles tan bajos, esto va ligado a su objetivo dar a conocer su marca llevando a que actualmente solo se produce un 10% de las ventas totales de la empresa. Pero a pesar de que las áreas iniciales mostraron resultados tan bajos, los procesos de fabricación han tenido una mejor orientación para poder competir con la calidad y nombre de las empresas líderes del mercado.

### Pruebas del producto (PT)

**Figura 20. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Pruebas del producto**

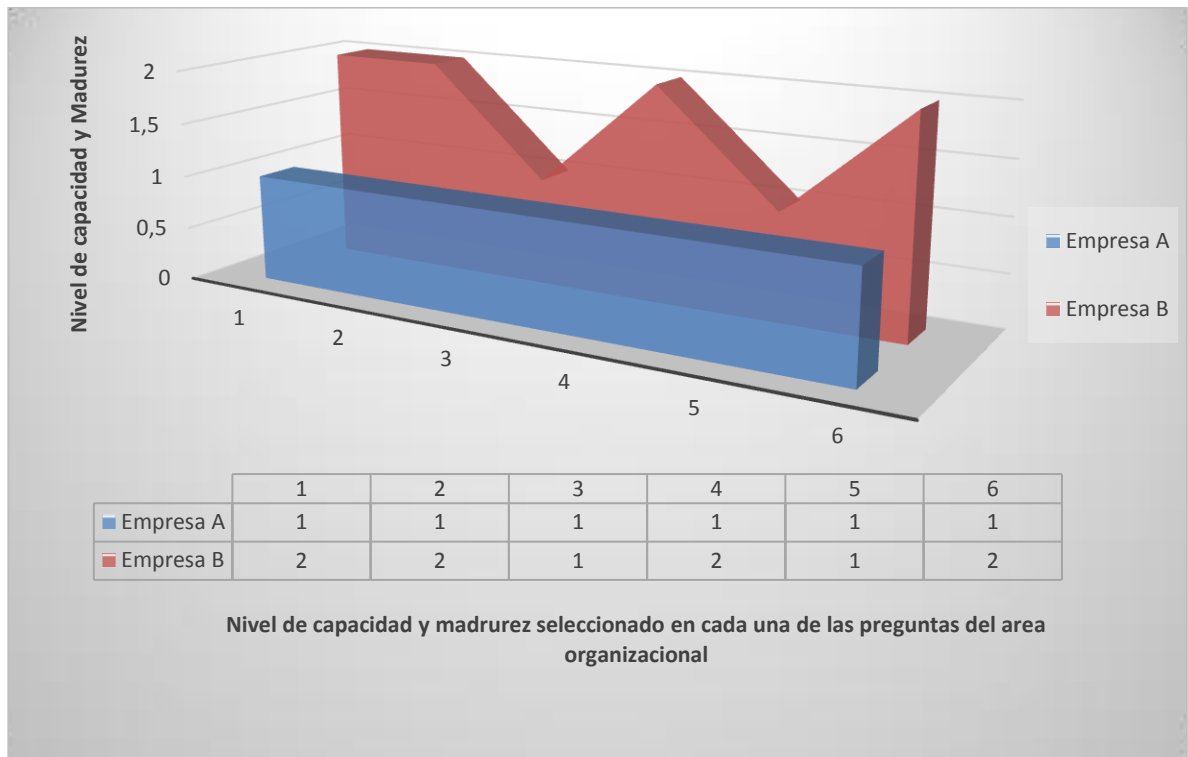


A si mismo por la experiencia obtenida en los años de distribución, y los fines del producto (cerramientos en su mayoría), la empresa B ha optado por someter a ciertas pruebas su producto para generar un agente diferenciador, pruebas

experimentales que no tienen ningún tipo de certificación, pero buscan marcar una diferencia con respecto a la competencia.

### Marketing y servicios del producto (PMK)

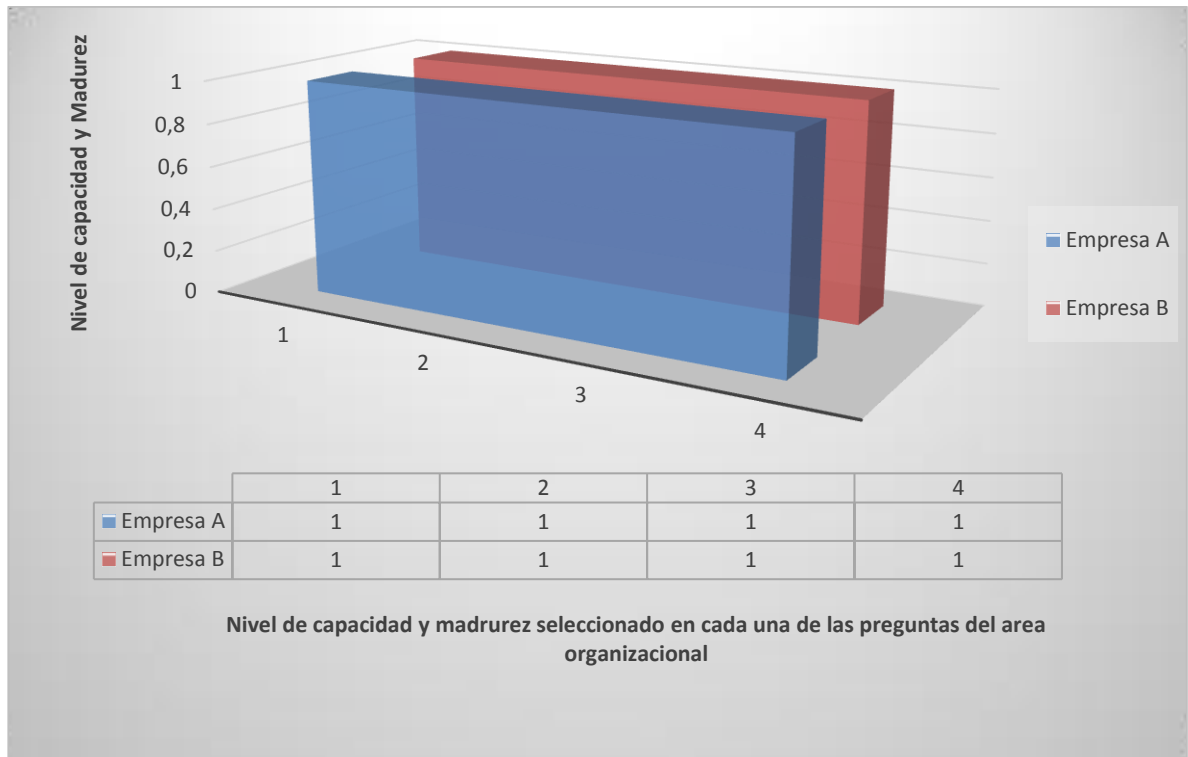
**Figura 21. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Marketing y servicios del producto**



Con respecto al marketing, la empresa B ha tenido un aspecto favorable y es debido a su faceta de distribución, al seguir siéndolo de una de las empresas líderes del mercado en fabricación de malla eslabonada, ha adquirido muchos recursos de segmentación de mercado, tendencias, fidelización de clientes gestionando relaciones a través de los beneficios y la posición de su proveedor principal.

## Evaluación de la sostenibilidad del producto (PS)

**Figura 22. Visualización del nivel de capacidad y madurez por pregunta en el área Evaluación de la sostenibilidad del producto**



Como se mencionó al definir las áreas organizacionales, la evaluación de la sostenibilidad del producto solo se valorará teniendo en cuenta el impacto medio ambiental de este debido, a que no hay herramientas que permitan la evaluación de los impactos sociales o económicos como lo permite la herramienta Life Cycle Assessment. Siguiendo este concepto ninguna de las dos empresas mide en ninguna índole los posibles impactos medio ambientales causados por la producción de sus productos.

**Tabla 16. Informe final del nivel de las áreas organizacionales Empresa A**

Informe de los Niveles de Capacidad y Madurez	
Nombre y NIT	Empresa A
Área Organizacional	Nivel de capacidad y madurez
Gestión de Requerimientos	Inicial
Diseño del producto	Inicial
Gestión de Proyectos	Inicial
Gestión de configuración y cambios	Inicial
Producción del Producto	Inicial
Pruebas del producto	Inicial
Marketing y servicios del producto	Inicial
Evaluación de la sostenibilidad del producto	Inicial
Nivel de Capacidad y Madurez General de la empresa	Inicial

**Tabla 17. Informe final del nivel de las áreas organizacionales Empresa B**

Informe de los Niveles de Capacidad y Madurez	
Nombre y NIT	Empresa B
Área Organizacional	Nivel de capacidad y madurez
Gestión de Requerimientos	Inicial
Diseño del producto	Inicial
Gestión de Proyectos	Inicial
Gestión de configuración y cambios	Inicial
Producción del Producto	Inicial
Pruebas del producto	Inicial
Marketing y servicios del producto	Manejado
Evaluación de la sostenibilidad del producto	Inicial
Nivel de Capacidad y Madurez General de la empresa	Inicial

Al completar el diagnostico en ambas empresas se concluyó que ninguna poseía el nivel de madurez o capacidad necesario para pensar en implementar una estrategia PLM, a su vez no se pudo establecer una ruta de mejoramiento a seguir debido a los niveles tan bajos que ambas presentan, dando como conclusión que ambas empresas deben dedicar esfuerzos al mejoramiento de su estructura para poder afrontar los cambios economicos en el mercado Colombiano, abandonando el concepto de solo con vender es suficiente para permanecer en el mercado.

## 5. VALIDACIÓN

El recurso que se utilizó para demostrar que la herramienta cumple con el propósito con el cual fue creada, fue la descripción de cómo cada una de las variables seleccionadas junto a las pautas de orientación descritas se encuentran ligadas a cada fase del ciclo de vida del producto, dentro de cada una de las áreas organizacionales asignadas y bajo los lineamientos de la estructura desarrollada por PLM Siemens<sup>50</sup>.

Este criterio de validación fue seleccionado debido a que en el entorno actual no existe ninguna herramienta bajo el mismo enfoque o criterios de evaluación, la herramienta más cercana a realizar un diagnóstico similar es la Herramienta de Autodiagnóstico de la Gestión del Ciclo de Vida del Producto desarrollada por la fundación PRODINTEC<sup>51</sup>, la cual se enfoca en dar un diagnóstico general del nivel de madurez de la empresa, a diferencia de la herramienta diseñada que al brindar un diagnóstico por área, permite a las empresas tener certeza del estado en qué se encuentra una determinada área frente a otra, y a su vez seleccionar rutas de mejoramiento enfocadas a los objetivos internos de la empresa, además de un diagnóstico general del estado de la organización.

La tabla 16 muestra un ejemplo de cómo se realizó la validación de las preguntas de la encuesta, teniendo en cuenta las variables respecto a las fases del ciclo de vida del producto y las áreas de procesos, en este caso se tomó de referencia el área de Requerimientos del producto y la variable “Existencia de un sistema para recopilación de las necesidades de los clientes”, en el Anexo J se encuentra la documentación del proceso de validación de todas las preguntas de la herramienta.

---

<sup>50</sup> Siemens. PLM Siemens Automation. 2014a

<sup>51</sup> PRODINTEC, F. Herramienta de Autodiagnóstico de la Gestión del Ciclo de Vida del Producto.

**Tabla 18. Validación de preguntas por variables respecto a fases del ciclo de vida del producto y áreas de procesos: Requerimientos del producto.**

Área Organizacional	Requerimientos del producto (PR)
Característica	Desarrollar los requisitos del cliente
Variable	Existencia de un sistema para la recopilación de las necesidades de los clientes.
Orientaciones para el análisis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cómo es el proceso de recopilación de datos sin procesar de los interesados (Clientes o usuarios finales) (Listado de necesidades, expectativas, restricciones y deseos del producto)?</li> <li>2. ¿Se realiza un algún proceso para sintetizar requisitos adicionales implícitos al desarrollo del proyecto (requerimientos de ambiente de uso, de fabricación, tecnología, aprendizaje, y especiales de cada proyecto)?</li> <li>3. ¿Qué herramientas y recursos se disponen para estas actividades, y cuál es el resultado de las mismas?</li> </ol>
Fase del Ciclo de Vida a la cual hace referencia	Ideación – Definición.

Fuente: Autores

Para finalizar al contar con la asesoría de Javier Mauricio Martínez Gómez Ph.D. en Diseño Industrial y Sistemas de Producción (Visualization Model for Product Lifecycle Management) como director de proyecto, contrasta a través de un experto en la materia que la herramienta cumple con los criterios de evaluación con los cuales fue creada.

## 6. CONCLUSIONES

Para acceder a los beneficios que trae la implementación de PLM en una organización, es necesario realizar un alistamiento previo para alcanzar los niveles de capacidad y madurez suficientes para que esta sea efectiva. El punto de partida de esto es conocer el estado actual de dichos aspectos en sus áreas de procesos, y esta herramienta suple esa necesidad, ya que genera un diagnóstico por cada una de esas áreas, permitiendo a la organización tomar medidas correctivas que le permitan lograr los niveles necesarios para poder y así implementar esta estrategia.

La capacidad y madurez empresarial se pueden medir tomando como referencia modelos existentes como CMMI o ISO, pero estos son muy robustos para ser abarcados por Pymes santandereanas, además que no están configurados para las áreas de procesos que abarca PLM, por eso se hace necesario adaptarlos, en este trabajo se realiza esta adaptación, además de un modelo de aplicación para que este tipo de empresas puedan realizar este diagnóstico en los aspectos que lo requieren.

Al hacer la revisión del sector metalmeccánico en Santander, se encontró que en su mayoría está conformado por empresas medianas y pequeñas, y en sus estructuras organizacionales se encuentran las áreas de procesos que en esta herramienta se estudian, por lo cual es posible su aplicación en ellas.

Al no existir herramientas del mismo tipo que abarquen todas las áreas de procesos que se ven incluidas en PLM, el criterio de validación del que se hizo uso fue una revisión de la relación entre cada una de las variables y sus pautas de orientación con el ciclo de vida de un producto, esto nos da certeza de que se incluyeron todos los aspectos que se necesitaba evaluar.

Aunque los resultados que arroja la herramienta diagnóstica están ligados a las evidencias de desempeño que presenten las organizaciones, su resultado depende mucho de la objetividad y criterio de la persona que la aplique, ya que debe tener conocimientos claros sobre PLM, CMMI y el contenido general de la prueba. A su vez si las organizaciones restringen o intentan manipular la evidencia recolectada generara que la herramienta presente información errónea provocando así que los resultados no reflejen la realidad de la empresa evaluada.

Algunas de las limitaciones que se encontraron fueron la falta de información del tema y el desconocimiento por parte de las empresas sobre PLM y los beneficios que puede traer su implementación, por esta razón se hizo difícil que participaran en el estudio, que brindaran información real y que mostraran sus procedimientos. La aplicación de pruebas piloto de la herramienta de diagnóstico en empresas se realizó para evaluar la aplicabilidad de la misma y hacer la calibración de sus preguntas, esto con el fin de facilitar su uso, no obstante, el alcance del proyecto no abarcaba una muestra amplia, esto abre la posibilidad de generar proyectos futuros, dónde se haga la toma de una muestra mayor, donde se pueda observar el comportamiento del sector productivo en general.

## 7. RECOMENDACIONES

- Para futuros diagnósticos realizados con la herramienta se recomienda a tenerse a las pautas establecidas en la GUÍA DE APLICACIÓN DE ENCUESTA, debido a que la herramienta realiza una evaluación de carácter cualitativo, es necesario que el personal tenga los criterios, roles y conceptos claros, para evitar asignaciones subjetivas y selección de criterios incoherentes o erróneos por falta de evidencias.
- El encuestador debe ser consiente del entorno al cual está aplicando la herramienta, debe tener la capacidad de comunicación efectiva para adquirir las evidencias necesarias, para ello, debe tener al condición de adaptar su lenguaje a cada uno de los diferentes cargos dentro de la organización.
- A la hora de escoger el instrumento, es necesario tener en cuenta el propósito con el cual fue diseñado y los criterios que evalúa, es decir, si el diagnóstico a realizar no se encuentra enfocado hacia el producto, y en vez de esto se enfoca en aspectos como: la gestión de personas, la gestión financiera, la gestión de contratos, con proveedores y clientes; hay que resaltar que son aspectos que no son evaluados por una estrategia de gestión de ciclo de vida del producto.
- Aunque el enfoque de la herramienta fue el sector metalmecánico de la región de Santander, la herramienta puede ser adaptada a múltiples sectores; esto se debe a que una estrategia PLM se enfoca directamente sobre la información pertinente a un producto de carácter general y no a un sector en específico.

- Tener en cuenta las limitaciones de ciertos sectores industriales del país, debido a que si las empresas no presentan condiciones aptas para el diagnóstico, los resultados podrían no estar ayudándoles a tomar las mejores decisiones para su desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

10M, G. M. Presentacion Grupo Metalmecánico 10M. 2012. Disponible en: <http://grupometalmecanico10m.blogspot.com.co/>

Abramovici;, M., & Schulte, S. PLM – State of the Art and Trends. 2004. 2006

Anumba, C.J., Baron, G& Evbuomwan, N.F.O. (1997). Communications issues in concurrent life cycle design and construction. BT Technology Journal, 15, 209-216.

A Practical Approach for Identifying Opportunities for Optimization.

Bartos, I. V. Cap 2 filosófico - Madurez empresarial. 2013. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=PHe\\_ukit6MQ](https://www.youtube.com/watch?v=PHe_ukit6MQ)

Cantillo, D. Un país de pymes. 2011. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/un-pais-de-pymes-articulo-285125>

Carl Hans, K. A. H., David Potter, Paul Folan, Klaus-Dieter Thoben. Tracking and tracing in the end-of-life phase of product lifecycle management. inderscience Enterprises, Limited Pages 733 - 742. 2007

CimData. All About PLM. 2014

Chiabert, P., Lombardi, F., Sauza Bedolla, J., & Martinez Gomez, J. Visualization Model for Product Lifecycle Management. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara, 11(1). 2013

Chiabert P, L. F., Martinez Gómez Javier, Sauza Bedolla Joel. Visualization Model For Product Lifecycle Management. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara, XI, 109 - 116. 2013

Chrissis., M. B., Konrad., M., & Shrum., S. CMMI®Guía para la integración de procesos y la mejora de productos. (Vol. Segunda edición). 2009

DANE. Cuentas anuales de bienes y servicios – Colombia Producto Interno Bruto (PIB). 2013. Disponible en: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/anuales/ccrg\\_base2005/Bol\\_Cuentas\\_Anuales\\_2013-2014p.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/anuales/ccrg_base2005/Bol_Cuentas_Anuales_2013-2014p.pdf)

de Bruin, T., & Rosemann, M. Towards understanding strategic alignment of business process management. 2006, 2006 / 01 / 01 /

Deming Collaboration, R. A. Biografía de W. Edwards Deming. 2010. Disponible en: <http://demingcollaboration.com/language/spanish/biografia-completa-de-deming/>

Díaz Jaimes, M. D. P., & Ortíz Pimiento, N. R. Revisión de Modelos de Madurez: Estrategia de Evaluación del Desempeño para Empresas de Manufactura. (Spanish). Review of Maturity Models: Performance Evaluation Strategy for Manufacturing Enterprises. (English), 11(1), 55-72. 2012

Española, R. A. (Ed.) Diccionario de la Real Academia Española (23.<sup>a</sup> Edición ed.). 2014<sup>a</sup>

Española, R. A. (Ed.) Diccionario de la Real Academia Española (23.<sup>a</sup> Edición ed.). 014b

European Foundation for Quality Management, E. Modelo EFQM de Calidad y Excelencia. 2010. Disponible en: [www.efqm.es](http://www.efqm.es)

Fisher, D. M. The Business Process Maturity Model. 2011

Fraser, P., Moultrie, J., & Gregory, M. The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. 2002, 2002 / 01 / 01 /

Grieves, M. Product Lifecycle Management - Driving the next Generation of Lean Thinking. United States of America: Mc Graw Hill. 2006a

Grieves, M. Product Lifecycle Management Driving the Next Generation of Lean Thinking. United States of America: Mc Graw Hill. 2006b

ISO, I. O. f. S. ISO. 2008. Disponible en: [www.iso.org](http://www.iso.org)

JUSE, U. o. J. S. a. E. Categories del premio Deming, JUSE

Khoshgoftar, M., & Osman, O. Comparison of maturity models. 2009, 2009 / 01 / 01 /

Konotec. Implementación PLM, CRM y Documentación. 2014

Lee, J., Lee, D., & Kang, S. vPMM: A value based process maturity model (Vol. 208): Springer Verlag. 2009

Manrique, E. B. Capacidad Empresarial y Desarrollo Económico. Revista EAFIT, 30. 1994

Ministerio de Comercio, I. y. T. M. Acuerdos Internacionales Vigentes 2014. Disponible en: <http://www.tlc.gov.co/publicaciones.php?id=5398>

Moreno, D. P. Información general Premio Colombiano a la Calidad de la Gestión. 2013. Disponible en: <http://pccg.com.co/informacion-general/>

Mortensen, M. J. a. U. Guide to the user requirements definition phase. European Space Agency Division E. P. 1995

Pandolfo, V. Madurez empresarial. 2013. Disponible en: <http://www.innovacion.cl/columna/madurez-empresarial/>

Persson-Dahlqvist, A., U. Asklund, I. Crnkovic, M. Larsson, y D. Svesson. PDM and SCM – Similarities and Differences. 2002

PLM-Info. PLM Implementation Process. Disponible en: <http://www.product-lifecycle-management.info/plm-implementation/plm-implementation-process.html>

Pöppelbuß, J., & Röglinger, M. What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. 2011, 2011 / 01 / 01 /

PRODINTEC, F. Herramienta de Autodiagnóstico de la Gestión del Ciclo de Vida del Producto.

Reyes, H. G., & Giachetti, R. Using experts to develop a supply chain maturity model in Mexico. Supply Chain Management, 15(6), 415-424. doi:10.1108/13598541011080400. 2010

Rohloff, M. Advances in Business Process Management Implementation Based on a Maturity Assessment and Best Practice Exchange. Information Systems and e-Business Management, 9(3), 383-403. 2011 Disponible en: <http://link.springer.com/journal/volumesAndIssues/10257>

Sääksvuori, A., & Immonen, A. Product lifecycle management / Antti Saaksvuori, Anselmi Immonen: New York : Springer, 2004.

Saaksvuori, A. I. A. Product Lifecycle Management (Springer Ed. Second ed.). Berlin. 2004, 2005

Santander, C. R. d. C. d. Asociatividad e innovación: La clave para el sector metalmeccánico en Santander. 2012. Disponible en: <http://www.santandercompetitivo.org/noticias-11-5/23-asociatividad-e-innovacion:-la-clave-para-el-sector-metalmeccanico-en-santander-.htm>

SAP-PLM. SAP Product Lifecycle Management (SAP PLM). 2014. Disponible en: <https://help.sap.com/plm>

Semana, R. Una industria que brilla. 2011. Disponible en: <http://www.semana.com/especiales/articulo/una-industria-brilla/246812-3>

Siemens. PLM Siemens Automation. 2014a

Siemens. Process execution. 2014b

Siemens. Requirements management. 2014c. Disponible en: [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_sa/products/teamcenter/requirements-management/](https://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/products/teamcenter/requirements-management/)

Siemens. Diseño de Productos. 2016a Disponible en: [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_sa/products/nx/for-design/product-design/](https://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/products/nx/for-design/product-design/)

Siemens. Gestión del diseño de software. 2016b. Disponible en: [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_sa/products/teamcenter/design-data-management/software.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/products/teamcenter/design-data-management/software.shtml)

Siemens. Lanzamiento y producción de productos Tecnomatix. 2016c Disponible en: [https://www.plm.automation.siemens.com/es\\_sa/products/tecnomatix/launch-production/#lightview-close](https://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/products/tecnomatix/launch-production/#lightview-close)

Stark, J. Product Lifecycle Management: 21st century paradigm for product realisation (3rd ed.). London: Springer-Verlag. 2006

Toyota, M. C. TPS: Sistema de Producción Toyota.

Vigaray, D. M. D. D. J. Introducción al Marketing. 2012

## **ANEXOS**