



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DESARROLLO DE MATRIZ DE MADUREZ PLM
PARA EL DIAGNOSTICO DE
EMPRESAS DE DISEÑO Y MANUFACTURA
COLOMBIANAS**

Autor(es)
Jhonathan Alfonso Salazar

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento
Mecánica
Medellin, Colombia
2019



DESARROLLO DE MATRIZ DE MADUREZ PLM PARA EL DIAGNOSTICO DE EMPRESAS DE DISEÑO Y MANUFACTURA COLOMBIANAS

Resumen

En el mercado global el desarrollo de nuevos productos e innovación son una de las prioridades de las organizaciones. La administración del ciclo de vida de los productos o PLM es una metodología que apoya el desarrollo de nuevos productos y crea ambientes en las organizaciones que promueven la innovación. La introducción de un mecanismo para la evaluación de niveles de madurez PLM, permite a las organizaciones determinar las capacidades de la compañía para la implementación de la metodología PLM, así como plantear estrategias para el avance hacia un nivel superior de madurez. El objetivo de este trabajo es desarrollar una herramienta de diagnóstico que permita evaluar el nivel de madurez PLM en empresas de los sectores de manufactura e ingeniería colombianas, y plantee un plan de acción para la implementación de procesos PLM. Para esto fue necesario definir una estructura o matriz de madurez PLM, tomando como base matrices de madurez existentes. Con base en el modelo de madurez seleccionado, se desarrolló el cuestionario de evaluación que busca identificar los niveles de desarrollo de las organizaciones; la información recopilada es evaluada mediante una herramienta digital que califica el nivel de madurez de las empresas y entrega recomendaciones hacia el avance del siguiente nivel en las organizaciones.

Introducción

En industrias relacionadas con manufactura y diseño mecánicos, es común encontrar sistemas que permiten estructurar los diversos escalones en la cadena de producción como el levantamiento de la necesidad del producto, el diseño conceptual y el diseño de detalle, la generación de lista de materiales, la evaluación financiera y la salida al mercado.

También es frecuente que en las organizaciones todos estos procesos se realicen de forma inconexa lo que aumenta significativamente la tasa de reprocesos, debido a la modificación de información del producto como en el diseño de detalle o evaluación financiera, por mencionar solo dos casos.

Para auxiliar en estas actividades, se han desarrollado métodos y herramientas tecnológicas que asisten en la administración de las etapas del ciclo de vida de los productos o sistema mecánicos. La gestión del ciclo de vida del producto (*Product Lifecycle Management, PLM*) crea ambientes de trabajo centrado en el producto, al congregar diferentes elementos de la producción -como el diseño asistido por computador (CAD), la manufactura asistida por computador (CAM), la ingeniería asistida por computador (CAE) y la gestión de información de producto o (PDM)-, conectando a los interesados a lo largo del ciclo de vida del producto, desde la definición de necesidades hasta el retiro del artículo del mercado.

La importancia de promover la metodología PLM, en la manufactura y el diseño, radica en el aporte al PIB del 12,2 % que representa estos sectores para Colombia. Adicionalmente Colombia se encuentra en uno de los puestos con índices más bajos de productividad de Latino América.[1] [2]

Sin embargo, la implementación de esta metodología requiere estimar, de forma anticipada, las capacidades de cada compañía en relación con la posible implementación de la metodología PLM, la cual se concretiza mediante la denominada matriz de evaluación.

Con base a lo anterior, se elaborará una matriz de evaluación PLM partiendo de la definición de un conjunto de capacidades PLM a ser analizadas en las empresas y definiendo unos índices de madurez en las que se encuentran. Se plantea democratizar la herramienta de manera digital para que sirva como herramienta de diagnóstico y proponga un plan de acción a las empresas que quieren implementar procesos PLM en sus procesos de diseño, fabricación y operación de productos y sistemas mecánicos.

Objetivos

a. General

Desarrollar una herramienta de diagnóstico que permita evaluar el nivel de madurez PLM en empresas de los sectores de manufactura e ingeniería colombianas, y plantee un plan de acción para la implementación de procesos PLM.

b. Específicos

- Definir los conceptos básicos relacionados con matrices de madurez PLM.
- Evaluar diferentes referencias, que involucran el diseño y uso de matrices de madurez PLM.
- Precisar el conjunto de capacidades PLM a evaluar, que sean de interés para la industria colombiana.
- Asignar a cada nivel de madurez el alcance de capacidades PLM.
- Programar la herramienta digital para la evaluación de la matriz de madurez PLM.

Marco Teórico

PLM es que acrónimo en inglés de Gestión del Ciclo de Vida de Producto (*Product Lifecycle Management*). Es un proceso que consiste en la gestión del producto en todas las etapas de su producción -concepción de la idea, desarrollo del producto, fabricación, salida al mercado y retirada-, ofreciendo la capacidad de gestionar

toda la información que se genera en sus diferentes etapas y orquestar todas las áreas alrededor de una misma fuente de información.

La implementación de PLM conduce a la reducción de costos, gracias a la eliminación de reprocesos, en virtud de las mejoras en la colaboración con los diferentes departamentos de la compañía debido al desarrollo de una fuente única de información, gestión de cambios y análisis de costos de producción. Esto les otorga a las empresas mayores control del margen de rentabilidad de los productos, aumento en la velocidad de salida al mercado y capacidades de innovación.

Para ser más claros en cuanto al alcance de PLM algunos autores han clasificados sus capacidades en diferentes categorías. Haiqing Zhang *et al.* clasificaron las capacidades de PLM en cinco categorías: TechnoWare, InfoWare, FunctionWare, OrgaWare y SustainWare, las capacidades por categorías se pueden observar en la Figura 1 [3].

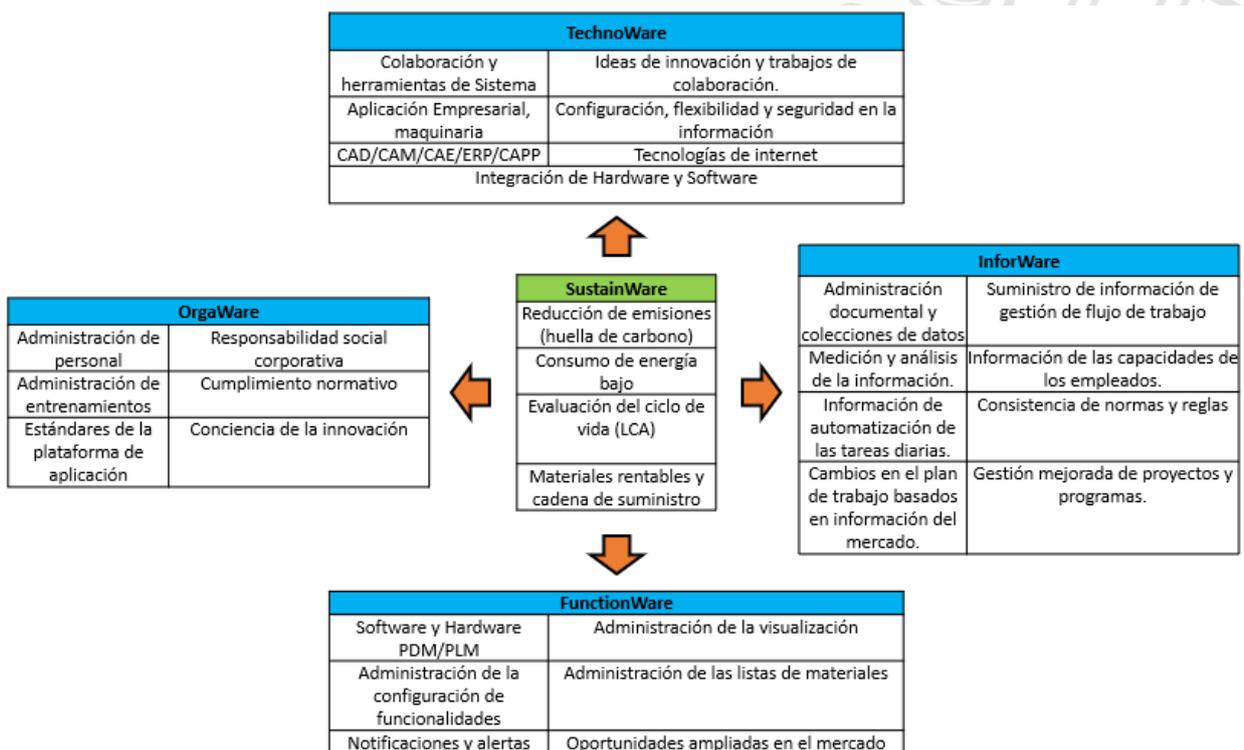


Figura 1. Clasificación de capacidades PLM según categoría, adaptado de Zhang *et al.* [4].

La Figura 1 propicia identificar las capacidades que poseen una implementación PLM en una organización de una manera más concreta y práctica.

Matrices de madurez PLM

Los modelos de madurez de PLM permiten que la implementación del sistema PLM sea más accesible y mejor planificada. Como la evaluación de los modelos de madures PLM es esencial, esta sección se centra presentar los más importantes, analizando sus fortalezas y debilidades.

A partir de 1987, el Instituto de Ingeniería de Software (Software Engineering Institute, SEI) introdujo el Modelo de Madurez de Capacidad (CMM), uno de los primeros modelos para evaluar la madurez de los procesos y el predecesor de muchos de los acá presentados.[5] Fue concebido especialmente para la industria del desarrollo de software, en el cual el SEI introdujo el concepto de cinco niveles de madurez (Inicial, Gestionado, Definido, Gestionado cuantitativamente, optimización) que indican las capacidades de proceso esperadas a un cierto nivel de madurez, esto es las capacidades que la organización debe tener desarrolladas para clasificar dentro del nivel específico.

Cada nivel también contiene una serie de áreas de proceso clave, que regulan los objetivos a alcanzar de acuerdo con un conjunto de actividades. Estas áreas de proceso clave se considerarán como dimensiones de negocio en otros modelos, estás dimensiones son los elementos que se deciden evaluar en las organizaciones. La matriz de madurez definida por la SEI se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz de madurez establecida por el SEI. Adecuado de Zhang *et al.* [4].

Nivel de madurez CMM	Enfoque	Áreas de proceso clave
1: Inicial	Gestión de proyecto básica	Gestión de requerimientos, planificación y control de proyectos, gestión de acuerdos con proveedores, procesos y aseguramiento de calidad, gestión de la configuración.
2: Repetible		
3: Definido	Estandarización de procesos	Desarrollo de requerimientos, soluciones técnicas, integración de producto, verificación, foco y definición de procesos organizacionales, entrenamiento organizacional, administración del riesgo, análisis de decisiones.
4: Cuantificado	Cuantitativamente organizado	Rendimiento de procesos organizacionales, gestión de la cuantificación de proyectos.
5: Optimizado	Mejora de procesos continua	Innovación organizativa y despliegue, análisis de causa.

Aunque existen diferentes matrices de madurez que buscan evaluar elementos como la: mejora de procesos, administración de procesos, la gestión del

conocimiento, el uso de ingeniería virtual, entre otros [6]-[9], existe especial interés en las matrices de madurez que buscan evaluar el nivel de desarrollo y adopción PLM.

Es así como Batenburg *et al.* desarrollaron la estructura para un modelo de madurez que buscaba evaluar las dimensiones de: políticas y estrategias, monitoreo y control, organización y procesos, personas y cultura y tecnologías de la información clasificándolos en 4 niveles. En esta matriz de madurez, gracias a que busca evaluar un marco global de organizaciones, su entendimiento se hace sencillo en las generalidades y se centra en la búsqueda de mejoras a nivel interorganizacional. [10].

De igual manera Kärkkäinen *et al.* plantearon un matriz de madurez más enfocada a la evaluación PLM en las organizaciones de diseño y manufactura. Evaluaron las mismas dimensiones que Batenburg contemplo en su matriz, pero agregaron la dimensión de "Orientación al cliente". La matriz de madurez de Kärkkäinen definen a un mayor nivel de claridad los elementos que contienen cada nivel, esto facilita el entendimiento del nivel y su relación con las capacidades que posee una implementación PLM en una organización. [11]

En la Tabla 2 se aprecia la matriz de madurez descrita por Kärkkäinen, donde se puede apreciar que esta matriz de madurez se encuentra en un nivel de definición más claro en comparación a la matriz presentada por Batenburg.

Tabla 2. Matriz de madurez Kärkkäinen. Adaptada de Kärkkäinen.[11]

Nivel de madurez	Descripción del comportamiento típico
<p>Nivel 1: Etapa caótica</p>	<p>El nivel de coordinación es bajo: el conocimiento del cliente está fragmentado en herramientas de TI aisladas y en las fases del ciclo de vida del producto, y se mantiene principalmente en la cabeza de las personas.</p> <p>Calidad del conocimiento del cliente: la información no se puede explicar y transferir fácilmente a otras personas.</p> <p>El conocimiento del cliente se utiliza de forma reactiva para los procesos de estrategia y producto.</p>
<p>Nivel 2: Etapa concienzuda</p>	<p>El nivel de coordinación es principalmente a nivel funcional. Parte del conocimiento del cliente puede explicarse y transferirse / entenderse de la misma manera, principalmente a nivel funcional.</p> <p>La organización reconoce la necesidad de transferir la información del cliente mediante una única fuente de información TI.</p> <p>La organización reconoce la necesidad de contar con procesos, estructuras y herramientas formales para recopilar, compartir y utilizar la información y el conocimiento del cliente para la estrategia empresarial, la gestión de la cartera de productos y el desarrollo de</p>

	<p>productos. Los procesos y la comunicación están soportados por herramientas informáticas aisladas.</p>
<p>Nivel 3: Etapa gestionada</p>	<p>El nivel de coordinación está llegando a ser funcional y a nivel de empresa.</p> <p>El conocimiento del cliente está parcialmente integrado a procesos, estructuras y herramientas informáticas para la estrategia empresarial, la gestión de la cartera de productos y el desarrollo de productos.</p> <p>La calidad del conocimiento del cliente es satisfactoria.</p> <p>Existe cierta evidencia del valor empresarial de capturar las lecciones aprendidas, transferir y utilizar el conocimiento del cliente.</p> <p>Algunas herramientas de TI para la comunicación y la colaboración en toda la organización están en uso.</p>
<p>Nivel 4: Etapa avanzada</p>	<p>El nivel de coordinación es dinámico en las relaciones interorganizacionales.</p> <p>La creación conjunta se lleva a cabo con socios individuales para crear y transferir nuevos conocimientos de los clientes.</p> <p>Los gerentes pueden aprovechar el conocimiento del cliente desde todos los puntos de contacto de la organización y obtener los beneficios comerciales de la empresa.</p> <p>La gestión sistemática de procesos, las medidas de rendimiento se utilizan para planificar y realizar un seguimiento de los procesos.</p>
<p>Nivel 5: Etapa integrada</p>	<p>El nivel de coordinación es extenso, alcanzando redes interorganizacionales.</p> <p>La organización tiene una cultura empresarial centrada en el cliente y orientada hacia el futuro, basada en la mejora continua, la flexibilidad y la auto optimización, así como redes de comunicación y cooperación bien definidas y ricas en información con los clientes y otros actores importantes (por ejemplo, proveedores, socios).</p> <p>La creación conjunta y la experimentación conjunta entre clientes y socios se adoptan ampliamente para crear nuevos conocimientos de los clientes y permitir su transferencia efectiva dentro de las redes colaborativas entre organizaciones y dentro de la organización.</p> <p>Por lo tanto, la organización tiene una visión clara sobre las necesidades futuras de los clientes, y posee y desarrolla sistemáticamente las capacidades para adaptarse de manera flexible y proactiva para satisfacer las nuevas necesidades y requisitos de los clientes en el entorno empresarial cambiante.</p>

Saaksvuori *et al.* desarrollaron su modelo de matriz de madurez en donde su estructuración está enfocada a la definición de los niveles de acuerdo a la adopción PLM, desarrollo en la definición de procesos, integración de sistemas TI, esto para estructurar un proceso de implementación en las organizaciones. [12]

Ahora Savino *et al.* contribuyeron con una matriz de madurez en donde evalúan 15 dimensiones llamadas "Componentes PLM" dentro de 5 niveles. Savino buscó expandir la definición de los niveles de madurez por cada componente, esto facilita el entendiendo de los niveles y la generación de la evaluación de madurez, estos elementos se pueden apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de componentes "Gestión financiera" y "Personas". Adaptado de Savino *et al.* [13].

Nivel	Gestión financiera	Personas
Muy bajo	Los proyectos tienen estimación de presupuesto, el costo real puede ser estimado.	El éxito depende de las heroicidades individuales. Fuerza laboral emocionalmente desapegada; Hay una falta de visión común acerca de las responsabilidades de gestión.
Baja	Costos del proyecto y horas de trabajo capturadas. Estimación del beneficio realizado para cada proyecto.	El éxito depende de los individuos y los sistemas de gestión compatibles. Los compromisos son entendidos y gestionados. La gente está entrenada.
Medio	Los costos son capturados y pronosticados. Los beneficios son identificados y relacionados con la estrategia en la cartera.	Los grupos de proyectos trabajan como un equipo integrado de productos. La capacitación se planifica y proporciona de acuerdo a los roles. Planificación de la fuerza laboral, desarrollo de competencias, alineación del desempeño, análisis de conocimientos y habilidades y una cultura participativa
Alta	La cartera está modelada y adecuadamente optimizada, teniendo en cuenta el riesgo. La realización de beneficios es acumulada.	Existe un fuerte sentido de trabajo en equipo dentro de cada proyecto. Prácticas basadas en equipos, gestión de competencias organizacionales y alineación del desempeño organizacional.
Muy alta	Los programas tienen sus propios recursos financieros, y el costo del ciclo de vida completo está disponible	Existe un fuerte sentido de trabajo en equipo en toda la organización. Todos estamos involucrados en el proceso de mejora.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se plantean las siguientes etapas:

a. Revisión del estado del arte: donde se revisarán los modelos de madurez PLM existentes y elementos que se deben tener en cuenta para análisis, esto para plantear un modelo que sirva para la evaluación de empresas de diseño y manufacturas colombianas.

b. Definición de criterios de evaluación y alcances: una vez establecida la línea base, se seleccionarán los criterios y alcances a ser estudiado en las empresas colombianas de diseño y manufactura.

c. Desarrollo de modelo de madurez PLM: en este punto se desarrollarán el modelo de madurez PLM con base a los criterios y alcances definidos.

d. Planteamiento de planes de acción: se desarrollarán planes de acción con base a los diferentes posibles resultados de la matriz de madurez PLM, esto para desarrollar las capacidades que debería tener la empresa.

Resultados y análisis

Para la definición de la evaluación de madurez PLM fue adaptado el método desarrollado por Bensiek *et al.*[9]. Se utilizo este modelo ya que se desarrolla una metodología Top-Down iniciando por los elementos más macros que se quieren evaluar hasta definir el mecanismo de evaluación final.

El método planteado por Bensiek consiste en la definición lógica de cuatro elementos que ayudan a estructurar la evaluación de madurez PLM. Esta definición consiste en:

1. Definición de dimensiones de acción: categoriza las dimensiones de interés de acuerdo al criterio superior, por ejemplo, organización y tecnología. Esto asegura que todas las facetas relevantes de la organización son consideradas sin tener una sola perspectiva.

Para el desarrollo de la matriz de madurez de estudio, se contemplan las siguientes dimensiones.

- a. Organización.
- b. Monitoreo.
- c. Procesos.
- d. Personas.
- e. Tecnologías.

2. Definición de elementos de acción: que van a ser evaluados por cada dimensión. De la definición de los elementos de acción se despliegan las preguntas que van a ser evaluadas en la matriz de madures PLM. Así, para la matriz de madurez de estudio, con base a los elementos definidos. Estas pueden verse en el anexo 1.

- a. **Organización:** donde será evaluada cómo la organización gestiona las estrategias y políticas para el manejo de la información relacionada con el producto, la estructuración de proyectos y de productos, la clasificación de la información y la gestión de la innovación.
- b. **Monitoreo:** para establecer cómo la organización desarrolla y emplea mecanismos para el monitoreo y control de: ejecución de proyectos, cargar en los recursos, gestión de calidad y cumplimiento de normativas relacionado con el producto y la gestión general.
- c. **Procesos:** para precisar cómo la organización define, documenta, gestiona e integra los procesos relacionado con el producto.
- d. **Personas:** se especificará cómo la organización gestiona las personas y cultura en la ejecución de proyectos.
- e. **Tecnologías:** donde serán delimitados los elementos de tecnologías que facilitan el desarrollo de productos y colaboración.

3. Niveles de desempeño: determinado por las preguntas de los elementos de acción y nos define la matriz de madurez PLM, están se pueden apreciar en el anexo 2 en donde se describe la matriz de madurez desarrollada.

Con base a las preguntas que se describen en el anexo 1 “preguntas de evaluación madurez PLM”, se desarrollo una herramienta digital que busca entregar un informe de resultados de acuerdo a las respuestas dadas en el formulario creado.

Para la calificación del nivel de cada dimensión, asignamos un valor entre 1 a 5, en donde 1 corresponde a la opción A (nivel más bajo de cada elemento de acción evaluado) y 5 con E (nivel más alto de cada elemento de acción). Para la obtención del resultado de la dimensión, se promediaron los valores obtenidos, esto como se muestra en la fórmula 1.

$$N_d = \Sigma V_p / n_p$$

donde **N_d**: Nivel de madurez individual en por dimensión.
V_p: Valor de cada pregunta de la dimensión. (1)
n_p: Número de preguntas en la dimensión.

Con los valores por dimensión, se construyo un diagrama de araña, que busca mostrar de manera gráfica los resultados obtenidos, este diagrama se muestra en la figura 2.

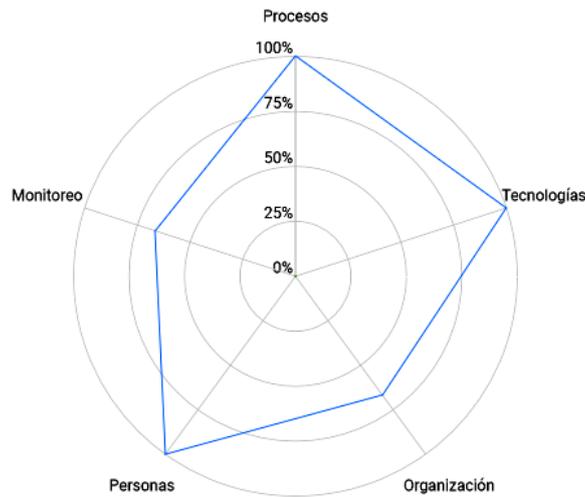


Figura 2. Diagrama de araña, que se entrega en el informe de evaluación.
Elaboración propia.

Para la asignación del nivel de madurez global de la organización evaluada, fue necesario definir un valor único global que relacione con este, para esto definimos un peso a cada dimensión estudiada, este caso 20% cada una, así pues, el nivel global de madurez esta dado por la ecuación 2.

$$N_g = \sum X_d * N_d$$

donde **N_g**: Nivel madurez global de la organización.
X_d: Peso de cada dimensión.
N_d: Nivel individual de cada dimensión. (2)

En la tabla 4, puede verse un ejemplo de cálculo de la dimensión global.

Tabla 4. Ejemplo de calificación de la dimensión global. Elaboración propia.

Dimensión	Resultado promedio individual	Peso	Madurez individual	Madurez global
Procesos	100%	20%	Nivel 5. Optimizado	86.67% Nivel 5: Optimizado
Tecnologías	100.00%	20%	Nivel 5. Optimizado	
Organización	66.67%	20%	Nivel 4. Integrado	
Personas	100.00%	20%	Nivel 5. Optimizado	
Monitoreo	66.67%	20%	Nivel 4. Integrado	

Finalmente, el informe de la evaluación de madurez PLM entrega las recomendaciones para avanzar y alcanzar el siguiente nivel.

Conclusiones

1. A partir de este trabajo fue posible la construcción de una herramienta que le permita a compañías del sector manufacturero e de ingeniería colombianas, establecer el nivel de madurez o las capacidades con que la empresa cuenta para la implementación de la metodología PLM al seno de su organización.
2. La revisión de la información bibliográfica relacionada con la evaluación de madurez PLM, en distintos lugares del mundo, permitió establecer que la mayoría de las estrategias poseen un carácter práctico de apoyo a las organizaciones, donde los diferentes marcos de referencias, debido a la ausencia de normativa que guíe los pasos y estándares de madurez PLM, establece procedimientos paso a paso para que la ejecución en las empresas.
3. Aunque existen metodologías de evaluación de madurez que buscan definir los niveles de todos los elementos de una organización, como la evaluación CMM es necesario desarrollar mecanismos de caracterización para industrias concretas, ya que cuando se evalúan los elementos generales de una organización, no se contemplan los elementos "core" o importante del negocio.
4. Se concluyo que las dimensiones a ser evaluados son las planteadas en los modelos de Batenburg *et al.* igualmente adoptado por Kärkkäinen *et al.*, en el desarrollo de la matriz de madures PLM se como base el modelo Batenburg *et al.*
5. Con relación a los niveles de madurez, fueron utilizada como base la matriz planteada por Kärkkäinen *et al.* y se plantearon elementos adicionales que soportan necesidades específicas de las industrias de la región, como el planteamiento de procesos para el desarrollo de nuevos productos.
6. Finalmente, se desarrolló un mecanismo digital que busca evaluar mediante preguntas con selección múltiple el nivel de madurez PLM de las organizaciones, lo cual les permitirá identificar el nivel en el que se encuentran y recibir recomendaciones para avanzar hacia el siguiente.

Anexos 1 - PREGUNTAS EVALUACIÓN DE MADUREZ PLM

Estrategia y políticas

En esta dimensión evaluaremos, como la organización gestiona las estrategias y políticas para el manejo de la información relacionada con el producto, la estructuración de proyectos y productos, la clasificación de la información y la gestión de la innovación.

1. En relación con las políticas de manejo de la información relacionada con el producto o información maestra del producto (#Parte, nombre, material, atributos).

- a. La información maestra del producto es registrada solamente en planos y documentos.
- b. La información maestra del producto se ingresa manualmente y se mantiene en diferentes hojas de cálculo.
- c. La información maestra del producto se ingresa manualmente y se mantiene en un sistema de información centralizado.
- d. La información maestra del producto se ingresa en uno o unos pocos sistemas empresariales (PLM, ERP).
- e. La información maestra del producto se ingresa solo una vez en un sistema empresarial y se transfiere automáticamente a otros sistemas.

2. En lo correspondiente a la creación y administración de las listas de materiales (*bill of materials*) en la organización.

- a. Las listas de materiales se definen y administran solo como información de texto en dibujos o documentos separados.
- b. Las listas de materiales se crean automáticamente a partir de ensamblajes CAD, se muestran en dibujos CAD y se exportan a Excel.
- c. Las listas de materiales se crean, administran en un sistema PDM y se ingresan manualmente en un sistema ERP.
- d. Las listas de materiales se sincronizan automáticamente entre los sistemas CAD y PLM y se transfieren al sistema ERP.
- e. Las listas de materiales se sincronizan de forma automática y bidireccional entre los sistemas CAD, PLM y ERP.

3. Respecto a la clasificación de la información relacionada con el producto, en la organización:

- a. No se definen categorías de partes o documentos.
- b. Las categorías básicas de partes y documentos están definidas y se pueden usar para buscar.
- c. Se define y utiliza una jerarquía de clasificación detallada para todas las piezas, documentos y productos.

- d. Los atributos detallados se definen para cada categoría para permitir la búsqueda y reutilización de piezas, documentos y productos.
- e. Todas las partes internas y externas tienen acceso y utilizan activamente el sistema de clasificación.

4. Referente a la estructura, gestión de proyectos y portafolio de productos, la organización.

- a. No definir convenciones o reglas para la gestión de proyectos y portafolio.
- b. Las reglas y estándares básicos se definen y generalmente se siguen para la creación y administración de portafolio de productos / proyectos.
- c. Los productos / proyectos actuales y propuestos se analizan y administran como un portafolio a nivel de departamento.
- d. Los productos / proyectos actuales y propuestos se analizan y administran como un portafolio a nivel empresarial.
- e. Los productos / proyectos actuales y propuestos se analizan y administran como un portafolio a nivel de empresa extendida (incluyendo a otros actores externos).

5. En lo dependiente con la innovación y su gestión, la organización.

- a. No existen prácticas ni procedimientos para gestionar la creación, captura y uso de ideas.
- b. Existen prácticas básicas para administrar la creación, captura y uso de ideas utilizando Excel, Word o herramientas similares.
- c. Existen prácticas básicas para administrar la creación, captura y uso de ideas utilizando Excel, Word o herramientas similares.
- d. Existen prácticas detalladas para administrar la creación, captura y uso metódico de ideas con el sistema PLM.
- e. Existen prácticas detalladas para gestionar la creación, captura y uso metódico de ideas internas y externas con PLM.

Monitoreo y control

En esta dimensión, evaluaremos como la organización desarrolla y emplea mecanismos para el monitoreo y control de: ejecución de proyectos, carga en los recursos, gestión de calidad y cumplimiento de normativas relacionado con el producto y la gestión general.

1. Correspondiente con la gestión de proyecto y programas, en la organización:

- a. No se definen convenciones o reglas para la gestión de proyectos programas.
- b. Las reglas y estándares básicos están definidos y generalmente se siguen para la gestión de programas.
- c. Se establece una oficina de administración de proyectos/programas y los administradores de programas usan herramientas independientes para administrar proyectos/programas.

- d. Los proyectos/programas internos son administrados por la oficina de administración de programas corporativos utilizando un sistema PLM.
- e. Los programas internos y externos son administrados por una oficina de administración de programas corporativos utilizando un sistema PLM.

2. En lo asociado con la gestión de los recursos, en la compañía:

- a. No se definen convenciones o reglas para la gestión de recursos.
- b. Los recursos se administran manualmente, en hojas de cálculo de Excel o en MS Project, por los directores de proyectos individuales.
- c. Los gerentes de proyecto usan herramientas dedicadas de administración de recursos, como MS Project Server para administrar los recursos del proyecto.
- d. Los gerentes de proyecto utilizan la funcionalidad de administración de recursos dedicada dentro de un sistema PLM para administrar los recursos internos.
- e. Los gerentes de proyectos utilizan una funcionalidad de administración de recursos dedicada dentro de un sistema PLM para administrar recursos internos y externos.

3. Referido a la gestión de la calidad, la compañía:

- a. No define ni siguen estándares de calidad.
- b. Los estándares de calidad básicos y los procedimientos / resultados de prueba se definen y documentan en archivos de Word o Excel.
- c. Se documentan los estándares de calidad detallados y los procedimientos de prueba, y los resultados de la prueba se capturan en un sistema de gestión de calidad.
- d. Todos los estándares de calidad, procedimientos de prueba, resultados y datos internos se gestionan en el sistema PLM.
- e. Todos los estándares de calidad, procedimientos de prueba, resultados y datos internos y externos se gestionan en el sistema PLM.

4. Correspondiente a la gestión de cumplimiento de normativas y estándares, en la organización.

- a. No existen prácticas ni procedimientos para garantizar el cumplimiento de las normas y estándares reglamentarios.
- b. Los procedimientos básicos se definen y generalmente se siguen para garantizar el cumplimiento de las normas reglamentarias más importantes.
- c. Se definen y documentan procedimientos detallados y se utiliza un sistema de gestión de cumplimiento dedicado.
- d. El sistema PLM permite a los empleados realizar un seguimiento de todas las reglas y regulaciones, y garantiza y documenta el cumplimiento.
- e. El sistema PLM se actualiza automáticamente con las nuevas normas reglamentarias y garantiza y documenta el cumplimiento.

5. En lo concerniente a la revisión de reportes y análisis, en la compañía.

- a. No hay informes disponibles. Toda la información debe ser recopilada sobre una base cuando sea necesaria.
- b. Herramientas de trabajo individuales están configurados para proporcionar información básica.
- c. Los informes detallados a nivel de departamento están disponibles en las herramientas de grupos de trabajo.
- d. Los informes detallados a nivel de empresa están disponibles en el sistema PLM para partes internas.
- e. Los informes detallados a nivel de empresa están disponibles en el sistema PLM para partes internas y externas.

6. En lo asociado con *Business Intelligence (BI)*, para la organización.

- a. Los datos requeridos se recopilan manualmente cuando lo requiera el caso.
- b. Los datos se compilan en herramientas individuales, como las bases de datos Excel o Access, y se ponen a disposición según sea necesario.
- c. La información se analiza y se presenta utilizando herramientas de informes, como MS Reporting Services, Cognos, PowerBI, etc.
- d. La información interna se analiza y se presenta mediante la funcionalidad de informes integrada en el sistema PLM.
- e. La información interna y externa se analiza y se presenta mediante la funcionalidad de informes integrada en PLM.

Procesos

En esta dimensión evaluaremos como la organización define, documenta, gestiona e integra los procesos relacionado con el producto.

1. En lo dependiente con la administración de flujos de trabajos, en la organización.

- a. No se definen y siguen procesos y tareas.
- b. Las tareas básicas y las instrucciones de trabajo son definidas y generalmente seguidas por individuos.
- c. Los procesos básicos se definen en los niveles de pasos y tareas y generalmente se siguen en departamentos individuales.
- d. Los procesos se definen en detalle en los niveles de pasos y tareas y se siguen en toda la empresa.
- e. Los procesos se definen en detalle en los niveles de pasos y tareas y son seguidos por partes internas y externas.

2. En lo relacionado con los procesos de gestión de cambios, en la empresa.

- a. No se definen reglas y procesos de revisión y cambios.
- b. Se definen y siguen los procesos y reglas básicas de revisión y cambios.
- c. Se define, documenta y sigue un proceso básico de cambio de ingeniería.

- d. Se define, documenta y sigue un proceso de cambio de 3 etapas en bucle cerrado en toda la empresa. (Ver definición de 3 etapas).
- e. Un proceso de cambio de tres fases de ciclo cerrado se define, documenta y sigue en toda la empresa. (Ver definición de 3 fases).

3. Referente a la gestión de requerimiento del cliente, la organización.

- a. No existen prácticas ni procedimientos para capturar y gestionar los requisitos.
- b. Las prácticas y procedimientos básicos se definen y generalmente se siguen para capturar y hacer un seguimiento de los requisitos en Word o Excel.
- c. Los requisitos se definen, documentan y rastrean sistemáticamente mediante un sistema de gestión de requisitos dedicado.
- d. Los requisitos internos se definen, documentan, gestionan y asocian con datos relevantes del producto en PLM.
- e. Los requisitos internos y externos se definen, documentan, gestionan y asocian con datos relevantes del producto en PLM.

4. Respecto a la gestión de los procesos de manufactura, en la organización.

- a. No existen prácticas ni procedimientos para gestionar los procesos de fabricación.
- b. Los procesos y procedimientos básicos de fabricación se definen y documentan en Word o Excel.
- c. Se utiliza un sistema de gestión de procesos de fabricación dedicado para crear y gestionar todos los procesos de fabricación.
- d. Existen prácticas y procedimientos detallados para crear y administrar los procesos de fabricación en el sistema PLM.
- e. Existen prácticas y procedimientos detallados para administrar los procesos de fabricación internos y externos en el sistema PLM.

5. En lo asociado con el desarrollo de nuevo productos (*New Product Development NPD*), en la organización.

- a. No existen prácticas ni procedimientos para el desarrollo de nuevos productos (NPD).
- b. Existe un proceso básico de NPD está en su lugar y generalmente se sigue.
- c. Se define un proceso de NPD, incluidos los entregables, roles y responsabilidades, y se habilita mediante un sistema de flujo de trabajo.
- d. Un sistema PLM define y habilita un proceso detallado de puerta de etapa NPD.
- e. Un sistema PLM define y habilita un proceso de puerta de la etapa NPD que incluye a todas las partes internas y externas.

6. Relacionado con la configuración de productos personalizados (*Custom Product Configuration CPQ*), la empresa.

- a. No existen prácticas, procesos y herramientas para la configuración personalizada del producto.
- b. Los productos están configurados para las necesidades específicas de los clientes en hojas de cálculo CAD y Excel
- c. Los productos personalizados se configuran utilizando un configurador de ventas, un sistema PDM y un sistema ERP.
- d. Los productos se configuran en un configurador de ventas, que se rellena desde PLM y luego se alimenta a ERP.
- e. Los productos se configuran con un elemento que hace parte del sistema PLM y toma los elementos disponibles de proveedores, para luego alimentar al ERP.

Personas y cultura

En esta dimensión, evaluaremos como la organización gestiona las personas y cultura en la ejecución de proyectos.

1. En relación con la colaboración, la compañía.

- a. No existen prácticas y procesos para la colaboración en la ejecución de proyectos.
- b. La colaboración y el intercambio de archivos se realizan mediante el correo electrónico y otras herramientas individuales (Skype, etc.)
- c. Se utilizan herramientas de colaboración dedicadas u otras soluciones de grupos de trabajo para la colaboración y el intercambio de archivos (Dropbox, SharePoint, etc).
- d. El sistema PLM se utiliza para la colaboración y el intercambio de información interna.
- e. El sistema PLM se utiliza para la colaboración y el intercambio de información interna y externa.

2. En lo correspondiente a las personas y la cultura en la ejecución de proyectos, se considera.

- a. El éxito de un proyecto depende de las heroicidades individuales. Fuerza laboral emocionalmente desapegada. Hay una falta de visión común acerca de las responsabilidades de gestión.
- b. El éxito depende de los individuos y los sistemas de gestión compatibles. Los compromisos son entendidos y gestionados. La gente está entrenada.
- c. Los grupos de proyectos trabajan como un equipo integrado de productos. La capacitación se planifica y proporciona de acuerdo a los roles. Planificación de la fuerza laboral, desarrollo de competencias, alineación del desempeño, análisis de conocimientos y habilidades y una cultura participativa.
- d. Existe un fuerte sentido de trabajo en equipo dentro de cada proyecto. Prácticas basadas en equipos, gestión de competencias organizacionales y alineación del desempeño organizacional.

- e. Existe un fuerte sentido de trabajo en equipo en toda la organización. Todos estamos involucrados en el proceso de mejora.

Tecnologías de la información

En esta dimensión, evaluaremos los elementos de tecnologías que facilitan el desarrollo de productos y colaboración.

1. Respecto al almacenamiento de la información relacionada con producto, en la organización.

- a. La mayoría de los documentos y archivos se almacenan en discos duros locales.
- b. La mayoría de los documentos y archivos se almacenan en carpetas de red compartidas.
- c. Los diferentes documentos y archivos se almacenan en sistemas de grupos de trabajo separados (Sistema PDM, Dropbox, SharePoint, etc.).
- d. Los documentos y archivos internos se almacenan y una única fuente de información o sistema PLM.
- e. Los documentos y archivos internos y externos se almacenan y se accede a ellos en el sistema PLM.

2. Referente la visualización de la información y retroalimentación de esta, la organización

- a. No existen prácticas, procedimientos o herramientas para la visualización y la retroalimentación.
- b. Los documentos se visualizan y retroalimentan en una herramienta básica, se comparten por correo electrónico y se almacenan en unidades de red.
- c. Los documentos se visualizan y retroalimentan en una herramienta de visualización y retroalimentación que forma parte de un sistema PDM.
- d. Los documentos se visualizan y se retroalimentan en un módulo integrado de visualización y marcado en el sistema PLM.
- e. Los documentos son vistos y retroalimentados por todas las partes internas y externas en el sistema PLM.

3. En lo dependiente a los sistemas empresariales (CRM, ERP, MES).

- a. No hay integraciones disponibles. Todos los datos se introducen manualmente en las diferentes herramientas.
- b. No hay integraciones disponibles. Los datos se exportan e importan manualmente utilizando archivos de texto, CSV o Excel.
- c. Los datos se transfieren mediante integraciones entre las herramientas de administración de datos de grupo de trabajo y los sistemas empresariales.
- d. Los datos se transfieren mediante integraciones entre el sistema PLM y otros sistemas empresariales.

e. Los datos se sincronizan bidireccionalmente entre el sistema PLM y otros sistemas empresariales.

4. En lo correspondiente con el desarrollo virtual del producto (*Virtual Product Development VPD*), para la organización.

- a. No existen prácticas ni procedimientos para el desarrollo de productos virtuales (VPD).
- b. Los productos se modelan y ensamblan en CAD, se analizan con CAE y se fabrican con CAM.
- c. Los productos se modelan, analizan y fabrican en sistemas CAx (CAD, CAE, CAM) y se administran en diferentes soluciones de grupos de trabajo.
- d. Los productos se modelan, analizan y fabrican en sistemas CAx (CAD, CAE, CAM) y se administran de forma asociativa en PLM.
- e. Los productos internos y de los proveedores se modelan, analizan y fabrican en sistemas CAx (CAD, CAE, CAM) y se administran en PLM.



Anexos 2 – MATRIZ DE MADURES PLM

En este anexo se contempla la matriz de madurez PLM por dimensiones que desarrollamos de acuerdo a la metodología seleccionada. Estas se pueden apreciar en las tablas 5-9.

Tabla 5. Niveles de madurez de la dimensión “estrategia y políticas”. Elaboración propia.

Nivel madurez	Estrategia y políticas
1: Inicial	La información maestra del producto es mantenida solamente en planos y documentos. Las listas de materiales se definen y administran solo como información de texto en dibujos o documentos separados. No se definen convenciones o reglas para la gestión de proyectos y portafolio. No existen prácticas ni procedimientos para gestionar la creación, captura y uso de ideas.
2: Repetible	La información maestra del producto se ingresa manualmente y se mantiene en diferentes hojas de cálculo. Se establecen categorías básicas de clasificación de partes y documentos. Las reglas y estándares básicos se definen y generalmente se siguen para la creación y administración de portafolio de productos / proyectos. Existen prácticas básicas para administrar la creación, captura y uso de ideas utilizando Excel, Word o herramientas similares.
3: Definido	La información maestra del producto se ingresa manualmente y se mantiene en un sistema de información centralizado. Las listas de materiales se crean, administran en un sistema PDM y se ingresan manualmente en un sistema ERP. Los productos / proyectos actuales y propuestos se analizan y administran como un portafolio a nivel de departamento. Se implementan prácticas detalladas para administrar la creación, captura y uso de ideas utilizando herramientas de grupo de trabajo.
4: Cuantificado	La información maestra del producto se ingresa en uno o unos pocos sistemas empresariales (PLM, ERP). Las listas de materiales se sincronizan automáticamente entre los sistemas CAD y PLM y se transfieren al sistema ERP. Los atributos detallados se definen para cada categoría para permitir la búsqueda y reutilización de piezas, documentos y productos. Los productos / proyectos actuales y propuestos se analizan y administran como un portafolio a nivel empresarial. Existen prácticas detalladas para administrar la creación, captura y uso metódico de ideas con el sistema PLM.

5: Optimizado	La información maestra del producto se ingresa solo una vez en un sistema empresarial y se transfiere automáticamente a otros sistemas. Las listas de materiales se sincronizan de forma automática y bidireccional entre los sistemas CAD, PLM y ERP. Todas las partes internas y externas tienen acceso y utilizan activamente el sistema de clasificación. Los productos / proyectos actuales y propuestos se analizan y administran como un portafolio a nivel de empresa extendida (incluyendo a otros actores externos). Existen prácticas detalladas para gestionar la creación, captura y uso metódico de ideas internas y externas con PLM.
----------------------	--

Tabla 6. Niveles de madurez de la dimensión "monitoreo y control". Elaboración propia.

Nivel madurez	Monitoreo y control
1: Inicial	No se definen convenciones o reglas para la gestión de proyectos/programas. No se definen convenciones o reglas para la gestión de recursos. No se definen ni siguen estándares de calidad. No existen prácticas ni procedimientos para garantizar el cumplimiento de las normas y estándares reglamentarios. No hay informes disponibles. Toda la información debe ser recopilada sobre una base cuando sea necesario la creación de informes.
2: Repetible	Las reglas y estándares básicos están definidos y generalmente se siguen para la gestión de proyectos/programas. Los recursos se administran manualmente, en hojas de cálculo de Excel o en MS Project, por los directores de proyectos individuales. Los estándares de calidad básicos y los procedimientos/resultados de prueba se definen y documentan en archivos de Word o Excel. Los procedimientos básicos se definen y generalmente se siguen para garantizar el cumplimiento de las normas reglamentarias más importantes. Herramientas de trabajo individuales están configurados para proporcionar información básica.
3: Definido	Se establece una oficina de administración de proyectos/programas y los administradores de programas usan herramientas independientes para administrar proyectos/programas. Los gerentes de proyecto usan herramientas dedicadas de administración de recursos, como MS Project Server para administrar los recursos del proyecto. Se documentan los estándares de calidad detallados y los procedimientos de prueba, y los resultados de la prueba se capturan en un sistema de gestión de calidad. Se definen y documentan procedimientos detallados y se utiliza un sistema de gestión de cumplimiento dedicado. Los informes detallados a nivel de departamento están disponibles en las herramientas de grupos de trabajo.

4: Cuantificado	Los proyectos/programas internos son administrados por la oficina de administración de programas corporativos utilizando un sistema PLM. Los gerentes de proyecto utilizan la funcionalidad de administración de recursos dedicada dentro de un sistema PLM para administrar los recursos internos. Todos los estándares de calidad, procedimientos de prueba, resultados y datos internos se gestionan en el sistema PLM. Los informes detallados a nivel de empresa están disponibles en el sistema PLM para partes internas.
5: Optimizado	Los programas internos y externos son administrados por una oficina de administración de programas corporativos utilizando un sistema PLM. Los programas internos y externos son administrados por una oficina de administración de programas corporativos utilizando un sistema PLM. Todos los estándares de calidad, procedimientos de prueba, resultados y datos internos y externos se gestionan en el sistema PLM. El sistema PLM se actualiza automáticamente con las nuevas normas reglamentarias y garantiza y documenta el cumplimiento. Los informes detallados a nivel de empresa están disponibles en el sistema PLM para partes internas y externas.

Tabla 7. Niveles de madurez de la dimensión "procesos". Elaboración propia.

Nivel madurez	Procesos
1: Inicial	No se definen y siguen procesos y tareas. No se definen reglas y procesos de revisión y cambios. No existen prácticas ni procedimientos para capturar y gestionar los requisitos de clientes. No existen prácticas ni procedimientos para gestionar los procesos de fabricación. No existen prácticas ni procedimientos para el desarrollo de nuevos productos (NPD).
2: Repetible	Las tareas básicas y las instrucciones de trabajo son definidas y generalmente seguidas por individuos. Se definen y siguen las procesos y reglas básicas de revisión y cambios. Las prácticas y procedimientos básicos se definen y generalmente se siguen para capturar y hacer un seguimiento de los requisitos en Word o Excel. Los procesos y procedimientos básicos de fabricación se definen y documentan en Word o Excel. Existe un proceso básico de NPD, está en su lugar y generalmente se sigue.
3: Definido	Los procesos básicos se definen en los niveles de pasos y tareas, generalmente se siguen en departamentos individuales. Se define, documenta y sigue un proceso básico de cambio de ingeniería. Los requisitos se definen, documentan y rastrean sistemáticamente mediante un sistema de gestión de requisitos dedicado. Se utiliza un sistema de gestión de procesos de fabricación dedicado para crear y gestionar todos los procesos de fabricación. Se define un proceso de NPD, incluidos los entregables, roles y responsabilidades, y se habilita mediante un sistema de flujo de trabajo.

4:Cuantificado	Los procesos se definen en detalle en los niveles de pasos y tareas y se siguen en toda la empresa. Se define, documenta y sigue un proceso de cambio de 3 etapas en bucle cerrado en toda la empresa. (Ver definición de 3 etapas). Los requisitos internos se definen, documentan, gestionan y asocian con datos relevantes del producto en PLM. Existen prácticas y procedimientos detallados para crear y administrar los procesos de fabricación en el sistema PLM. Un sistema PLM define y habilita un proceso detallado de puerta de etapa NPD.
5: Optimizado	Los procesos se definen en detalle en los niveles de pasos y tareas y son seguidos por partes internas y externas. Un proceso de cambio de tres fases de ciclo cerrado se define, documenta y sigue en toda la empresa. (Ver definición de 3 fases). Los requisitos internos y externos se definen, documentan, gestionan y asocian con datos relevantes del producto en PLM. Existen prácticas y procedimientos detallados para administrar los procesos de fabricación internos y externos en el sistema PLM. Un sistema PLM define y habilita un proceso de puerta de la etapa NPD que incluye a todas las partes internas y externas.

Tabla 8. Niveles de madurez de la dimensión "personas". Elaboración propia.

Nivel madurez	Personas
1: Inicial	No existen prácticas y procesos para la colaboración en la ejecución de proyectos. El éxito de un proyecto depende de las heroicidades individuales. Fuerza laboral emocionalmente desapegada. Hay una falta de visión común acerca de las responsabilidades de gestión.
2: Repetible	La colaboración y el intercambio de archivos se realizan mediante el correo electrónico y otras herramientas individuales (Skype, etc.). El éxito depende de los individuos y los sistemas de gestión compatibles. Los compromisos son entendidos y gestionados. La gente está entrenada.
3: Definido	Se utilizan herramientas de colaboración dedicadas u otras soluciones de grupos de trabajo para la colaboración y el intercambio de archivos (Dropbox, SharePoint, etc). Los grupos de proyectos trabajan como un equipo integrado de productos. La capacitación se planifica y proporciona de acuerdo a los roles. Planificación de la fuerza laboral, desarrollo de competencias, alineación del desempeño, análisis de conocimientos de habilidades y una cultura participativa.
4:Cuantificado	El sistema PLM se utiliza para la colaboración y el intercambio de información interna. Existe un fuerte sentido de trabajo en equipo dentro de cada proyecto. Prácticas basadas en equipos, gestión de competencias organizacionales y alineación del desempeño organizacional.

5: Optimizado	El sistema PLM se utiliza para la colaboración y el intercambio de información interna y externa. Existe un fuerte sentido de trabajo en equipo en toda la organización. Todos estamos involucrados en el proceso de mejora.
----------------------	--

Tabla 9. Niveles de madurez de la dimensión "tecnología". Elaboración propia.

Nivel madurez	Tecnología
1: Inicial	La mayoría de los documentos y archivos se almacenan en discos duros locales. No existen prácticas, procedimientos o herramientas para la visualización y la retroalimentación. No existen integraciones entre sistemas empresariales. No existen prácticas ni procedimientos para el desarrollo de productos virtuales (VPD).
2: Repetible	La mayoría de los documentos y archivos se almacenan en carpetas de red compartidas. Los documentos se visualizan y retroalimentan en una herramienta básica, se comparten por correo electrónico y se almacenan en unidades de red. No hay integraciones empresariales disponibles. Los datos se exportan e importan manualmente utilizando archivos de texto, CSV o Excel. Los productos se modelan y ensamblan en CAD, se analizan con CAE y se fabrican con CAM.
3: Definido	Los diferentes documentos y archivos se almacenan en sistemas de grupos de trabajo separados (Sistema PDM, Dropbox, SharePoint, etc.). Los documentos se visualizan y retroalimentan en una herramienta de visualización y retroalimentación que forma parte de un sistema PDM. Los datos se transfieren mediante integraciones entre las herramientas de administración de datos de grupo de trabajo y los sistemas empresariales. Los productos se modelan, analizan y fabrican en sistemas CAx (CAD, CAE, CAM) y se administran en diferentes soluciones de grupos de trabajo.
4: Cuantificado	Los documentos y archivos internos se almacenan y una única fuente de información o sistema PLM. Los documentos se visualizan y se retroalimentan en un módulo integrado de visualización y marcado en el sistema PLM. Los datos se transfieren mediante integraciones entre el sistema PLM y otros sistemas empresariales. Los productos se modelan, analizan y fabrican en sistemas CAx (CAD, CAE, CAM) y se administran de forma asociativa en PLM.
5: Optimizado	Los documentos y archivos internos y externos se almacenan y se accede a ellos en el sistema PLM. Los documentos son vistos y retroalimentados por todas las partes internas y externas en el sistema PLM. Los datos se sincronizan bidireccionalmente entre el sistema PLM y otros sistemas empresariales. Los productos internos y de los proveedores se modelan, analizan y fabrican en sistemas CAx (CAD, CAE, CAM) y se administran en PLM.

Referencias Bibliográficas y Cibergrafía

- [1] Dinero, "Productividad en Colombia es de las más bajas de la región." [Online]. Available: <https://www.dinero.com/pais/articulo/productividad-laboral-colombia-mas-bajas-america-latina/205142>.
- [2] PROCOLOMBIA, "Manufactura en Colombia." [Online]. Available: <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-opportunidades/manufactura-en-colombia>.
- [3] H. Zhang *et al.*, "PLM Components Selection Based on a Maturity Assessment and AHP Methodology To cite this version: HAL Id: hal-01461884 PLM Components Selection Based on a Maturity Assessment and AHP Methodology," 2017.
- [4] H. Zhang, A. Sekhari, Y. Ouzrout, A. Bouras, and S. Yu, "A PLM components monitoring framework for SMEs based on a PLM maturity model and FAHP methodology," *J. Mod. Proj. Manag.*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [5] C. M. Software Engineering Institute (SEI), Software Engineering Institute and <http://www.sei.cmu.edu>. (accessed on M. 2014) University (2014), "SEI." .
- [6] C. Development, "CMMI for Development, Version 1.3," no. November, 2010.
- [7] T. Mettler, "A Design Science Research Perspective on Maturity Models in Information Systems," no. April, 2014.
- [8] U. Kulkarni and R. Freeze, "Development and Validation of a Knowledge Management Capability Assessment Model," 2004.
- [9] T. Bensiek and A. Kuehn, "Maturity Model for Improving Virtual Engineering in Small and Medium-Sized Enterprises Requirements for Maturity Models in SMEs," pp. 635–645, 2012.
- [10] R. Batenburg, R. W. Helms, and J. Versendaal, "PLM roadmap : stepwise PLM implementation based on the concepts of maturity and alignment," vol. 1, no. 4, 2006.
- [11] K. Hannu, "Defining the customer dimension of PLM maturity Kärkkäinen Hannu Pels Henk Jan Silventoinen Anneli," *Int. Conf. Prod. Lifecycle Manag.*
- [12] S. ANTTI and A. IMMONEN, *Product Lifecycle Management*. Springer, 2008.
- [13] M. M. Savino, A. Mazza, and Y. Ouzrout, "PLM Maturity model: A multi-criteria assessment in southern Italy companies," *Int. J. Oper. Quant. Manag.*, vol. 18, no. 3, pp. 159–180, 2012.