

PA141-01-AEProdProductivo

Arquitectura empresarial para alinear los procesos automatizados mediante sistemas CIM con los procesos de negocio.

Andrés Harker Gutiérrez

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2015

PA141-01-AEProdProductivo
Arquitectura empresarial para alinear los procesos automatizados mediante sistemas
CIM con los procesos de negocio.

Autor:

Andrés Harker Gutiérrez

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO
DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Director

Ingeniero Cesar Julio Bustacara Medina, MSc

Comité de Evaluación del Trabajo de Grado

Ingeniero Julio Ernesto Carreño Vargas, MSc

Ingeniero Iván Fernando Mondragón Bernal, PhD

Página web del Trabajo de Grado

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~PA141-01-AEProdProductivo>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRÍA EN INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
BOGOTÁ, D.C.
2015/06

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION**

Rector Magnífico

Jorge Humberto Peláez Piedrahita S.J.

Decano Académico Facultad de Ingeniería

Ingeniero Jorge Luis Sánchez Téllez, MSc

Directora Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación

Ingeniera Ángela Cristina Carrillo Ramos, PhD

Director Departamento de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Rafael Andrés González Rivera, PhD

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la Justicia”

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en principio a mi madre, Julia Gutiérrez, quien siempre me ha apoyado en todas las decisiones de mi vida, aunque algunas veces sea demasiado testarudo, siempre ha estado para mí y amorosamente me acompañó durante toda esta maestría y en general en mi vida. A mi padre, Orlando Harker, quien ha estado presente en todo mi proceso académico brindándome su apoyo y conocimientos, además de estar para mí en las buenas y malas decisiones. A mi Hermana, Erika Harker, una de las pocas personas que conoce el esfuerzo, los sacrificios y los sentimientos invertidos en mi maestría y siempre me apoyó encontrándole el lado bueno a cualquier situación. Se me van a escapar muchos nombres particulares así que agradezco a todos los que creen en mis locuras y en que puedo ser un buen ingeniero como para merecer un título de maestría, a todos los que se aguantaron mis etapas de quejas y me apoyaron en los momentos en que parecía desistir. Agradezco especialmente Andrea Arévalo, quien sin su ayuda y apoyo, compañía y paciencia no habría logrado superar algunos momentos difíciles no solo del trabajo de grado sino de toda mi maestría en general, gran parte de este triunfo considero que es compartido. Agradezco enormemente el apoyo y su insistencia todo el tiempo de “Andy tienes que sacar esa tesis bien” a quien considero mi mejor amiga, Vanessa Buitrago, y a quienes considero mis mejores amigos, incondicionales siempre, Andrés Borja y Fredy Santos, a mi padrino Oscar Herman Harker quien siempre está dispuesto a brindarme su ayuda y consejos. Al Ingeniero y maestro Cesar Julio Bustacara Medina por confiar en mis capacidades y ser una excelente guía, no solo en el trabajo de grado, sino en mi vida profesional en general, coloquialmente hablando “no se ganó el sobrenombre de el sensei Bustacara de gratis”, a la Ingeniera Martha Manrique quien siempre estuvo dispuesta a colaborar en el desarrollo del proyecto con su conocimiento, a los Ingenieros Gabriel Zambrano y Santiago Aguirre quienes dieron grandes aportes conceptuales al proyecto y estuvieron prestos a colaborar en cualquier momento. Finalmente quiero agradecer a todas las personas que de una u otra manera me han apoyado y confiado en mí.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
I – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO.....	3
1. OPORTUNIDAD, PROBLEMÁTICA Y ANTECEDENTES	3
1.1 Descripción del contexto	4
1.2 Formulación del problema planteado.....	4
1.2 Impacto esperado.....	4
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1 Objetivos.....	6
2.2 Metodología.....	7
II – MARCO TEÓRICO.....	10
1. NIVEL ESTRATÉGICO.....	11
1.1. Arquitectura Empresarial de Software.....	11
2. NIVEL FUNCIONAL.....	14
2.1. Modelos existentes de integración con sistemas CIM.....	14
3. NIVEL OPERATIVO	17
3.1. Procesos de producción y Sistemas de manufactura integrada por computador CIM.....	17
III – DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	18
1. MODELO GENERAL DE ALINEACIÓN E INTEGRACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN CON PROCESOS DE NEGOCIO.....	20
1.1 Análisis del modelo general de alineación e integración.....	21
1.2 Diseño del modelo general de alineación e integración.....	26
2. APLICACIÓN DEL MODELO EN UN CASO DE ESTUDIO.....	37
2.1 Explicación general del caso de estudio.....	38
2.2 Aplicación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio en el caso de estudio.....	40
2.3 Modelo Independiente de la Computación MIC.....	40
2.4 Modelo Independiente de la plataforma - PIM.....	41
2.5. Validaciones.....	44
3. COMPONENTE DE INTEGRACIÓN	46
3.1 Requerimientos.....	46
3.2 Requerimientos de software	47
3.3 Representación y asociación de los procesos de producción.....	47
3.4 Arquitectura de software	48

4. RESULTADOS Y REFLEXIONES	56
4.1 Resultados del modelo.....	56
4.2 Resultados de la aplicación del modelo.....	56
IV – CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	59
1. CONCLUSIONES	59
2. TRABAJOS FUTUROS	59
V - BIBLIOGRAFIA	61
VI - ANEXOS	63

IMAGENES

Imagen 1 - Control de fábrica [FES2003].....	2
Imagen 2 - Arquitectura MIDAS [JIM2012]	8
Imagen 3 - Conceptos fundamentales del trabajo de grado	11
Imagen 4 - Estructura general TOGAF [TOG2007]	12
Imagen 5 - Estructura general del framework Zachman [ZAC2008]	13
Imagen 6 - Modelo de integración de sistemas CIM con Sistema basado en conocimiento [OST2013]	15
Imagen 7 - Modelo general de comunicación con cada nivel de los sistemas CIM [KJA2003]	16
Imagen 8 - Integración tecnológica de sistemas de información con sistemas CIM [KJA2003]	16
Imagen 9 - Arquitectura interna de sistemas CIM [LUH1999]	17
Imagen 10 - Modelo de dominio simplificado.....	19
Imagen 11 - Modelo de dominio resaltando el enfoque del proyecto.....	20
Imagen 12 - Modelo de análisis	26
Imagen 13 - Modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio	27
Imagen 14 - Alineación de los niveles de los modelos del modelo general con el modelo de dominio	28
Imagen 15 - Modelo Independiente de la Computación - MIC	29
Imagen 16 - Modelo Independiente de la Plataforma - PIM.....	31
Imagen 17 - Modelo Técnico – PSM.....	35
Imagen 18 - Asociación del modelo MIC con el CTAI para la elección del caso de estudio. 38	
Imagen 19 - Frentes de negocio del CTAI.....	39
Imagen 20 - modelo de sistemas necesarios	42

Imagen 21 – Representación y asociación de la información de sistemas CIM y sistemas BPMS..... 48

Imagen 22 - Máquina de estados de procesos de producción 48

Imagen 23 - Arquitectura del sistema de integración 49

Imagen 24 - Modelo de tecnologías necesarias del modelo PSM..... 51

Imagen 25 - Arquitectura de software con tecnologías específicas del modelo PSM 54

LISTAS

Lista 1 - Elementos analizados para la generación del modelo	21
Lista 2 - Aspectos generales a ser cumplidos por el modelo con base en el análisis	21
Lista 3 - Características del modelo general con base en el análisis.....	25
Lista 4 - Lista de explicación de los sub-modelos del modelo MIC	30
Lista 5 - Lista de modelos del modelo MIC para el caso de estudio	40
Lista 6 - Lista de validaciones realizadas.....	44
Lista 7 - Lista de Validación de alineaciones de procesos y Validación de procesos de producción	45
Lista 8 - Lista de Validación tecnológica.....	46
Lista 9 - Implantación de tecnologías prototipo.....	55
Lista 10 - Funcionalidades principales del prototipo	55
Lista 11 - Lista de resultados y reflexiones del modelo.....	56
Lista 12 - Lista de Resultados a nivel de negocio.....	57
Lista 13 - Lista de Resultados a nivel de negocio en el caso de estudio	57
Lista 14 - Lista de Resultados a nivel tecnológico independiente de la plataforma	58
Lista 15 - Lista de resultados a nivel tecnológico	58
Lista 16 - Lista de principales conclusiones del trabajo	59
Lista 17 - Lista de posibles trabajos futuros identificados	60

TABLAS

Tabla 1 - Perspectivas para la evaluación de frameworks de AE	23
Tabla 2 - tabla de análisis framework Zachman	24
Tabla 3 - Tabla de análisis framework TOGAF	25
Tabla 4 - Modelos Generales	28
Tabla 5 - Relación entre los artefactos del modelo, los artefactos de TOGAF y las herramientas, para el modelo MIC.....	31
Tabla 6 - Relación entre los artefactos del modelo, los artefactos de TOGAF y las herramientas, para el modelo PIM	35
Tabla 7 - Relación entre los artefactos del modelo, los artefactos de TOGAF y las herramientas, para el modelo PSM	37

ABSTRACT

Currently the globalized business environment of organizations requires having strategic information for making assertive decisions, information that includes all internal movements including their production processes. This process of making decisions accurate most possible helps companies become more productive, yet the tools that help to provide information on production processes for decision-making are scarce and some require manual re-work, this work aims to give a contribution in this alignment requirement between production processes with business processes.

RESUMEN

Actualmente el ambiente empresarial globalizado de las organizaciones necesita contar con información estratégica para una toma de decisiones asertiva, información que incluya todos sus movimientos internos incluyendo los de sus procesos de producción. Esta toma de decisiones contribuye a que las empresas sean más productivas, sin embargo las herramientas que ayudan a suministrar información de los procesos de producción para la toma de decisiones son escasas y algunas requieren de re-trabajo manual, el presente trabajo busca dar un aporte dentro de este requerimiento de alineación e integración entre los procesos de producción con los procesos de negocio.

RESUMEN EJECUTIVO

En el mundo globalizado y competitivo de hoy, las organizaciones necesitan contar con información para la toma de decisiones estratégicas, esta información debe provenir de cada una de las unidades de negocio, así mismo debe incluir la información particular de los procesos de producción. Contar con la información de los procesos de producción que sea relevante para la toma de decisiones estratégicas a nivel organizacional, implica tener una alineación de los procesos de producción con los procesos de negocio y estos a su vez con el modelo general del negocio, tanto a nivel de la concepción de la organización como a nivel de las herramientas tecnológicas que apoyan su operación.

Con el fin de aportar al requerimiento de alineación e integración de procesos, se abordó en primera instancia la generación de un modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, para la generación de este modelo se utilizaron elementos conceptuales de MDE y del framework de arquitectura empresarial de TOGAF; Se utilizó conceptualmente MDE para que desde el modelo se visualizara cada nivel de alineación como un modelo, y que estos modelos cuenten con trazabilidad entre sí, adicionalmente se tomaron elementos conceptuales de TOGAF para que la generación y refinamiento de los modelos fuese iterativa y siempre estuviese en torno a los requerimientos de negocio. Este modelo, además de proponer los modelos que se requieren para lograr la alineación brinda una serie de herramientas conceptuales y tecnológicas que se requieren para la consecución de cada uno de estos, con base en esta propuesta es posible contar con los conceptos necesarios y una guía de las posibles herramientas a utilizar al momento de aplicar el modelo en una organización.

Una vez propuesto el modelo general de alineación e integración de procesos, se procede a la aplicación del modelo en una organización particular como caso de estudio, la organización cuenta con el elemento principal para la aplicación del modelo las cuales son; tener la necesidad de alineación de procesos de producción con procesos de negocio y contar con sistemas para la automatización de procesos de producción, sistemas de Manufactura Integrada por Computador – CIM. La aplicación en el caso de estudio se realizó con el fin de contar con la prueba conceptual de la aplicación de modelo general, sobre este caso de estudio se realizó el análisis de negocio que se propuso en el modelo.

El análisis del caso de estudio se realiza desde el nivel estratégico y tecnológico, al momento de proceder a la implementación tecnológica específica que busca contar con el monitoreo estratégico de los procesos de producción. Este monitoreo se logra desde el concepto de Monitoreo de Actividades de Negocio – BAM el cual se encuentra inmerso en la Gestión de Procesos de Negocio BPM. Finalmente el diseño y la implementación del prototipo tecnológico se realizaron independientes del caso de estudio, esta implementación tiene como objetivo la validación de la viabilidad tecnológica de la integración de sistemas del nivel productivo con sistemas del nivel estratégico; particularmente de integración entre sistemas de Gestión de Procesos de Negocio BPMS y sistemas CIM. Este tipo de integración tecnológica permite contar con la asociación de datos de ambos tipos de sistemas, y contar con la integración funcional necesaria para la extracción de información valiosa para la toma de decisiones.

El prototipo tecnológico se implementó independiente del caso de estudio con el fin de proveer una implementación general que pueda ser aplicable en otros contextos empresariales.

Los principales resultados del trabajo comprenden:

- **Modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio:** Este modelo es una propuesta general para que las empresas que lleven a cabo procesos de producción en sus actividades, cuenten con el mecanismo de alineación de procesos de producción con procesos de negocio y se contemplen a su vez las herramientas tecnológicas que apoyaran esta alineación y a la empresa en general.
- **Modelo Independiente de la Computación – MIC del caso de estudio:** este resultado abarca el modelo de negocio para el caso de estudio, incluyendo los requerimientos de negocio que se esperan cumplir con el modelo en el caso de estudio.
- **Modelo Independiente de la Plataforma – PIM del caso de estudio:** alineado con el modelo MIC este resultado es el análisis de las necesidades tecnológicas para el soporte del modelo de negocio y para el cumplimiento de los requerimientos de la arquitectura objetivo. En este análisis se proponen los sistemas necesarios, cómo se alinean con el modelo MIC y qué requerimientos cumplen, pero no se especifican plataformas ni tecnologías específicas que se deban implantar.
- **Modelo de Plataforma Específica – PSM – Prototipo tecnológico:** este modelo contempla la arquitectura de software general para la integración de un sistema CIM con un sistema BPMS y el prototipo implementado, este prototipo es independiente del caso de estudio y valida la viabilidad de la implantación tecnológica de la integración del nivel operativo con el nivel estratégico. Este prototipo contempla tecnologías como un sistema CIM, un sistema BPMS particular, un servidor OPC para que la arquitectura sea independiente del sistema CIM y la implementación del correspondiente middleware de integración.
- **Validaciones de negocio y de software:** Las validaciones sobre el modelo MIC y el modelo PIM se realizaron en reuniones directamente con el cliente, las validaciones sobre el prototipo funcional se realizaron mediante pruebas de software sobre las funcionalidades específicas que se dejaron en los requerimientos del modelo PSM.

Las principales conclusiones del trabajo de grado son:

- Visualizar la alineación por modelos permite manejar diferentes niveles de abstracción y que cada uno de estos niveles se encuentre alineado con los de más alto nivel.
- La solución tecnológica de la integración cobra valor en las organizaciones únicamente cuando sus procesos se encuentran alineados.
- La integración de sistemas CIM con sistemas BPMS es viable mediante servidores OPC y una arquitectura SOA para el middleware, lo que lo hace independiente del sistema CIM y el BPMS.
- La propuesta de herramientas tecnológicas en el modelo general ayuda a la implementación del modelo desde el nivel estratégico hasta el nivel tecnológico, esto proporciona una guía concreta para agilizar la implementación en organizaciones que no estén familiarizadas con algunas de las herramientas conceptuales o tecnológicas.

INTRODUCCIÓN

En el mundo globalizado y competitivo de hoy las organizaciones necesitan contar con información para la toma de decisiones estratégicas, esta información debe provenir de cada una de las unidades de negocio e incluir todos sus movimientos, así mismo debe incluir la información particular de los procesos de producción.

Contar con información de los procesos de producción que sea relevante para la toma de decisiones estratégicas a nivel organizacional implica; contar con una alineación de los procesos de producción con los procesos de negocio y estos a su vez con el modelo general del negocio, tanto a nivel de la concepción de la organización como al nivel de las herramientas tecnológicas que apoyan su operación.

Con el fin de aportar a este requerimiento de alineación e integración de procesos, se abordó en primera instancia la generación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, este modelo aborda directamente la necesidad de alineación de los procesos para la obtención de información a nivel gerencial de los procesos de producción, para la generación de este modelo se utilizaron elementos conceptuales de MDE y del framework de arquitectura empresarial de TOGAF; Se utilizó conceptualmente MDE para que desde el modelo se visualizara cada nivel de alineación como un modelo, y que estos modelos cuenten con trazabilidad entre sí, adicionalmente se tomaron elementos conceptuales de TOGAF para que la generación y refinamiento de los modelos fuese iterativa y siempre estuviese en torno a los requerimientos de negocio.

El modelo de alineación además de proponer los modelos que se requieren para lograr la alineación brinda una serie de herramientas conceptuales y tecnológicas que se requieren para la consecución de cada uno de los modelos, con base en esta propuesta es posible contar con los conceptos necesarios y una guía de las posibles herramientas a utilizar al momento de aplicar el modelo en una organización.

A continuación, se mencionan una serie de términos que serán utilizados a lo largo del documento.

Arquitectura Empresarial: *La arquitectura empresarial es la disciplina encargada de la estructuración de las empresas y del negocio, el objetivo principal de esta disciplina es poder alinear y estructurar las empresas de tal manera que la estructura organizacional y los procesos se encuentren alineados a la consecución de los objetivos y a la misión y la visión [TOG2007][ZAC2008].*

Arquitectura Empresarial de Software: *Como una especialización particular de la Arquitectura Empresarial, esta disciplina se encarga de la estructuración del negocio y de alinear la tecnología para el apoyo a los objetivos y a la estructura del negocio [TOG2007][ZAC2008].*

MDE: *Ingeniería dirigida por modelos, se enfoca principalmente en visualizar los proyectos de ingeniería por medio de modelos jerárquicos que apoyen transversalmente el desarrollo.*

TOGAF: *Es el framework de arquitectura empresarial propuesto por “The Open Group”, The Open Group Architecture Framework.*

Gestión de Procesos de Negocio - BPM: La gestión de procesos de negocio se refiere a las actividades continuas de monitoreo, supervisión, verificación y validación de los procesos [YAN2011] [NIE2011] [MER2011].

Monitoreo de Actividades de negocio - BAM: El concepto del monitoreo de actividades de negocio se refiere a la perspectiva de gestión que permite contar con un monitoreo constante de cada instancia de las actividades de negocio que componen los procesos [KAN2008] [FRI2012].

Sistemas de manufactura integrada por computador – CIM: Los sistemas de manufactura integrada por computador son sistemas que permiten la automatización de procesos de producción, permiten la Supervisión, Control y Adquisición de Datos referentes al proceso de producción y a la maquinaria que involucra [LUH1999].

Control de Fábrica: Se entiende como control de fábrica, la gestión del proceso de producción y el hardware involucrado en este proceso, este control de fábrica es llevado a cabo por el sistema de manufactura integrada por computador [FES2003].

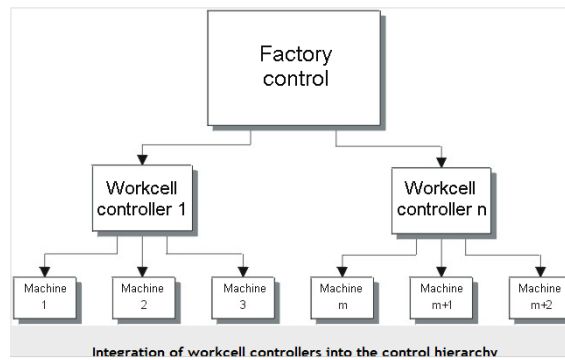


Imagen 1 - Control de fábrica [FES2003]

Celda de trabajo: La celda de trabajo representa una actividad del proceso de producción, cada celda de trabajo cumple con un objetivo particular en el proceso de producción y puede manipular uno o varios elementos de la maquinaria de producción [FES2003] [LUH1999].

PLC: Controlador Lógico Programable, es un computador utilizado en automatización industrial que permite la programación y automatización de procesos eléctricos y mecánicos, estos PLC se encuentran en cada una de las celdas de trabajo para el control de la maquinaria que se encuentra involucrada en la actividad que lleve a cabo la celda [LUH1999].

I – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

1. Oportunidad, Problemática y antecedentes

Las empresas manufactureras cuentan con procesos de negocio que implica la producción de bienes en un determinado mercado. Teniendo en cuenta que los procesos de negocio y los procesos de producción se enfocan en distintos niveles de la organización; los procesos de producción en un nivel operativo y los procesos de negocio en un nivel estratégico. Es necesario contar con una alineación entre estos dos niveles de procesos de la organización para que toda la organización este en busca de los mismos objetivos de negocio, esta alineación se da a nivel de la estructura general de la organización desde el modelo mismo de negocio hasta el nivel operativo y la tecnología que utilice la organización para apoyar su funcionamiento.

En términos tecnológicos tanto los procesos de producción como los procesos de negocio, es posible gestionarlos mediante diferentes herramientas. En el caso de los procesos de negocio se cuenta con herramientas tecnológicas como sistemas BPMS, en el caso de los procesos de producción se cuenta con los sistemas de manufactura integrada por computador CIM.

La oportunidad identificada para el presente trabajo de grado, es brindar un modelo que permita: lograr la alineación de los procesos de producción con los procesos de negocio y a su vez integrarlos tecnológicamente. Particularmente, centrándose en el monitoreo estratégico de procesos de producción, entendiéndolo como monitoreo estratégico la aplicación del concepto BAM a las actividades de negocio que implican la ejecución de procesos de producción, dicha atención se centra en este punto, dado que sobre los sistemas CIM existe un monitoreo operativo, pero requiere de un proceso intermedio lograr un monitoreo estratégico al integrar tecnológicamente estos tipos de sistemas se puede contar con ese monitoreo, sin embargo, no basta con una integración tecnológica, se debe lograr un impacto a nivel organizacional para que este monitoreo sea tenido en cuenta en las decisiones estratégicas de la organización, es por esta razón que debe enmarcarse en un ámbito de estructura organizacional el desarrollo de esta oportunidad. Con el fin, de tener un impacto desde la estructura organizacional hasta el uso de la tecnología, se aborda con un enfoque de Arquitectura Empresarial de Software.

Existen trabajos previos que permiten la manipulación de sistemas CIM desde sistemas ERP, por medio de estas integraciones es posible contar con una integración entre procesos de producción y procesos de negocio, apoyándose en lo estrechamente ligados que esta la gestión de recursos empresariales y los flujos de negocio en algunas empresas, este tipo de integraciones brinda la ventaja de que se cuenta con la información en un sistema de información desligado del sistema de producción y que maneja estándares de comunicación que permite integrarse con sistemas de otros frentes organizacionales como la gestión de clientes, proveedores y procesos.

1.1 Descripción del contexto

El trabajo de grado se enmarcó en el contexto de análisis y diseño de un modelo de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, este análisis y diseño se apoyó en herramientas metodológicas de ingeniería dirigida por modelos MDE y herramientas de arquitectura empresarial como TOGAF, estas herramientas adoptadas conceptualmente para visualizar el problema de alineación e integración por modelos, sin necesidad de generación automática de modelos. Todo ese modelo se tiene en cuenta para que pueda ser aplicado en el contexto de empresas de manufactura, particularmente si la tecnología se utilizada en la gestión de los procesos de producción es sistemas CIM

Basándose en este contexto se aplicó el modelo a un caso de estudio particular con el fin de validarlo y establecer como su viabilidad tecnológica, este caso de estudio fue el Centro Tecnológico de Automatización Industrial CTAI de la Pontificia Universidad Javeriana. Se eligió este caso de estudio para abarcar procesos de producción desde el ámbito académico, aunque no cuenta con objetivos de producción, cuenta con procesos de producción inmersos en sus procesos de negocio lo cual es propicio para la validación del modelo general.

1.2 Formulación del problema planteado.

La pregunta generadora a partir de la cual se desarrolló el trabajo de grado fue:

¿Qué aspectos y factores involucra la alineación de procesos de producción y procesos de negocio?

La respuesta general a esta pregunta involucró un gran componente de investigación de herramientas de arquitectura empresarial, herramientas tecnológicas para la automatización de procesos de producción y procesos de negocio y herramientas tecnológicas para la integración de sistemas CIM con sistemas externos. Encontrar la respuesta a esta pregunta comprendió etapas de:

- Apropiación de conceptos estratégicos y de implementación para la alineación e integración de procesos.
- Análisis de las necesidades de alineación.
- Diseño del modelo general de alineación e integración.
- Generación del Modelo Independiente de la Computación – MIC para el caso de estudio basado en el modelo general de alineación e integración.
- Generación del Modelo Independiente de la Plataforma – PIM para el caso de estudio basado en el modelo general de alineación e integración.
- Generación del Modelo de Plataforma Específica – PSM para el caso de estudio basado en el modelo general de alineación e integración.

1.2 Impacto esperado.

Debido a que se definió un modelo general de alineación de procesos de producción con procesos de negocio, se impacta a la comunidad académica tanto de Ingeniería Industrial como

de Ingeniería de sistemas, brindando bases para la refinación del modelo como para la posible instanciación del mismo en empresas del sector industrial.

Durante el proyecto se originó un prototipo funcional, el cual muestra la viabilidad tecnológica de la integración de procesos, esto tiene un impacto directo en los sistemas CIM y BPMS, dado que se brinda una solución tangible para su aplicación en empresas del sector industrial.

El proyecto tiene un impacto académico en los grupos de investigación de la Pontificia Universidad Javeriana, abriendo un espacio de investigación interdisciplinaria entre las investigaciones que adelantan el CTAI e ingeniería de sistemas, particularmente en el área de integración tecnológica con sistemas de automatización industrial y automatización de procesos de negocio mediante sistemas BPMS.

El proyecto tiene un impacto en las empresas con procesos de producción en su operación ya que se les brinda un marco de trabajo, para poder alinear sus procesos de producción con los procesos de negocio y así mismo la herramienta para ser usada en la integración tecnológica. Así mismo, las herramientas del middleware y del cuadro de mando son independientes de los sistemas CIM y BPMS que se utilicen en las empresas, esto hace que el impacto se vea reflejado en cualquier empresa con procesos de producción automatizados y no se vea restringido por la tecnología que implemente.

Tecnológicamente el middleware de integración que se desarrolló, se implementó orientado a servicios, por esta razón, es posible adaptarlo a otros sistemas que permitan la configuración de flujos de negocio siempre y cuando soporten el consumo y la publicación de servicios, esto impacta tecnológicamente a quienes usen el middleware para la integración tecnológica porque aunque el proyecto se enfocó a la integración con sistemas BPMS, podría utilizarse este desarrollo desde otros sistemas, tales como buses de servicios, sistemas ERP, sistemas CRM, aplicaciones empresariales, entre otros.

La implementación del modelo PSM es independiente de la tecnología del sistema CIM que se encuentre implantado, esto impacta las futuras implementaciones de este tipo de integraciones tecnológicas, dado que la implementación de este prototipo muestra las ventajas y desventajas de este modelo, desligado de la tecnología CIM particular y brinda herramientas para la toma de decisiones antes de realizar la implantación tecnológica particular.

2. Descripción del proyecto

En términos generales, el proyecto estuvo enfocado en plantear un modelo que permitiera a las empresas alinear sus procesos de producción con sus procesos de negocio. Aplicando los conceptos de MDE y TOGAF para lograr un impacto a nivel organizacional, que a su vez pueda ser apoyado por la tecnología para su desarrollo y apoyo a la operación de las empresas. En términos tecnológicos se aplica el concepto de Monitoreo de Actividades de Negocio BAM, para tener un monitoreo estratégico de los procesos de producción, este monitoreo brinda al nivel más alto de la organización información valiosa para la toma de decisiones, más allá de la que brinda un monitoreo operativo. Basados en estos conceptos el prototipo tecnológico se centra en el monitoreo de los procesos de producción desde los procesos de

negocio, de esta manera mediante el modelo se alinean los procesos y mediante el prototipo se muestra la viabilidad tecnológica de su integración. Entendiendo por alineación, contar con el conocimiento de la razón de ser de la organización, conocer sus metas y que la organización completa y sus procesos se direccionen a cumplir con dicha razón de ser y objetivos.

2.1 Objetivos

En la presente sección se describen los objetivos generales y específicos, los cuales están orientados a dar una alternativa de solución al requerimiento de: contar con información para la toma de decisiones estratégicas y que esta información cuente con información desde el nivel operativo de los procesos de producción.

2.1.1 Objetivo general.

Diseñar una solución de arquitectura empresarial que permita integrar el nivel estratégico (procesos de negocio) con el nivel productivo (automatizado mediante sistemas de Manufactura Integrados por Computador - CIM) de una empresa manufacturera.

2.1.2 Objetivos específicos

A continuación se listan y explican cada uno de los objetivos específicos, orientados al cumplimiento del objetivo general.

- 1. Apropiar los conceptos necesarios y relevantes acerca de arquitectura empresarial y de procesos productivos, en una cadena de manufactura integrada por computador.**

Este objetivo estuvo dirigido a conocer los conceptos necesarios, tales como el modelado de procesos de negocio y procesos de producción, arquitectura empresarial, ingeniería dirigida por modelos, frameworks para arquitectura empresarial, sistemas tecnológicos para el manejo de sistemas de Manufactura Integrada por Computador, sistemas de integración y protocolos para la integración con sistemas CIM.

Estos conceptos y herramientas fueron necesarios para el cumplimiento de los demás objetivos, se dedicó un objetivo específico a este tema para cubrir la brecha de conocimiento en los temas que no se tenía un profundo conocimiento.

- 2. Definir la alineación entre los procesos productivos con los procesos de negocio del caso de estudio.**

Este objetivo se enfocó en la construcción del modelo general de alineación de procesos de producción con procesos de negocio, así mismo se realizó el análisis de procesos de negocio del caso de estudio para ir refinando el modelo. El modelo general de integración fue basado en la ingeniería dirigida por modelos con el fin de visualizar las organizaciones que lo apliquen por medio de modelos jerárquicos, y con el fin de contar con la trazabilidad y alineación de los modelos generados, debido a que se requiere una estructura organizacional y tecnológica para lograr la alineación de procesos el modelo general también utiliza conceptos y artefactos del framework de arquitectura empresarial de TOGAF.

Este modelo general de alineación se aplicó en los siguientes objetivos y se refino durante el desarrollo de los mismos, como tal con la consecución de este objetivo se contó con la estabilización del modelo general y con los procesos del caso de estudio para aplicar el modelo.

3. Diseñar la arquitectura empresarial de software que permita soportar los modelos de negocio definidos.

Este objetivo estuvo dirigido a la aplicación del modelo de integración en el caso de estudio, como el modelo está basado en los conceptos y frameworks de arquitectura empresarial obtenidos con el primer objetivo específico, la aplicación del modelo general se visualizó como el diseño de la arquitectura empresarial que permite la alineación. Esta arquitectura diseñada abarca la organización completa, pero se enfoca especialmente en los puntos en los que se visualiza la integración de procesos.

4. Implementar los aspectos de la arquitectura relevantes, para la alineación de procesos productivos con los procesos de negocio.

Este objetivo se enfocó al diseño específico, la implementación e implantación tecnológica de la integración de sistemas CIM con sistemas BPMS, particularmente enfocando el prototipo a contar con un monitoreo estratégico de los procesos automatizados con CIM, es decir poder relacionar y monitorear los procesos de producción asociados a actividades de negocio. Para esto se diseñó la arquitectura de software con plataformas específicas y se implementó un prototipo que permite la integración de estos sistemas.

5. Validar la alineación de la implementación, con la arquitectura empresarial definida.

En este objetivo se realizó la validación en 3 niveles diferentes:

- Validación funcional de software: se validó que la integración tecnológica permitiera la asociación de procesos de producción a procesos de negocio y se pueda contar con un monitoreo de los procesos de producción desde los procesos de negocio.
- Validación de arquitectura empresarial del caso de estudio: se realizó una validación con el cliente para verificar que los modelos de arquitectura empresarial reflejan el negocio y alinean los procesos.
- Validación del modelo general: mediante el prototipo y la arquitectura se valida el modelo general de alineación, así mismo se aprovecha la experticia de la organización caso de estudio en procesos de producción y negocio para validar el modelo y los aspectos que contempla.

2.2 Metodología

Para el desarrollo del proyecto se elige un enfoque metodológico MDE, con el fin de visualizar el caso de estudio por modelos jerárquicos desde el nivel de negocio hasta el nivel tecnológico. Desde este punto de vista metodológico; al contar con la trazabilidad adecuada entre los modelos, se encuentran los puntos clave de alineación así como las oportunidades de integración. Como un espacio de trabajo de apoyo a la metodología se utilizará la arquitectura

MIDAS [JIM2012], la cual ofrece un apoyo a la trazabilidad y gestión de los modelos de proyectos que se desarrollen mediante MDE, proponiendo 3 niveles de modelamiento en los cuales se propone un análisis independiente de la computación, seguido de un análisis tecnológico y finalmente una implementación de tecnologías particulares, el análisis por modelos propuesto por la arquitectura MIDAS es transversal a los procesos de desarrollo.

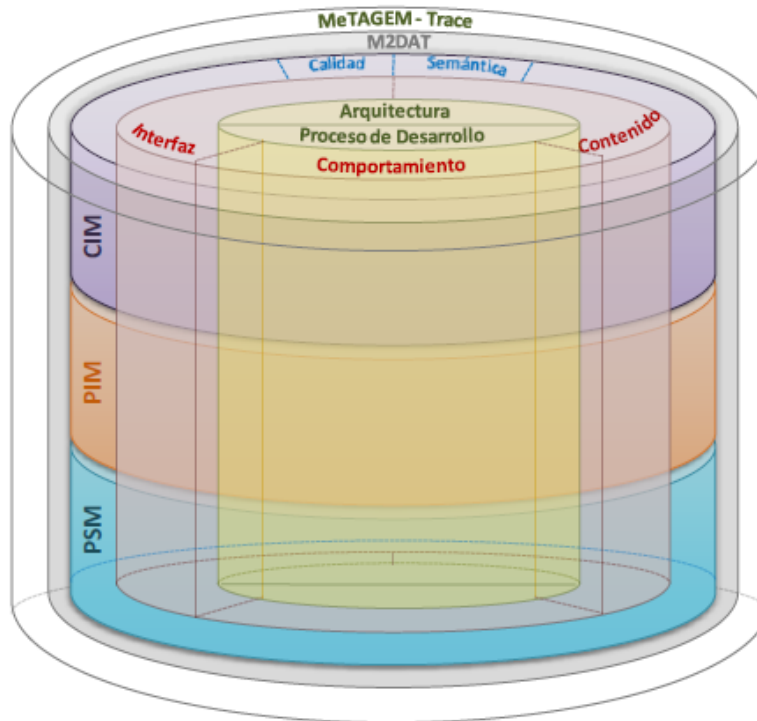


Imagen 2 - Arquitectura MIDAS [JIM2012]

La metodología que se adopta, basada en la arquitectura MIDAS cuenta con las siguientes cuatro fases principales, las cuales permitieron alcanzar los objetivos del proyecto:

fase 1. Apropiación de conceptos estratégicos y de implementación.

Con la realización de esta fase se logró el cumplimiento del objetivo específico 1. En esta fase se realizó una exploración de conceptos en la que se sacaron las siguientes conclusiones principales para el desarrollo del proyecto:

- Para la alineación de procesos es necesario contar con una estructura empresarial que principalmente apoye el modelo general del negocio y los objetivos y requerimientos del mismo.
- Además del apoyo al modelo de negocio es necesario encontrar el punto del negocio donde se cruzan los procesos de producción con los procesos de negocio.
- Es necesaria una definición precisa de que información de los procesos de producción es relevante para los procesos de negocio, no toda la información es relevante para el monitoreo estratégico.

- La notación BPMN, permite una abstracción de los procesos que se independiza de la tecnología, pero siendo estándar permite usar herramientas que interpreten la notación y automaticen sistemas de información.
- Los sistemas BPMS permiten contar con parte de la gestión de los procesos de negocio, para el caso particular del proyecto, la mayoría de sistemas BPMS cuentan con la aplicación de BAM, de esta manera asociando la información correctamente es posible contar con el monitoreo de los sistemas CIM asociado al monitoreo de los sistemas BPMS.
- Los sistemas CIM manejan los conceptos de control de fábrica y celdas de trabajo para la administración de los procesos de producción.
- La integración de sistemas BPMS con sistemas CIM, solo es efectiva cuando cuenta con un impacto a nivel empresarial de tal manera que los procesos de producción se encuentren alineados con los procesos de negocio, con el fin de lograr este impacto organizacional y alinear la tecnología con el mismo se elige adoptar procedimentalmente un framework de arquitectura empresarial, para el caso del trabajo de grado se elige el framework de TOGAF
- Conceptualmente los frameworks de arquitectura empresarial, particularmente TOGAF, elegido por las necesidades del modelo, proveen los artefactos necesarios para cumplir los requerimientos de negocio mediante la estructura de negocio y la tecnología que la apoya.

fase 2. Formulación de un Modelo independiente de la Computación para el sistema (MIC).

Esta fase permitió lograr la consecución del objetivo específico 2. Esta fase se enfocó inicialmente en la construcción del modelo general de integración y una vez se logró una etapa conceptualmente estable de este modelo paso a la aplicación de este modelo en el caso de estudio, en esta fase la aplicación del modelo general en el caso de estudio produjo el modelo MIC del caso de estudio el cual contempla el nivel estratégico de la organización; misión, visión, requerimientos y procesos de negocio.

En esta fase se obtuvieron los siguientes resultados, relevantes para el proyecto, las cuales serán explicadas con mayor profundidad en las secciones de desarrollo del proyecto:

- Se construyó el modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, basándose en MDE y el framework de arquitectura empresarial de TOGAF
- Se obtuvieron misión, visión y requerimientos de negocio del caso de estudio.
- Se obtuvo el mapa de procesos de negocio del caso de estudio y se identificaron las etapas de los procesos y las actividades de negocio que involucran procesos de producción.

fase 3. Formulación de un Modelo Independiente de la Plataforma (PIM)

Esta fase permitió lograr la consecución del objetivo específico 3. Esta fase se enfocó en la construcción del modelo independiente de la plataforma para el caso de estudio, que permita la alineación de procesos, este modelo se centra en solucionar las necesidades tecnológicas del caso de estudio para poder cumplir con sus objetivos y requerimientos de negocio sin utilizar tecnologías concretas. Así mismo este modelo se alinea con el modelo MIC, con base en este modelo se encuentran los siguientes resultados:

- La estructura general de la organización en términos tecnológicos alineada con el modelo MIC.
- La alineación con el modelo MIC muestra como el modelo tecnológico se alinea con el modelo de negocio.
- Que función cumple cada componente tecnológico en la alineación de negocio.

fase 4. Formulación de un Modelo de Plataforma Específica (PSM).

Esta fase permitirá alcanzar los objetivos específico 4 y 5. En esta fase se obtiene el prototipo tecnológico que apoya la alineación de procesos de la problemática y se validara su alineación con los modelos PIM y PSM. Este prototipo brindo las siguientes conclusiones para el proyecto:

- Herramientas tecnológicas necesarias para la implantación de la integración tecnológica.
- Herramientas tecnológicas necesarias para la implementación del middleware de integración de procesos de producción con procesos de negocio.
- Alineación de la arquitectura de software específica con el modelo independiente de la plataforma.

II – MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los conceptos de mayor relevancia asociados al desarrollo del trabajo de grado, adicionalmente describe el estado actual de los elementos de integración tecnológica entre sistemas de Manufactura Integrada por Computador CIM y sistemas de información existentes en las organizaciones.

Comúnmente en las organizaciones existen niveles jerárquicos iniciando desde el nivel gerencial hasta el nivel operativo, en cada nivel existen diferentes herramientas tanto conceptuales como tecnológicas para apoyar la operación de las empresas. Desde esta perspectiva y en la búsqueda de contar con información estratégica para la toma de decisiones que venga desde el nivel operativo, es necesario asociar los conceptos necesarios con esta visión jerárquica. Los conceptos más relevantes para la ejecución del trabajo de grado se presentan en la Imagen 3 partiendo desde el nivel estratégico, con la estructura de negocio y la Arquitectura Empresarial, pasando por el nivel funcional de la organización en el que se profundizaran en las integraciones tecnológicas existentes con sistemas CIM, los sistemas BPMS y el monitoreo de actividades de negocio BAM, y finalmente llegar al nivel operativo que son los procesos de producción y la automatización de los mismos mediante sistemas CIM.



Imagen 3 - Conceptos fundamentales del trabajo de grado

1. Nivel Estratégico.

En este nivel se abordan los conceptos necesarios para la estructuración del negocio, buscar el cumplimiento de los objetivos y requerimientos del negocio, esto en términos de la alineación de procesos de producción con procesos de negocio.

1.1. Arquitectura Empresarial de Software

La arquitectura Empresarial de Software como una rama específica de la arquitectura Empresarial, busca proveer metodologías y herramientas que buscan la alineación de la tecnología con el modelo de negocio de las organizaciones. Para el diseño e implementación de arquitecturas empresariales de software existen varios marcos de referencia para ser tenidos en cuenta entre ellos Zachman y TOGAF.

El espacio de trabajo de Arquitectura Empresarial TOGAF alinea la visión del negocio y las capacidades del mismo, mediante:

- El análisis de negocio.

Esta parte analiza la organización, procesos, habilidades, roles y responsabilidades necesarias para establecer y operar una función de la arquitectura dentro de una empresa [TOG2007].

- El método de desarrollo de arquitectura propuesto por “The Open Group”.

Esta parte es el núcleo de TOGAF. En él se describe el Método de Desarrollo de Arquitectura TOGAF (ADM) - un enfoque paso a paso para el desarrollo de una arquitectura empresarial [TOG2007].

- Herramientas de continuidad de la arquitectura.

Esta parte analiza las taxonomías y las herramientas apropiadas para clasificar y almacenar los resultados de la actividad de arquitectura empresarial dentro de la organización [TOG2007].

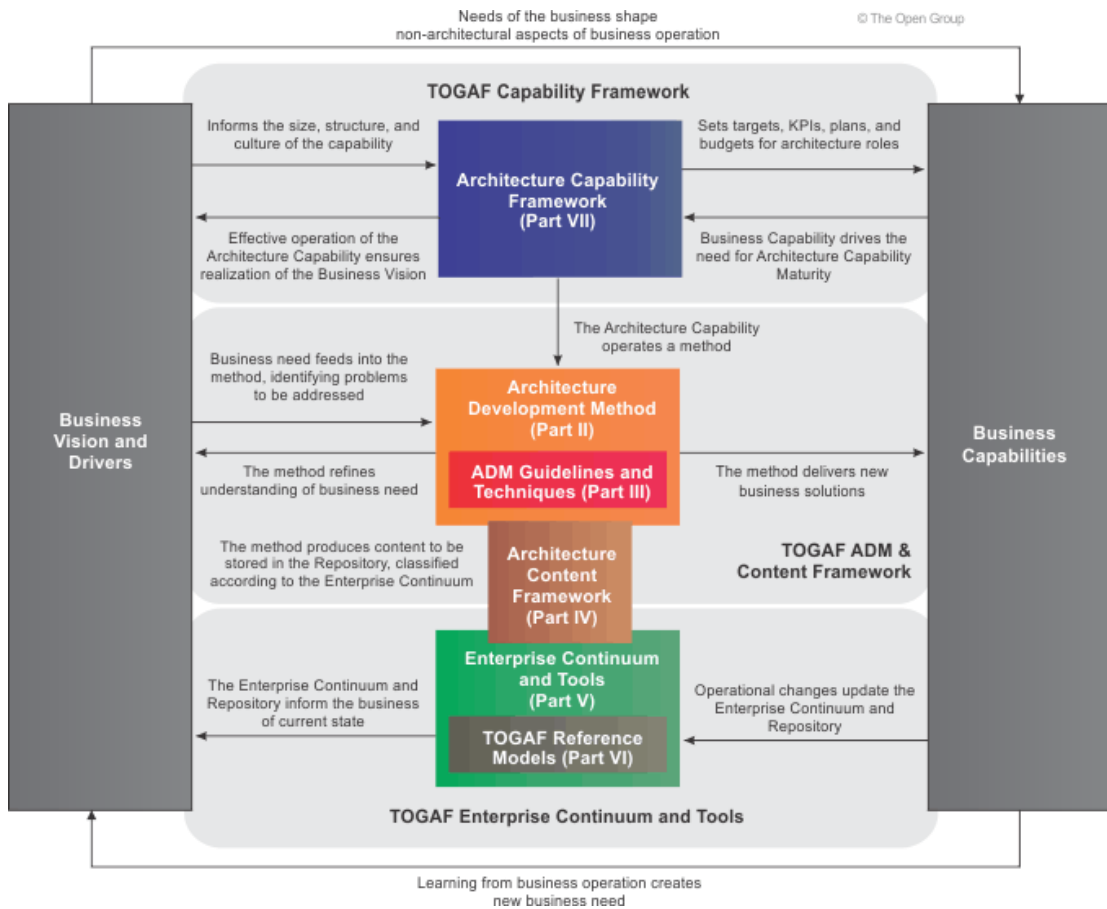


Imagen 4 - Estructura general TOGAF [TOG2007]

El espacio de trabajo de Arquitectura Empresarial de Zachman alinea la tecnología con el modelo de negocio mediante el análisis de 5 niveles de la organización.

- Perspectiva ejecutiva.
- Perspectiva de gestión del negocio.
- Perspectiva de arquitectura.
- Perspectiva de ingeniería.
- Perspectiva técnica.

Para cada una de estas perspectivas de arquitectura se responden las siguientes 6 preguntas para alinear la tecnología con el modelo de negocio:

- Qué hacer?
- Cómo hacerlo?
- Donde hacerlo?
- Quien lo realizara?
- Cuando debe ser realizado?
- Por qué se realizara?.

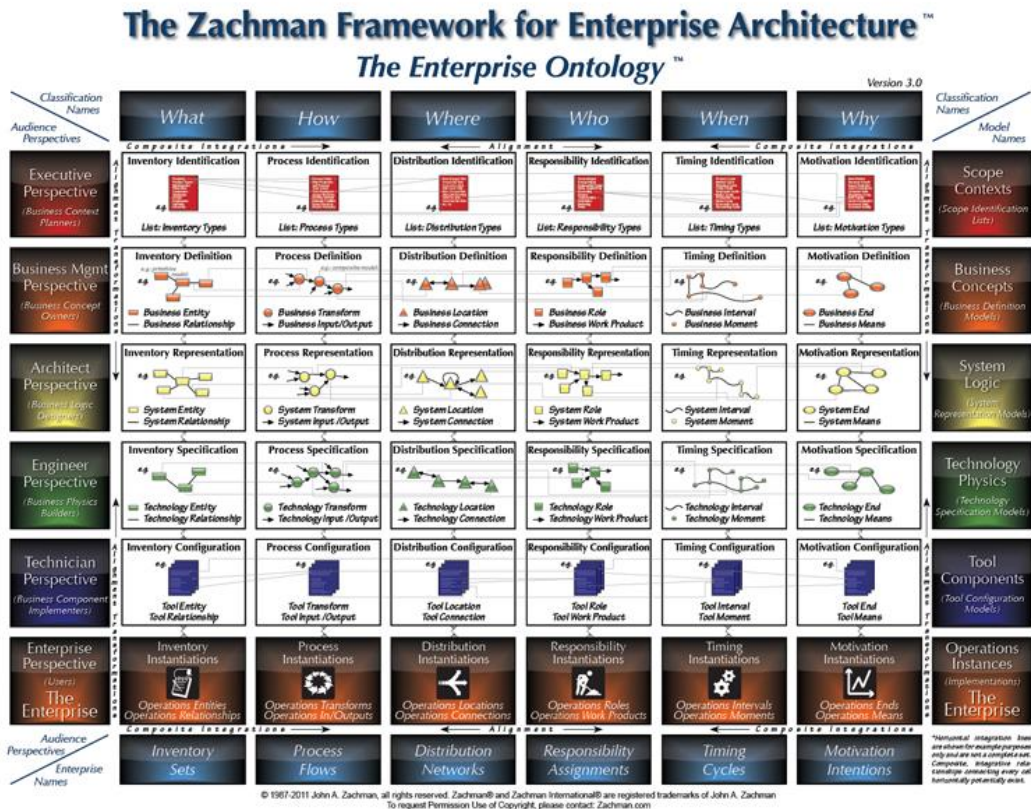


Imagen 5 - Estructura general del framework Zachman [ZAC2008]

Como parte fundamental de la estructura de cada una de las organizaciones se encuentran los procesos de negocio que permiten la operación de las organizaciones. Parte de la estructura completa de la organización es la gestión de procesos de negocio

1.1.1. Gestión de procesos de negocio - BPM

La gestión de procesos de negocio implica actividades continuas de monitoreo, supervisión, verificación y validación de los procesos de negocio. Para la ejecución constante de dichas actividades se hace uso del concepto de Monitoreo de Actividades de Negocio (BAM), este concepto es indispensable para la toma de decisiones tanto estratégicas como operativas [YAN2011] [NIE2011] [MER2011] [KAN2008] [FRI2012].

La gestión de los procesos de negocio y la información que brinda permite un seguimiento y mejora continua de los procesos aumentando así la productividad de las empresas que utilizan la gestión de procesos como una herramienta de mejora continua. Con el fin de contar con la información necesaria para la mejora de procesos es necesario implementar la gestión de procesos de negocio mediante sistemas de información que permitan contar con un monitoreo y control sobre las actividades de negocio.

1.1.1.1. Modelado de procesos de negocio y entornos de desarrollo basados en BPM.

El modelado de procesos de negocio busca especificar de manera formal los procesos de una organización, esto con el fin de poder realizar seguimiento de los procesos, tanto de la ejecución de sus. Con el fin de tener una trazabilidad automatizada y poder brindar información relevante a la gerencia de las organizaciones, existen entornos de desarrollo de sistemas de información basados en BPM, algunos de estos entornos son:

- BonitaSoft.
- Bizagi.
- Oracle BPM framework.
- BizTalk Server.

Cada uno de estos entornos provee mecanismos para la instanciación de los procesos de negocio, el monitoreo y control de las actividades de negocio. La información que proveen estos entornos permite contar con la información necesaria para la mejora continua de procesos y el monitoreo continuo de las actividades de negocio [ORA2014][BON2015].

2. Nivel funcional.

En este nivel se contemplan los modelos existentes de integración con el nivel de los procesos de producción, particularmente con sistemas CIM para contar con una guía de posibles métodos de integración y lograr el monitoreo estratégico de los procesos de producción.

2.1. Modelos existentes de integración con sistemas CIM

En cuanto a la integración del nivel de procesos de producción con el nivel de los sistemas de información de las organizaciones se destacan tres integraciones dentro de las más relevantes.

1. La integración está centrada en poder ejecutar rutinas de sistemas CIM desde un sistema de planeación de recursos ERP. Esta integración brinda la ventaja de poder gestionar los recursos en tiempo real teniendo en cuenta el proceso de producción, sin embargo pasa por alto las posibles fallas del sistema CIM y pueden presentarse inconsistencias. Desde el punto de vista de gestión de recursos es ideal este tipo de interacción con sistemas CIM para el control de los insumos y del flujo de trabajo que tenga inmersa la producción, adicionalmente dependiendo del sistema ERP que implante la organización es posible la gestión de flujos de trabajo que puedan ser reflejados en el modelo de negocio como procesos de negocio, aunque se encuentra desde el nivel de la gestión de recursos es posible valerse de estas herramientas para contar con una gestión del flujo de trabajo a nivel de negocio [KJA2003].
2. Integración que se basa en poder corregir defectos de los productos basados en el conocimiento que se tiene de las características ideales del producto final. Este proceso de integración se fundamenta en un sistema basado en conocimiento que apoyado por una base de conocimiento monitorea el producto en cada etapa del proceso de producción y realiza correcciones en caso de ser necesario. Tal como lo ilustra la siguiente imagen [OST2013].

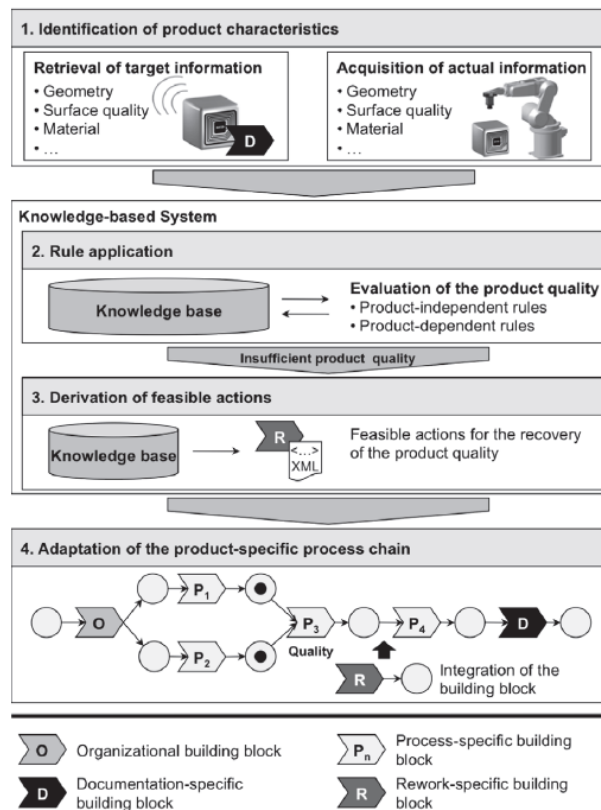


Imagen 6 - Modelo de integración de sistemas CIM con Sistema basado en conocimiento [OST2013]

Este tipo de sistemas le aportan al proyecto una visión clara de cómo monitorear el estado del proceso de producción desde un sistema externo.

3. Describe en 6 niveles como comunicar el proceso de producción con los demás niveles de la organización hasta llegar a la presentación de datos gerenciales. Este modelo propone coordinar diferentes áreas de la organización y sistemas de información con cada uno de los niveles del sistema CIM, como lo ilustra la Imagen 7 [KJA2003].

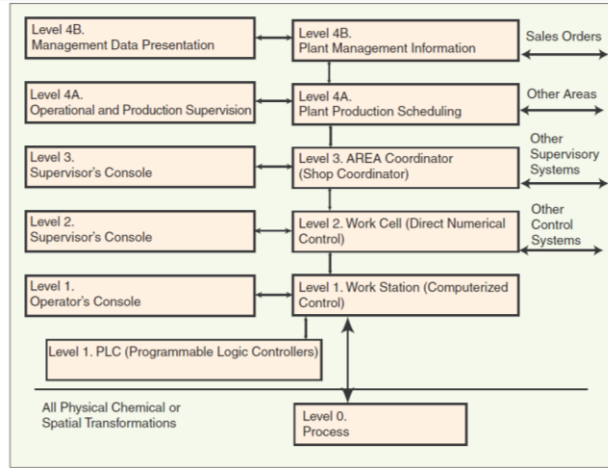


Imagen 7 - Modelo general de comunicación con cada nivel de los sistemas CIM [KJA2003]

Desde una perspectiva técnica y de infraestructura estos 6 niveles se visualizan en la Imagen 8.

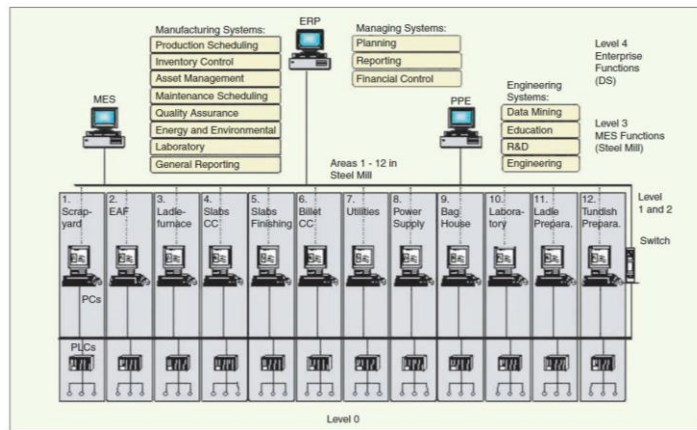


Imagen 8 - Integración tecnológica de sistemas de información con sistemas CIM [KJA2003]

Este modelo muestra una clara integración tecnológica desde el área gerencial hasta el proceso de producción, aunque dependiendo del sistema ERP implementado es posible contar con

flujos de trabajo que representen los flujos de negocio, esta restricción deja la oportunidad de una integración directa con los sistemas de gestión de procesos de negocio BPMS.

3. Nivel Operativo

Este nivel se contempla particularmente desde los procesos de producción y especialmente en los conceptos necesarios para el entendimiento de los sistemas CIM.

3.1. Procesos de producción y Sistemas de manufactura integrada por computador CIM

Las empresas manufactureras tienen la necesidad de automatizar sus procesos de producción, esta necesidad surge de buscar mejoras en el proceso como un mayor volumen de producción, precisión en la fabricación de las piezas, supervisión y control automático. Basados en estas necesidades surgen los sistemas CIM.

Los sistemas CIM permiten la automatización, supervisión, control, adquisición y manipulación de datos referentes a los procesos de producción y a las variables físicas que deban tenerse en cuenta durante el proceso. Estos sistemas permiten contar con todas sus capacidades de gestión del proceso de producción mediante la arquitectura que ilustra la Imagen 9.



Imagen 9 - Arquitectura interna de sistemas CIM [LUH1999]

A continuación se explica cada uno de los niveles de la arquitectura y los conectores que se utilizan para comunicar la información entre niveles.

- **Maquinaria y Equipo – Nivel 0:** Este nivel se refiere a la maquinaria inmersa en el proceso de producción, los sistemas embebidos que tiene cada uno de estos elementos de hardware y las interfaces de comunicación que proveen.
- **Sistema de comunicaciones – Conector:** Este conector se refiere a la infraestructura de red necesaria para la comunicación del sistema CIM con los PLC's y la maquinaria de producción. En este nivel se encuentran protocolos especializados, y en algunos casos propietarios, para la comunicación entre los PLC's y la maquinaria tales como:

- **Profibus:** Este protocolo de comunicación por un bus físico permite la comunicación entre varios PLC's y que cada uno de ellos pueda manipular la maquinaria y equipo mediante una comunicación punto a punto.
- **Profinet:** Este protocolo de comunicación está orientado a brindar una dirección lógica (IP) a cada uno de los dispositivos que permitan manejar este protocolo y que los PLC's controlen la maquinaria mediante una comunicación por paquetes de TCP/IP.
- **Transacción de producción – Nivel 1:** Este nivel se refiere a las instrucciones particulares que se le envían a la maquinaria de producción, estas instrucciones están ligadas a las capacidades de la maquinaria y las instrucciones que permita enviarse mediante el equipo de comunicaciones.
- **Tarea de producción - Conector:** Este conector se refiere al compilado de transacciones que se le puede enviar al siguiente nivel, este compilado de transacciones es sobre una sola máquina de las que se encuentren inmersas en el proceso de producción.
- **Transacción de celda – Nivel 2:** Este nivel es el compilado de varias transacciones de producción, sincronizadas mediante el flujo de trabajo definido en CIM. El objetivo de las celdas de trabajo es cumplir con una tarea particular de la lógica del proceso de producción, esta tarea particular es toda una fase del proceso de producción de esta manera los sistemas CIM pueden brindar gestión a unidades lógicas dentro del proceso de producción.
- **Celda (La suma del proceso) – Conector:** Este conector es la información que brinda cada una de las celdas de trabajo que puede servir para la gestión del proceso o como insumo para las demás celdas de trabajo para que continúen el proceso de producción.
- **Control de fábrica – Nivel 3:** Este nivel es el nivel de gestión del sistema CIM, en el cual se gestiona el flujo de trabajo del sistema de producción y cuenta con los insumos de los niveles inferiores para brindar a los operarios de fábrica información acerca del estado del proceso y mecanismos de gestión y control sobre el proceso de producción y la maquinaria que se encuentra inmersa.

Debido a su estrecha relación con el hardware, los sistemas CIM manejan protocolos propietarios para la comunicación de sistemas externos con ellos. Para lograr este tipo de comunicación directa con el sistema CIM es necesario utilizar estos protocolos propietarios y los comandos admisibles por el sistema CIM particular. Con el fin de evitar esta dependencia en otros tipos de sistemas que requieran extraer información o integrarse con sistemas CIM existen servidores OPC (OLE for Process Control) [OPC2015], estos servidores manejan protocolos estándares de Objetos embebidos para el control de procesos de producción. Utilizando servidores OPC para la publicación o escritura de variables del proceso de producción, la comunicación con los sistemas CIM puede realizarse por medio de protocolos estándares, siempre y cuando el sistema CIM permita la conexión con servidores OPC, en ese modelo tanto el sistema externo como el sistema CIM son clientes del servidor OPC.

III – DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

El desarrollo de este proyecto se encuentra enmarcado en la oportunidad de atender el requerimiento de las organizaciones de contar con información para la toma de decisiones estratégicas y que esta información contemple todos los movimientos organizacionales, incluyendo

los procesos de producción. Por ello es necesario alinear de manera estratégica los procesos de negocio con los procesos, integrando además, todos los recursos tecnológicos.

Teniendo en cuenta que desde el nivel operativo se encuentran los sistemas CIM apoyando la gestión y automatización de los procesos de producción, esta necesidad implica una integración entre los sistemas CIM y el nivel estratégico de la organización. Actualmente existen integraciones con sistemas CIM por medio de sistemas de gestión de recursos ERP, sin embargo estos sistemas ERP no siempre están enfocados al apoyo del nivel estratégico de las organizaciones, es por esto que se presenta la oportunidad de un monitoreo directo desde el nivel estratégico, tal como lo ilustra el modelo de dominio de la Imagen 10.

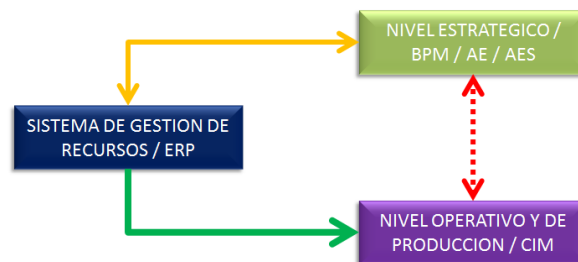


Imagen 10 - Modelo de dominio simplificado

En general, los sistemas ERP generan información que requiere un procesamiento adicional para que apoye la toma de decisiones desde el nivel estratégico. Normalmente se utilizan reportes de los procesos de producción tales como: cantidad producida, recursos invertidos, tiempos de producción, manejo de inventarios, costos de materias primas, entre otros. Infortunadamente esta información no puede ser vista en línea y por ende no permite la toma de decisiones mientras la operación se lleva a cabo.

El monitoreo directo desde el nivel estratégico permite contar con la información en línea para las decisiones estratégicas, adicionalmente evita ligar la gestión de recursos a este tipo de información la cual se encuentra asociada al proceso. Desde el nivel estratégico se cuenta con la gestión de procesos de negocio – BPM e inmerso en él se encuentra monitoreo de actividades de negocio – BAM, debido a que en las empresas los procesos de producción se encuentran asociados a actividades de los procesos de negocio, este concepto BAM brinda la opción de monitorear los procesos de producción y contar con la información necesaria para la toma de decisiones a nivel estratégico. A continuación en la Imagen 11 se resalta en el modelo de dominio el aspecto sobre el cual se enfoca el trabajo de grado; alinear el nivel operativo que contempla entre otras cosas los procesos de producción y sistemas CIM con el nivel estratégico que contempla la arquitectura empresarial, dentro de la cual se encuentra la gestión de procesos de negocio, entre otros temas.

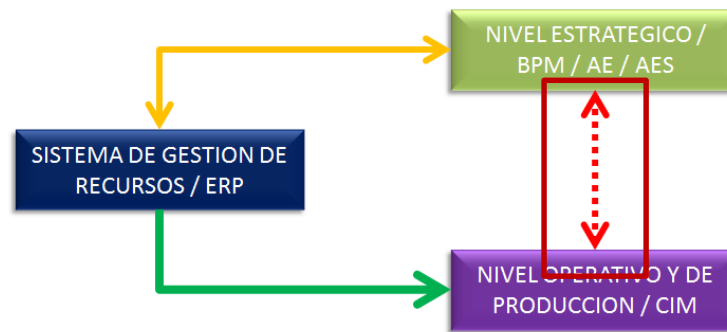


Imagen 11 - Modelo de dominio resaltando el enfoque del proyecto

En busca de la alineación de procesos de producción con procesos de negocio, es necesario partir de la estructura del negocio, este punto de partida ayuda a que la alineación sea tanto a nivel organizacional como a nivel tecnológico. Esta alineación y los modelos que se proponen para lograrla busca poder aplicarse a empresas que cuenten con procesos de producción, esto con el fin de que puedan contar con esta alineación y tener información para decisiones estratégicas más acertadas.

El trabajo de grado cuenta con 3 elementos principales enfocados al cumplimiento del objetivo general, los cuales se explican de manera general a continuación y en profundidad en las subsiguientes secciones de desarrollo del trabajo.

- **Modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio:** aporte inicial del trabajo de grado, el modelo permite ser aplicado en empresas que involucren procesos de producción en su operación, por medio de este se busca la alineación de procesos en términos de negocio y la integración en términos tecnológicos.
- **Aplicación del modelo en un caso de estudio:** Se aplica el modelo en un caso de estudio particular con el fin de validar la viabilidad de aplicar el modelo en una organización.
- **Componente de integración:** aporte tecnológico del trabajo de grado, basados en el modelo general, se diseña e implementa un prototipo funcional que valida la viabilidad tecnológica de la integración de procesos de producción con procesos de negocio, particularmente integrando sistemas BPMS con sistemas CIM, independiente del caso de estudio.

1. modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio.

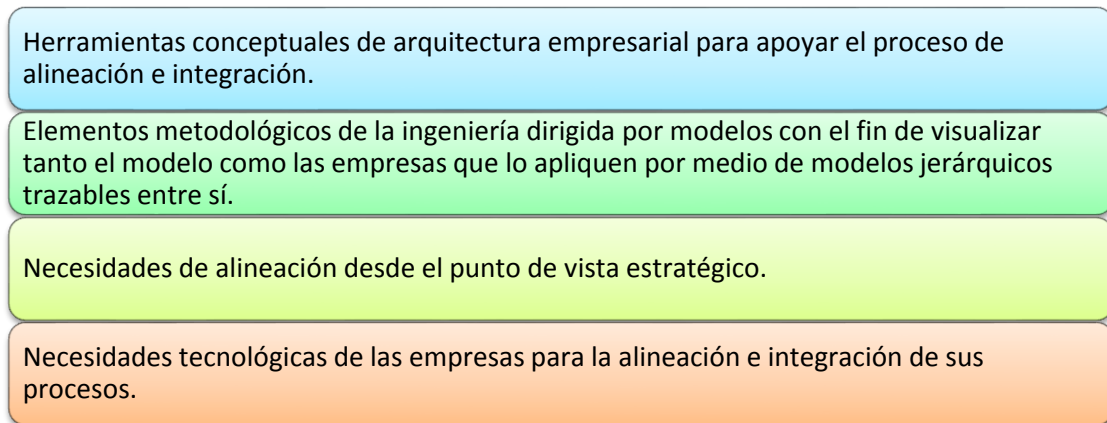
El modelo general de alineación e integración de procesos tuvo en cuenta las siguientes consideraciones tanto para el análisis como para el diseño.

- El modelo debe contemplar la estructura general de las organizaciones, no solo sus aspectos tecnológicos.
- El modelo debe proporcionar trazabilidad entre los artefactos internos para lograr la alineación completa a nivel organizacional.

- El modelo debe contar con mecanismos de refinamiento constante dado que las organizaciones deben evolucionar constantemente.
- El modelo debe contemplar los temas de validación organizacional.
- El modelo debe proporcionar herramientas concretas para su aplicación en una empresa.

1.1 Análisis del modelo general de alineación e integración.

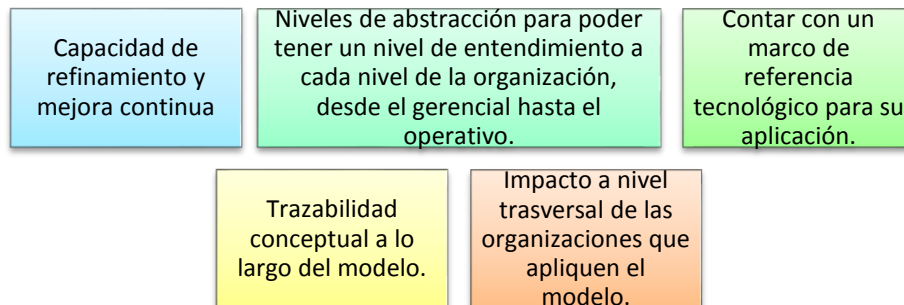
Para la creación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, fue necesario llevar a cabo una fase de análisis en la que se tuvo en cuenta (Lista 1.):



Lista 1 - Elementos analizados para la generación del modelo

Este análisis se realizó de manera general, esto con el fin de que el modelo pueda ser aplicable a diversas empresas con procesos de producción automatizados o por automatizar. En esta etapa del proceso se analizaron varios frentes para tener en cuenta en el modelo, para llegar a tener claros los requerimientos, objetivos y limitantes del modelo.

Principalmente se analizaron los aspectos de la Lista 2 para ser tenidos en cuenta en el modelo general:



Lista 2 - Aspectos generales a ser cumplidos por el modelo con base en el análisis

Debido a que la alineación se da desde el nivel estratégico y contempla la estructura de las organizaciones, se realiza un análisis de herramientas de arquitectura empresarial, las cuales permiten contemplar el negocio en general y como es apoyado por la tecnología. Se analizaron dos espacios de trabajo de Arquitectura Empresarial, esto con el fin de contemplar los artefactos y herramientas conceptuales que puedan apoyar el modelo de alineación desde el proceso. Esta elección impacta directamente a proceso de alineación que propone el modelo, tanto los artefactos como el procedimiento mismo será adoptado en el modelo.

Se analizaron los espacios de trabajo de Arquitectura Empresarial de **Zachman** y **TOGAF** desde las siguientes perspectivas del uso que tendrían cada vez que se aplique el modelo.

- Qué hacer?
- Por qué hacerlo?
- Cómo hacerlo?
- Para qué hacerlo?

Se realiza el análisis de cada uno de los frameworks con base en estas 4 perspectivas, con el fin de identificar cual es el más adecuado para apoyar procedimentalmente el modelo de alineación de procesos.

Qué?	Por qué?
<p>Lo que se quiere hacer es obtener una estructura de negocio y tecnológica que alinee los procesos de producción con los procesos de negocio y permita contar con una trazabilidad entre ellos, esta trazabilidad entendida desde el concepto BAM.</p> <p>En cuanto al framework de arquitectura empresarial, es necesario buscar que es lo que se debe modelar y que herramientas de modelamiento ofrece, teniendo en cuenta que se busca contar con trazabilidad desde el nivel de negocio hasta el nivel de procesos de producción.</p>	<p>Porque se encontró la oportunidad estratégica de alinear los procesos de producción con los procesos de negocio, contar con un seguimiento desde el nivel estratégico del nivel productivo para la toma de decisiones, esta oportunidad debe apoyarse en herramientas conceptuales y tecnológicas de tal manera que se apoye la alineación como la operación de las empresas que la lleven a cabo. Debido a que se requiere un enfoque que permita tener un modelado completo del negocio y trazabilidad desde el modelo de más alta abstracción que son los objetivos del negocio hasta los procesos de producción, un enfoque metodológico MDE permite esta trazabilidad por lo que el framework debe alinearse con esta metodología para poder llevar esa traza.</p> <p>Para la elección del framework es necesario justificar porque ayuda en la consecución de la alineación de los procesos, con el enfoque metodológico propuesto.</p>

Cómo?	Para qué?
<p>Se busca que la herramienta de arquitectura empresarial proporcione una guía principal de cómo realizar la alineación de procesos, para poder adoptar los principales fundamentos del proceso de arquitectura empresarial y que guíen el proceso del modelo.</p> <p>Para cada uno de los frameworks de arquitectura empresarial, se analiza cómo propone el framework realizar el proceso de estructuración del negocio y alineación tecnológica</p>	<p>El objetivo que se busca del framework es construir la arquitectura de negocio para que esta esté alineada con los objetivos del mismo y permita una alineación tecnológica desde los procesos de producción hasta los procesos de negocio.</p>

Tabla 1 - Perspectivas para la evaluación de frameworks de AE

1. El análisis del framework de Zachman es:

Qué?	Por qué?
<p>El framework de Zachman muestra claramente que modelos deben realizarse para la resolución de cada una de las preguntas fundamentales de la arquitectura, en cuanto a cada nivel del negocio en el que se enfoca. Cuenta con un enfoque MDE claro dado que como parte de su filosofía los modelos deben estar alineados tanto horizontalmente, es decir en cuanto a las preguntas base de la arquitectura, como verticalmente, es decir en cuanto a los niveles del negocio.</p>	<p>En cuanto al enfoque metodológico y que permite modelar una arquitectura empresarial objetivo, el framework de Zachman es un buen candidato para el modelo porque cuenta con los modelos necesarios y el enfoque metodológico para la alineación que se busca.</p>
Cómo?	Para qué?
<p>El framework de Zachman aunque presenta una estructura general del proceso, en cuanto a que plantea una arquitectura inicial y una objetivo. El proceso de transformación desde la arquitectura empresarial desde el estado inicial hasta el objetivo es necesario apoyarlo con otras metodologías y marcos de referencia porque con el fin de ser más general para la organización no propone un proceso con-</p>	<p>El “Para qué?” que plantea Zachman como marco de referencia, es alcanzar una arquitectura objetivo en la forma de estructurar el negocio. Para el desarrollo del modelo esto es válido, sin embargo las organizaciones evolucionan constantemente y puede complicarse la refinación iterativa cuando se aplique el modelo.</p>

<p>creto, lo deja a libertad de quien lo aplique.</p> <p>Zachman es enfático en que la forma de alcanzar esta arquitectura objetivo es plantear distintos proyectos con los que se cubran los modelos de alto nivel, es decir los modelos objetivos del nivel de negocio. Pero cada proyecto dependiendo de lo que se deba implantar seguirá su propia metodología y dependerá del proyecto.</p>	
--	--

Tabla 2 - tabla de análisis framework Zachman

2. El análisis del framework de TOGAF es:

Qué?	Por qué?
<p>El framework de TOGAF muestra claramente que modelos deben realizarse para el modelado de cada una de las vistas de arquitectura que giran alrededor de los requerimientos de negocio.</p> <p>Si bien es cierto que cada vista se alinea con el más alto nivel, que son los requerimientos de negocio, y con las vistas adyacentes en el marco de referencia, no cuenta propiamente con un enfoque MDE claro. Sin embargo esta alineación entre modelos permite generar artefactos adicionales que permitan adaptar TOGAF al enfoque MDE del modelo general que se busca en el modelo de alineación.</p>	<p>En cuanto al enfoque metodológico y que permite modelar una arquitectura empresarial objetivo, el framework de TOGAF es un buen candidato para el modelo porque cuenta con los modelos necesarios y es posible adaptarlo con artefactos adicionales para obtener el enfoque MDE del modelo general de alineación. Adicionalmente, cuenta con un enfoque iterativo lo cual brinda la herramienta específica en términos de proceso de cómo realizar una refinación iterativa de cada uno de los modelos.</p>
Cómo?	Para qué?
<p>El framework de TOGAF presenta claramente un proceso iterativo tomando como eje central los requerimientos de negocio, el cual permite refinar las vistas arquitectónicas que se requieran a medida que se avanza en el entendimiento del negocio y en el modelo de alineación. Adicionalmente permite la refinación iterativa y así mismo la gestión de la</p>	<p>El “Para qué?” que plantea TOGAF como marco de referencia, es obtener una arquitectura de negocio, la cual se debe ir refinando a medida que cambie cualquiera de dos aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los requerimientos de negocio. • El entendimiento del negocio.

evolución de la arquitectura.	
-------------------------------	--

Tabla 3 - Tabla de análisis framework TOGAF

Basados en este análisis de los espacios de trabajo de arquitectura empresarial, se elige TOGAF para apoyar el modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio. Debido a que brinda alineación con los requerimientos de negocio por medio de un proceso iterativo e incremental, lo cual permite al modelo brindar una alineación de procesos que evolucione a medida que evoluciona el negocio y el conocimiento acerca del mismo.

Las características principales del modelo desde el análisis deben ser:

- Cubrir la organización desde el nivel de negocio hasta la implantación de tecnologías.
- Permitir refinamiento iterativo.
- Apoyar cada uno de los conceptos del modelo con tecnologías concretas.

Una vez clarificadas las necesidades del modelo, el paso a seguir fue la construcción del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio. Este modelo contempla principalmente las características contenidas en la Lista 1 .

El modelo fue construido basado en MDE, para visualizar la empresa que lo aplique y el modelo mismo mediante modelos jerárquicos partiendo desde el modelo de negocio hasta la implementación tecnológica.

Debido a que se busca una alineación de procesos, es necesario proponer una estructura a nivel de la empresa completa, por lo que el modelo general de alineación contempla artefactos de TOGAF para que cada uno de los artefactos de los modelos se vea alineado con el negocio.

El modelo general de alineación e integración se desglosa de la siguiente manera.

- MDE y TOGAF de manera transversal, como apoyos metodológicos y de herramienta de Arquitectura empresarial.
- Modelos generales; Modelo Independiente de la Computación - MIC, Modelo Independiente de la Plataforma – PIM y Modelo de Plataforma Específica – PSM.
- Modelos particulares o sub-modelos de cada uno de los modelos generales.
- Correspondencia entre los artefactos propuestos por TOGAF y los modelos propuestos por el modelo general de alineación e integración.
- Herramientas conceptuales a tener en cuenta para el desarrollo de cada uno de los modelos en la empresa que se quiera aplicar.

El modelo contempla modelos internos de validación que dependiendo del caso de aplicación particular y el formalismo que se requiera son definidos en la ejecución del modelo general.

Lista 3 - Características del modelo general con base en el análisis

Adicionalmente como producto del análisis se obtiene un modelo de análisis que guía el diseño del modelo general de alineación e integración, este modelo de análisis se ilustra en la Imagen 12.



Imagen 12 - Modelo de análisis

Este modelo de análisis cuenta con los siguientes elementos, los cuales guían el diseño del modelo general de alineación de procesos, este modelo de análisis guía la alineación partiendo desde el proceso hasta la propuesta de herramientas para la creación de los artefactos necesarios de la alineación.

- **Proceso:** El modelo general debe contar con una guía procedimental la cual sirva como eje fundamental, basados en las principales características que debe cumplir el modelo se elige que este componente procedimental sea guiado por MDE y TOGAF, MDE con el fin de cumplir con la visualización por modelos de la organización donde se aplique el modelo y TOGAF para que la alineación pueda refinarse de manera iterativa y así mismo pueda evolucionar.
- **Modelos:** Este componente abarca los sub-modelos que se deban contemplar para la alineación e integración de procesos.
- **Artefactos:** Este componente comprende los entregables concretos que generara la aplicación del modelo en la organización que se aplique.
- **Herramientas:** Este componente del modelo de análisis contempla las herramientas que apoyan la elaboración de los artefactos para la alineación.

1.2 Diseño del modelo general de alineación e integración.

Basados en el modelo de análisis y en el framework de arquitectura empresarial elegido, resultados de la fase de análisis, se realizaron una serie de iteraciones para el diseño y refinamientos del modelo general de alineación e integración de procesos, en cada una de estas iteraciones se refina que modelos, artefactos y herramientas se deben tener en cuenta para lograr la alineación de procesos. El modelo general de alineación e integración, el cual se encuentra basado en MDE y TOGAF, que se obtuvo se ilustra en la Imagen 13.

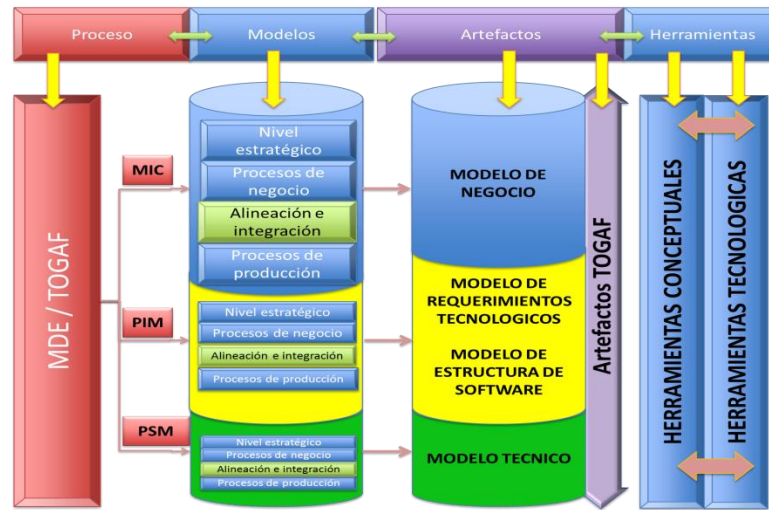


Imagen 13 - Modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio

Para un mayor detalle se encuentra el modelo en el anexo [1].

Se tienen 3 modelos principales:

- **Modelo Independiente de la Computación – MIC:** Este modelo busca tener la abstracción de más alto nivel de la alineación de procesos de producción con procesos de negocio.
- **Modelo Independiente de la Plataforma – PIM:** Este modelo busca alinearse con el modelo MIC y brindar una perspectiva tecnológica de cómo lograr tanto la alineación de procesos como la integración tecnológica de los mismos. Este modelo contempla el modelo de requerimientos tecnológicos y el modelo de estructura de software.
- **Modelo de Plataforma Específica – PSM:** Este modelo es la materialización tecnológica del modelo PIM, comprende una especificación de la tecnología particular que se implementara y la implementación particular.

Cada uno de los modelos principales cuenta con 4 niveles, en los que se visualiza la organización en general desde el nivel estratégico hasta el nivel operativo, haciendo especial énfasis en el nivel de alineación e integración.

- **Nivel estratégico:** Este nivel visualiza el nivel más alto de la organización y que información le es relevante dependiendo del modelo.
- **Procesos de negocio:** Este nivel representa en cada modelo donde se especifican, modelan y automatizan los procesos de negocio.
- **Alineación e integración:** Este nivel representa en cada modelo como se visualiza la alineación e integración de procesos de producción con los procesos de negocio, este nivel apoya la alineación de procesos en cada uno de los niveles de abstracción.
- **Procesos de producción:** Este nivel representa en cada modelo donde se especifican, modelan y automatizan los procesos de producción.

Esta división de los 4 niveles organizacionales desde el modelo general de alineación de procesos, se enfoca particularmente en la oportunidad mencionada sobre el modelo de dominio tal como se ilustra en la Imagen 14.

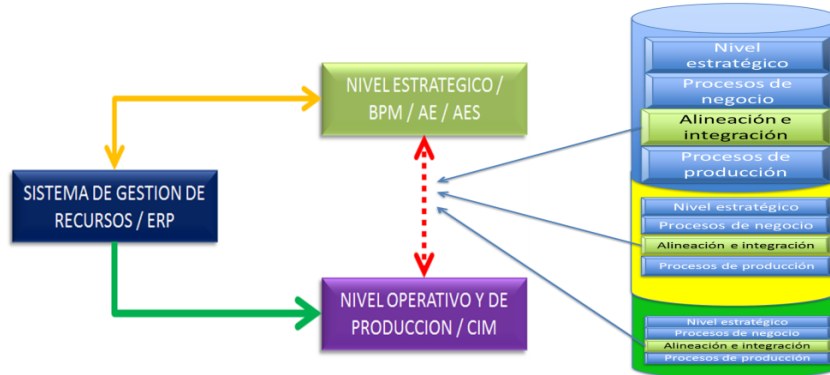


Imagen 14 - Alineación de los niveles de los modelos del modelo general con el modelo de dominio

Particularmente el modelo se ve apoyado procedimentalmente por TOGAF, para el modelo se toma principalmente el enfoque de TOGAF de centrarse en los requerimientos de negocio, los artefactos y documentos que propone en cada una de sus vistas arquitectónicas para apoyar los 3 niveles fundamentales. De esta manera el modelo general se apoya conceptual y procedimentalmente en MDE y TOGAF, contando con los niveles de abstracción de la alineación por medio de MDE y apoyándose en los artefactos de TOGAF para los documentos y artefactos concretos, para un mayor detalle de que artefactos y documentos de las vistas arquitectónicas de TOGAF apoyan el modelo, revise el anexo [15].

Instanciando la abstracción de los 3 modelos principales para llevarlo a empresas reales y al caso de estudio, cada uno de los modelos cuenta con modelos específicos que apoyan la alineación en un caso de una empresa que decida aplicar el modelo. La instanciación de los 3 modelos se ve reflejada en la Tabla 4 por medio de los artefactos más globales:

Modelo MDE.	Artefactos generales.
Modelo MIC	Modelo de negocio
Modelo PIM	Modelo de requerimientos tecnológicos Modelo de estructura de software
Modelo PSM	Modelo técnico

Tabla 4 - Modelos Generales

Cada uno de estos artefactos se ven apoyados transversalmente por los artefactos de TOGAF, las herramientas conceptuales necesarias para la construcción de cada modelo y las herramientas tecnológicas que ayudan a la implementación y concepción de cada uno de los modelos.

Las sub-secciones a continuación abordan la explicación general de los modelos MIC, PIM y PSM de la tabla de Modelos Generales.

1.2.1 Modelo Independiente de la Computación – MIC

El Modelo Independiente de la Computación para el modelo general, busca modelar la visión de negocio y estratégica de la organización en la que se aplique el modelo, desde este nivel se busca un entendimiento general del negocio para enfocar la alineación de tal manera que apoye los objetivos principales del negocio. Este modelo comprende un nivel estratégico, un nivel de procesos y un nivel adicional de procesos de producción, tal como lo ilustra la Imagen 15.

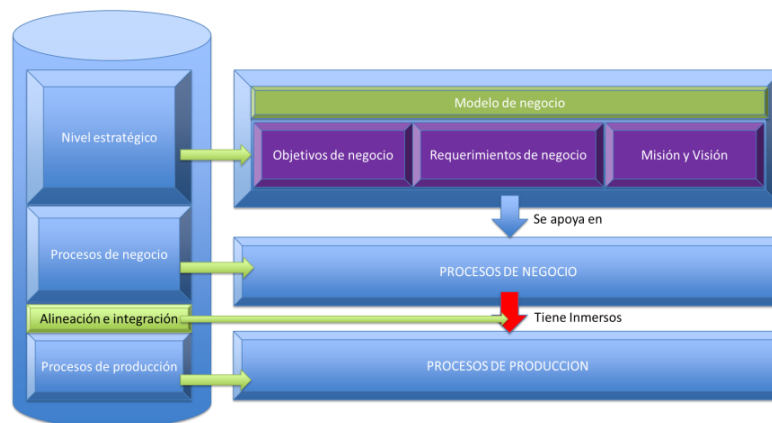


Imagen 15 - Modelo Independiente de la Computación - MIC

En este modelo se cuenta con una conceptualización del negocio la cual cuenta con requerimientos y objetivos particulares enfocados a la alineación de procesos. Para cualquier organización en la que se aplique el modelo, el modelo MIC cuenta con 3 artefactos principales para comenzar con la alineación.

Modelo de Negocio: Este artefacto describe al negocio como tal, sus objetivos, metas y requerimientos que desea cumplir con el modelo de alineación, este modelo abarca:

- Misión y Visión
- Objetivos de negocio
 - Misionales
 - Visionarios
- Requerimientos de negocio
 - Requerimientos que se cumplen en la arquitectura actual
 - Requerimientos de la arquitectura objetivo

Procesos de negocio: Los artefacto de negocio se alinean con el modelo de negocio y cubren los procesos transversales que apoyan a la operación de la organización

Identificación de los procesos de negocio con procesos de producción inmersos: En este artefacto se encuentra la identificación de los factores relevantes desde el negocio para la alineación de procesos

- Identificación de las actividades de negocio que involucran procesos de producción.
- Identificación de los insumos de información que requieren los procesos de producción desde los procesos de negocio.
- Identificación de la información relevante que el proceso de producción debe suministrarle a las actividades de negocio.

Lista 4 - Lista de explicación de los sub-modelos del modelo MIC

Cada uno de estos artefactos se encuentra apoyado por artefactos específicos de TOGAF y se basa en herramientas conceptuales para su elaboración, como se muestra en la Tabla 5. A continuación se presenta la descripción de los campos de esta tabla.

- **Artefacto del modelo general de alineación.**
- **Artefactos de TOGAF asociados:** Que artefactos de TOGAF se ven reflejados en el artefacto del modelo general.
- **Herramientas conceptuales necesarias:** Que conceptos se necesitan para la elaboración de este artefacto del modelo general de alineación.

Artefactos de TOGAF asociados	Artefacto del modelo general de alineación	Herramientas conceptuales necesarias
Modelo de objetivos de negocio	Objetivos de negocio	Misión organizacional
Modelo de alto nivel de la arquitectura de negocio objetivo		Visión organizacional
		Objetivos de negocio
Modelo de trazabilidad de	Requerimientos de negocio	Requerimientos de negocio y

requerimientos		Arquitectura empresarial
Modelo de requerimientos de negocio		
Arquitectura de negocio objetivo, modelo de procesos y soporte tecnológico	Procesos de negocio	BPM y BPMN
Modelo de procesos		
Modelo de procesos	Identificación de procesos de producción en procesos de negocio	BPM y BPMN
Modelo de procesos	Procesos de producción	Diseño de procesos de producción

Tabla 5 - Relación entre los artefactos del modelo, los artefactos de TOGAF y las herramientas, para el modelo MIC

1.2.2 Modelo Independiente de la Plataforma – PIM

El modelo PIM busca proponer herramientas tecnológicas que apoyen la estructura empresarial a la cual se desea llegar, sin proponer tecnologías ni sistemas específicos, a su vez este modelo busca alinearse con el modelo MIC por medio del sub-modelo de “Alineación con el negocio”. El modelo PIM se visualiza en la Imagen 16.

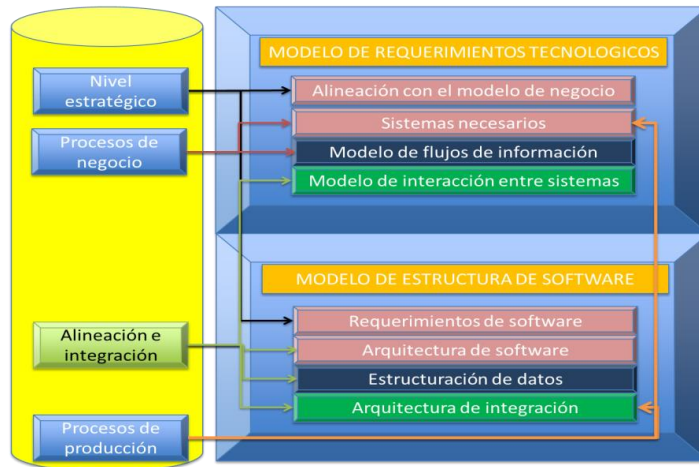


Imagen 16 - Modelo Independiente de la Plataforma - PIM.

Este modelo PIM cuenta con dos sub-modelos principales los cuales buscan la especificación de las necesidades de la organización y las estructuras de software que deben ser implementadas, particularmente para lograr el objetivo de alinear e integrar los procesos de producción con los procesos de negocio.

- **Modelo de Requerimientos tecnológicos:** Este modelo está enfocado en identificar las necesidades tecnológicas de la organización, haciendo especial énfasis en las tecnologías necesarias, como componentes generales sin plataformas específicas, para la alineación de procesos de producción con procesos de negocio. Este modelo está compuesto por una serie de sub-modelos los cuales están enfocados a la explicación de los sistemas necesarios, los medios por los cuales interactúan y como se alinean con el modelo de negocio.
 - **Sistemas Necesarios:** Este modelo propone los sistemas tecnológicos necesarios para la integración de procesos de producción con procesos de negocio, así como los necesarios para la nueva estructura empresarial a la que se desee llegar.
 - **Alineación con el modelo de negocio:** Este modelo intermedio muestra los puntos de conexión con el modelo del negocio, por medio de este modelo es posible lograr una traza con el modelo de negocio y ver los puntos en los que cada uno de los sistemas necesarios apoya a la operación del mismo.
 - **Modelo de flujos de información:** Este modelo de flujos de información representa la interacción en términos de información entre cada uno de los sistemas propuestos en los sistemas necesarios, que datos viajan y donde son almacenados.
 - **Modelo de interacción entre sistemas:** Este modelo representa los mecanismos de comunicación que se utilizaran entre los sistemas propuestos.
- **Modelo de estructura de software:** Este modelo está enfocado a contar con la estructura de software específica para la integración de procesos de producción y los procesos de negocio.
 - **Requerimientos de software:** En este nivel se contemplan los requerimientos funcionales y no funcionales que debe cumplir la integración para el negocio.
 - **Arquitectura de software:** Este modelo de arquitectura está enfocado a la integración de procesos, dependiendo de la organización y de los requerimientos especificados.
 - **Estructuración de datos:** Está orientada a los modelos de persistencia necesarios para la integración.
 - **Arquitectura de integración:** Se centra en el análisis de los medios de comunicación e integración de sistemas.

Cada uno de estos artefactos se encuentra asociado a artefactos específicos de TOGAF y se basa en herramientas conceptuales para su elaboración, como se muestra en la Tabla 6. A continuación se presenta la descripción de los campos de esta tabla.

- **Artefacto del modelo general de alineación.**
- **Artefactos de TOGAF asociados:** Que artefactos de TOGAF se ven reflejados en el artefacto del modelo general.
- **Herramientas conceptuales necesarias:** Que conceptos se necesitan para la elaboración de este artefacto del modelo general de alineación.

Artefactos de TOGAF asociados	Artefacto del modelo general de alineación	Herramientas conceptuales necesarias
Arquitectura de negocio objetivo, modelo de procesos y soporte tecnológico	Sistemas necesarios	Arquitectura Empresarial de Software
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelo de estructuración de aplicaciones		
Modelo de necesidades de tecnología		
Modelo tecnológico objetivo	Alineación con el modelo de negocio	Arquitectura Empresarial de Software
Arquitectura de negocio objetivo, modelo de procesos y soporte tecnológico		
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelo de flujo de datos		BPM y BPMN
Modelo de estructuración de aplicaciones		
Modelo de alto nivel de la arquitectura de negocio objetivo	Modelo de flujos de información	Diagramas de Flujos de Datos
Modelo de flujo de datos		Arquitectura de Software
Arquitectura de negocio objetivo, modelo de procesos y soporte tecnológico	Modelo de interacción entre sistemas	CIM

Modelo de procesos		Arquitectura de integración
Modelo de flujo de datos		
Modelo tecnológico objetivo	Requerimientos de software	Ingeniería de requerimientos
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelo de flujo de datos		
Modelo de necesidades de tecnología		
Modelo de requerimientos de tecnología		
Modelo tecnológico objetivo	Arquitectura de software	Arquitectura de software
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelo de integración		
Modelos de arquitectura de software		
Modelo de estructuración de datos	Estructuración de datos	Arquitectura de software, particularmente la vista de datos
Modelo tecnológico objetivo	Arquitectura de integración	BPM y BPMN
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		CIM
Modelo de integración		Arquitectura de Software

Tabla 6 - Relación entre los artefactos del modelo, los artefactos de TOGAF y las herramientas, para el modelo PIM

1.2.3 Modelo de Plataforma Específica PSM.

El modelo de PSM está enfocado a un diseño de plataforma específica y a la construcción del prototipo que valida la viabilidad tecnológica de la integración. El modelo PSM se visualiza en la Imagen 17.

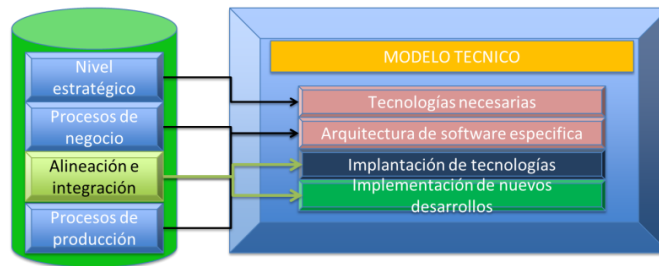


Imagen 17 - Modelo Técnico – PSM

Este modelo tecnológico se enfoca en 2 frentes principalmente; la estructura del sistema y la implementación e implantación tecnológica, para estos dos frentes se cuenta con 4 sub-modelos expuestos a continuación:

- **Tecnologías necesarias:** Las propuestas de tecnologías necesarias está enfocada a las posibles herramientas tecnológicas que debe llevar la implementación tecnológica que apoyara la integración de procesos.
- **Arquitectura de software específica:** La arquitectura de software específica enriquece la arquitectura planteada en el modelo PIM con las plataformas, herramientas y entornos específicos de la implementación tecnológica.
- **Implantación de tecnologías:** Este modelo se ve inmerso en la implementación tecnológica y se refiere a la implantación de tecnologías existentes que requiera la arquitectura específica, esta implantación se refiere a instalaciones y configuraciones que se deban realizar para el funcionamiento de la arquitectura completa.
- **Implementación de nuevos desarrollos:** Este modelo contempla los desarrollos de software adicionales para poder lograr la integración tecnológica con las herramientas seleccionadas.

Cada uno de estos artefactos se encuentra asociado a artefactos específicos de TOGAF y se basa en herramientas conceptuales para su elaboración, como se muestra en la Tabla 7. A continuación se presenta la descripción de los campos de esta tabla

- **Artefacto del modelo general de alineación.**
- **Artefactos de TOGAF asociados:** Que artefactos de TOGAF se ven reflejados en el artefacto del modelo general.
- **Herramientas conceptuales necesarias:** Que conceptos se necesitan para la elaboración de este artefacto del modelo general de alineación.

Artefactos de TOGAF asociados	Artefacto del modelo general de alineación	Herramientas conceptuales necesarias
Modelo tecnológico objetivo	Tecnologías necesarias	Arquitectura de Software, particularmente vista lógica.
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelo de necesidades de tecnología		
Modelo de requerimientos de tecnología		
Modelo tecnológico objetivo	Arquitectura de software específica	Arquitectura de Software, particularmente vistas de implementación y despliegue
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelos de arquitectura de software		
Modelo tecnológico objetivo	Implantación de tecnologías	Metodologías de implantación de software
Modelo de sistemas e interacciones, en términos de TI		
Modelo de flujo de datos		
Modelo de integración		
Modelo de estructuración de aplicaciones		
Modelos de arquitectura de software	Implementación de nuevos desarrollos	Metodologías de desarrollo de software
Modelo de necesidades de		

tecnología		
Modelo de requerimientos de Tecnología		

Tabla 7 - Relación entre los artefactos del modelo, los artefactos de TOGAF y las herramientas, para el modelo PSM

2. Aplicación del modelo en un caso de estudio

Basados en el modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, su aplicación cuenta con los siguientes pasos fundamentales:

1. Recolección y formalización de la misión y visión de la organización.
2. Análisis y formalización de los objetivos de negocio de la organización, tanto los misionales como los visionarios.
3. Análisis y formalización de los requerimientos de negocio de la organización.
4. Formalización de los procesos de negocio, como se alinean con la misión y visión de la organización y que nivel de gestión se le dará a los procesos de negocio.
5. Identificación de los procesos de producción inmersos en los procesos de negocio.
6. Formalización de los procesos de producción, como se alinean con los procesos de negocio y que factores deben ser monitoreados desde los procesos de negocio.
7. Formalización del modelo independiente de la plataforma para la identificación de los sistemas tecnológicos que soportaran el modelo de negocio.
8. Implementación e implantación de las tecnologías particulares para el cumplimiento de los requerimientos de negocio.

Todos estos pasos y artefactos que se generan, se van refinando iterativamente a medida que crece la organización y el conocimiento sobre la misma. Para la formalización de cada uno de los artefactos contemplados en estos pasos, los cuales se reflejan en el modelo general; se cuenta con los artefactos de TOGAF y su asociación con el modelo en el anexo [15].

Para la aplicación del modelo en un caso se estudió es necesario que cuente con características particulares, para que abarque puntos específicos del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio. Estas características son:

- Contar con sistemas CIM para la automatización de procesos de producción.
- Interés en la alineación de sus procesos de producción con sus procesos de negocio.
- Disposición para la realización del ejercicio académico del análisis.

Teniendo en cuenta estas características y el enfoque del departamento de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de contar con una línea de investigación en automatización industrial y diseño de producto, se decide tomar como caso de estudio el Centro Tecnológico de Automatización Industrial CTAI de la Universidad, el cual cumple con las características anteriormente mencionadas.

En el análisis del caso de estudio para la aplicación del modelo general en la organización, se analiza desde el modelo MIC dado que desde la visión del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio es el que cuenta con el conocimiento del negocio. A continuación en la Imagen 18 se ilustra la asociación del modelo MIC con el CTAI, en el cual se destaca la necesidad del negocio de la alineación e integración de procesos.



Imagen 18 - Asociación del modelo MIC con el CTAI para la elección del caso de estudio

2.1 Explicación general del caso de estudio.

El caso de estudio es el Centro Tecnológico de Automatización Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá – CTAI. Principalmente el CTAI es una organización interna de la PUJ es un espacio donde confluyen los esfuerzos de formación, investigación, desarrollo y transferencia tecnológica del Departamento de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. En este espacio, equipos y conceptos, abren posibilidades a la operación, programación y control de procesos realizados en condiciones industriales simuladas; y la realización de maquinados, procesos de diseño para la fabricación de piezas en metal y desarrollo de moldes para fundición.

El CTAI presta servicios tanto para el desarrollo de prácticas de laboratorio orientadas a la formación académica de estudiantes de la universidad y de otras instituciones de educación superior en los temas citados anteriormente, como para la automatización de procesos del sector productivo.

El CTAI cuenta con tres frentes de negocio, todos estos frentes de negocio son dependientes de la facultad de ingeniería, específicamente del departamento y la carrera de ingeniería industrial. Estos frentes están enfocados a la docencia, la consultoría y la investigación en las áreas de experticia de la organización.

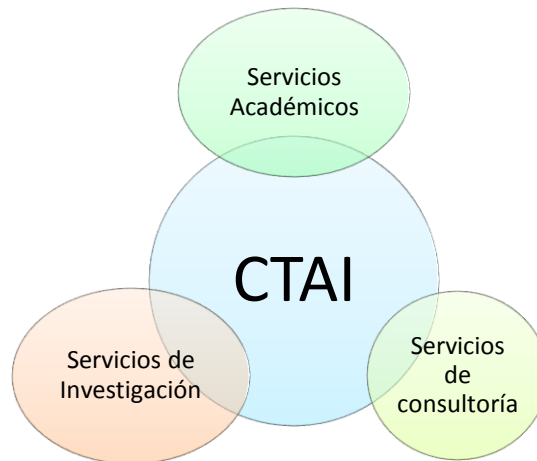


Imagen 19 - Frentes de negocio del CTAI

- **Servicios Académicos:** Servicios de Docencia en las áreas de experticia del CTAI, principalmente; automatización de procesos de producción, diseño para la fabricación de piezas en metal y parafina, entre otros. Estos servicios académicos que brinda el CTAI involucran actividades en las que los estudiantes diseñan e implementan procesos de producción en el sistema CIM que provee el CTAI, los procesos que involucran este diseño e implementación son los que fueron de especial interés en el desarrollo del trabajo. En los casos en que estos servicios de docencia se enfocan en automatización industrial o en procesos de transformación y manufactura, estos servicios requieren de prácticas para la apropiación técnica de los conceptos y contar con un acercamiento a la realidad de las industrias manufactureras, en este nivel se cuenta con los procesos de producción y sus medios de automatización.
- **Servicios de consultoría:** Servicios prestados al sector productivo, cuando una empresa requiere automatización de procesos de producción, ayuda en procesos de llevar a cabo la implantación de maquinaria para la automatización industrial, entre otros temas que puedan ser dominio del CTAI. En estos servicios de consultoría se cuenta con clientes a los que le interesa que el CTAI implemente sus líneas de producción y diseño de producto, los clientes que traen proyectos de implementación de procesos de producción son los que son contemplados por el modelo de alineación e integración, de manera particular el resultado del trabajo de grado puede brindarse como un valor agregado a los clientes de consultoría del CTAI para brindar también el método de alineación de sus procesos de producción con los procesos de negocio.
- **Servicios de Investigación:** El CTAI presta sus instalaciones para que los investigadores de la PUJ que deseen investigar en el área de automatización de procesos, esto también con miras a convertir el CTAI en un centro de investigación en el área de automatización de procesos.

Un mayor detalle en la explicación del caso de estudio se encuentra en los anexos [2][16].

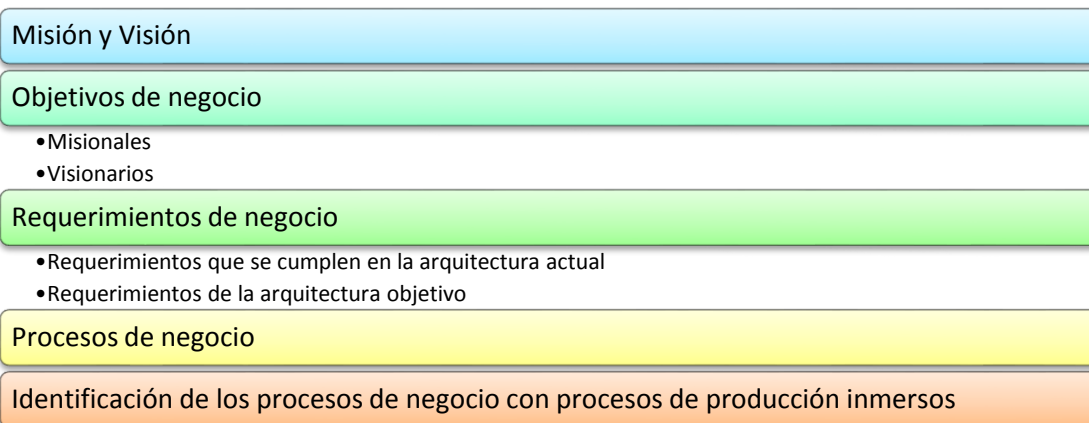
2.2 Aplicación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio en el caso de estudio.

Se llevó a cabo la aplicación del modelo construido en el caso de estudio del CTAI, Principalmente se aplicaron el modelo MIC y el modelo PIM con el objetivo de formalizar el conocimiento de la organización con miras a alinear sus procesos de producción con sus procesos de negocio. De manera transversal se aplicó un modelo de validación que consistió en realizar la explicación de cada uno de los modelos al cliente en el caso de estudio y contar con su aprobación.

Para el modelo PSM se realizó un prototipo funcional el cual valida la viabilidad tecnológica de este tipo de integraciones, sin embargo no se aplicó directamente en los procesos de producción y de negocio del caso de estudio. Se tomó la decisión de realizar el prototipo tecnológico independiente del caso de estudio con el fin de independizar la implementación tecnológica de la plataforma CIM específica y brindar un modelo PSM que pueda ser adaptable a otras empresas que no utilicen el mismo sistema CIM o hardware que el CTAI.

2.3 Modelo Independiente de la Computación MIC

En este modelo en el caso de estudio se refiere a:



Lista 5 - Lista de modelos del modelo MIC para el caso de estudio

De este modelo MIC, se resaltan particularmente los requerimientos de negocio de la arquitectura objetivo y la misión y visión del negocio. Estos requerimientos de la arquitectura objetivo y la misión y visión del CTAI denotan la relevancia del proyecto para el CTAI como organización académica enfocada a la enseñanza e investigación.

Misión Organizacional.

“El CTAI es un espacio orientado a la prestación de servicios para dar respuesta a las necesidades de automatización de procesos del sector productivo, de investigación, innovación y desarrollo del país y de formación académica de los estudiantes de diferentes programas aca-

démicos. El CTAI cuenta con el recurso técnico y humano calificado para el diseño y fabricación de producto, planeación y control de la producción, simulación de procesos, operaciones de control numérico, control de calidad por visión artificial y manufactura integrada por computador”.

Visión Organizacional.

“El CTAI se quiere proyectar como líder en la investigación y desarrollo del conocimiento científico y tecnológico del país para insertarse en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología contribuyendo a la transferencia del conocimiento y la tecnología a los futuros profesionales y a la industria nacional”.

Requerimientos de negocio de la arquitectura objetivo:

- El CTAI debe estar en capacidad de realizar un seguimiento del funcionamiento de los productos que se les entregue a sus clientes desde el nivel de negocio.
- El CTAI debe realizar un empalme tanto estratégico como tecnológico entre sus áreas de producción y el área de procesos de negocio.
- El CTAI debe estar en la capacidad de realizar un empalme estratégico de los procesos de producción implantados para sus clientes con su proceso de negocio.

Este modelo incluye el análisis y modelado de los procesos de negocio del caso de estudio y así mismo la identificación de las actividades de negocio que involucran el diseño, implementación y ejecución de procesos de producción. Desde este nivel se analiza la alineación de procesos por medio de la especificación de los procesos de negocio y como se relacionan con el nivel de los procesos de producción, aunque aún no se analiza el tema de los sistemas CIM por ser un nivel desligado de la computación, desde este nivel, que representa el conocimiento del negocio, se inicia la alineación de procesos. Un mayor detalle del modelo MIC para el caso de estudio se encuentra en el anexo [2].

2.4 Modelo Independiente de la plataforma - PIM

Para la aplicación en el caso de estudio del CTAI se abordó el modelo de requerimientos tecnológicos con base en el caso de estudio y sus necesidades de negocio. El modelo de estructura de software se abordó con miras a obtener los requerimientos y la arquitectura de software para la integración tecnológica de los procesos de producción con los procesos de negocio y de esta manera estructurar el modelo PSM. Este modelo contempla las necesidades tecnológicas de la organización para soportar el modelo MIC, particularmente los medios tecnológicos para la gestión de procesos de negocio y procesos de producción, en este nivel se suplen conceptualmente las necesidades tecnológicas para el apoyo al nivel estratégico y al nivel operativo, así mismo los medios de interacción entre estos sistemas para lograr la alineación e integración.

A continuación se explica desde una perspectiva general lo que abarca cada uno de los modelos específicos del modelo PIM.

Sistemas necesarios

El modelo de sistemas necesarios contempla las necesidades de negocio y plantea los sistemas tecnológicos que se requieren para cumplir los requerimientos de negocio, así mismo se estructura la relación entre sistemas para posteriormente especificar sus métodos de interacción en el modelo de interacción entre sistemas. A continuación en la Imagen 20 se ilustra el modelo

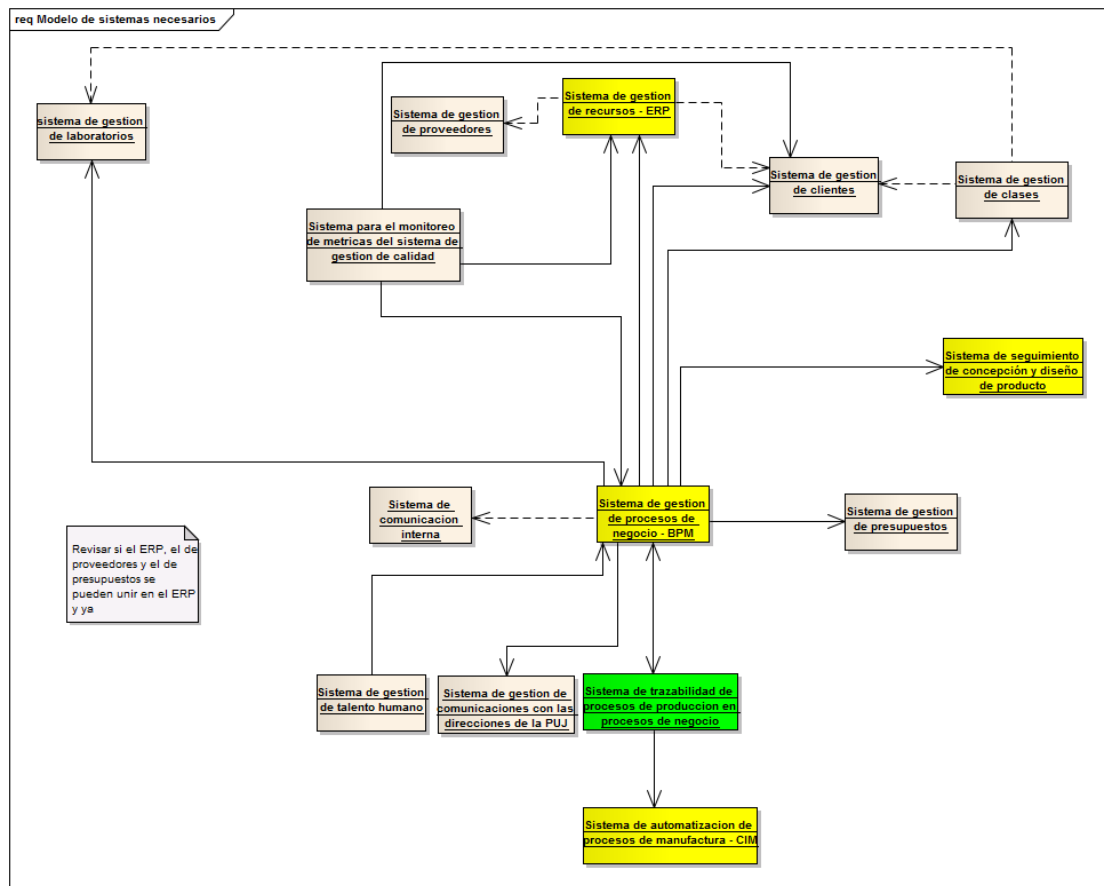


Imagen 20 - modelo de sistemas necesarios

Estos sistemas necesarios están directamente relacionados con el modelo MIC, se identificaron sistemas tecnológicos para cada necesidad de negocio sin embargo particularmente para la alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio se identificaron los siguientes sistemas:

3 Sistema de gestión de procesos de negocio – BPM

Este sistema es encargado de automatizar los procesos de negocio mediante Tecnologías de Información y Comunicaciones.

Este sistema basado en BPM, lleva el control general de los procesos de negocio y desde el nivel gerencial de la organización debe ser el encargado de brindar la información gerencial y estadística relevante para la toma de decisiones. Así mismo debe brindar un seguimiento del proceso de negocio, desde este sistema debe mostrarse al usuario final la trazabilidad y alineación de procesos de producción con procesos de negocio.

Este sistema puede ser visto desde dos puntos de vista, la gestión de los procesos del CTAI o la gestión de procesos del cliente. En cualquiera de los casos se refiere al seguimiento del negocio a nivel gerencial y automatización de sus procesos mediante TICs.

4 Sistema de automatización de procesos de manufactura – CIM

Este sistema es el encargado de la automatización de procesos de producción mediante el uso de los conceptos de control de fábrica y celdas de trabajo, adicionalmente en herramientas tecnológicas como Controladores Lógicos Programables – PLC's para el control y monitoreo de las variables relevantes del flujo del proceso de producción.

5 Sistema de trazabilidad de procesos de producción en procesos de negocio

Este sistema es el encargado de realizar la integración entre el sistema BPMS y el sistema CIM, adicionalmente es el que brinda las herramientas tecnológicas para contar con un monitoreo estratégico de los procesos de producción desde las actividades de negocio.

6 Sistema de seguimiento de concepción y diseño de producto

Dado que es un proceso más creativo que de producción como tal, se basa más en requerimientos y diseño, se puede hacer seguimiento con un sistema similar a los sistemas de gestión de tiempos de PSP, enriquecido con un seguimiento a la gestión de requerimientos.

Para el caso de estudio es relevante para la alineación de procesos de producción con procesos de negocio dado que uno de las áreas de experticia del CTAI es la concepción y diseño del producto, aunque no es un proceso de producción automatizado mediante sistemas CIM, la propuesta tecnológica lo tiene en cuenta para un trabajo futuro y que la alineación de procesos sea completa.

7 Sistema de gestión de recursos – ERP

Sistema encargado de la gestión de recursos empresariales, este sistema le permitirá al CTAI contar con la gestión de sus recursos internos, tanto materiales, como equipos de cómputo, maquinaria, recursos humanos, presupuestos y los flujos que sigue cada uno de ellos. Este sistema para el caso de estudio es relevante para la alineación de procesos de producción con procesos de negocio, dado que se cuenta con proyectos anteriores en los que se integra el sistema ERP SAP con el sistema CIM COSIMIR de FESTO, aunque esta alineación no se da desde el nivel estratégico es posible valerse de las funcionalidades de SAP para subir esta información al nivel de los procesos de negocio.

8 Modelo de flujos de información:

Este modelo plantea los flujos de información que existen entre los sistemas que se encuentran relacionados en el modelo de sistemas necesarios, así como los repositorios de información que se manejan en la arquitectura.

En este nivel se especifican varios repositorios de información sin embargo dependiendo de la implantación de sistemas es posible que se unifiquen algunos de estos repositorios de información o se dividan dependiendo de la necesidad y la especificación que utilicen las tecnologías a implantar.

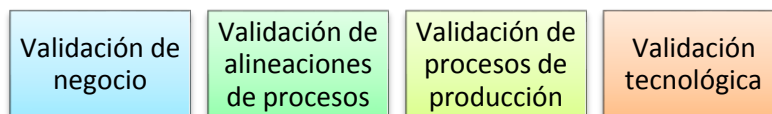
9 Modelo de interacción entre sistemas

El modelo de interacción entre sistemas plantea los medios de interacción o comunicación entre los sistemas, en algunos casos se identifican protocolos que tentativamente utilizaría la implementación tecnológica, esta interacción entre sistemas representa tanto el flujo de información como el medio por el que se envía esta información. Adicionalmente muestra que tipo de acción tienen los sistemas entre sí, si son consultas de información, llamado a la ejecución de funcionalidades, monitoreo del sistema, entre otros.

Para un mayor detalle del modelo PIM del caso de estudio remítase al anexo [3].

2.5. Validaciones.

El modelo general de alineación e integración propone un modelo transversal, el cual realiza una validación sobre los modelos que se utilicen para la alineación. Este modelo cuenta con los siguientes sub-modelos para realizar la validación de la alineación de procesos.



Lista 6 - Lista de validaciones realizadas

A continuación se describe cada uno de los modelos de validación:

Validación de negocio.

Busca contar con una validación de la especificación del modelo de alto nivel del negocio, y está enfocada en la revisión del nivel estratégico de la organización, validación de la misión y visión organizacional y como los demás elementos se alinean con estas.

En la aplicación del modelo al caso de estudio se realiza una validación con cliente, para la cual se propuso una lista de chequeo y se validó mediante la explicación tanto del modelo general de alineación e integración como de los artefactos obtenidos con el análisis del nego-

cio y la aplicación del modelo. Un mayor detalle de esta validación se encuentra en el anexo [8].

Validación de alineaciones de procesos y Validación de procesos de producción.

Se orientan en 3 frentes:

Validación de alineación de los procesos de negocio con el modelo de negocio

- En este nivel se validó mediante la explicación al cliente de cada aspecto especificado en el modelo de negocio y en los procesos de negocio. En el caso de estudio se validó con cliente mediante una lista de chequeo la explicación de los modelos obtenidos y la formalización mediante.
- La validación de la alineación se realizó mediante una lista de chequeo que permite encontrar elementos en los procesos y requerimientos para ver la relación de los procesos con el modelo del negocio.

Validación de la existencia de una trazabilidad entre los procesos de producción y los procesos de negocio.

- Esta validación está enfocada a identificar en el modelamiento de procesos de negocio si existen elementos para identificar las actividades de negocio que ejecutan procesos de producción e identificar cuáles son los procesos de producción ejecutados. En el caso de estudio debido a que no es propiamente una empresa de manufactura, sino que cuenta con espacios académicos para el diseño y programación de procesos de producción en sistemas CIM, esta trazabilidad se denoto con elementos en los procesos de negocio que permitieran identificar estos espacios académicos.

Definición de procesos de producción de la organización

- En este frente se valida el diseño de los procesos de producción de la organización, las métricas sobre el mismo y como se ven reflejados en los procesos de negocio. Para el caso de estudio no se aplicó esta validación dado que no se cuenta con procesos de producción previamente definidos dado que no es una empresa de manufactura.

Lista 7 - Lista de Validación de alineaciones de procesos y Validación de procesos de producción

Un mayor detalle de esta validación se encuentra en el anexo [8].

Validación tecnológica

Se realiza una serie de pruebas funcionales sobre el prototipo, de tal manera que permiten validar las siguientes funcionalidades, las cuales son las principales que se tuvieron en cuenta en la implementación del prototipo.

Comunicación entre middleware y BPMS

- En este aspecto se realizan pruebas funcionales del consumo de los servicios del middleware y se valida que son los mismos configurados en el sistema BPMS

Comunicación entre middleware y CIM

- En este nivel se realizan pruebas funcionales de iniciar el monitoreo de las variables publicadas en el servidor OPC y se monitorean los datos en la base de datos.

Visualización de la asociación entre los procesos de producción y las actividades de negocio

- En este nivel se valida funcionalmente la visualización del cuadro de mando y la actualización en línea del mismo.

Lista 8 - Lista de Validación tecnológica

Para un mayor detalle de esta validación remítase al anexo [9].

3. Componente de integración

Este componente se diseña desligado de una aplicación particular con el fin de validar la viabilidad conceptual y técnica de la integración. La arquitectura de este componente brinda un aporte en términos de diseño arquitectónico acerca de una forma puntual de lograr la integración objetivo del trabajo de grado. Particularmente se integran los sistemas CIM, del nivel de procesos de producción, con sistemas BPMS, del nivel estratégico, este componente de integración se desliga de las implementaciones particulares de BPMS y CIM, esto le brinda un carácter genérico que permite su implantación en cualquier empresa. Este componente contempla requerimientos, arquitectura de software e implementación.

En las siguientes sub-secciones se explica desde una perspectiva general lo que abarca cada uno de los modelos del componente de integración.

3.1 Requerimientos

A continuación se listan los requerimientos del nivel estratégico más relevantes que guían el componente de integración:

- Contar con la asociación entre los niveles operativo y estratégico.
- La asociación entre los niveles estratégico y operativo debe permitir el monitoreo de procesos de producción desde las actividades de negocio.
- Para mantener la operación de las organizaciones mientras se implementa el modelo se requiere que el componente contemple la manipulación directa de los sistemas de producción.

3.2 Requerimientos de software

En este modelo se especifican los requerimientos funcionales y no funcionales contemplados en la arquitectura de la integración de los sistemas CIM con los sistemas BPMS.

Los requerimientos funcionales principales que se contemplaron son:

- El sistema de integración debe asociar las instancias de las actividades de negocio a las ejecuciones de un proceso de producción.
- El sistema de integración debe contar con un estado para cada instancia del proceso de producción, por medio del cual se pueda contar con el monitoreo estratégico de los procesos de producción.
- El sistema de integración debe notificar al sistema BPMS la culminación de la ejecución de un proceso de negocio que se encuentre asociado a una actividad de negocio.

Los requerimientos no funcionales principales que se contemplaron son:

- El sistema de integración debe ser independiente de la plataforma CIM implantada.
- El sistema de integración debe ser independiente del sistema BPMS implantado.
- El sistema de integración debe contemplar la manipulación manual del sistema CIM independiente del sistema BPMS.

Para un mayor detalle de los requerimientos revisar el anexo [6].

3.3 Representación y asociación de los procesos de producción

En este modelo se explica desde la perspectiva tecnológica como se representa la información relevante de los procesos de producción, así mismo cuál es su relación y como se asocia con los procesos de negocio. Esta representación permite lograr la integración de los sistemas CIM con los sistemas de gestión del proceso de negocio BPMS.

- **Representación y asociación de la información de sistemas CIM y sistemas BPMS:** tiene en cuenta las representaciones disponibles desde el nivel de negocio y desde el nivel de producción, esta estructuración tecnológicamente se soporta con el middleware de integración y su respectivo modelo de persistencia. Adicionalmente permite contar con las asociaciones necesarias, de tal manera que la información de los sistemas CIM pueda ser monitoreada desde el negocio basado en la información de las actividades de negocio.

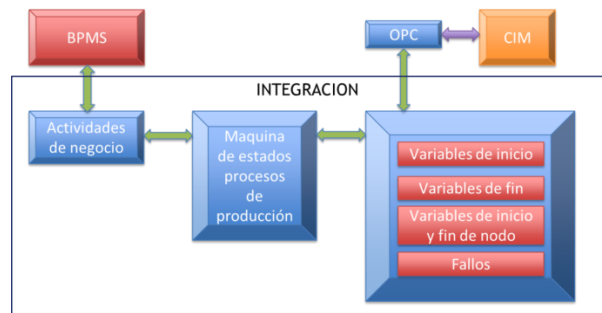


Imagen 21 – Representación y asociación de la información de sistemas CIM y sistemas BPMS.

- Máquina de estados de procesos de producción:** el middleware de integración necesita tener la información acerca del estado de los procesos de producción, para lo cual se modela una máquina de estados finita la cual representa los estados por los que puede pasar un proceso de producción, bien sea que se encuentre asociado a una actividad de negocio o no.

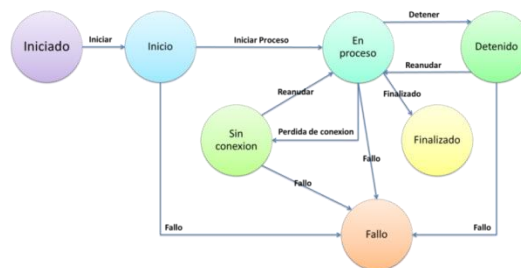


Imagen 22 - Máquina de estados de procesos de producción

Para un mayor detalle de la representación de información como el modelo de estados y la máquina de estados, remítase al anexo [6]

3.4 Arquitectura de software

En este modelo se tienen en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales más relevantes para obtener la estructura del sistema de integración de sistemas CIM con sistemas BPMS. Ver Imagen 23.

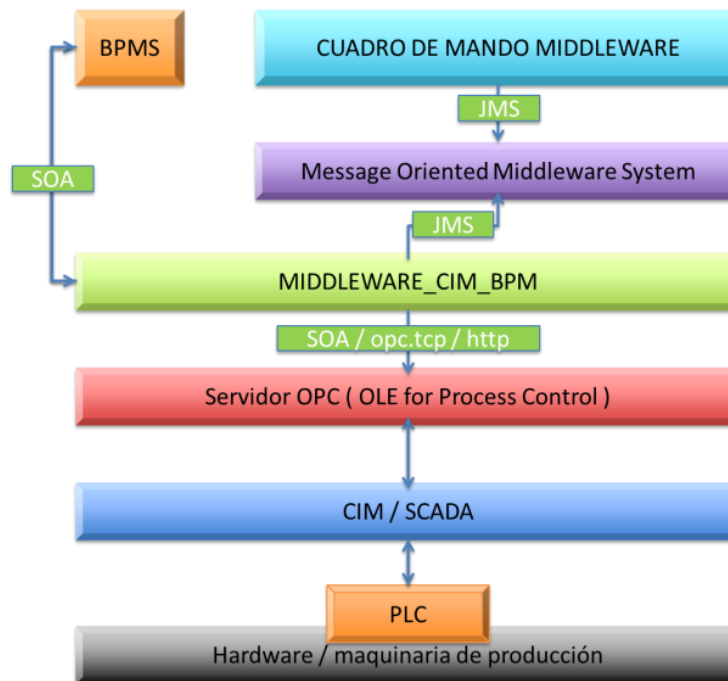


Imagen 23 - Arquitectura del sistema de integración

Esta arquitectura general cuenta con 8 componentes los cuales buscan la obtención de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema de integración. A continuación se detalla a grandes rasgos la definición de cada uno de los componentes de la arquitectura.

- **BPMS:** Sistema para la gestión de procesos de negocio
- **Cuadro de mando Middleware:** Este sistema es una aplicación enfocada a mostrar el comportamiento de los procesos de producción, tanto si están asociados a una actividad de negocio como si fueron manipulados directamente en el sistema CIM. Este cuadro de mando se hace necesario debido a que el sistema de integración no restringe las funcionalidades actuales del sistema CIM que se implante y por lo tanto se puede manipular las variables del proceso directamente en el sistema de manufactura, en esos escenarios no se verían reflejados en el sistema BPMS y se perdería el monitoreo si no existiera este cuadro de mando.
- **MOM System:** El sistema Middleware orientado a mensajería, se utiliza como un sistema intermedio para la notificación de eventos desde el middleware hacia el cuadro de mando, esta comunicación intermedia permite una comunicación asíncrona entre el middleware_cim_bpm y el cuadro de mando, este tipo de comunicación permite que el sistema middleware_cim_bpm siga operando en el monitoreo del sistema CIM en caso de una indisponibilidad del sistema del cuadro de mando y ayuda a no afectar el desempeño del sistema middleware_cim_bpm debido a las notificaciones que deba enviar al cuadro de mando.

- **MIDDLEWARE_CIM_BPM:** Este middleware es el sistema encargado de la comunicación con el sistema CIM y la aplicación de las reglas necesarias a las variables de dicho sistema para lograr el monitoreo estratégico de los procesos de producción.
- **Servidor OPC:** OLE for Process Control, es un sistema enfocado al monitoreo de variables y alarmas de sistemas CIM. Principalmente es un servidor que permite manejar objetos embebidos que reflejan variables del control de fábrica que manejan los sistemas CIM. Este componente se utiliza en la arquitectura para independizar la comunicación y no depender de los protocolos de un sistema CIM particular, identificar las variables más relevantes del proceso de producción y que estas sean expuestas hacia las capas superiores. Brinda un medio de comunicación bidireccional con el sistema CIM que se necesite comunicar, de esta forma es posible la escritura de variables, la cual puede conllevar a la ejecución de tareas y notificación de cambios en las variables lo cual permite un monitoreo del proceso de producción.
- **CIM / SCADA:** El sistema CIM, en algunos ámbitos conocido como sistema SCADA, es el encargado del monitoreo y control del proceso de producción, este sistema aplica el concepto de control de fábrica y celdas de trabajo para ese monitoreo y control del sistema de producción, este tipo de sistemas comúnmente se comunican con Controladores Lógicos Programables PLC's para la manipulación, control y programación de la maquinaria.
- **PLC:** (Controladores Lógicos Programables) son elementos de hardware que son utilizados en el ámbito de automatización industrial. Para programar procesos sobre maquinaria y poder controlar variables físicas propias del proceso de producción. Para la arquitectura principalmente son los encargados de la interacción directa con la maquinaria del proceso de producción.
- **Hardware - maquinaria de producción:** Este componente de la arquitectura representa la maquinaria que realiza el proceso de producción.

Los mecanismos de integración que se utilizaron fueron:

- **SOA:** se planteó una comunicación por medio de servicios entre el sistema BPMS y el middleware de integración con el fin de independizar la integración del sistema BPMS, adicionalmente la comunicación es bidireccional aprovechando el concepto de mensajes en la notación BPMN. Con estas dos condiciones se logra independizar la integración del sistema BPMS y notificar los eventos de finalización de procesos de producción al BPMS.
- **SOA / opc.tcp / http:** el servidor OPC provee las funcionalidades de monitoreo y escritura de las variables mediante servicios expuestos en protocolos opc.tcp y http.
- **JMS:** la comunicación con el cuadro de mando se realiza de manera asíncrona mediante el uso de mensajes para no afectar el desempeño del middleware.

Un mayor detalle de la arquitectura del sistema se encuentra en el anexo [6].

3.4.1 Necesidades tecnológicas para la implementación del middleware de integración.

Este modelo contempla la arquitectura de software propuesta en el modelo PIM y propone las tecnologías que deben utilizarse para la implementación del prototipo tecnológico que valida la viabilidad técnica de la integración. Adicionalmente a las propuestas tecnológicas se establece una serie de dependencias entre las tecnologías propuestas, estas dependencias simbolizan las relaciones tecnológicas para la toma de decisiones en cada una de las tecnologías requeridas. Cada uno de los recuadros está asociado a un componente de la arquitectura de software propuesta.

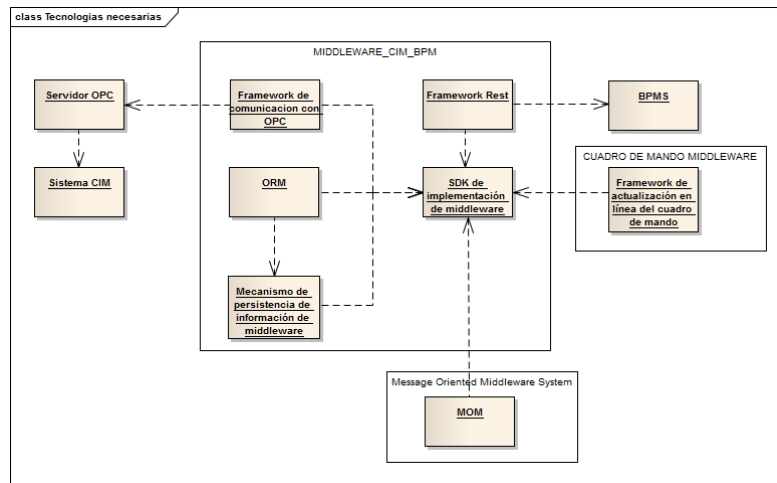


Imagen 24 - Modelo de tecnologías necesarias del modelo PSM

A continuación se da una contextualización de cada elemento del modelo de tecnologías necesarias para la implementación del modelo tecnológica, para cada una de las tecnologías que se identificaron, se exponen las alternativas particulares y la tecnología elegida para ser implementada.

- **BPMS:** Para la construcción del prototipo es necesario contar con un sistema de gestión de procesos de negocio. Se realizaron pruebas conceptuales con BonitaSoft, JBPM y Bizagi. Los sistemas generados con cualquiera de los 3 BPMS's permiten contar con un monitoreo de las actividades de negocio, para la implementación del prototipo los 3 son viables.

Se elige implementar el prototipo con BonitaSoft.

- **Sistema CIM:** Para la construcción del prototipo es necesario contar con un sistema de Manufactura Integrada por Computador, el cual será monitoreado desde el middleware y este suministrara la información necesaria para que el BPMS pueda contar con un monitoreo estratégico de los procesos de producción.

Se evaluaron varios sistemas CIM para la implementación del prototipo, sin embargo por el licenciamiento y el acceso a los módulos de red que permiten la comunicación con servidores OPC, se tomó la decisión del sistema CIM a utilizar teniendo en cuenta que permitiera acceso al módulo de comunicación con servidores OPC en simulación mediante una licencia gratuita.

Se analizaron los siguientes sistemas CIM:

- COSIMIR Control de FESTO. No provee los módulos de comunicación sin licencia paga.
 - CIROS de FESTO. No provee los módulos de comunicación sin licencia paga.
 - Wincc de Siemens. Provee los módulos de comunicación con licencia gratuita, pero no cuenta con estos módulos en un ambiente simulado, adicionalmente solo trabaja con PLC's Siemens.
 - ExcelLink de Triangle Research. No provee un uso del software sin licencia paga.
 - IGSS de Schneider Electric. No provee los módulos de comunicación sin licencia paga con limitante de número de máquinas en simulación. Adicionalmente trae en el mismo software un servidor OPC para la publicación de variables llamado IGSS OPC-UA Server.
- **SDK de implementación de middleware:** Se requiere de un entorno de desarrollo y lenguaje de programación para la implementación del middleware, particularmente se analizan .net framework 4 y jdk 1.7 y se toma la decisión con base en el que brinde mayor facilidad de desarrollo y frameworks de comunicación con servidores OPC.

Por familiaridad con el lenguaje de programación y temas de licenciamiento, se elige implementar el prototipo en tecnología java.

- **Servidor OPC:** este servidor ayudara a visualizar las variables más relevantes del proceso de producción desde el middleware de integración y permite tener notificaciones de los cambios.

Para la implementación del prototipo se realizaron pruebas sobre los servidores OPC:

- Matrikon OPC Server.
- IGSS OPC-UA Server

Se optó por dejar el prototipo con el servidor IGSS OPC-UA Server, debido a que se encuentra integrado directamente en el sistema CIM elegido y funciona de manera transparente en ambiente simulado.

- **Framework de comunicación con OPC:** Para la construcción del prototipo se hace necesario contar con una librería que permita el manejo del protocolo opc sobre tcp, por temas de licenciamiento académico se opta por el proveedor Prosys que provee una librería de conexión a servidores opc en java y brindo la licencia académica du-

rante el desarrollo del proyecto. Particularmente se utiliza la librería Prosys-OPC-UA-Java-SDK-Client-Server-Evaluation-2.1.0-436.

- **ORM:** Independientemente del sistema de persistencia es necesario que en la implementación se maneje a nivel de objetos la información, por lo que se hace necesario un framework de mapeo a objetos, en el caso de java JPA para bases de datos y JAXB o Gson para archivos en disco y para el caso de .net Linq.

Con el fin de contar con datos estructurados y relacionamente consistentes, se elige un modelo de persistencia en base de datos relacionales y para el mapeo de tablas relacionales a objetos se utiliza el framework de persistencia de JPA.

- **Mecanismo de persistencia de información de middleware:** Con el fin de que el middleware no dependa de elementos externos de software se analiza la posibilidad de persistencia en el sistema de archivos del sistema operativo o bases de datos que puedan ser instanciadas desde el entorno de ejecución del middleware como h2 y derby.

Se implementó el prototipo con una base de datos h2 en la cual se guardan los eventos monitoreados del sistema CIM y las propiedades necesarias para el funcionamiento de la aplicación.

- **Framework Rest:** Se requiere un framework para el manejo de servicios rest, para la comunicación orientada a servicios entre el BPMS y el middleware, esta comunicación orientada a servicios en ambas vías es la que asegura que el middleware de integración es independiente del sistema BPMS. Para la implementación del prototipo se eligió el framework de Jersey de java para la publicación y consumo de servicios rest.
- **MOM:** Se necesita un middleware de mensajería, para el cual se utilizara el correspondiente al SDK con que se implemente, en el caso de java JMS, en el caso de .net framework Message Queuing (MSMQ). Teniendo en cuenta que la tecnología de implementación es Java se opta por el framework de mensajería de java JMS.
- **Framework de actualización en línea del cuadro de mando:** Debido a que el cuadro de mando mostrara el avance de los procesos de producción y su asociación con los procesos de negocio, se hace necesario que se actualice constantemente, para lo cual se contemplan 3 alternativas para una implementación web del cuadro de mando:
 - Constantes peticiones al servidor del cuadro de mando por javascript.
 - Frameworks de presentación de clientes pesados como GWT en java o silverlight en .net.
 - WebSockets para notificar los cambios.

Con el fin de actualizar el cuadro de mando en línea, se opta por websockets para que la interfaz se refresque cada vez que se presenten cambios en el proceso de producción.

Un mayor detalle de las tecnologías necesarias y su análisis se encuentra en el anexo [6].

3.4.2 Arquitectura específica del modelo tecnológico.

Se modela la arquitectura de software enriquecida con las herramientas tecnológicas específicas, tal como se presenta en la Imagen 25.

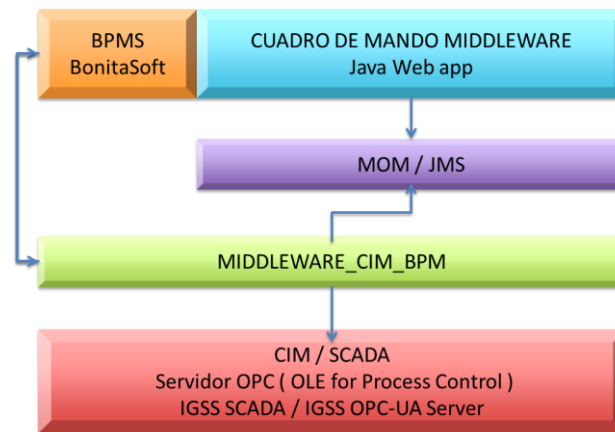


Imagen 25 - Arquitectura de software con tecnologías específicas del modelo PSM

Para un mayor detalle de la arquitectura específica remitase al anexo [6]

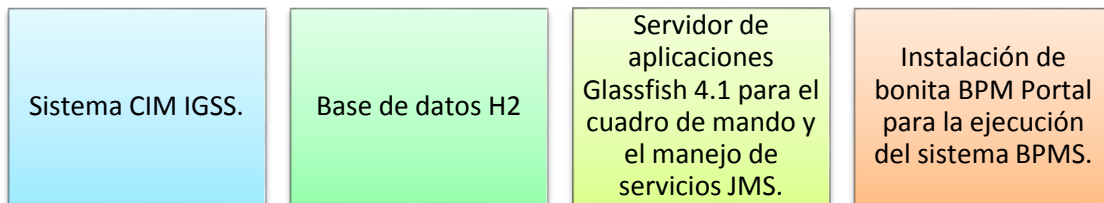
A continuación se da una contextualización de cada elemento del modelo de arquitectura específica:

- **BPMS / BonitaSoft:** Para el sistema BPMS en la implementación del prototipo se elige BonitaSoft por licenciamiento libre y permitir un monitoreo de las actividades de negocio en los sistemas implementados con esta herramienta.
- **Cuadro de mando / Java Web application:** Para la implementación del prototipo se elige implementar el cuadro de mando en una aplicación web, particularmente en java para aprovechar los servicios JMS del servidor de aplicaciones
- **MOM / JMS:** Como la mayoría del prototipo se enfoca en tecnología java se aprovecha el Middleware Orientado a Mensajes de JMS para la comunicación asincrónica entre el middleware de integración y el cuadro de mando.
- **MIDDLEWARE_CIM_BPM:** El middleware de integración entre el sistema CIM y BPMS es implementado en tecnología java, se elige estas tecnologías teniendo en cuenta el licenciamiento libre y utilizando las siguientes librerías como eje fundamental del funcionamiento:

- Jersey server y Jersey Client para la publicación y consumo de servicios rest.
 - JMS client para el envío de mensajes asincrónicos al servidor de aplicaciones donde se encuentra el cuadro de mando.
 - JPA como framework de mapeo relacional a objetos.
 - H2 como motor de base de datos, el cual guarda la información del sistema middleware.
 - mina-statemachine-2.0.9 para la manipulación de las máquinas de estados finita que representa cada instanciación del proceso de producción.
- **CIM / SCADA / Servidor OPC (OLE for Process Control) / IGSS SCADA / IGSS OPC-UA Server:** Por facilidades de integración e implantación se elige el sistema CIM IGSS el cual cuenta con un servidor OPC integrado.

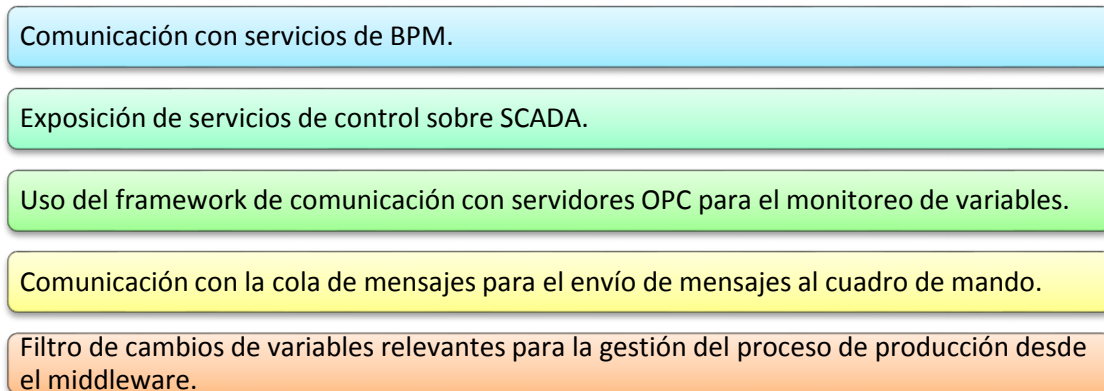
3.4.3 Implementación del prototipo tecnológico.

Este modelo de implantación de tecnología está estrechamente ligado al prototipo tecnológico y contempla la implantación y puesta en marcha de las tecnologías propuestas en la arquitectura específica. Este modelo únicamente se enfoca en la implantación de sistemas existentes, en esta implantación se tiene en cuenta la instalación de:



Lista 9 - Implantación de tecnologías prototipo

Este modelo también se refiere al código fuente de la implementación del middleware, contempla las siguientes funcionalidades principales:



Lista 10 - Funcionalidades principales del prototipo

Para un mayor detalle de la implementación del prototipo remítase a los anexos [10][11][13][14].

4. Resultados y reflexiones

4.1 Resultados del modelo.

A continuación se presentan los resultados principales del trabajo de grado en cuanto al modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio.

Se planteó un modelo general que cubre desde el nivel de negocio hasta la implantación tecnológica

- Este modelo contempla de manera transversal la organización con el fin de que la implantación tecnológica realmente brinde herramientas de monitoreo estratégico de los procesos de producción, si no se contemplara desde el nivel organizacional y de alineación primero, la información que proveen las herramientas tecnológicas pueden no ser de ayuda para el nivel estratégico de la organización.

El modelo propuesto integra elementos de MDE y de arquitectura empresarial.

- Esta integración permite contar con la trazabilidad de modelos y centrarse en los requerimientos de negocio para la construcción de los modelos, al centrarse en los requerimientos de negocio se asegura que la integración tecnológica brinde información relevante para el área estrategia de la organización.

El modelo general se plantea de tal manera que propone herramientas conceptuales y tecnológicas para poder implementarlo en una organización

- Proponer en el modelo general las posibles herramientas conceptuales y tecnológicas, brinda a quien lo desee aplicar en su organización un primer acercamiento acerca de las posibles herramientas en las que puede basarse para la implementación del modelo completo.

Lista 11 - Lista de resultados y reflexiones del modelo

4.2 Resultados de la aplicación del modelo.

La aplicación del modelo se realizó en el caso de estudio, los resultados y reflexiones sobre los mismos están estrechamente ligados a como con la aplicación en un caso de estudio se validó el modelo general de alineación e integración.

4.2.1 Resultados a nivel de negocio

A continuación se presentan los resultados principales del trabajo de grado en cuanto a la aplicación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, desde el nivel estratégico de las organizaciones que decidan aplicar el modelo. Estos resultados son los obtenidos a nivel general.

Los requerimientos de negocio deben contar con la respectiva asociación a los procesos de negocio y con los objetivos de negocio de esta manera se puede llevar la asociación completa desde la misión y visión organizacional hasta los procesos de negocio y así mismo los de producción.

- Con esta asociación se cuenta desde el más alto nivel con la respectiva asociación y alineación de procesos, es posible que en la aplicación en algunas empresas estas asociación no sea tan evidente o no exista por lo que vale la pena contar con un modelo de análisis de la situación actual para que los proyectos de alineación e integración puedan ser contemplados desde el modelo de alto nivel

El modelo fue aplicado en una organización ya existente, sin embargo es posible aplicar el modelo de negocio desde un nivel de abstracción mayor, de esta manera puede abordarse para que desde el momento de la creación de la empresa se encuentren alineados los procesos.

- Para el caso de estudio, el nivel más alto de abstracción fue la misión, visión y objetivos de negocio de la organización, sin embargo este modelo de negocio puede ser concebido en un nivel superior, como por ejemplo desde el modelo canvas de la concepción del negocio, y encontrar nuevos factores de alineación e integración.

Como se encuentra basado en arquitectura empresarial, el modelo contempla en los niveles de abstracción superiores a la empresa completa.

- Este análisis organizacional permite que la integración tecnológica de sistemas CIM con sistemas BPMS brinde información que pueda apoyar a la toma de decisiones en la organización.

Lista 12 - Lista de Resultados a nivel de negocio

Adicionalmente a los resultados de la aplicación del modelo sobre el modelo general, a continuación se muestran los resultados obtenidos sobre el caso de estudio que se contempló para el proyecto.

Formalización de objetivos de negocio de la organización.

- La organización tiene claro lo que hace y para que lo hace, sin embargo no contaba con una formalización de los objetivos de negocio y como se ven apoyados por los procesos de negocio. El proyecto deja una formalización de estos objetivos de negocio abalados por el cliente.

Formalización de procesos de negocio de la organización en notación BPMN.

- El sistema de gestión de calidad del caso de estudio especifica los procesos generales del negocio que están enfocados al cumplimiento de los estándares de calidad, sin embargo el proyecto le provee la especificación de procesos en notación BPMN lo cual permite en proyectos futuros una implementación en sistemas BPMS para la gestión de procesos mediante sistemas de información.

Identificación de los requerimientos de negocio que se cumplen en la arquitectura actual de la organización.

- Mediante la fase de análisis de negocio se identificaron los requerimientos de negocio que actualmente cumple el caso de estudio, esto ayuda para contar con la visión actual del negocio y aprovechar este análisis para abordar diferentes proyectos de estructuración de negocio. Con este análisis se cuenta con la situación actual, lo cual es el primer paso para abordar un proyecto futuro de estructuración de arquitectura empresarial para la definición de la brecha que se desee cubrir.

Lista 13 - Lista de Resultados a nivel de negocio en el caso de estudio

4.2.2 Resultados a nivel tecnológico independiente de la plataforma

A continuación se presentan los resultados principales del trabajo de grado en cuanto a la aplicación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, desde el nivel del análisis realizado a nivel tecnológico pero independiente de la plataforma.

El modelo PIM propone una arquitectura orientada a servicios para la comunicación con el sistema BPMS

- Al proponer una comunicación orientada a servicios permite que la implantación pueda ser adaptada tanto a sistemas BPMS como a otro tipo de sistemas según se requiera, esto le brinda tanto a la arquitectura como al prototipo la flexibilidad de ser adaptado a otro tipo de sistemas.

Los sistemas necesarios propuestos en el modelo PIM abarcan la organización completa.

- Al proponer los sistemas necesarios para la organización en general y no solo para la integración de procesos de producción con procesos de negocio, se le brinda a la organización una serie de propuestas a tener en cuenta para la mejora de sus procesos y soportar de una mejor manera sus procesos de producción actuales.

Los sistemas necesarios propuestos se encuentran alineados con los elementos del modelo de negocio.

- Este mecanismo de asociación y alineación de los sistemas propuestos con el modelo de negocio, permite a la organización caso de estudio tener una herramienta clara de priorización de sus proyectos de implantación de tecnología.

Lista 14 - Lista de Resultados a nivel tecnológico independiente de la plataforma

4.2.1 Resultados a nivel tecnológico

A continuación se presentan los resultados principales del trabajo de grado en cuanto a la aplicación del modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, desde el nivel de la implementación e implantación tecnológica.

Se comprueba la viabilidad de integración de sistemas CIM y BPMS independiente de las dos plataformas

- El prototipo funcional que entrega el trabajo de grado muestra la viabilidad tecnológica del monitoreo estratégico de los procesos de producción.

Se implementa el monitoreo de procesos de producción desde el nivel de los procesos de negocio.

- El prototipo tecnológico cuenta con las asociaciones necesarias y el modelo de datos particular para poder contar con el monitoreo estratégico, el cuadro de mando brinda un primer acercamiento.

El middleware de integración es de ejecución independiente.

- Las tecnologías utilizadas en el middleware de integración, se plantearon e implementaron de tal manera que el middleware no requiere software externo como un servidor de aplicaciones para su implantación.

Lista 15 - Lista de resultados a nivel tecnológico

IV – CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

1. Conclusiones

- El modelo General definido para la alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio, es aplicable a diferentes empresas que involucren procesos de producción en su actividad económica.
- Contar con un enfoque de arquitectura empresarial en el modelo ayuda a que los proyectos de implementación de integración no pierdan la alineación con el modelo de negocio.
- El enfoque procedimental basado en TOGAF, brinda un enfoque de refinamiento iterativo, lo cual es propicio para mantener la alineación de procesos a medida que evolucionan las organizaciones.
- El componente de integración además de validar la viabilidad tecnológica propone un diseño arquitectónico que puede ser implantado en varias empresas.
- La inclusión de herramientas tanto conceptuales como tecnológicas en la concepción del modelo general, permite dar una ruta clara de aplicación para las organizaciones que apliquen el modelo.
- Al contemplar el modelo desde la perspectiva de arquitectura empresarial, se brinda la opción de que en su aplicación se detecten oportunidades de mejora que no estén asociadas a la alineación de procesos.
- La integración tecnológica debe estar acompañada de la alineación de procesos para que la información sea válida para la toma de decisiones del negocio.
- La integración tecnológica mediante un servidor OPC, brinda independencia del sistema CIM.

Lista 16 - Lista de principales conclusiones del trabajo

2. Trabajos futuros

A continuación se presentan los posibles trabajos futuros para el trabajo de grado.

- Aplicar el modelo general de alineación en integración de procesos de producción con procesos de negocio en una empresa real del sector productivo.
- Aplicar validaciones de juicio experto sobre el modelo general, con el fin de poder usarlo en el sector productivo como un modelo validado.
- Diseñar e implementar sobre el componente de integración, módulos que permitan contar visualmente con un mapa completo de procesos que abarque los procesos de negocio y los procesos de producción.
- Diseñar e implementar módulos sobre el componente de integración que permitan controlar los procesos de producción mediante los sistemas de información implantados sobre BPMS.
- Implementar módulos de inteligencia de negocios y control estadístico de procesos sobre la información que provee el middleware y el cuadro de mando.
- Diseñar un modelo de arquitectura de software que no utilice un servidor OPC intermedio y comparar su funcionalidad con el propuesto en el trabajo de grado.

- Implementar los procesos de negocio del caso de estudio mediante sistemas BPMS para contar con la gestión de los procesos de negocio mediante sistemas de información.
- Proyectos de implantación tecnológica para la implantación de los sistemas necesarios propuestos en el modelo PIM para el caso de estudio.
- Mejora del cuadro de mando para que permita realizar análisis estadístico sobre la información visualizada en el cuadro de mando.

Lista 17 - Lista de posibles trabajos futuros identificados

V - BIBLIOGRAFIA

1. [GNUL2007] GNU General Public License. http://www.gnu.org/software/gsl/manual/html_node/GNU-General-Public-License.html. Version 3, 29 June 2007.
2. [ZAM2010] Zambrano, G. Aplicativo para el control estadístico de procesos en línea integrado a un sistema de manufactura flexible. Pontificia Universidad Javeriana, 2010.
3. [FUQ2006] Fúquene, C. Evolución de un sistema de manufactura flexible (FMS) a un sistema de manufactura integrada por computador (CIM). Pontificia Universidad Javeriana, 2006.
4. [MER2011] Mertens, W. How BPM Impacts Jobs: An Exploratory Field Study. Vlerick Leuven Gent Management School. Proceedings of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences, 2011.
5. [NIE2011] Niehaves, B. European Research Center for Information Systems Business Process Management beyond Boundaries? –A Multiple Case Study Exploration of Obstacles to Collaborative BPM. Proceedings of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences, 2011.
6. [FRI2012] Friedenstab, J. Extending BPMN for Business Activity Monitoring. University of Muenster, European Research Center for Information Systems. 45th Hawaii International Conference on System Sciences, 2012.
7. [KAN2008] Kang, J. A Business Activity Monitoring System Supporting Real-Time Business Performance Management. Department of Industrial and System Engineering, Engineering Research Institute, Gyeongsang National University. Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, 2008.
8. [YAN2011] Yang, P. Based on Event-Driven Service-oriented Business activity Monitoring: Design and Implementation. Foundation department Jiangsu University of Science and Technology, 2011.
9. [JIM2012] Jiménez Rielo, Álvaro, Incorporando la Gestión de la Trazabilidad en un entorno de Desarrollo de Transformaciones de Modelos Dirigido por Modelos, 2012
10. [TOG2007] TOGAF® Version 9.1. <https://www2.opengroup.org/ogsys/jsp/publications/PublicationDetails.jsp?catalogno=g116>. Version 9.1, 5 Junio 2015
11. [ORA2014] What's New in Oracle BPM Suite 12c Oracle White paper. <http://www.oracle.com/technetwork/middleware/bpm/overview/bpm-12c-new-features-wp-2235510.pdf>. Version 12c, Julio 2014
12. [KJA2002] Allan P. Kjaer. Integration of Business and Production Processes. Balslev Automation A/S, 2002.
13. [KJA2003] Allan P. Kjaer. The integration of business and Production Processes. Control Systems Magazine, 2003
14. [FES2003] COSIMIR Educational User's guide. <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00515236001075223537.pdf>. Version 2003, 18 Junio 2003.
15. [OST2013] Martin Ostgathe, Michael F. Zaeh. System for product-based control of production processes. Institute for Machine Tools and Industrial Management (iwb), 2013.

16. [LUH1999] Gerhard Luhn, Bernhard Stoschek, Horst Schilling, Andreas Kindelberger, Frank Schurig, Mandy Vogel, Michael Foerster, R. Kampfrath, J. Zschuppe, M. AdamAutomation Concept for Complex Production Processes. Infineon Technologies Dresden GmbH & Co. OHG, 1999
17. [ZAC2008] Zachman framework. <https://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>. 2008
18. [BON2015] BonitaSoft Framework BPMS, <http://www.bonitasoft.com/for-you-to-read>, Version 7 , 2015
19. [OPC2015] OPC Foundation - The Interoperability Standard for Industrial Automation, white papers, <https://opcfoundation.org/resources/whitepapers/>, All Rights Reserved. © 2015 Copyright

VI - ANEXOS

- [1] Modelo general de alineación e integración de procesos de producción con procesos de negocio. ModeloGeneralDeAlineacionEIntegracion.eap, informe html ModeloGeneralDeAlineacionEIntegracion.zip
- [2] Modelo MIC del caso de estudio. ModeloMIC_PSM_CTAI.eap, informe html ModeloMIC_CTAI.zip
- [3] Modelo PIM del caso de estudio. ModeloMIC_PSM_CTAI.eap, informe html ModeloPIM_CTAI.zip
- [4] Procesos de negocio del caso de estudio. MapaDeProcesosDeNegocioCTAI.vsd
- [5] Requerimientos y objetivos de negocio del caso de estudio. RquerimientosYObjetivos-DeNegocioCTAI.zip.
- [6] Requerimientos y arquitectura de software del modelo tecnológico. ArquitecturaPrototipo.eap. Informe html arquitecturaPrototipo.zip.
- [7] Documento de especificación de arquitectura del prototipo SAD. SAD_Prototipo.docx
- [8] Documentación de actas de validaciones de negocio. ActasValidaciones.zip.
- [9] Documentacion de pruebas funcionales prototipo. DocumentacionPruebas.docx
- [10]Codigo fuente middleware. CodigoPrototipo_Middleware.zip
- [11]Codigo fuente cuadro de mando. CodigoPrototipo_CuadroDeMando.zip.
- [12] Propuesta de trabajo de grado. Propuesta.docx.
- [13] Proyecto en BonitaSoft de proceso de negocio para prototipo. ProyectoBPMPrototipo.zip
- [14] Proyecto en IGSS de proceso de producción para prototipo. ProyectoPPMPrototipo.zip
- [15] Matriz de correspondencia entre TOGAF y modelos de alineación. MatrizDeTrazaModelosVsTOGAF.xlsx.