



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **BpISoa: Framework para el desarrollo de líneas de procesos de negocios orientadas a servicios**

**Víctor Mario Cardona Medina**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá, Colombia

2014



# **BpISoa: Framework para el desarrollo de líneas de procesos de negocios orientadas a servicios**

**Víctor Mario Cardona Medina**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ingeniería de Sistemas y Computación**

Directora:

Helga Duarte Amaya

Línea de Investigación:

Ingeniería de Software

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá, Colombia

2014



# Agradecimientos

A Dios por la bendición de la salud y el poder que nos brinda para perseguir nuestras metas.

A la universidad Nacional de Colombia por acogernos y guiarnos en los procesos de aprendizaje y crecimiento profesional.

A la directora de la tesis profesora Helga Duarte por sus valiosas revisiones del trabajo y por el apoyo realizado en la corrección y redacción de los artículos publicados durante el desarrollo de la tesis.

A mi familia por el apoyo y aliento brindado para estudiar y por ser la motivación más valiosa para ir en búsqueda de los objetivos trazados.



## Resumen

Las organizaciones actualmente para ser competitivas requieren de procesos de negocio automatizados y flexibles para responder rápidamente a los cambios emergentes del entorno. Esta demanda de procesos de negocio flexibles exige enfoques sistemáticos para facilitar la implementación de líneas de procesos de negocio que cubran eficaz y eficientemente las necesidades de las organizaciones y sus clientes. Dos factores clave en el diseño e implementación ágil de procesos de negocios son la reutilización y la productividad. En este trabajo se describe el modelo de proceso de software denominado BplSoa (Business Processes Lines based on SOA), el cual busca facilitar el desarrollo de procesos de negocio soportados en SOA (Service Oriented Architecture). BplSoa guía sistemáticamente la implementación de líneas de procesos de negocio haciendo énfasis en la productividad a través de MDD (Model Driven Development) y en la reutilización a través de la aplicación de los principios de SPL (Software Product Lines). El principal reto de BplSoa es la integración y armonización de los enfoques de MDD y SPL para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio orientadas a servicios.

**Palabras clave:** Procesos de negocio (BP), Arquitectura Orientada a Servicios (SOA), Líneas de Productos de Software (SPL), Desarrollo Basado en Modelos (MDD).

## **Abstract**

Nowadays the organizations to be competitive require automated and flexible business processes to respond quickly to emerging changes in the environment. This demand for flexible business processes requires systematic approaches to facilitate the implementation of business processes lines that effectively and efficiently meet the needs of organizations and their customers. Two key factors in the design and implementation of agile business processes are re-use and productivity. This paper describes the software process model called BplSoa (Business Processes Lines based on SOA), which seeks to facilitate the development of business processes supported by SOA (Service Oriented Architecture). BplSoa systematically guide the implementation of business processes lines emphasizing productivity through MDD (Model Driven Development) and reuse through the application of the principles of SPL (Software Product Lines). The main challenge of BplSoa is the integration and harmonization of approaches to facilitate the development of business processes lines.

**Keywords: Business process (BP), Service Oriented Architecture (SOA), Software Product Lines (SPL), Model Driven Development (MDD).**



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Parte I. Contexto y estado del arte</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Contexto de investigación</b> .....	<b>7</b>
1.1 Motivación .....	7
1.2 Definición del problema .....	8
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo General .....	9
1.3.2 Objetivos Específicos .....	9
1.4 Estructura de la tesis .....	9
<b>2. Estado del arte</b> .....	<b>13</b>
2.1 Marco conceptual .....	13
2.1.1 Proceso de Negocio .....	13
2.1.2 Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) .....	14
2.1.3 Líneas de Productos de Software (SPL) .....	14
2.1.4 Familia de Procesos de Negocio .....	15
2.1.5 Desarrollo Basado en Modelos (MDD) .....	16
2.2 Trabajos relacionados.....	17
2.2.1 Enfoque para la ingeniería de familias de procesos .....	17
2.2.2 Enfoque para líneas de productos orientadas a servicios.....	19
2.2.3 Metodología para el desarrollo dirigido por modelos de familias de arquitecturas orientadas a servicios .....	20
2.2.4 Enfoque para el desarrollo de sistemas SOA utilizando líneas de procesos de negocio y desarrollo orientado a procesos .....	22
<b>Parte II. Propuesta</b> .....	<b>25</b>
<b>3. BplSoa modelo de proceso de software</b> .....	<b>27</b>
3.1 Introducción .....	27
3.2 Descripción general de BplSoa .....	33

---

<b>4. BpISoa ciclo de ingeniería de dominio</b> .....	<b>38</b>
4.1 Introducción.....	38
4.2 Disciplina de análisis de dominio.....	38
4.2.1 Modelamiento de características.....	38
4.2.2 Modelo de variabilidad.....	40
4.3 Disciplina de diseño e implementación de dominio.....	46
4.3.1 Modelo de características a modelo de procesos de negocio.....	47
4.3.2 Modelo de procesos de negocio a modelo orientado a servicios.....	54
4.3.3 Del modelo orientado a servicios al código.....	58
<b>5. BpISoa ciclo de ingeniería de aplicación</b> .....	<b>62</b>
5.1 Introducción.....	62
5.2 Disciplina de análisis de aplicación.....	62
5.3 Disciplina de diseño de aplicación.....	65
5.4 Disciplina de implementación de aplicación.....	70
<b>Parte III. Contribuciones</b> .....	<b>78</b>
<b>6. Contribuciones</b> .....	<b>80</b>
6.1 Aportes.....	80
6.2 Publicaciones.....	84
6.2.1 CONTECSI.....	84
6.2.2 AIJCR.....	85
<b>7. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>87</b>
7.1 Conclusiones.....	87
7.2 Trabajo futuro.....	88
<b>Bibliografía</b> .....	<b>90</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 2-1:</b> Proceso de Ingeniería de Familia de Procesos [6].	17
<b>Figura 2-2:</b> Actividades del enfoque para líneas de productos orientados a servicios [13].	19
<b>Figura 2-3:</b> Ciclo de vida de ingeniería de dominio para el desarrollo de familias de procesos de negocio [14].	21
<b>Figura 2-4:</b> Ciclo de vida de ingeniería de aplicación para el desarrollo de familias de procesos de negocio [14].	21
<b>Figura 2-5:</b> Esquema de la propuesta para el desarrollo de sistemas SOA [22].	23
<b>Figura 3-1:</b> Estrategia de integración de los enfoques MDD, SPL, y SOA en BplSoa	30
<b>Figura 3-2:</b> Roles del modelo de proceso de software BplSoa.	32
<b>Figura 3-3:</b> Modelo del proceso de software BplSoa.	33
<b>Figura 4-1:</b> Modelo de variabilidad de la línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad.	41
<b>Figura 4-2:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro uno de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	43
<b>Figura 4-3:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro dos de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	44
<b>Figura 4-4:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro tres de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	44
<b>Figura 4-5:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro cuatro de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	45
<b>Figura 4-6:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro cinco de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	45
<b>Figura 4-7:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro seis de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	46
<b>Figura 4-8:</b> Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro siete de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.	46

<b>Figura 4-9:</b>	Elementos principales de BPMN. ....	47
<b>Figura 4-10:</b>	Modelo de características a BPMN [20].....	49
<b>Figura 4-11:</b>	Mapeo de modelo de características a modelo de procesos de negocio basado en una secuencia de actividades.....	50
<b>Figura 4-12:</b>	Modelo de características a BPMN basado en el indicador de secuencia. ....	50
<b>Figura 4-13:</b>	Transformación de un modelo de características (.xml) a un modelo de procesos de negocio (.bpmn).....	52
<b>Figura 4-14:</b>	Modelo de características de una línea de procesos de negocio para agencias de viajes diseñada por medio de FeatureIDE [25].....	53
<b>Figura 4-15:</b>	Modelo de procesos de negocio obtenido del modelo de características de la Figura 4-14 soportado por el editor de eclipse basado en BPMN. ....	53
<b>Figura 4-16:</b>	Ejemplo de arquitectura de servicios con tres participantes [19].....	54
<b>Figura 4-17:</b>	Transformación de un modelo de procesos de negocio (.bpmn) a un modelo SOA basado en SoaML (.xml). ....	57
<b>Figura 4-18:</b>	Ejemplo de arquitectura de servicios con tres participantes, los servicios y tipos de mensajes. ....	59
<b>Figura 4-19:</b>	Ejemplo de código generado por medio de Enterprise Architect.....	60
<b>Figura 5-1:</b>	Modelo de características seleccionado del caso de estudio línea de <i>Procesos de Admisión de Estudiantes a una Universidad</i> .....	63
<b>Figura 5-2:</b>	Modelo de proceso de negocio del caso de estudio <i>Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad</i> .....	65
<b>Figura 5-3:</b>	Modelo SOA basado en SoaML del caso de estudio <i>Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad</i> , obtenido como resultado de la transformación del modelo de proceso de negocio. ....	67
<b>Figura 5-4:</b>	Modelo SOA basado en SoaML del caso de estudio <i>Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad</i> , obtenido de la edición manual del modelo SOA ilustrado en la Figura 5-3. ....	68
<b>Figura 5-5:</b>	Interfaces de servicios del caso de estudio <i>Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad</i> .....	69
<b>Figura 5-6:</b>	Orquestación de servicios del caso de estudio <i>Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad</i> con Intalio Designer versión 6.5 build 6.5.1 .....	71
<b>Figura 5-7:</b>	Formulario para diligenciar la solicitud de admisión a una universidad... ..	72
<b>Figura 5-8:</b>	Formulario para validar manualmente los datos de la solicitud de admisión a una universidad.....	73
<b>Figura 5-9:</b>	Formulario para presentar examen de admisión a una universidad.....	74
<b>Figura 5-10:</b>	Formulario para aprobación final de la solicitud de admisión a una universidad. ....	75
<b>Figura 5-11:</b>	Formulario para notificar el resultado final de admisión de un aspirante a una universidad.....	76



## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 3-1:</b> Objetivos, principios, beneficios y desventajas de los enfoques MDD, SPL y SOA.	28
<b>Tabla 3-2:</b> BpISoa Secciones del modelo en formato HTML.	31
<b>Tabla 3-3:</b> Algunas herramientas con soporte a BPMN y/o SoaML.	34
<b>Tabla 4-1:</b> Relaciones entre características padre y características hija en un modelo de características (Feature Model).	39
<b>Tabla 4-2:</b> Descripción de las características comunes y variables del modelo de características de la línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad.	41
<b>Tabla 4-3:</b> Mapeo entre elementos BPMN y elementos SoaML [21].	56
<b>Tabla 4-4:</b> Mapeo entre elemento tarea de BPMN y elementos UML.	56
<b>Tabla 5-1:</b> Características, actores, datos de entrada y salida para el proceso de negocio seleccionado de la línea de procesos de admisión de estudiantes a una universidad.	63
<b>Tabla 5-2:</b> Tipos de tareas del proceso de negocio seleccionado de la línea de procesos de admisión de estudiantes a una universidad.	65
<b>Tabla 5-3:</b> Principales herramientas utilizadas para la implementación del proceso de negocio del caso de estudio.	70
<b>Tabla 6-1:</b> Aportes del proyecto frente a las preguntas de investigación formuladas y los objetivos planteados.	81







# Introducción

La competitividad es una condición para las organizaciones que buscan satisfacer las necesidades de sus clientes, en un medio globalizado y altamente dinámico. Las organizaciones basan su operación en procesos de negocio, y son aquellas organizaciones que implementan monitoreo y mejoramiento continuo sobre sus procesos de negocio las que logran ser y mantenerse competitivas. La identificación, descripción y automatización de los procesos de negocio, es parte fundamental del trabajo requerido para habilitar tareas de monitoreo y mejoramiento continuo de los procesos de negocio. La metodología de gestión de procesos de negocio BPM (Business Process Management), permite a las organizaciones aplicar técnicas de diseño y mejora de procesos de negocio [11], que al ser alineada con el paradigma SOA (Service Oriented Architecture), se obtienen ventajas competitivas traducidas en agilidad en los negocios [12]. Actualmente los sistemas de software orientados a los procesos de negocio, no sólo existen en una única versión que cubra las necesidades globales de un mercado objetivo, sino que también, existen muchas variantes de los sistemas de software orientado a procesos, los cuales se especializan y diferencian por las necesidades divergentes de los clientes [6]. El estudio de las líneas o familias de procesos de negocio es un área actual de investigación, la cual busca aplicar los principios de reutilización sistemática del enfoque de líneas de productos de software SPL (Software Product Lines), en la implementación de líneas de procesos de negocio, para obtener ventajas como alta productividad, alta calidad y bajo costo en la implementación de líneas de procesos de negocio.

Se han realizado esfuerzos en investigación para aportar en el avance del estudio de las líneas de procesos de negocio [6, 13, 14, 20, 21], pero actualmente no se cuenta con un conjunto de directrices que guíen el análisis, diseño e implementación de líneas de procesos de negocio. El presente trabajo de investigación propone el modelo de proceso de software denominado BpISoa, el cual facilita de forma sistemática y flexible el análisis, diseño e implementación de líneas de procesos de negocio basadas en SOA, mediante

la aplicación del principio de alta productividad de MDD y los mecanismos de reutilización sistemática de SPL. Específicamente BpISoa integra y extiende aportes realizados por los investigadores en el área de líneas de procesos de negocio, bajo un esquema unificado que facilita tanto el análisis y diseño como la implementación de líneas de procesos de negocio.





## **Parte I. Contexto y estado del arte**



# 1.Contexto de investigación

## 1.1 Motivación

La competitividad de las organizaciones está relacionada con la efectividad para proveer soluciones oportunas a las necesidades de los clientes, las cuales dependen en gran medida del nivel de madurez que tenga la organización para mejorar de forma continua sus procesos de negocio. SOA juega un papel fundamental para la creación o modificación de los procesos de negocio en una organización, ya que permite reutilizar la funcionalidad de negocio existente expuesta como un servicio. De aquí surge la necesidad de proporcionar mecanismos sistemáticos de reutilización de servicios [13] para reducir los costos y el tiempo de implementación de procesos de negocio basados en SOA. Se han realizado trabajos de investigación en los cuales se busca integrar los principios de las líneas de productos de software (SPL) en el desarrollo de procesos de negocio [6,13,14,22], lo que supone ventajas como el aumento de la calidad y la reducción de los tiempos de desarrollo. En los trabajos de investigación mencionados se cubre especialmente la fase de diseño, en algunos describiendo brevemente las tecnologías a utilizar en las fases de implementación, dando como resultado modelos de integración de SPL y procesos de negocio que no cubren el ciclo completo de desarrollo de software. Lo anteriormente expuesto motiva el diseño de un modelo de proceso de software integral para el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA, que cubra las fases de análisis, diseño e implementación, mediante el uso de estándares y herramientas disponibles actualmente en el mercado.

## 1.2 Definición del problema

Actualmente entre los objetivos de la industria de software están la reducción de costos, el aumento de la calidad, el aumento de la productividad y la reducción del tiempo de desarrollo del software, objetivos que se ha demostrado se pueden lograr con la aplicación de principios de enfoques como SPL (Software Product Lines) [9], y MDD (Model Driven Development) [8]. Por lo tanto, surgen las siguientes preguntas de investigación entorno de los procesos de negocio

- ¿Cómo integrar SPL como mecanismo de reutilización sistemático y MDD como mecanismo de aumento de la productividad en un modelo de proceso de software para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA? y
- ¿Cómo integrar herramientas existentes para soportar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA por medio de un modelo de proceso de software que integre SPL y MDD?

El proyecto de investigación busca aportar en el avance del estudio del desarrollo de líneas de procesos de negocio, en particular, diseñar un modelo de proceso de software (qué) y de la identificación e integración de herramientas (cómo), para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA, abarcando todo el ciclo de desarrollo de software. El modelo del proceso de software integra tanto los principios de reutilización sistemática de SPL, como los principios de aumento de la productividad de MDD, para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas más arriba. El modelo de proceso de software identifica y describe de forma sistemática las disciplinas y productos de trabajo requeridos para cada una de las fases del proceso de desarrollo de una línea de procesos de negocio basada en SOA. El modelo está diseñado por medio del estándar SPEM [10] (Software & Systems Process Engineering Meta-Model), con el objetivo de facilitar su aplicación y posterior retroalimentación y optimización.



## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Diseñar un framework basado en SPL (Software Product Lines) y MDD (Model Driven Development) para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA (Service Oriented Architecture). El framework estará compuesto del qué (modelo de proceso de software) y del cómo (herramientas) para desarrollar líneas de procesos de negocio basadas en SOA.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar un modelo de proceso de software por medio de SPEM [10] (Software & Systems Process Engineering Meta-Model) basado en SPL y MDD para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA.
- Identificar e integrar herramientas existentes basadas en estándares que soporten el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA.
- Aplicar el framework (Modelo y Herramientas) producto del trabajo de investigación en un caso de estudio para desarrollar una línea de procesos de negocio basadas en SOA.

## 1.4 Estructura de la tesis

Este documento se encuentra dividido en tres partes. La primera parte describe, en los capítulos 1 y 2, el contexto y el estado del arte. La segunda parte conformada por los capítulos 3, 4 y 5 describen la propuesta del trabajo de investigación. En los capítulos 6 y 7 de la tercera parte se describen las contribuciones. La estructura por capítulos es de la siguiente forma: en el capítulo 2 se describen los conceptos fundamentales y los trabajos de mayor relación al presente trabajo de investigación, en el capítulo 3 se describe el modelo propuesto de software para facilitar la implementación de líneas de procesos de negocio orientadas a servicios, el capítulo 4 y 5 describen el ciclo de ingeniería de dominio y el ciclo de ingeniería de aplicación del modelo de proceso de software

propuesto. Se listan las contribuciones en el capítulo 6 y finalmente se describen las conclusiones en el capítulo 7.





## **2.Estado del arte**

Éste capítulo está compuesto del marco conceptual y de la descripción de los trabajos que abordan la misma temática del presente trabajo de investigación.

### **2.1 Marco conceptual**

El objetivo de la presente sección es describir los conceptos y enfoques que fundamentan la base para la implementación de líneas de procesos de negocio orientadas a servicios y son la base para el modelo de proceso de software propuesto denominado BplSoa.

#### **2.1.1 Proceso de Negocio**

Un proceso de negocio se define como una colección de actividades que toman una o más clases de entradas y crean una salida que es de valor para el cliente [1]. Las organizaciones basan su operación en los procesos de negocio, y es la clara definición, modelamiento y documentación de los procesos de negocio lo que brinda a las organizaciones la posibilidad de evaluar el desempeño de los procesos de negocio, y realizar los ajustes necesarios por medio de la reingeniería o rediseño de los procesos de negocio para mantener un mejoramiento continuo de la operación de la organización. La ejecución e implementación de procesos de negocio se logra por medio de la orquestación de servicios utilizando el lenguaje BPEL (Business Process Execution Language) u otras herramientas, entre las que se cuentan los motores de procesos de negocio. El modelo de proceso de software propuesto BplSoa, tiene como objetivo facilitar la implementación de procesos de negocio con un alto nivel de calidad, en tiempos reducidos de implementación y a un bajo costo.

## 2.1.2 Arquitectura Orientada a Servicios (SOA)

SOA (Arquitectura Orientada a Servicios) es un paradigma arquitectural que facilita la interoperabilidad entre sistemas de software heterogéneos en ambientes distribuidos, mediante el diseño de aplicaciones orientadas a servicios. SOA provee la exposición de la funcionalidad de negocio como servicios independientes de la plataforma de implementación, facilitando la orquestación de servicios para la composición de procesos de negocio de una forma ágil [2]. En el capítulo 5, se describe el caso de estudio de una línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad, y se muestra cómo BpISoa facilita la implementación de procesos de negocio por medio de la orquestación de servicios reutilizables, logrando el aumento de la calidad y la reducción del tiempo de implementación de procesos de negocio.

## 2.1.3 Líneas de Productos de Software (SPL)

Una Línea de Productos de Software es un conjunto de sistemas de software que comparten un conjunto de características comunes y administrables que satisfacen las necesidades específicas de un segmento de mercado [3]. Una de las estrategias de SPL consiste en la reutilización sistemática de artefactos de software para aumentar la calidad del producto final y para disminuir el tiempo de desarrollo de un nuevo producto de software.

Una línea de productos se desarrolla con base en un conjunto predefinido común de activos de software, altamente reutilizables y personalizables. El análisis, identificación, diseño y definición de un conjunto de activos de software requiere de una inversión inicial para lograr su reutilización y personalización en el desarrollo de productos específicos en una línea de productos. Las principales motivaciones para crear una línea de productos de software son [5]:

- Reducción del costo de desarrollo
- Reducción del tiempo de desarrollo
- Aumento de la calidad
- Reducción del esfuerzo de evolución y mantenimiento
- Mejoramiento de la estimación de costos de productos

---

## 2.1.4 Familia de Procesos de Negocio

La ingeniería de familias de procesos es un enfoque moderno de desarrollo de software, que permite el desarrollo y despliegue rápido y rentable de sistemas orientados a procesos a la medida del cliente [6]. La ingeniería de familias de procesos, aplica técnicas de la ingeniería de familias de productos a la gestión de procesos de negocio, para desarrollar familias de procesos de negocio.

A continuación se describen algunos ejemplos de líneas de procesos de negocio:

- Proceso de negocio de estudio crediticio: el proceso de negocio de estudio crediticio está presente en cualquier entidad financiera que otorgue créditos a sus clientes. El conjunto de procesos de negocio de estudio de crédito en las entidades financieras, posee características comunes y características variables. Un ejemplo de una característica común es la validación de la historia crediticia o la verificación de los ingresos mensuales del cliente, y un ejemplo de una característica variable es el conjunto de condiciones que debe cumplir un cliente para otorgarle determinado tipo de crédito.
- Proceso de inscripción de materias de un estudiante de un programa de posgrado: en una universidad el proceso de inscripción de materias de un estudiante de posgrado varía dependiendo del año en el cual ingresó a la universidad. De forma que si el estudiante ingresó en el año 2012 o inferior el proceso exige validar si el estudiante pagó el cien por ciento de sus derechos académicos, y si el estudiante ingresó en el año 2013 o superior el proceso no hace la validación del porcentaje de pago de derechos académicos. En el caso en mención, la universidad cuenta con dos versiones del proceso de inscripción de materias, conformando una línea de procesos de negocio las diferentes versiones que pueda tener un proceso de negocio.
- Proceso de compra de productos por Internet: los diferentes sitios en Internet dedicados a la venta de productos deben proveer un proceso de compra de productos para sus clientes. El proceso de compra en los diferentes sitios tiene características comunes, como por ejemplo, la validación de la tarjeta de crédito para el pago, y a su vez cuenta con características variables como los productos a comprar o el medio de pago. El conjunto de procesos de compra en los diferentes sitios se pueden analizar como una línea de procesos de compra de

productos, porque poseen tanto características comunes como características variables.

### **2.1.5 Desarrollo Basado en Modelos (MDD)**

MDD (Model Driven Development) representa un conjunto de enfoques, teorías y frameworks metodológicos para el desarrollo de software industrializado, basado en el uso sistemático de modelos y transformaciones como activos principales a través del ciclo de desarrollo de software [31]. En el proceso MDD, los modelos constituyen artefactos de software que experimentan refinamientos desde el espacio del problema (donde ellos capturan los requerimientos) al espacio de la solución (donde ellos especifican el diseño, desarrollo y despliegue del producto final del software) [30].

Beneficios más significativos del paradigma de desarrollo de software basado en modelos [32]:

- Incremento de la productividad: por la aplicación de transformaciones para la generación de código fuente.
- Reducción del riesgo: los modelos incrementan el entendimiento del problema, tanto técnico como operacionalmente. Mediante el incremento del conocimiento MDD reduce el riesgo.
- Mejoramiento de la comunicación: debido a que las palabras son imprecisas, los equipos usan modelos para mejorar la comunicación haciendo específico un aspecto particular del sistema. Los modelos hacen los problemas de un sistema visible a través del uso de diagramas con los cuales es eliminada la ambigüedad.
- Detección temprana de errores: sistemas bien diseñados permiten detección y resolución temprana de errores. El costo de los errores aumenta significativamente cuando son descubiertos en fases tardías del ciclo de vida del desarrollo de software.
- Trazabilidad: es necesario realizar análisis de impacto efectivo para determinar qué partes del sistema serán afectadas por cambios en los requerimientos.



El proceso de desarrollo de software es una actividad retadora, especialmente porque los sistemas son cada vez más complejos, por lo que en este contexto, el paradigma MDD [33] ha estado ganando mucho más atención de la industria y la academia.

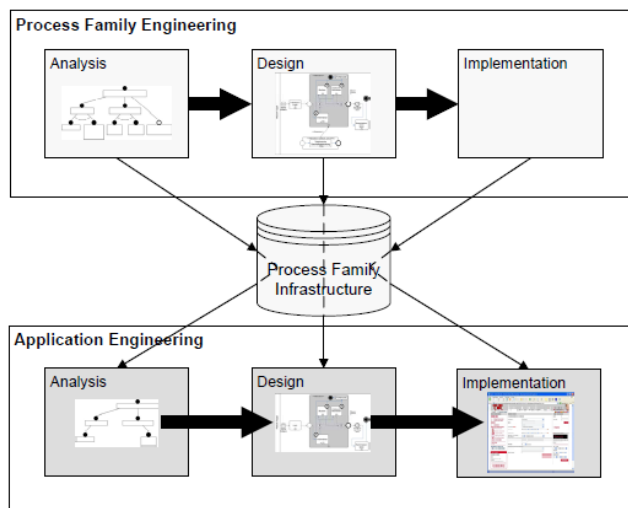
## 2.2 Trabajos relacionados

Los trabajos de mayor relación en el avance del análisis, diseño e implementación de líneas de procesos de negocio se describen a continuación. Los trabajos referenciados incorporan los principios de SPL para implementar familias de procesos de negocio o familias de productos SOA. Para cada trabajo se resalta el aporte diferencial realizado, haciendo énfasis en los principios o enfoques incorporados en cada investigación. Además, se presenta un comparativo entre la propuesta BlpSoa y cada una de las referencias analizadas.

### 2.2.1 Enfoque para la ingeniería de familias de procesos

El enfoque para la ingeniería de familias de procesos fue propuesto en [6], y consiste en aplicar la ingeniería de familia de productos a los procesos de negocio. En la Figura 2-1 se ilustra el proceso de ciclo de vida dual, para el desarrollo de familias de procesos de negocio.

**Figura 2-1:** Proceso de Ingeniería de Familia de Procesos [6].



El proceso de desarrollo de familias de procesos de negocio se compone de [6]:

- Ingeniería de familia de procesos: enfocado al desarrollo de artefactos genéricos, que componen la infraestructura de la familia de procesos.
- Ingeniería de aplicación: desarrollo o derivación de procesos miembro de la familia de procesos de negocio, a partir de la infraestructura de la familia de procesos de negocio.

El enfoque propuesto de familias de procesos de negocio introduce diferentes mecanismos de variabilidad para familias de e-business [6]. Los mecanismos de variabilidad son modelados en la arquitectura de la familia de procesos por medio de BPMN (Business Process Management Notation), con los siguientes elementos adicionales [6]:

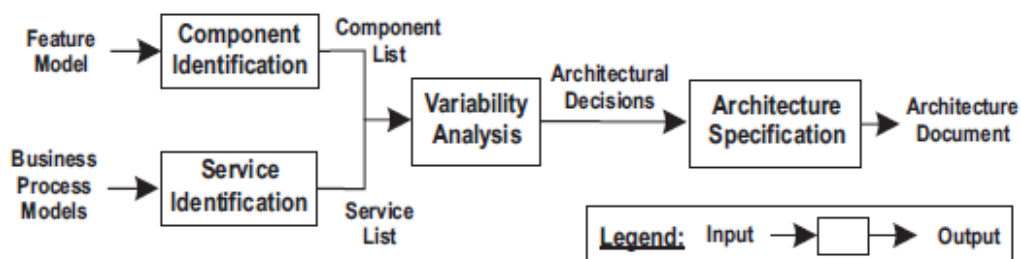
- Punto de variación: identifica en un modelo BPMN la ocurrencia de la variabilidad, utilizando el elemento estereotipo '<<VarPoint>>' de UML2 en una actividad de un modelo BPMN.
- Variantes: identifica las posibles resoluciones al punto de variación en un modelo BPMN, utilizando el elemento estereotipo '<<Variant>>' de UML2 en una actividad de un modelo BPMN.
- Mecanismo de variabilidad: estrategia utilizada para derivar la resolución.

La diferencia principal entre la propuesta definida en [6] y el modelo de proceso de software BpISoa, es el manejo y la representación de la variabilidad en una línea de procesos de negocio, mientras que el enfoque descrito en [6] la variabilidad se logra por medio de la extensión de la notación de procesos de negocio BPMN, en BpISoa la variabilidad se representa exclusivamente por medio de la utilización de modelos de características (Feature Models), los cuales son transformados posteriormente a modelos basados en BPMN, con el fin de agilizar el modelamiento de los procesos de negocio a partir de la variabilidad representada por un modelo de características. La ventaja de BpISoa radica en el uso de BPMN sin aplicarle ninguna clase de extensión o modificación, permitiendo de esta forma utilizar herramientas existentes basadas en el estándar de la notación BPMN para el modelamiento de procesos de negocio.

## 2.2.2 Enfoque para líneas de productos orientadas a servicios

El enfoque para el desarrollo de aplicaciones SOA como líneas de productos de software – SPL [13], denominado líneas de productos orientadas a servicios, busca incorporar al desarrollo de aplicaciones SOA, los principios de SPL, para lograr alta productividad, reducción del tiempo de desarrollo, y soporte al desarrollo de aplicaciones SOA personalizadas a clientes y a necesidades de mercado específicas [13]. El enfoque propuesto en [13], se divide en dos ciclos de desarrollo, el primer ciclo se enfoca en el diseño de los activos reutilizables de software, y el segundo ciclo se enfoca en el desarrollo de productos de la línea. El enfoque en [13] se concentra en soportar el primer ciclo de desarrollo, el cual consiste en proveer los pasos para identificar, diseñar y documentar los activos de software con variabilidad, clasificados en componentes, servicios, orquestación de servicios y sus flujos usando un enfoque top-down. En la Figura 2-2 se ilustra el esquema de actividades del enfoque propuesto en [13].

**Figura 2-2:** Actividades del enfoque para líneas de productos orientados a servicios [13].



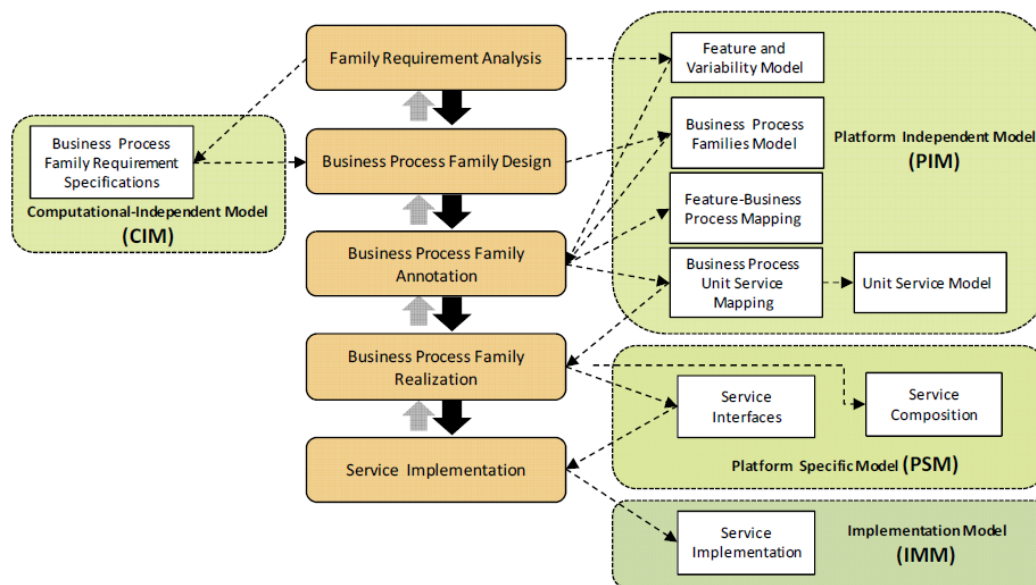
Las entradas obligatorias para la identificación de componentes y de servicios son: el modelo de características (Feature Model) y el modelo de procesos de negocio en notación BPMN respectivamente [13]. La salida es la lista de componentes y de servicios candidatos que pueden utilizarse para la implementación de todos los productos orientados a servicios de la línea de productos [13]. La actividad de análisis de la variabilidad define cómo la variabilidad será implementada en los componentes y servicios identificados [13], adicionalmente el análisis de la variabilidad puede resultar en la reducción del número de componentes o servicios identificados previamente, por medio de la aplicación de técnicas de manejo de la variabilidad. Finalmente la especificación de los componentes, servicios, orquestación de servicios y sus flujos son documentados en el documento de arquitectura [13].

La diferencia principal entre la propuesta definida en [13] y el modelo de proceso de software BpISoa, es que BpISoa se centra en la aplicación del principio de alta productividad de MDD para diseñar e implementar líneas de procesos de negocio que se soportan sobre arquitecturas orientadas a servicios, y el enfoque descrito en [13] está concebido para diseñar líneas de productos orientados a servicios que posteriormente se pueden utilizar para soportar procesos de negocio. Mientras que los modelos de características en el enfoque propuesto en [13], se utilizan para obtener una lista de componentes de forma manual. En BpISoa los modelos de características juegan un papel activo en la implementación final de un proceso de negocio, ya que se utilizan para describir una línea de procesos de negocio que después es utilizada como entrada a una transformación automática para obtener el modelo de procesos de negocio basado en BPMN. Con las diferencias expuestas anteriormente se busca resaltar la importancia que BpISoa le brinda a la tarea de identificar y describir una línea de procesos de negocio que cubra las necesidades de un segmento de mercado específico, y a la aplicación de MDD para aumentar la productividad en la implementación de procesos de negocio.

### **2.2.3 Metodología para el desarrollo dirigido por modelos de familias de arquitecturas orientadas a servicios**

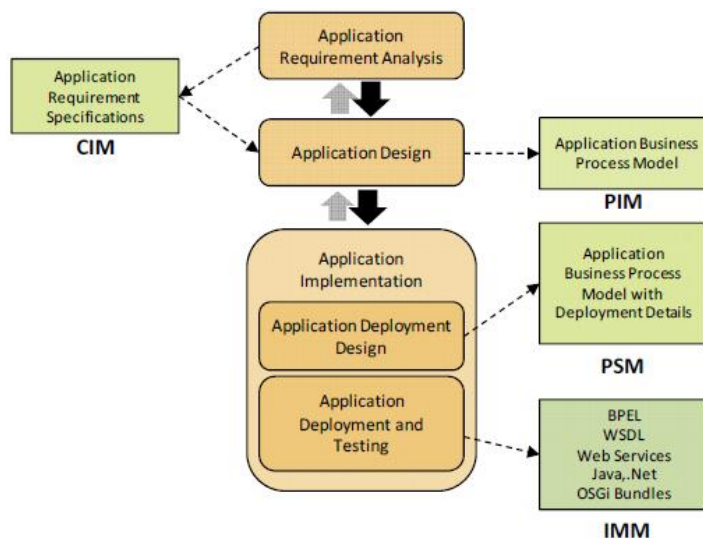
La metodología de desarrollo dirigido por modelos de familias de arquitecturas orientadas a servicios, combina la ingeniería de Líneas de Productos de Software (SPL) con la Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE), para cubrir el vacío entre la gestión de procesos de negocio y la ingeniería de software [14]. La metodología propuesta está compuesta del ciclo de ingeniería de dominio y el ciclo de ingeniería de aplicación, ciclos manejados por la ingeniería de líneas de productos (SPLE). En la Figura 2-3 se ilustra el ciclo de vida de ingeniería de dominio para el desarrollo de familias de procesos de negocio.

**Figura 2-3:** Ciclo de vida de ingeniería de dominio para el desarrollo de familias de procesos de negocio [14].



El ciclo de ingeniería de dominio se compone de las fases: definición del alcance de dominio, análisis de requerimientos de la familia, diseño de la familia de procesos de negocio, anotación de la familia de procesos de negocio, realización de la familia de procesos de negocio e implementación de las interfaces de servicios. En la Figura 2-4 se ilustra el ciclo de vida de ingeniería de aplicación para el desarrollo de familias de procesos de negocio.

**Figura 2-4:** Ciclo de vida de ingeniería de aplicación para el desarrollo de familias de procesos de negocio [14].



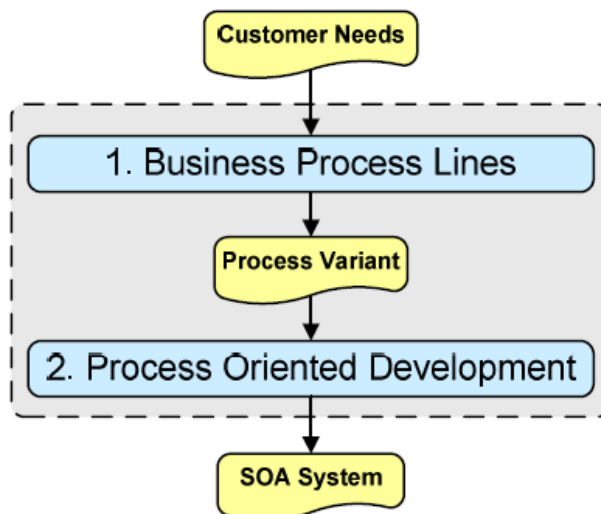
La ingeniería de aplicación se compone de las fases de análisis de requerimientos de la aplicación, diseño de aplicación e implementación de la aplicación.

La diferencia principal entre la metodología descrita en [14] y el modelo de proceso de software BplSoa es el uso efectivo que se realiza a los modelos, por medio de transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código para el aumento de la productividad durante la derivación de los miembros de la línea de procesos de negocio. La ventaja del modelo de proceso de software BplSoa y de la metodología propuesta en [14] radica en que ésta última aplica MDA (Model Driven Architecture), lo que conlleva a la restricción del uso de tres tipos de modelos, CIM (Computational Independent Model), PIM (Platform Independent Model) y PSM (Platform Specific Model), mientras que el modelo de proceso de software propuesto BplSoa aplica MDD y no restringe la cantidad de modelos y transformaciones a aplicar. Adicionalmente, BplSoa describe su modelo de proceso de software para el diseño e implementación de líneas de procesos de negocio por medio de SPEM [10] (Software & Systems Process Engineering Meta-Model), para facilitar tanto su comprensión como su aplicación.

#### **2.2.4 Enfoque para el desarrollo de sistemas SOA utilizando líneas de procesos de negocio y desarrollo orientado a procesos**

El enfoque propuesto en [22] facilita el desarrollo de sistemas SOA, por medio de la aplicación del concepto de líneas de procesos de negocio (BPL) y del paradigma de desarrollo orientado a procesos (POD). En la Figura 2-5 se ilustra el esquema de la propuesta planteada en [22].

**Figura 2-5:** Esquema de la propuesta para el desarrollo de sistemas SOA [22].



En la fase de líneas de procesos de negocio (BPL), se identifican los elementos comunes y variables de la línea de procesos, para obtener el modelo del proceso (Process Variant), que permita cubrir las necesidades especificadas por el cliente [22]. En la fase de desarrollo orientado a procesos (POD) se transforma el modelo de procesos en un sistema SOA ejecutable [22]. El enfoque para la fase de líneas de procesos de negocio, plantea el uso de un sistema de tablas de decisión para soportar la selección de variabilidad de la línea de procesos, y la especialización de activos variables e invariables en un contexto específico [22]. El enfoque en la fase de desarrollo orientado a procesos, obtiene el Modelo de Proceso (DPM) con detalles de implementación del cual se pueda obtener un ejecutable del proceso basado en BPEL (Business Process Execution Language) [22]. En particular el modelo de proceso detallado (DPM), contiene el mapeo entre actividades del proceso, y las URL de los servicios que las implementan [22], por medio del uso de una tabla de correlación entre los elementos de un proceso de negocio y los elementos BPEL.

La diferencia principal entre la propuesta definida en [22] y el modelo de proceso de software BpISoa es la simplicidad en el manejo de la variabilidad. Mientras que en la propuesta descrita en [22] se utiliza un sistema de tablas de decisión conformada por factores de diversidad y acciones de especialización de activos de software para el manejo de la variabilidad, BpISoa utiliza modelos de características (Feature Models), los

cuales se consideran como los artefactos centrales para el modelamiento de la variabilidad en una línea de productos de software [20].



## **Parte II. Propuesta**



## **3. BpISoa modelo de proceso de software**

### **3.1 Introducción**

El modelo de proceso de software propuesto denominado BpISoa (Business Processes Lines based on SOA) es un modelo centrado en el desarrollo de software basado en modelos, para facilitar ágilmente la implementación de líneas de procesos de negocio orientadas a servicios.

El modelo de proceso de software BpISoa es un proceso de software centrado en los principios de alta productividad y reutilización. La alta productividad se obtiene por medio de MDD (Model Driven Development) a través del uso de modelos y transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código. La reutilización se incorpora mediante los principios sistemáticos de reutilización de SPL (Software Product Lines). BpISoa guía y facilita el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA, mediante la clara identificación y definición de disciplinas de ingeniería, actividades, roles y productos de trabajo involucrados en el proceso de software.

A continuación se describen los objetivos, principios, beneficios y desventajas de los enfoques MDD, SPL y SOA, características necesarias para su integración a través del modelo de proceso de software BpISoa propuesto.

**Tabla 3-1:** Objetivos, principios, beneficios y desventajas de los enfoques MDD, SPL y SOA.

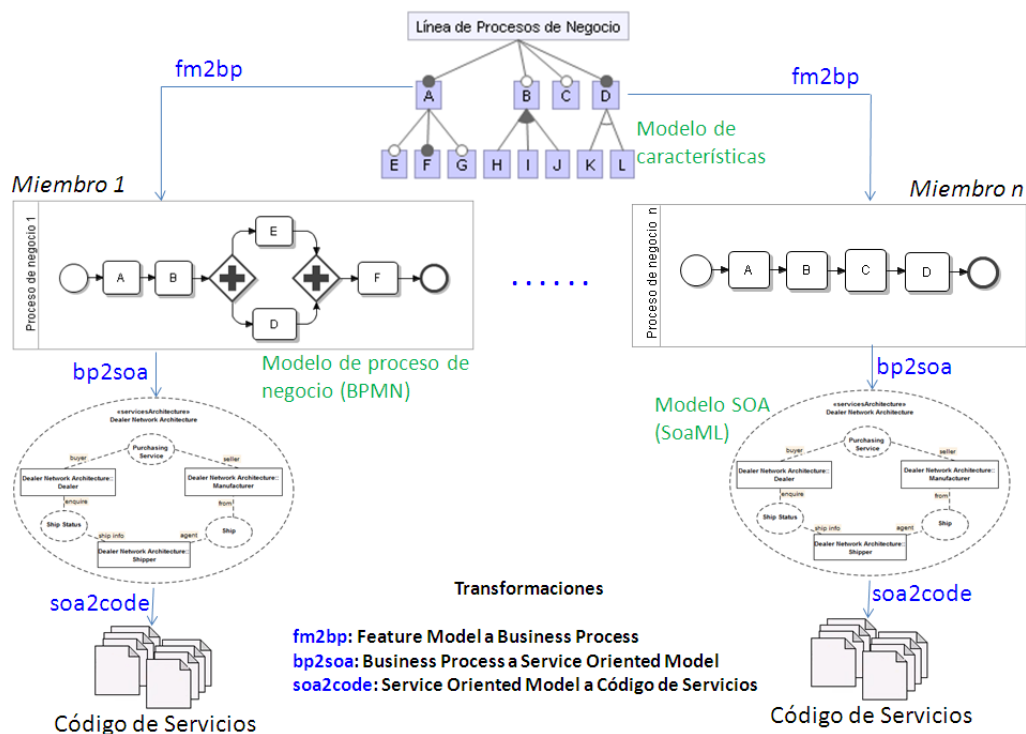
Enfoque /Característica	MDD	SPL	SOA
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combatir la complejidad creciente de las plataformas de sistemas de software [4].</li> <li>▪ Expresar conceptos de un dominio de forma efectiva [4].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desarrollar conjuntos de productos que juntos resuelven las necesidades de un segmento de mercado particular o cubren una misión particular, por medio de la explotación de las características comunes en diversas formas [3].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resolver problemas de integración e interoperabilidad [27].</li> <li>▪ Incrementar la flexibilidad organizacional [28].</li> </ul>
<b>Principios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incrementar la productividad en el desarrollo de software [4].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variabilidad, personalización y reutilización planeada y sistemática de activos de software [3].</li> </ul>	<p>Principios de diseño de servicios [26]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reutilización de servicios</li> <li>▪ Servicios descritos por medio de un contrato</li> <li>▪ Bajo acoplamiento entre servicios</li> <li>▪ Ocultamiento de la lógica</li> <li>▪ Composición de servicios</li> <li>▪ Servicios autónomos</li> <li>▪ Servicios sin estado conversacional</li> <li>▪ Servicios descubribles</li> </ul>
<b>Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incremento de la productividad mediante motores de transformación entre modelos y generadores de código [4].</li> <li>▪ Facilidad en desarrollo, depuración y evolución por el uso de herramientas MDD [4].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incremento de la calidad de los productos [3].</li> <li>▪ Reducción del tiempo de desarrollo [3].</li> <li>▪ Reducción de los costos de desarrollo [3].</li> <li>▪ Incremento de la satisfacción de los clientes [3].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejoramiento de la integración de sistemas heterogéneos [26].</li> <li>▪ Promoción del diseño de servicios reutilizables [26].</li> <li>▪ Aprovechamiento de la inversión legada [26].</li> <li>▪ Agilidad organizacional [26].</li> <li>▪ Establecimiento de un framework de comunicación basado en estándares [26].</li> </ul>

<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desincronización de los modelos respecto al código en etapas posteriores de un proyecto [4].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo asociado al diseño, implementación y evolución de los activos de software [3].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carece de soporte para reutilización planeada y sistemática [13].</li> </ul>
--------------------	--	--	---

Con base en las características identificadas en la Tabla 3-1, se propone una estrategia con las siguientes pautas para utilizar de forma integrada los enfoques de MDD, SPL y SOA en la implementación de líneas de procesos de negocio:

- Aplicar los mecanismos de reutilización planeada y sistemática de SPL al diseño e implementación de servicios, con el objeto de cubrir la carencia de SOA para el soporte de reutilización planeada y sistemática de servicios.
- Incrementar la productividad en la implementación de líneas de procesos de negocio basadas en arquitecturas orientadas a servicios, a través de la aplicación de transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código promovidas por MDD.

En la Figura 3-1 se ilustra la estrategia general propuesta para el diseño e implementación de líneas de procesos de negocio. La estrategia propone el uso de modelos de características (Feature Models) para representar la variabilidad de las líneas de procesos de negocio, el uso de BPMN para modelar los procesos de negocio, el uso de SoaML para modelar la arquitectura de servicios que soporte los procesos de negocio y propone la implementación y aplicación de las transformaciones fm2bp (feature model a business processes model based on BPMN), bp2soa (business processes model a service oriented model), soa2code (service oriented model a código de servicios).

**Figura 3-1:** Estrategia de integración de los enfoques MDD, SPL, y SOA en BpISoa

En la Figura 3-1 se ilustró el uso de los enfoques SPL, MDD, y SOA para la implementación de líneas de procesos de negocio, en la siguiente forma:

- **SPL:** Identificación de las características comunes y variables de una línea de procesos de negocio, donde cada una de las características representa una actividad en un proceso de negocio. El modelamiento de las características comunes y variables se realiza por medio de un modelo de características (Feature Model) que representa el conjunto de procesos de negocio que conforman la línea de procesos de negocio. Cada característica común y variable en el modelo de características representa una actividad que posteriormente se mapea a un servicio dentro de la arquitectura SOA necesaria para soportar la ejecución de los procesos de negocio.
- **MDD:** Uso de modelos y transformaciones entre modelos y entre modelo y código, para aumento de la productividad en la implementación de líneas de procesos de negocio. Los modelos utilizados para la implementación de líneas de procesos de negocio son: modelos de características (Feature Models) para representar la variabilidad de la línea de procesos de negocio, modelos de

procesos de negocio basados en la notación BPMN y modelos SOA basados en lenguaje SoaML. Estos modelos se describen en mayor detalle en el capítulo 4.

- SOA: Por medio del modelo SOA se identifican y representan claramente los proveedores, consumidores y los servicios que conforman la arquitectura de servicios para facilitar la ejecución de los procesos de negocio miembros de la línea de procesos de negocio.

El modelado del proceso de software BplSoa por medio de SPEM [10] (Software & Systems Process Engineering Meta-Model), facilita su comprensión y aplicación. En el proyecto de investigación se utilizó la herramienta EPF, Eclipse Process Framework Composer [15] versión: 1.5.1.1, para modelar el proceso propuesto BplSoa bajo el estándar de modelado SPEM. EPF Eclipse permite generar una versión en formato HTML del modelo del proceso de software BplSoa, con el objetivo de facilitar su acceso y su adaptación. El proyecto BplSoa en EPF Composer y su versión en formato HTML se encuentra en la siguiente ubicación:

<https://sites.google.com/site/victormcardonam/bplsoa/bplsoaspem>

En la Tabla 3-2 se enumeran las secciones descritas en la versión HTML del modelo de proceso de software BplSoa.

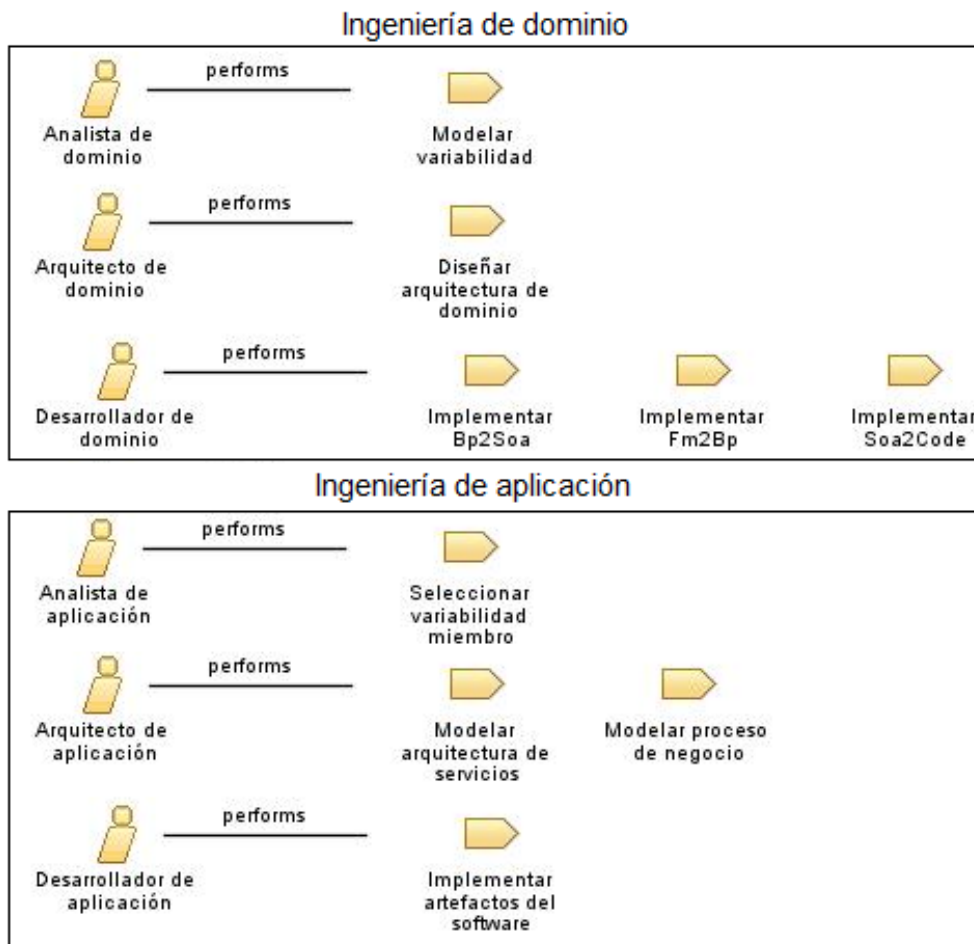
**Tabla 3-2:** BplSoa Secciones del modelo en formato HTML.

N°	Sección	Descripción
1	BplSoa resumen	Definición, objetivo, enfoques aplicados y descripción de alto nivel del modelo de proceso de software propuesto.
2	BplSoa roles	Enumera y describe los roles involucrados en el modelo, y las tareas realizadas por cada rol.
3	BplSoa productos de trabajo	Enumera y describe los productos de trabajo generados por el modelo de proceso de software.
4	BplSoa ciclos de desarrollo	Describe el ciclo de ingeniería de dominio y el ciclo de ingeniería de aplicación, las fases y las tareas en cada ciclo del proceso de software propuesto.

N°	Sección	Descripción
5	BpISoa actividades	Lista y describe las actividades requeridas para el desarrollo de las líneas de procesos de negocio.

En la Figura 3-2 se ilustran los roles y las tareas por cada rol presentes en el modelo de proceso de software BpISoa. Cada ciclo del proceso, ingeniería de dominio e ingeniería de aplicación, define sus propios roles y tareas con base al objetivo de cada ciclo. El objetivo principal del ciclo de ingeniería de dominio es la identificación de la línea de procesos de negocio y la identificación de los artefactos reutilizables para la derivación de procesos de negocio. El objetivo del ciclo de ingeniería de aplicación es la implementación o derivación de procesos de negocio miembros de la línea de procesos de negocio, por medio de la aplicación de los artefactos reutilizables identificados en el ciclo de ingeniería de dominio. En el capítulo 4 y 5 se describe en mayor detalle las actividades de cada ciclo del proceso.

**Figura 3-2:** Roles del modelo de proceso de software BpISoa.

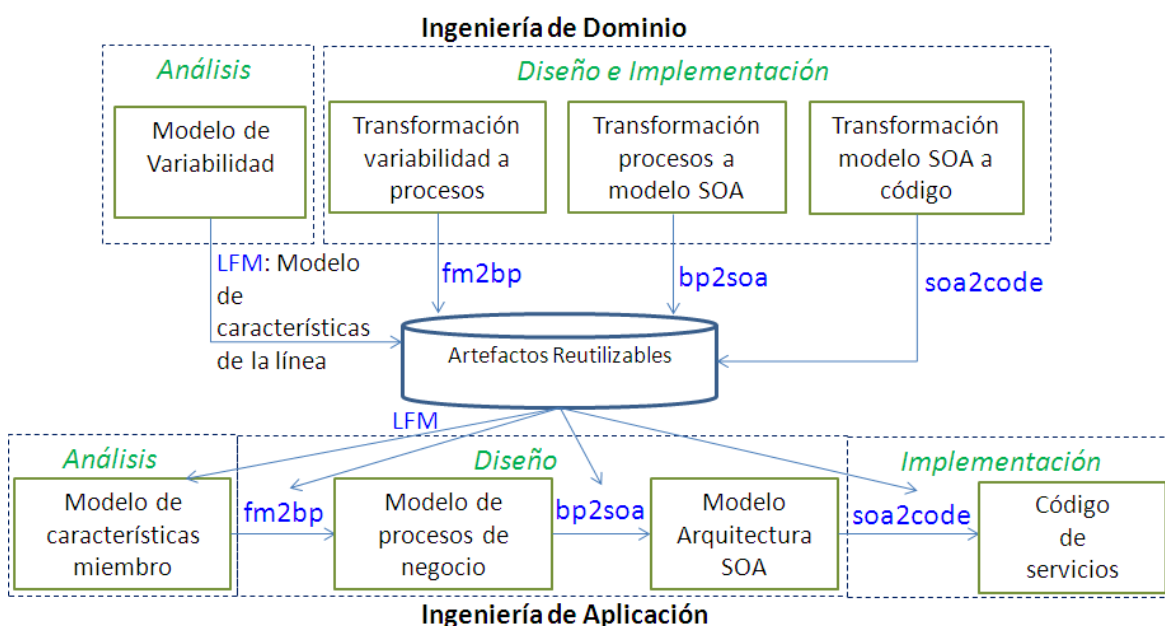




## 3.2 Descripción general de BpISoa

Con los elementos anteriormente referenciados, esta subsección describe, de manera global el proceso objeto de esta investigación. BpISoa coordina sistemáticamente la aplicación de los enfoques SPL, MDD y SOA con el objetivo de facilitar la implementación de líneas de procesos de negocio. En la Figura 3-3 se ilustra BpISoa, modelo de proceso de software dual, el cual se compone de los ciclos de ingeniería de dominio e ingeniería de aplicación, de naturaleza iterativa e incremental, correspondiendo a los dos ciclos en los que se encuentra dividida la ingeniería de líneas de productos [5].

**Figura 3-3:** Modelo del proceso de software BpISoa.



Los ciclos del proceso de software BpISoa, ingeniería de dominio e ingeniería de aplicación, se centran en MDD para aumentar la productividad en el proceso de desarrollo, por lo tanto, el uso de modelos y transformaciones son imprescindibles para facilitar el desarrollo ágil de una línea de procesos de negocio. BpISoa propone el uso de modelos de características (Feature Models) para el manejo de la variabilidad en una línea de procesos de negocio, para el modelamiento de procesos de negocio BPMN y para el modelamiento de arquitecturas orientadas a servicios SoaML. El uso de estándares como BPMN y SoaML facilita el uso de herramientas libres o comerciales de múltiples proveedores para el modelamiento de aplicaciones. En la Tabla 3-3 se listan algunas herramientas con soporte a BPMN y SoaML.

**Tabla 3-3:** Algunas herramientas con soporte a BPMN y/o SoaML

No	Herramienta	Proveedor	Descripción	Licencia
1	IBM Rational Software Architect 7.5.4 y Rational Software Modeler 7.5.4	IBM	Soporte SoaML. Soporte generación de artefactos SoaML, incluyendo código Java para interfaces de servicios, componentes SCA, XSD, WSDL, y BPEL.	Propietaria
2	ModelPro™	ModelDriven.org	Soporte SoaML. Motor para la producción de artefactos a partir de modelos.	Freeware
3	TIBCO ActiveMatrix	TIBCO Software Inc.	Soporte modelamiento, simulación y ejecución SoaML.	Propietaria
4	Enterprise Architect	Sparx Systems	Soporte SoaML, BPMN, UML, Base de datos, generación de código, e ingeniería inversa.	Propietaria
5	MagicDraw	NoMagic	Soporte SoaML, soporte modelamiento de sistemas basados en estándares.	Propietaria
6	Bizagi Process Modeler	Bizagi	Soporte BPMN	Freeware
7	IBM Process Designer	IBM	Soporte modelamiento BPMN, análisis, optimización y simulación basada en eclipse.	Propietaria
8	jBPM	RedHat	Soporte BPMN, motor workflow.	Apache License

El ciclo de ingeniería de dominio permite diseñar el modelo de variabilidad de la línea de procesos de negocio, por medio de un modelo de características o Feature Model. El modelo de variabilidad representa las características comunes y variables de la línea de procesos de negocio, estas características mapean a las actividades presentes en un proceso de negocio. En el ciclo de ingeniería de dominio se implementan las siguientes transformaciones:

- Transformación del modelo de características (Feature Model) al modelo de procesos de negocio en notación BPMN.
- Transformación del modelo de procesos de negocio en notación BPMN al modelo orientado a servicios basado en SoaML.
- Transformación del modelo orientado a servicios a texto (Código Fuente).

El modelo de variabilidad y las transformaciones conforman la base principal de artefactos reutilizables. Los artefactos reutilizables son utilizados durante el proceso de implementación de procesos de negocio miembros de la línea de procesos de negocio.

El ciclo de ingeniería de aplicación reutiliza los artefactos definidos en el ciclo de ingeniería de domino para derivar o implementar procesos de negocio. Los procesos de negocio implementados son miembros de la línea de procesos de negocio identificada en el ciclo de ingeniería de domino. A partir del modelo de variabilidad o modelo de características (Feature Model) se selecciona uno o varios de los procesos de negocio a implementar de la línea de procesos de negocio. El proceso de negocio a derivar es representado por un modelo de características, por medio del cual se obtiene el modelo de procesos de negocio en notación BPMN, producto de la transformación del modelo de características al modelo de procesos de negocio. A través del modelo BPMN se obtiene el modelo orientado a servicios basado en SoaML, producto de la transformación del modelo de procesos de negocio a modelo SOA. El modelo SoaML es la base para la generación del código fuente de los servicios requeridos para la ejecución de los procesos de negocio.

En las siguientes secciones se describe en mayor detalle el ciclo de ingeniería de domino y el ciclo de ingeniería de aplicación por medio de un caso de estudio. El caso de estudio se basa en una línea de procesos para la admisión de estudiantes a una universidad, y se detallan los pasos necesarios para implementar un miembro de ésta línea de procesos de negocio.





## **4. BplSoa ciclo de ingeniería de dominio**

### **4.1 Introducción**

En el ciclo de ingeniería de dominio ilustrado en la Figura 3-3, el principal objetivo es la identificación, diseño e implementación de artefactos reutilizables, utilizados en el ciclo de ingeniería de aplicación para la derivación de procesos de negocio miembros de una línea de procesos de negocio. Los requerimientos del dominio son especificados y establecidos como los requerimientos de la línea de procesos de negocio. Los artefactos reutilizables pueden corresponder a una arquitectura de referencia, un modelo, un componente ejecutable, un script de despliegue, un script de pruebas o un documento de requerimientos [9]. Los principales artefactos reutilizables en el modelo BplSoa son, el modelo de variabilidad que representa la línea de procesos de negocio y las transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código.

### **4.2 Disciplina de análisis de dominio**

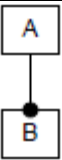
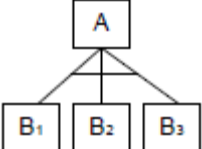
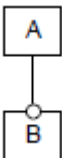
El analista de dominio tiene como objetivo identificar, describir y modelar a nivel de requerimientos el conjunto de procesos de negocio que conforman la línea de procesos de negocio. La línea de procesos de negocio es definida y representada por medio de un modelo de variabilidad el cual es descrito a continuación.

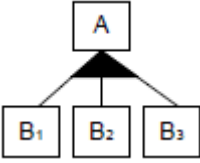
#### **4.2.1 Modelamiento de características**

El modelamiento de características (Feature Modeling) es la técnica de análisis de dominio más popular, la cual identifica y analiza las características comunes y variables en un dominio para desarrollar activos de software altamente reutilizables para una línea

de productos de software [18]. En el presente trabajo de investigación los productos de software son los procesos de negocio, por lo tanto, el modelamiento de características para una línea de procesos de negocio se entiende como la representación de las características observables tanto comunes como variables de una línea de procesos de negocio. Estas características observables son las tareas en un proceso de negocio. Las tareas en un proceso de negocio representan el trabajo realizado por una organización. De este modo, un modelo de características (Feature Model) representa una línea de procesos de negocio en términos de las características observables comunes y variables. Las características comunes son los rasgos observables en todos y cada uno de los procesos de negocio de la línea de procesos de negocio, y las características variables son los rasgos observables que están presentes sólo en algunos procesos de negocio de la línea de procesos de negocio. El metamodelo de características utilizado es el definido por Feature Model Analyzer (FAMA) [24], mediante el cual se instancian los modelos de características que soporten las cuatro relaciones entre características, relación obligatoria, relación alternativa, relación opcional y relación o. En la Tabla 4-1 se ilustran las relaciones entre características que pueden estar presentes en un modelo de características (Feature Model).

**Tabla 4-1:** Relaciones entre características padre y características hija en un modelo de características (Feature Model).

Notación	Tipo	Semántica
	Obligatoria	La característica hija B debe ser incluida en la configuración de cada producto que contenga la característica A
	Alternativa	Una de las características hija B1, B2, B3 debe ser incluida en la configuración de cada producto que contenga la característica A
	Opcional	La característica hija B puede ser o no ser incluida en la configuración de cada producto que contenga la característica A.

Notación	Tipo	Semántica
	O	Una o varias de las características hija B1, B2, B3 deben ser incluidas en la configuración de cada producto que contenga la característica A.

El proceso de software BpISoa utiliza modelos de características (Feature Models) para representar la variabilidad en las líneas de procesos de negocio.

### 4.2.2 Modelo de variabilidad

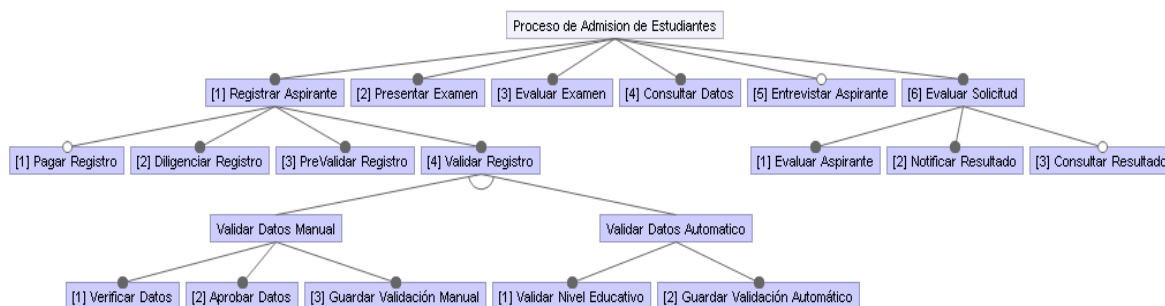
La línea de procesos de negocio del caso de estudio consiste en un conjunto de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad. Un proceso típico de admisión de estudiantes a una universidad inicia cuando la universidad informa los programas académicos ofrecidos en determinado periodo escolar, incluyendo la información requerida para realizar el proceso de admisión. Dependiendo de las políticas de la universidad, el aspirante debe realizar un pago para poder registrar sus datos y el programa al que aspira ingresar. El aspirante de ser requerido por la universidad deberá presentar un examen de admisión y con base al resultado deberá presentar una entrevista en la cual la universidad pueda evaluar personalmente las expectativas y habilidades de cada aspirante. La universidad con los datos del registro del aspirante, los resultados del examen de admisión y las observaciones resultado de la entrevista, realiza la selección de los aspirantes admitidos al respectivo programa académico. Este proceso de admisión tiene características comunes y variables de una universidad a otra, incluso de un programa académico a otro. Es así, como se conforma una familia o línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad, caso de estudio analizado en el presente trabajo de investigación aplicando el modelo de proceso de software propuesto BpISoa.

En la Figura 4-1 se ilustra el modelo de variabilidad del caso de estudio del presente trabajo de investigación. El modelo de variabilidad representa el conjunto de procesos de negocio que componen la línea de procesos de negocio. Este modelo tiene las características observables comunes y variables de la línea de procesos de negocio. Las



características en el modelo hacen referencia a los requerimientos comunes y variables de la línea de procesos de negocio del caso de estudio.

**Figura 4-1:** Modelo de variabilidad de la línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad.



En la Tabla 4-2 se describe cada una de las características del modelo de la línea de procesos de negocio para admisión de estudiantes a una universidad. Una característica puede hacer parte o no de un proceso de negocio dependiendo de si la característica es de tipo obligatoria u opcional.

**Tabla 4-2:** Descripción de las características comunes y variables del modelo de características de la línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad.

#	Característica	Tipo de Característica	Descripción
1	Registrar Aspirante	Obligatoria	Permite a un aspirante realizar la solicitud de admisión a una universidad.
2	Pagar Registro	Opcional	Permite al aspirante realizar el pago por la solicitud de admisión a una universidad.
3	Diligenciar Registro	Obligatoria	Permite al aspirante registrar los datos personales, nivel educativo y el programa al cual aspira ingresar.
4	Pre Validar Registro	Obligatoria	Permite a la universidad verificar si es posible realizar validación automática o manual de datos del aspirante. La validación automática es posible cuando el aspirante está registrado en el sistema de información de datos educativos.

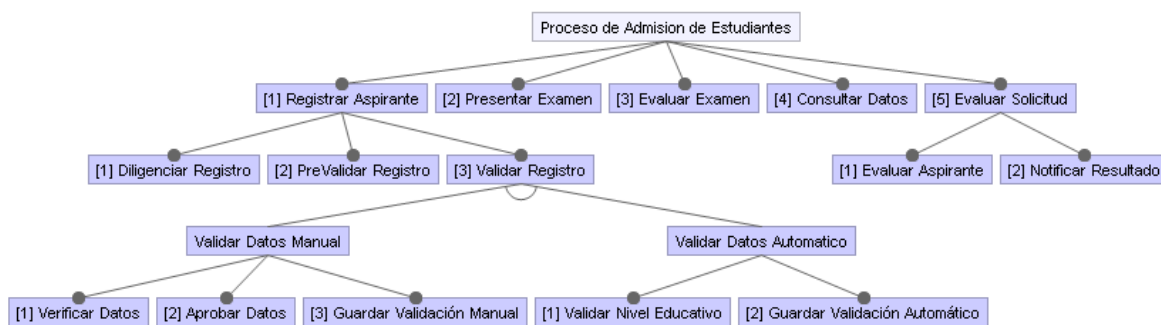
#	Característica	Tipo de Característica	Descripción
5	Validar Registro	Obligatoria	Permite a la universidad verificar los datos del registro de un aspirante, por medio de dos alternativas, validación manual o validación automática de datos.
6	Validar Datos Manual	Alternativa	Permite realizar a la universidad la validación manual de los datos registrados por el aspirante.
7	Verificar Datos	Obligatoria	Permite a la universidad verificar la veracidad de los datos registrados por el aspirante.
8	Aprobar Datos	Obligatoria	Permite a la universidad aprobar o desaprobar los datos del registro realizado por el aspirante.
9	Guardar Validación Manual	Obligatoria	Permite a la universidad guardar el resultado de la validación manual de los datos registrados por el aspirante.
10	Validar Datos Automático	Alternativa	Permite realizar a la universidad la validación automática de los datos registrados por el aspirante.
11	Validar Nivel Educativo	Obligatoria	Permite validar el nivel educativo registrado por un aspirante de forma automática por medio de una consulta a un sistema que administre la trayectoria educativa de los estudiantes.
12	Guardar Validación Automático	Obligatoria	Permite a la universidad guardar el resultado de la validación automática de los datos registrados por el aspirante.
13	Presentar Examen	Obligatoria	Permite al aspirante presentar un examen de admisión a la universidad.
14	Evaluar Examen	Obligatoria	Permite a la universidad realizar la evaluación del examen presentado por los aspirantes.
15	Consultar Datos	Obligatoria	Permite a la universidad realizar la consulta de los datos registrados por el aspirante, la validez de los datos, y el resultado del examen de admisión de un aspirante.
16	Entrevistar Aspirante	Opcional	Permite a la universidad entrevistar personalmente a los aspirantes.
17	Evaluar Solicitud	Obligatoria	Permite a la universidad evaluar la solicitud de admisión de un aspirante.
18	Evaluar Aspirante	Obligatoria	Permite evaluar la solicitud de admisión de un aspirante, por medio de la validación de los datos del registro de un aspirante, el resultado del examen de admisión y la evaluación del resultado de la entrevista.

#	Característica	Tipo de Característica	Descripción
19	Notificar Resultado	Obligatoria	Permite a la universidad notificar el resultado definitivo de evaluación de una solicitud de admisión de un aspirante.
20	Consultar Resultado	Opcional	Permite a un aspirante consultar el resultado de la solicitud de admisión a una universidad.

En la Figura 4-2, Figura 4-3, Figura 4-4, Figura 4-5, Figura 4-6, Figura 4-7 y Figura 4-8 se ilustra la variabilidad de la línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad. Son siete modelos de características que conforman la línea de procesos de negocio del caso de estudio. Cada modelo de características corresponde a un modelo de procesos de negocio. Los modelos de características miembros son obtenidos a partir del modelo de características de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1, mediante la exclusión e inclusión de las características opcionales de la línea de procesos de negocio.

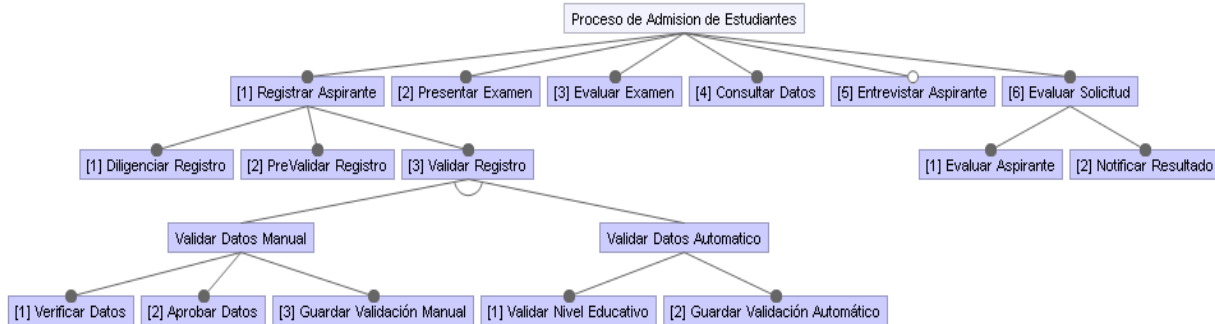
En la Figura 4-2 se ilustra el miembro uno de la línea de procesos de negocio, este modelo de características excluye las características opcionales *Entrevistar Aspirante*, *Pagar Registro* y *Consultar Resultado* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-2:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro uno de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



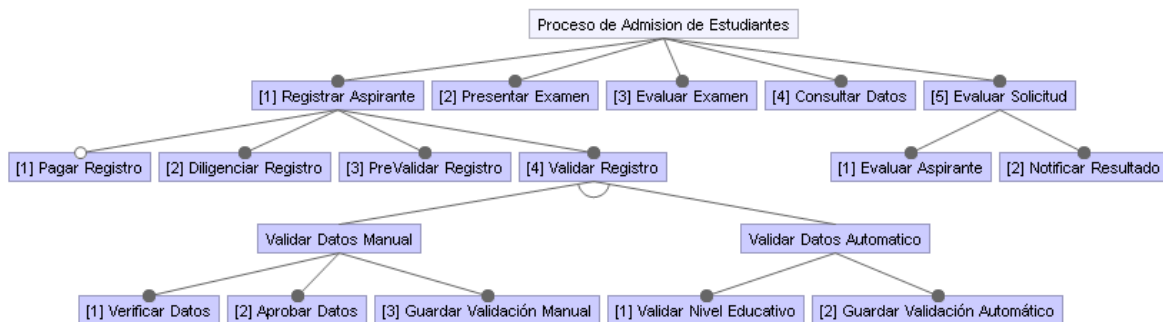
En la Figura 4-3 se ilustra el miembro dos de la línea de procesos de negocio, este modelo de características incluye la característica opcional *Entrevistar Aspirante*, y excluye las características opcionales *Pagar Registro* y *Consultar Resultado* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-3:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro dos de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



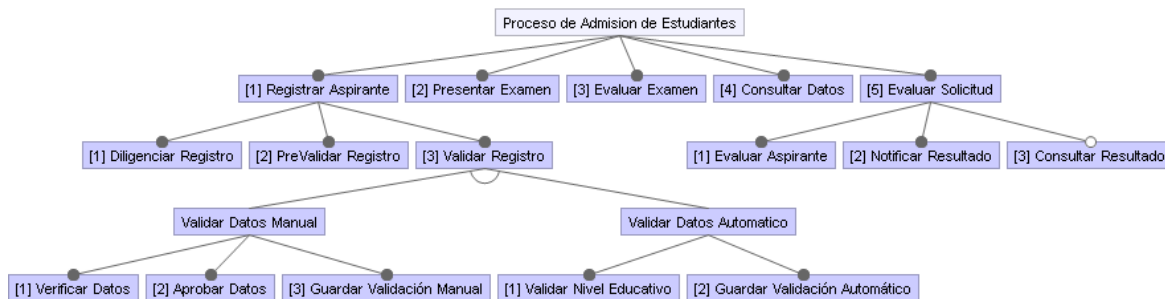
En la Figura 4-4 se ilustra el miembro tres de la línea de procesos de negocio, este modelo de características incluye la característica opcional *Pagar Registro* y excluye las características opcionales *Entrevistar Aspirante* y *Consultar Resultado* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-4:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro tres de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



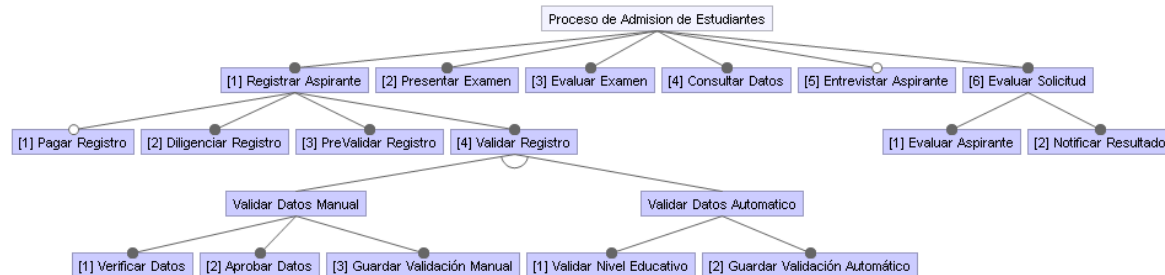
En la Figura 4 5 se ilustra el miembro cuatro de la línea de procesos de negocio, este modelo de características incluye la característica opcional *Consultar Resultado* y excluye las características opcionales *Entrevistar Aspirante* y *Pagar Registro* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-5:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro cuatro de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



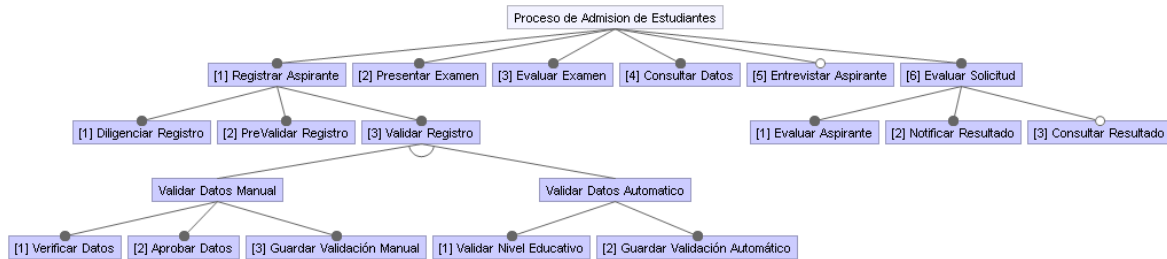
En la Figura 4-6 se ilustra el miembro cinco de la línea de procesos de negocio, este modelo de características incluye las características opcionales *Entrevistar Aspirante* y *Pagar Registro* y excluye la característica opcional *Consultar Resultado* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-6:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro cinco de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



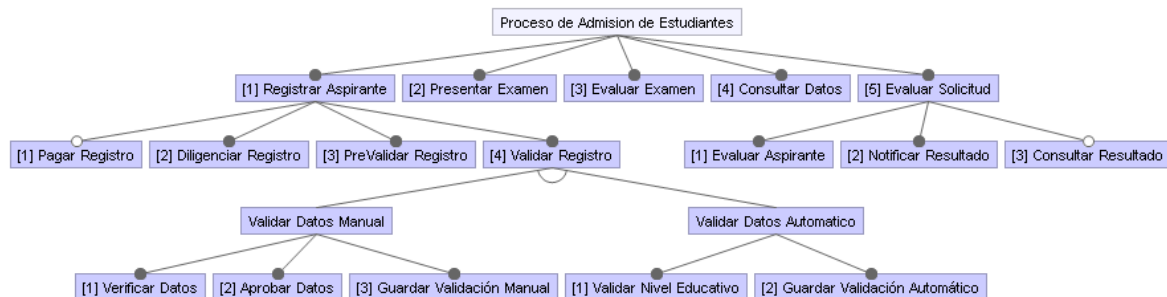
En la Figura 4 7 se ilustra el miembro seis de la línea de procesos de negocio, este modelo de características incluye las características opcionales *Entrevistar Aspirante* y *Consultar Resultado* y excluye la característica opcional *Pagar Registro* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-7:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro seis de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



En la Figura 4-8 se ilustra el miembro siete de la línea de procesos de negocio, este modelo de características incluye las características opcionales *Pagar Registro* y *Consultar Resultado* y excluye la característica opcional *Entrevistar Aspirante* de la línea de procesos de negocio.

**Figura 4-8:** Modelo de características para la admisión de estudiantes a una universidad, miembro siete de la línea de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4-1.



### 4.3 Disciplina de diseño e implementación de dominio

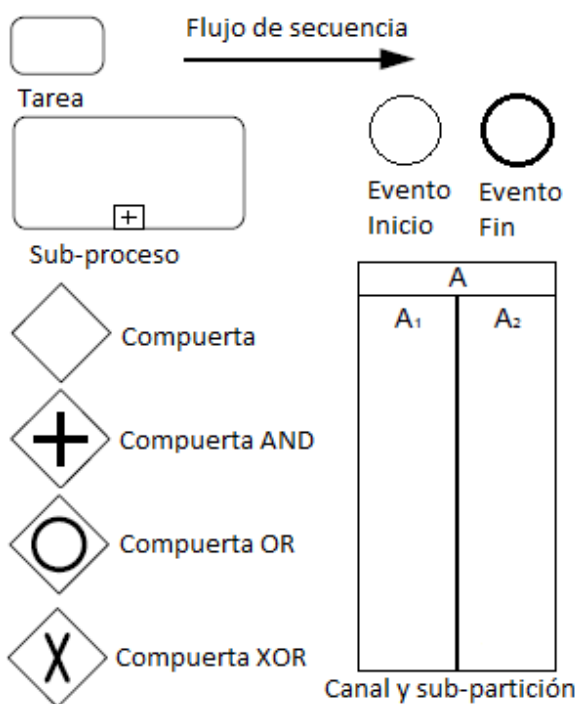
El arquitecto y desarrollador de dominio tienen como objetivo el diseño e implementación de las transformaciones como artefactos reutilizables para agilizar la derivación de procesos de negocio miembros de la línea de procesos de negocio en el ciclo de ingeniería de aplicación. A continuación se describen las transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código.

### 4.3.1 Modelo de características a modelo de procesos de negocio

La notación de modelamiento de procesos de negocio BPMN (Business Process Modeling Notation) es el estándar para el modelamiento de procesos de negocio. El objetivo de BPMN es proveer una notación gráfica entendible tanto para analistas y administradores de procesos de negocio como para desarrolladores responsables de implementar la tecnología requerida para ejecutar los procesos de negocio [17]. El uso de BPMN para modelar procesos de negocio facilita la integración con herramientas de diferentes vendedores que soporten el estándar.

Las categorías básicas de los elementos en BPMN son [17]: objetos de flujo, objetos conectores, canales y artefactos. En la Figura 4-9 se ilustran los principales elementos de BPMN.

**Figura 4-9:** Elementos principales de BPMN.



En la Figura 4-9 se ilustran los siguientes elementos:

- **Tareas y Sub-procesos:** de la categoría objetos de flujo, representan el trabajo realizado por una organización, puede ser atómico o compuesto. Se representan

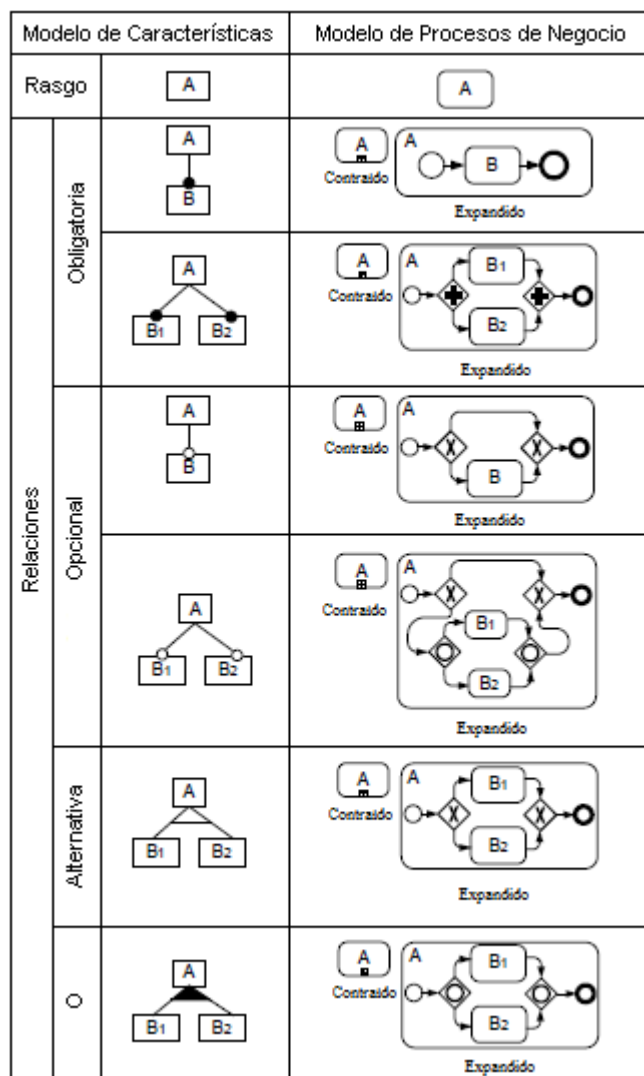
gráficamente por medio de un rectángulo redondeado, el sub-proceso adicionalmente contiene un recuadro en el centro parte inferior con una marca de la operación suma.

- **Evento inicio y evento fin:** de la categoría objetos de flujo, indican que pasa algo en el proceso de negocio y se asocian a una causa o resultado. Gráficamente se presentan por medio de un círculo.
- **Compuertas:** de la categoría objetos de flujo, controlan la divergencia o convergencia en la secuencia del flujo del proceso de negocio. Gráficamente se representan por medio de un rombo, con una marca interna para diferenciar el tipo de control, así, para compuerta AND indica que los flujos controlados por la compuerta deben ser completados para realizar la tarea, XOR indica que sólo un flujo debe ser completado para realizar la tarea, OR indica que al menos un flujo debe ser completado para realizar la tarea.
- **Flujo de secuencia:** de la categoría objetos conectores, indica el orden de ejecución de las tareas en el proceso de negocio. Gráficamente se representa por medio de una línea sólida con cabeza de flecha sólida.
- **Canal y Sub-partición:** de la categoría canales (Swimlanes), indica agrupación u organización funcional o por responsabilidades dentro del proceso de negocio. Un canal (Pool) representa un actor de un proceso y sirve de contenedor de otros elementos BPMN. Las sub-particiones (Lane) de un canal permite categorizar u organizar las actividades.

En [20] se propone un enfoque para mapear y obtener modelos de procesos de negocio a partir de modelos de características (Feature Models), adicionalmente, proponen un prototipo de transformación automática de modelo a modelo. En la Figura 4-10 se ilustra el mapeo propuesto entre un modelo de características y un modelo de procesos de negocio basado en BPMN. BpISoa aplica el mapeo definido en [20] y lo complementa con el mapeo basado en el indicador de secuencia de actividades de un proceso de negocio descrito más abajo.



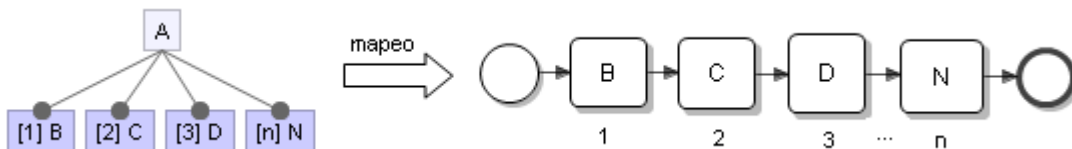
**Figura 4-10:** Modelo de características a BPMN [20].



La ventaja del mapeo de elementos de un modelo de características a un modelo BPMN radica en la obtención de un modelo de procesos de negocio a partir de un modelo de características que exprese la variabilidad de una línea de procesos de negocio. La desventaja del mapeo entre un modelo de características a un modelo de procesos de negocio descrito en [20] e ilustrado en la Figura 4-10 es la imposibilidad de obtener un modelo de procesos de negocio basado en una secuencia de actividades. Para cubrir la desventaja descrita anteriormente en el mapeo de un modelo de características a un modelo de proceso de negocio se propone incluir el manejo del indicador de secuencia, el cual consiste en indicar la secuencia u orden de las características hijas de una determinada característica padre del modelo de características, de forma que se pueda


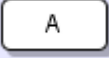
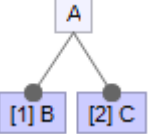

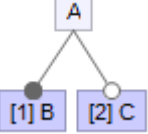
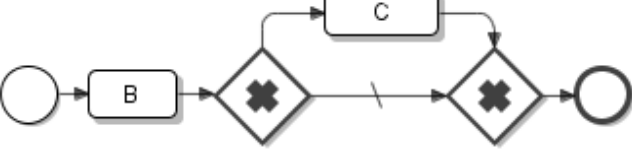
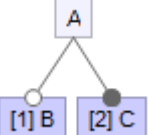
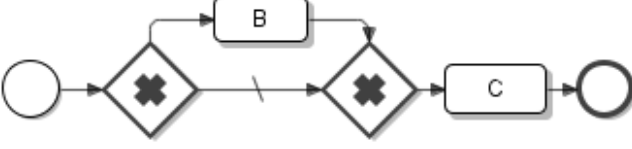
obtener un modelo de procesos de negocio basado en una secuencia de actividades. El indicador de secuencia es un número que se antepone al nombre de la característica encerrado entre corchetes cuadrados. En la Figura 4-11 se ilustra de forma general el mapeo propuesto para la obtención de un modelo de procesos de negocio basado en una secuencia de actividades a partir de un modelo de características.

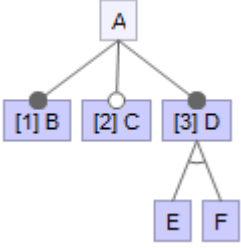
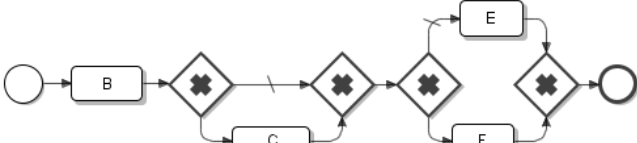
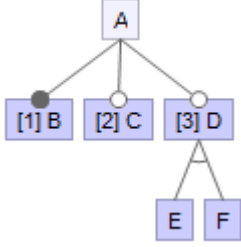
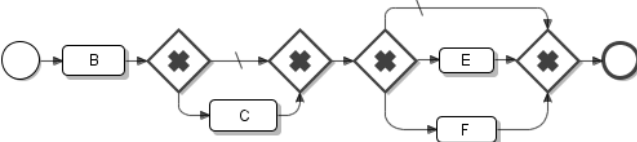
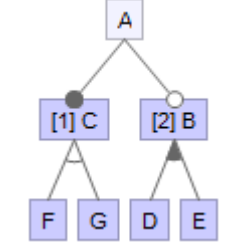
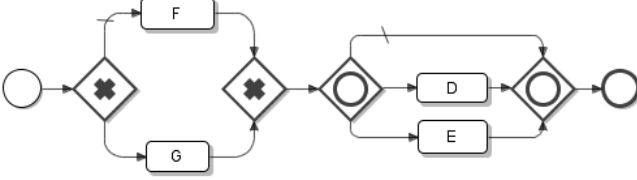
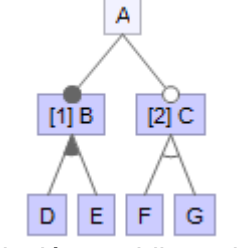
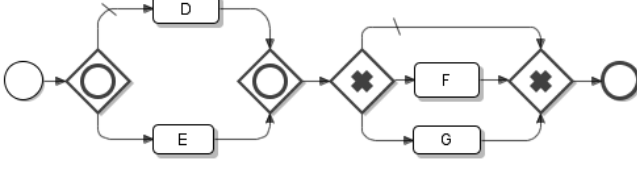
**Figura 4-11:** Mapeo de modelo de características a modelo de procesos de negocio basado en una secuencia de actividades.



En la Figura 4-12 se ilustra el mapeo entre un modelo de características a un modelo de procesos de negocio BPMN basado en el indicador de secuencia, con el objetivo de complementar el mapeo ilustrado en la Figura 4-10, logrando de esta forma obtener un modelo de procesos de negocio basado en una secuencia de actividades.

**Figura 4-12:** Modelo de características a BPMN basado en el indicador de secuencia.

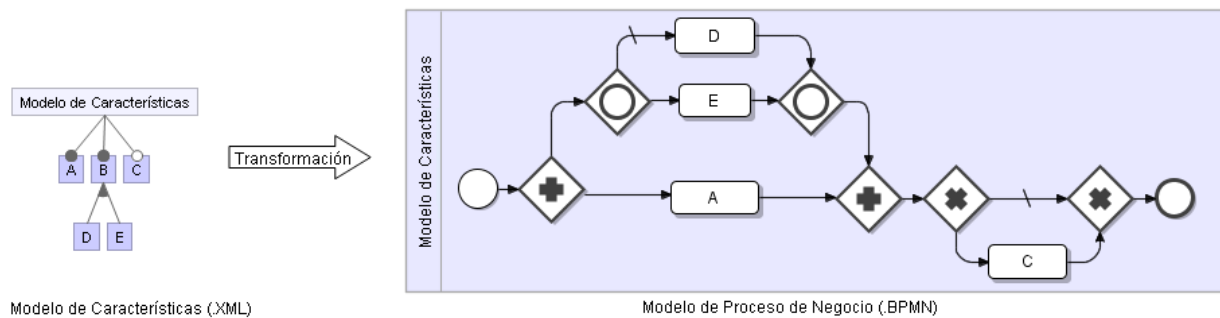
Modelo de Características	Modelo de Procesos de Negocio – secuencia de actividades
 A	 A
 Relación obligatoria	 Secuencia de tareas B y C
 Relación obligatoria y opcional	 Tarea B y tarea C opcional
 Relación opcional y obligatoria	 Tarea opcional B y tarea C

Modelo de Características	Modelo de Procesos de Negocio – secuencia de actividades
 <p data-bbox="347 537 755 600">Relación obligatoria, opcional y alternativa obligatoria</p>	 <p data-bbox="867 520 1349 583">Tarea B y tarea opcional C y tareas obligatorias excluyentes E o F</p>
 <p data-bbox="347 858 755 921">Relación obligatoria, opcional y alternativa opcional</p>	 <p data-bbox="867 858 1349 921">Tarea B y tarea opcional C y tareas opcionales excluyentes E o F</p>
 <p data-bbox="347 1182 755 1245">Relación alternativa obligatoria y relación o opcional</p>	 <p data-bbox="797 1182 1425 1245">Tareas obligatorias excluyentes F o G, y, tareas opcionales incluyentes D - E</p>
 <p data-bbox="347 1505 755 1568">Relación o, obligatoria y relación alternativa opcional</p>	 <p data-bbox="841 1491 1382 1554">Tareas obligatorias incluyentes, y, tareas opcionales excluyentes F o G</p>

El indicador de secuencia se utiliza para las características hijas de una característica padre seleccionada de un modelo de características, de forma que para las características que no contengan el indicador de secuencia se realiza el mapeo a un modelo de procesos de negocio aplicando la estrategia ilustrada en la Figura 4-10.

En la Figura 4-13 se ilustra la transformación de un modelo de características diseñado por medio de FeatureIDE, framework open source basado en eclipse [25], a un modelo de procesos de negocio basado en la notación BPMN soportado por el editor BPMN de eclipse desarrollado como sub-proyecto del framework de SOA de eclipse<sup>1</sup>. La transformación ilustrada en la Figura 4-13 es una implementación en lenguaje de programación Java, la cual está basada en el mapeo descrito en [20] e ilustrado en la Figura 4-10 y en el mapeo basado en el indicador de secuencia propuesto e ilustrado en la Figura 4-12.

**Figura 4-13:** Transformación de un modelo de características (.xml) a un modelo de procesos de negocio (.bpmn).



A continuación los pasos para hacer uso de la transformación de un modelo de características (Feature Model) a un modelo de procesos de negocio:

1. Instalar JRE 1.6.
2. Configurar variable JAVA\_HOME
3. Descargar el archivo transformation-fm2bpmn.jar del sitio Web [https://sites.google.com/site/victormcardonam/bplsoa/bplsoa-t\\_fm2bpmn](https://sites.google.com/site/victormcardonam/bplsoa/bplsoa-t_fm2bpmn)
4. Diseñar un modelo de características (Feature Model) por medio del plugin de eclipse FeatureIDE [25].
5. Abrir una ventana de línea de comandos y ejecutar:

**java -jar transformation-fm2bpmn.jar fm dir bp**

Las variables fm, dir y bp corresponden a:

<sup>1</sup> Eclipse SOA Tool Platform. <http://www.eclipse.org/soa/>

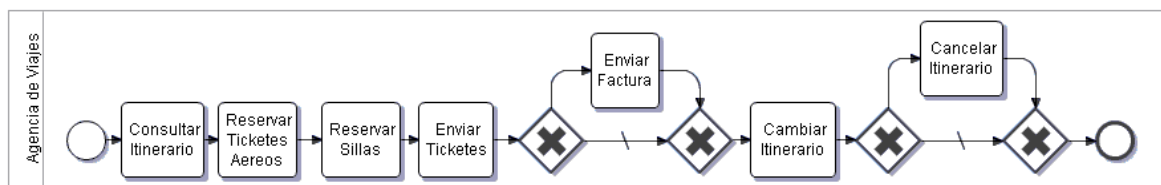
- fm: ruta absoluta del modelo de características fuente .xml basado en el plugin de eclipse FeatureIDE [25].
- dir: ruta absoluta del directorio destino del modelo de procesos de negocio.
- bp: nombre del modelo destino de procesos de negocio .bpmn soportado por el editor de eclipse basado en BPMN.

En la Figura 4-14 se ilustra el modelo de características para una línea de procesos de negocio para agencias de viajes, en donde las características hijas de la característica *Agencia de Viajes* y *Reservar Itinerario* tienen incluido el indicador de secuencia. Aplicando la transformación implementada en Java al modelo de características ilustrado en la Figura 4-14 se obtiene como resultado el modelo de procesos de negocio ilustrado en la Figura 4 15. Esta transformación aplica el mapeo descrito en [20] e ilustrado en la Figura 4-10 y aplica el mapeo con indicador de secuencia propuesto e ilustrado en la Figura 4-12.

**Figura 4-14:** Modelo de características de una línea de procesos de negocio para agencias de viajes diseñada por medio de FeatureIDE [25].



**Figura 4-15:** Modelo de procesos de negocio obtenido del modelo de características de la Figura 4-14 soportado por el editor de eclipse basado en BPMN.



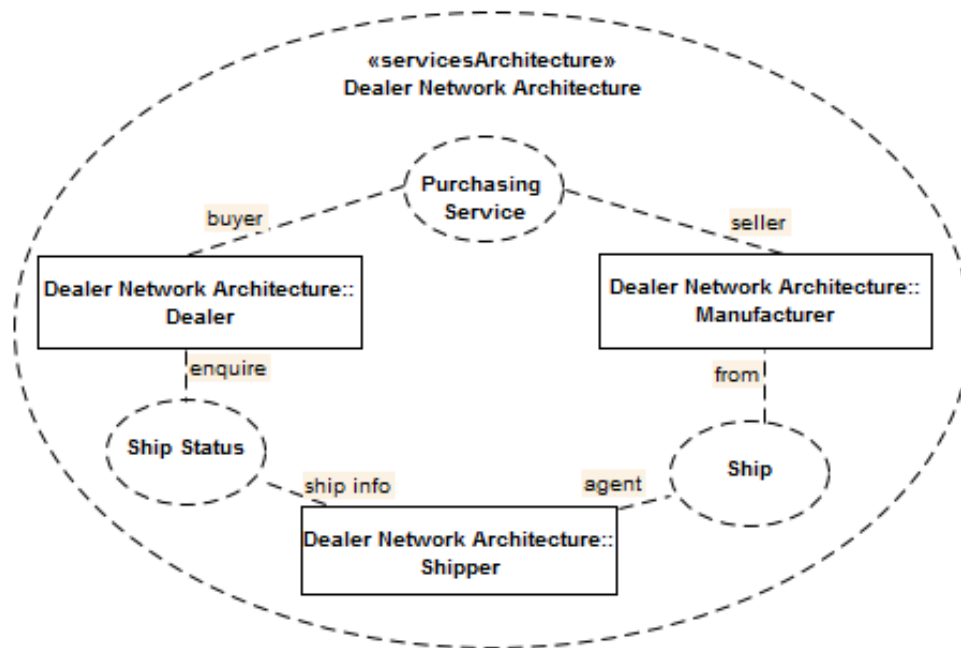
El mapeo con indicador de secuencia propuesto e ilustrado en la Figura 4-12 complementa el mapeo descrito en [20] e ilustrado en la Figura 4-10 logrando un mayor

nivel de flexibilidad en el modelamiento de procesos de negocio obtenidos a partir de un modelo de características.

### 4.3.2 Modelo de procesos de negocio a modelo orientado a servicios

SoaML (Service oriented architecture Modeling Language) es un estándar definido por el OMG (Object Management Group), describiendo un perfil UML (UML Profile) y un meta-modelo para el modelamiento de soluciones SOA. SoaML soporta la generación automática de artefactos bajo un enfoque MDD [19]. En la Figura 4-16 se ilustra un ejemplo de un modelo basado en SoaML con la herramienta Enterprise Architect de Sparx Systems.

**Figura 4-16:** Ejemplo de arquitectura de servicios con tres participantes [19].



Los conceptos clave relacionados con SoaML son:

- **Participante:** representan personas, organizaciones, o sistemas que proveen y/o usan servicios [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento clase de UML con el estereotipo <<Participant>>. En el modelo de la Figura 4-16, se pueden apreciar los participantes Dealer, Manufacturer y Shipper.

- 
- **Consumidor:** modela la interface que proporciona el consumidor de un servicio [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento interface de UML con el estereotipo <<Consumer>>. En el modelo de la Figura 4-16, el participante Dealer es consumidor del servicio Purchasing y Ship Status.
  - **Proveedor:** modela la interface que proporciona el proveedor de un servicio [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento interface de UML con el estereotipo <<Provider>>. En el modelo de la Figura 4-16, el participante Shipper es el proveedor del servicio Ship Status.
  - **Contrato de servicio:** relacionado a un propósito de negocio o requerimiento, donde se especifica un acuerdo entre proveedores y consumidores de un servicio, definiendo los roles que cada participante juega con el servicio, y las interfaces que implementan para jugar el rol [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento colaboración de UML con el estereotipo <<ServiceContract>>. En el modelo de la Figura 4-16, se encuentran los contratos de servicios Purchasing Service, Ship y Ship Status.
  - **Interface de servicio:** define la interfaz y responsabilidades de un participante para proveer o consumir un servicio [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento clase de UML con el estereotipo <<ServiceInterface>>.
  - **Puerto de servicio:** especifica una característica de un participante que representa la oferta de un servicio por un participante a otros [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento puerto de UML sobre un participante o componente con el estereotipo <<Service>>.
  - **Puerto de solicitud:** especifica una característica de un participante que representa un servicio que el participante necesita y consume de otros participantes [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento puerto de UML sobre un participante o componente con el estereotipo <<Request>>.
  - **Tipo de mensaje:** especifica la información intercambiada entre consumidores y proveedores de un servicio [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento clase de UML con el estereotipo <<MessageType>>.
  - **Arquitectura de servicios:** descripción de alto nivel de cómo un conjunto de participantes trabajan juntos, formando una comunidad, para lograr un propósito por medio de la exposición y consumo de servicios [19]. Gráficamente se representa por medio del elemento colaboración de UML con el estereotipo

<<ServicesArchitecture>>. En el modelo de la Figura 4-16, la arquitectura de servicios se denomina Dealer Network Architecture.

En [21] se describe el mapeo de un modelo de proceso de negocio basado en BPMN a un modelo SOA basado en SoaML. En la Tabla 4-3 se presenta el mapeo entre los elementos principales de un modelo BPMN y un modelo SoaML.

**Tabla 4-3:** Mapeo entre elementos BPMN y elementos SoaML [21].

Elemento BPMN	Elemento SoaML
Diagrama de procesos de negocio	Modelo de servicios
Canal y sub partición	Participante
Tarea	Contrato de servicio

Además de mapear el elemento tarea de BPMN a un contrato de servicio de SoaML, se propone mapearlo a un elemento clase de UML que represente la realización del contrato de servicio de la forma descrita en la tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Mapeo entre elemento tarea de BPMN y elementos UML.

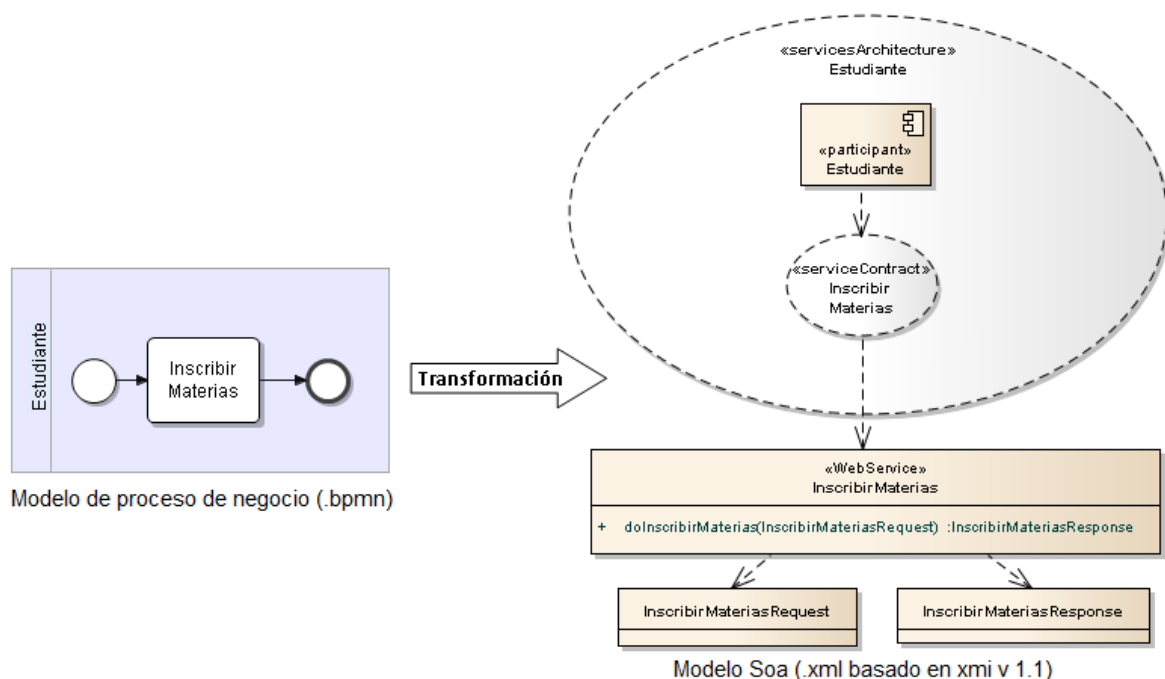
Elemento BPMN	Elemento UML	Nombre Elemento	Descripción
Tarea	Clase	Tarea	Clase con el estereotipo Web Service, y la operación expuesta llamada <i>doTarea</i>
	Clase	TareaRequest	Parámetro de entrada para la operación doTarea del servicio
	Clase	TareaResponse	Parámetro de salida de la operación doTarea del servicio

En la Figura 4-17 se ilustra la transformación de un modelo de procesos de negocio basado en la notación BPMN a un modelo SOA basado en lenguaje SoaML. Para hacer claridad sobre el mapeo descrito en la tabla 4-3 y en la tabla 4-4 se utilizó un modelo de procesos de negocio con una sola tarea denominada *Inscribir Materias*.

<sup>2</sup> Eclipse SOA Tool Platform. <http://www.eclipse.org/soa/>



**Figura 4-17:** Transformación de un modelo de procesos de negocio (.bpmn) a un modelo SOA basado en SoaML (.xml).



La entrada a la transformación ilustrada en la Figura 4-17 es un modelo de procesos de negocio basado en notación BPMN, y la salida es un modelo SOA basado en el lenguaje SoaML. Esta transformación de BPMN a SoaML se implementó en lenguaje Java, utilizando como entrada un modelo de procesos de negocio creado con el editor de BPMN de eclipse, y como salida, se obtiene un archivo XML basado en XMI v 1.1 que representa el modelo SOA. El modelo SOA salida de la transformación se puede visualizar por medio de la herramienta Enterprise Architect de Sparx Systems.

A continuación los pasos para hacer uso de la transformación de un modelo de procesos de negocio a un modelo SOA:

1. Instalar JRE 1.7.
2. Configurar variable JAVA\_HOME
3. Descargar el archivo transformation-bpmn2soa.jar del sitio Web [https://sites.google.com/site/victormcardonam/bplsoa/bplsoa-t\\_bpmn2soaml](https://sites.google.com/site/victormcardonam/bplsoa/bplsoa-t_bpmn2soaml)
4. Diseñar un modelo de procesos de negocio por medio del editor de diagramas BPMN de eclipse.
5. Abrir una ventana de línea de comandos y ejecutar:

### **java -jar transformation-bpmn2soa.jar bpmn soaml**

Las variables bpmn y soaml corresponden a:

- bpmn: ruta absoluta del modelo de procesos de negocio fuente .bpmn basado en el editor de eclipse de diagramas en notación BPMN.
- soaml: ruta absoluta del archivo .xml que representa el modelo SOA destino.

El modelo SoaML identifica los servicios, las dependencias entre los servicios, consumidores y proveedores de una arquitectura SOA. Los servicios modelados soportarán la ejecución de los procesos de negocio que conforman la línea de procesos de negocio.

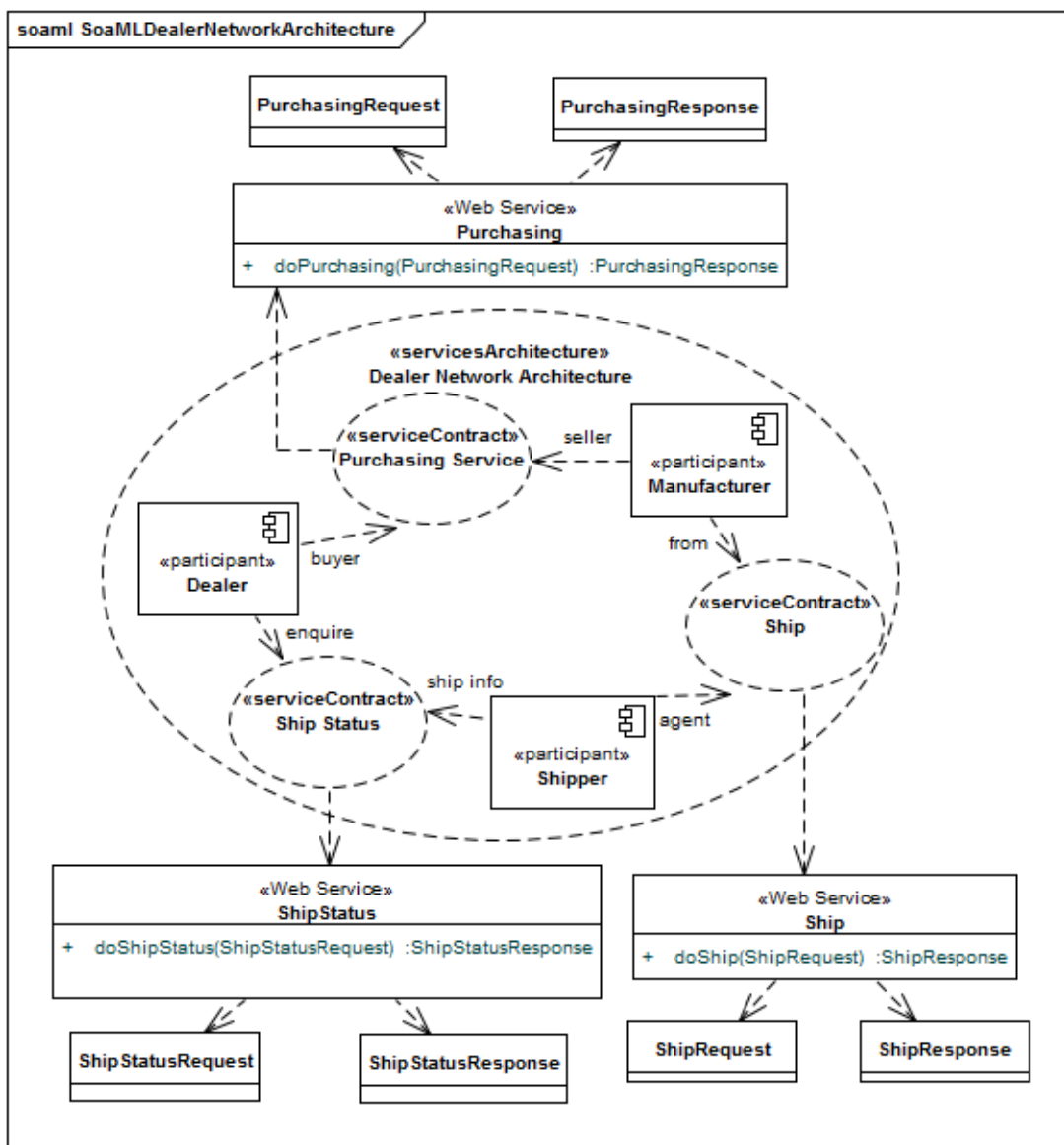
El arquitecto de domino debe detallar el diseño del modelo SOA para ser reutilizado. El uso de estándares en la fase de implementación promueve la reutilización de los servicios, pero no es suficiente, la reutilización de servicios está relacionada con la aplicación de los principios de diseño de servicios listados en la Tabla 3-1. Los principios de diseño de servicios son independientes de las tecnologías utilizadas para su implementación. El modelo SOA obtenido conforma la base para que el arquitecto de dominio detalle el diseño de cada servicio. El diseño detallado de los servicios corresponde a la identificación de las operaciones o funcionalidades expuestas de cada servicio, los mensajes de entrada y salida de cada operación, y la clara descripción del propósito de negocio del servicio. El diseño detallado de los servicios se realiza sobre el modelo SOA. El modelo SOA detallado juega un rol de valor importante, porque cubre la arquitectura de servicios para una línea de procesos de negocio. Los servicios diseñados son reutilizados en el ciclo de ingeniería de aplicación para la implementación de procesos de negocio miembros de la línea de procesos de negocio.

### **4.3.3 Del modelo orientado a servicios al código**

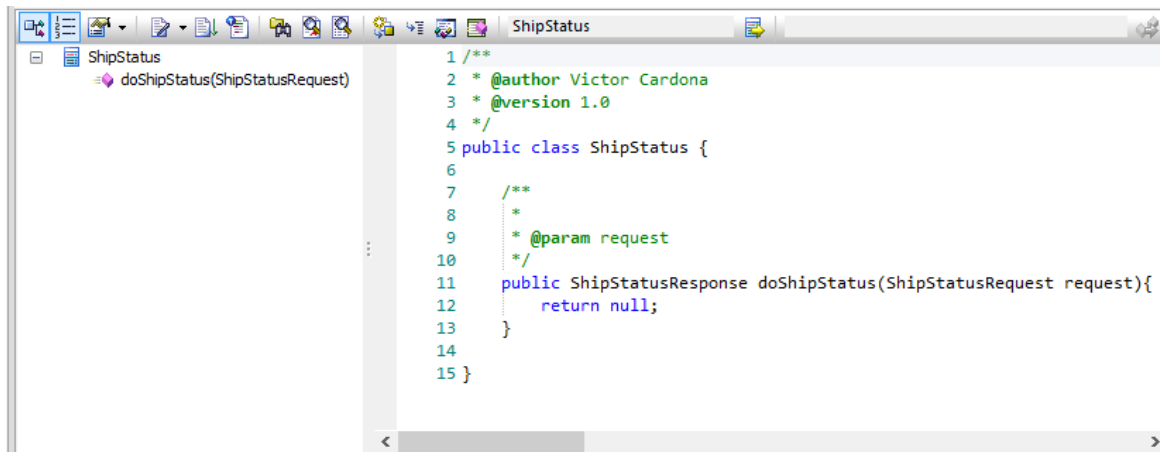
Esta transformación se realiza por medio de herramientas que soporten el estándar SoaML. Un ejemplo de las herramientas que actualmente soportan modelamiento SOA con SoaML son MagicDraw, Enterprise Architect e IBM Rational Software Architect. El objetivo propuesto por la transformación del modelo SOA a código, es generar el código de los servicios con el estándar de la tecnología de Web Services. En la Figura 4-18 se

ilustra un ejemplo SoaML donde se identifican los servicios y dependencias con los tipos de mensajes de entrada y salida de cada servicio.

**Figura 4-18:** Ejemplo de arquitectura de servicios con tres participantes, los servicios y tipos de mensajes.



En la Figura 4-19 se ilustra el código generado para el Web Service Ship Status por medio de la herramienta Enterprise Architect a partir del modelo SOA ilustrado en la Figura 4-18.

**Figura 4-19:** Ejemplo de código generado por medio de Enterprise Architect.

```
1 /**
2  * @author Victor Cardona
3  * @version 1.0
4  */
5 public class ShipStatus {
6
7     /**
8      *
9      * @param request
10     */
11     public ShipStatusResponse doShipStatus(ShipStatusRequest request){
12         return null;
13     }
14
15 }
```

El código generado necesario para la ejecución de los procesos de negocio es parcialmente generado para los servicios que conforman la arquitectura SOA, adicionalmente al proceso de negocio en notación BPMN obtenido de la transformación del modelo de características (Feature Model) al modelo de procesos de negocio basado en BPMN.



## **5. BpISoa ciclo de ingeniería de aplicación**

### **5.1 Introducción**

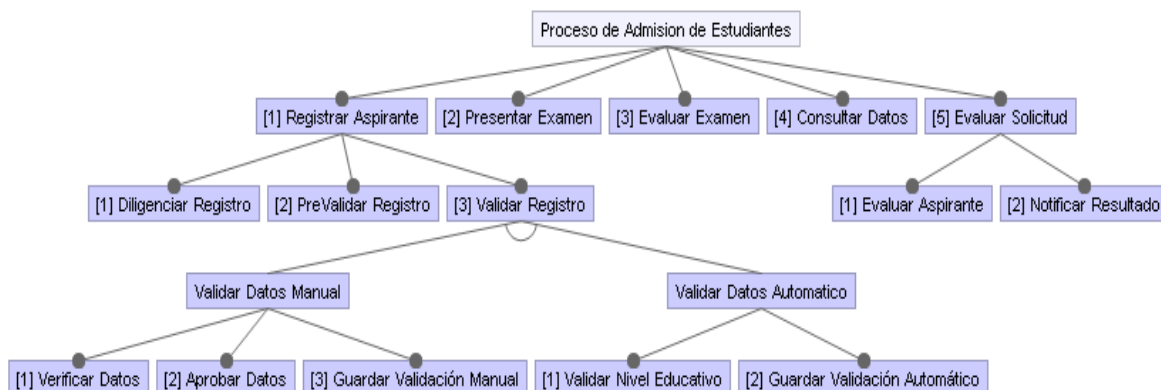
En el ciclo de ingeniería de aplicación ilustrado en la Figura 3-3, el principal objetivo es la derivación de uno o varios procesos de negocios miembros de la línea de procesos de negocio definida en el ciclo de ingeniería de dominio. Los artefactos identificados e implementados en el ciclo de ingeniería de dominio son reutilizados para agilizar la derivación de procesos de negocio. Los principales activos reutilizados por la ingeniería de aplicación son el modelo de variabilidad de la línea de procesos de negocio, la transformación del modelo de características al modelo de procesos de negocio (fm2bpm), transformación del modelo de procesos de negocio al modelo de arquitectura orientada a servicios (bpm2soa) y transformación del modelo SOA a código de servicios (soa2code).

### **5.2 Disciplina de análisis de aplicación**

El analista de aplicación tiene como objetivo seleccionar el proceso o los procesos de negocio a derivar de la línea de procesos de negocio representada por el modelo de variabilidad definido en el ciclo de ingeniería de dominio. La línea de procesos de negocio es representada por el modelo de variabilidad identificado y definido en el ciclo de ingeniería de dominio a través del modelo de características (Feature Model). La selección del proceso de negocio a ser derivado se realiza con base a las necesidades específicas del cliente.

En la Figura 5-1, se ilustra el modelo de características del proceso de negocio a derivar, el cual es miembro de la línea de procesos de negocio del caso de estudio del trabajo de investigación, identificada en el ciclo de ingeniería de dominio e ilustrada en la Figura 4-1.

**Figura 5-1:** Modelo de características seleccionado del caso de estudio línea de *Procesos de Admisión de Estudiantes a una Universidad*.



En la Tabla 4-2 se presentó la descripción de cada una de las características del modelo a derivar, las cuales conforman los requerimientos a cubrir por el proceso de negocio a derivar en el ciclo de ingeniería de aplicación. En la Tabla 5-1 se listan las características del proceso de negocio miembro de la línea de procesos de admisión de estudiantes a una universidad, con su respectivo actor, datos de entrada y datos de salida.

**Tabla 5-1:** Características, actores, datos de entrada y salida para el proceso de negocio seleccionado de la línea de procesos de admisión de estudiantes a una universidad.

Característica	Actor	Datos de Entrada	Datos de Salida
Diligenciar Registro	Aspirante	Número de documento Nombres Apellidos Sexo Fecha de nacimiento Correo electrónico Nivel educativo Institución Fecha de grado Programa a ingresar	Indicador de registro exitoso

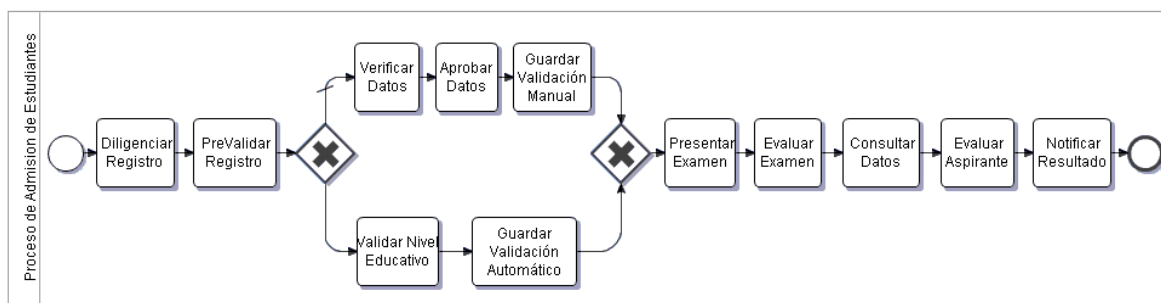
<b>Característica</b>	<b>Actor</b>	<b>Datos de Entrada</b>	<b>Datos de Salida</b>
Pre Validar Registro	Secretaria de educación	Número de documento	Indicador de si el aspirante tiene información educativa registrada
Verificar Datos	Universidad	Número de documento	Consulta y verificación manual de datos registrado de aspirante
Aprobar Datos	Universidad	Indicador de aprobación del nivel educativo del estudiante	Indicador de almacenamiento de datos exitoso
Guardar Validación Manual	Universidad	Número de documento Indicador de si el nivel educativo registrado por el aspirante es correcto	Indicador de almacenamiento de datos exitoso
Validar Nivel Educativo	Secretaria de educación	Número de documento Nivel educativo	Indicador de si el nivel educativo registrado por el aspirante es correcto
Guardar Validación Automático	Universidad	Número de documento Indicador de aprobación del nivel educativo	Indicador de almacenamiento de datos exitoso
Presentar Examen	Aspirante	Respuesta a preguntas del examen	Indicador de almacenamiento de datos exitoso
Evaluar Examen	Universidad	Indicador de aprobación del examen	Indicador de almacenamiento de datos exitoso
Consultar Datos	Universidad	Número de documento	Indicador de si el nivel educativo registrado por el aspirante es correcto
Evaluar Aspirante	Universidad	Indicador de aprobación de la solicitud de admisión	Indicador de almacenamiento de datos exitoso
Notificar Resultado	Universidad	Número de documento Indicador de aprobación de la solicitud de admisión	Indicador de notificación de datos exitoso



### 5.3 Disciplina de diseño de aplicación

El arquitecto de aplicación tiene como objetivo obtener el modelo de procesos de negocio y el modelo de arquitectura orientado a servicios requerido para la generación del código base del proceso de negocio a derivar. El modelo de proceso de negocio ilustrado en la Figura 5-2, se obtiene por medio de la reutilización y aplicación de la transformación del modelo de características al modelo de procesos de negocio (fm2bp) descrito en la sección 4.3.1 y resumida en la Figura 4-10 y en la Figura 4-12.

**Figura 5-2:** Modelo de proceso de negocio del caso de estudio *Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad*.



Cada característica del modelo se transformó a una tarea del proceso de negocio. Algunas tareas del proceso de negocio son manuales, es decir, requieren de intervención humana para completarse. Estas tareas manuales requieren de formularios para la captura de información. En la Tabla 5-2 se identifican las tareas que requieren el diseño de formularios para captura de información.

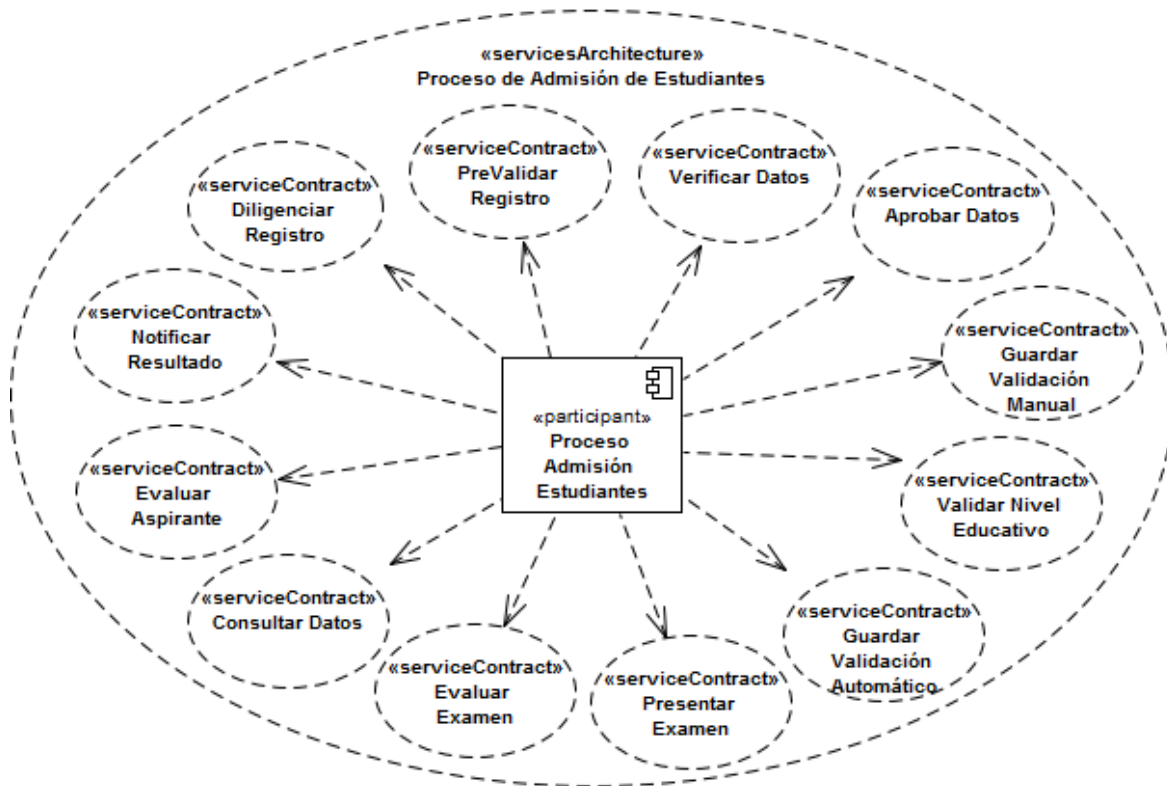
**Tabla 5-2:** Tipos de tareas del proceso de negocio seleccionado de la línea de procesos de admisión de estudiantes a una universidad.

Tarea	Tipo	Formulario/ Servicio	Descripción
Diligenciar Registro	Manual	Formulario	El formulario permite al aspirante registrar los datos del registro de admisión.
Pre Validar Registro	Automática	Servicio	El servicio determina si el aspirante tiene información educativa registrada. El resultado determina si la verificación de datos es manual o automática.

<b>Tarea</b>	<b>Tipo</b>	<b>Formulario/ Servicio</b>	<b>Descripción</b>
Verificar Datos	Manual	Formulario	El formulario permite a la universidad consultar y verificar manualmente los datos del registro de un aspirante.
Aprobar Datos	Manual	Formulario	El formulario permite a la universidad aprobar los datos del registro de un aspirante.
Guardar Validación Manual	Automática	Servicio	El servicio almacena el resultado de la verificación manual de los datos registrados por el aspirante.
Validar Nivel Educativo	Automática	Servicio	El servicio verifica que el aspirante posea el nivel educativo registrado.
Guardar Validación Automático	Automática	Servicio	El servicio almacena el resultado de la verificación automática de los datos registrados por el aspirante.
Presentar Examen	Manual	Formulario	El formulario permite al aspirante presentar un examen de admisión a la universidad.
Evaluar Examen	Automática	Servicio	El servicio realiza la evaluación automática del examen.
Consultar Datos	Automática	Servicio	El servicio consulta los datos del registro, el resultado de la verificación de los datos del aspirante y las respuestas del examen presentado.
Evaluar Aspirante	Manual	Formulario	El formulario permite a la universidad aprobar o rechazar la solicitud de admisión de un aspirante.
Notificar Resultado	Automática	Servicio	El servicio informa el resultado del proceso de admisión de un aspirante a una universidad.

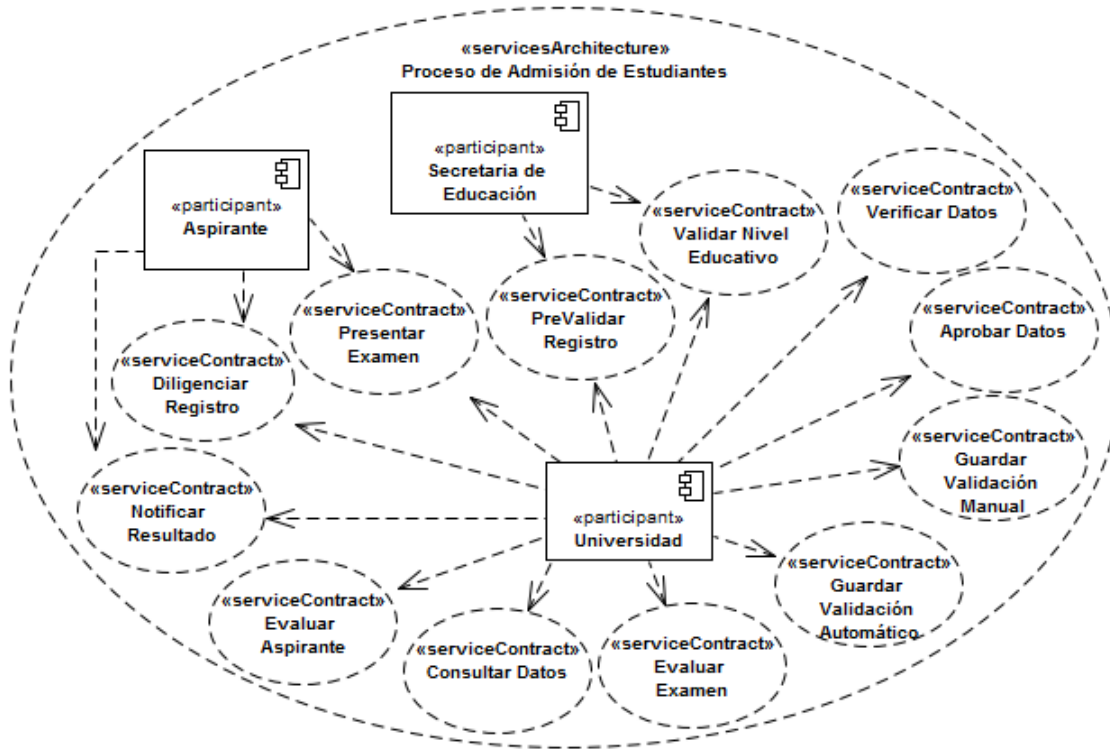
El modelo de arquitectura orientado a servicios ilustrado en la Figura 5-3, que soporta el proceso de negocio a derivar ilustrado en la Figura 5-2, se obtuvo por medio de la reutilización y aplicación de la transformación del modelo de procesos de negocio a modelo de arquitectura orientada a servicios (bp2soa) identificada, descrita e implementada en el ciclo de ingeniería de dominio.

**Figura 5-3:** Modelo SOA basado en SoaML del caso de estudio *Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad*, obtenido como resultado de la transformación del modelo de proceso de negocio.



El modelo de arquitectura orientado a servicios de la Figura 5-4 ilustra los participantes Aspirante, Universidad y Secretaria de Educación, y su relación con los servicios de la arquitectura de servicios del proceso de negocio. El modelo SOA de la Figura 5-4 se obtuvo por medio de la edición manual del modelo SOA ilustrado en la Figura 5-3 con base a la información identificada y presentada en la Tabla 5-1 por el analista de negocio.

**Figura 5-4:** Modelo SOA basado en SoaML del caso de estudio *Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad*, obtenido de la edición manual del modelo SOA ilustrado en la Figura 5-3.



En la Figura 5-5 se ilustran las interfaces y tipos de mensajes de los servicios del modelo de la arquitectura orientada a servicios del proceso de negocio a derivar de la línea de procesos de negocio de admisión de estudiantes a una universidad, obtenidos con base a la información identificada y presentada en la Tabla 5-1 por el analista de negocio.

**Figura 5-5:** Interfaces de servicios del caso de estudio *Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad*.



## 5.4 Disciplina de implementación de aplicación

El desarrollador de aplicación tiene como objetivo generar, completar y asegurar la calidad del código necesario para crear los instaladores de los artefactos de software que implementan el proceso de negocio a derivar. Las entradas principales para la implementación del proceso de negocio miembro de la línea de procesos de negocio de admisión de estudiantes a una universidad, son el modelo de procesos de negocio y el modelo de arquitectura orientada a servicios. Por medio del modelo SOA se genera el código base de implementación de los servicios que soportarán la ejecución del proceso de negocio. En la Tabla 5-3 se listan las herramientas utilizadas para la implementación del proceso de negocio del caso de estudio.

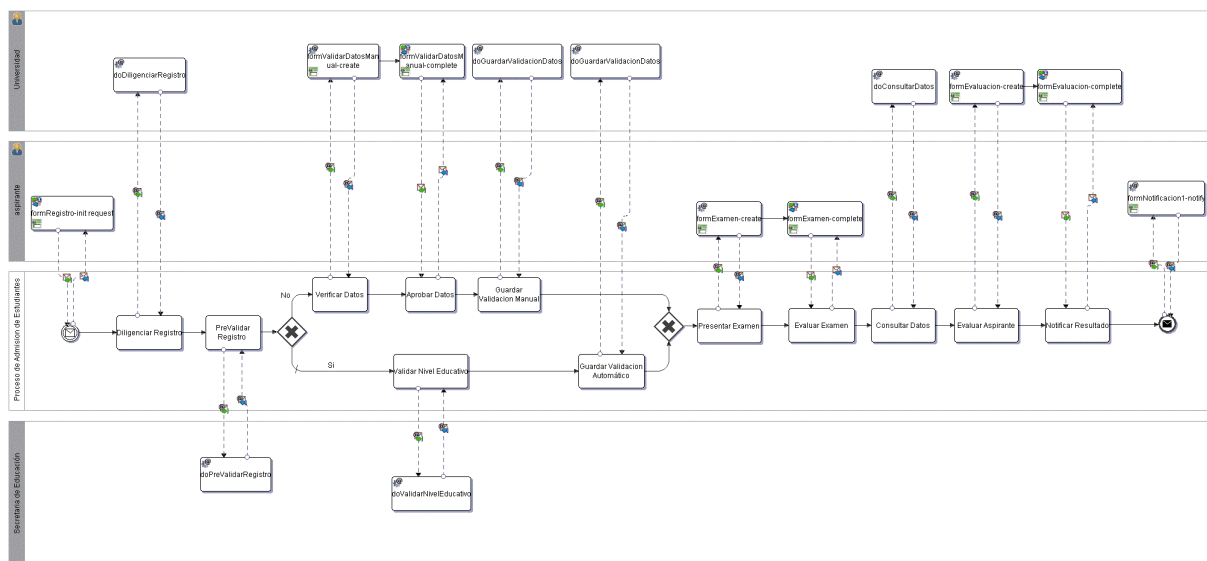
**Tabla 5-3:** Principales herramientas utilizadas para la implementación del proceso de negocio del caso de estudio.

No	Herramienta	Descripción
1	FeatureIDE, plug-in de Eclipse versión 2.5.1 para el desarrollo de software orientado a características.	Permite el diseño del modelo de características (Feature Model) de la línea de procesos de negocio.
2	Enterprise Architect versión 9.3 de Sparx Systems	Permite la edición del modelo SOA generado por medio de la transformación del modelo de procesos de negocio. Generación del código base de los servicios.
3	Netbeans version 7.2	Ambiente de desarrollo en tecnología Java para el desarrollo de aplicaciones. Utilizado para completar el código de los servicios generado por la herramienta Enterprise Architect. Generación de los instaladores de los Web Services.
4	Oracle GlassFish Server versión 3.1	Servidor de aplicaciones JEE6, utiliza JDK 1.7. Utilizado para instalar los Web Services del caso de estudio.

No	Herramienta	Descripción
5	Intalio Designer versión 6.5 build 6.5.1	Ambiente de desarrollo en tecnología Java basado en eclipse para la implementación de procesos basados en BPMN. Utilizada para orquestar los Web Services del proceso de negocio a partir del modelo de proceso de negocio generado por la transformación del modelo de características (Feature Model). Permite crear el proyecto que genera el instalador del proceso de negocio.
6	Intalio BPMS (Business Process Management System) versión 6.5 build 1 Community Edition	Servidor del motor de procesos de negocio. Permite instalar el proceso de negocio del caso de estudio. Provee un punto de acceso web a los actores para la ejecución del proceso de negocio de admisión de estudiantes a una universidad.

En la Figura 5-6 se ilustra el modelo de proceso de negocio obtenido por medio de la transformación del modelo de características al modelo de proceso de negocio propuesto en el presente trabajo de investigación, junto con la orquestación de los servicios para lograr la automatización del proceso de negocio del caso de estudio para la admisión de estudiantes a una universidad.

**Figura 5-6:** Orquestación de servicios del caso de estudio *Proceso de Admisión de Estudiantes a una Universidad* con Intalio|Designer versión 6.5 build 6.5.1



En el siguiente sitio web se ubican los artefactos de software necesarios para la instalación, configuración y ejecución del proceso de negocio del caso de estudio:

<https://sites.google.com/site/victormcardonam/bplsoa/bplsoa-casoestudio>

En la Figura 5-7, Figura 5-8, Figura 5-9, Figura 5-10 y Figura 5-11 se ilustran imágenes de los formularios involucrados en la ejecución del proceso de negocio de admisión de estudiantes a una universidad del caso de estudio. Los formularios fueron diseñados manualmente con base a la información identificada y listada en la Tabla 5-1 y Tabla 5-2 por el analista de negocio.

**Figura 5-7:** Formulario para diligenciar la solicitud de admisión a una universidad.

The image shows a web interface for 'intalio' with three navigation buttons: 'Tasks', 'Notifications', and 'Processes'. The main heading is 'Registro Solicitud de Admisión Universidad'. A note states: 'Nota: Los campos requeridos están marcados con un asterisco (\*).' The form section is titled 'Datos personales' and contains the following fields:

- Número de documento:** \* [Text input field]
- Nombres:** \* [Text input field]
- Apellidos:** \* [Text input field]
- Sexo:** \*  Masculino  Femenino
- Fecha de Nacimiento:** \* [Text input field with 'yyyy-MM-dd' placeholder and a calendar icon]
- Correo Electrónico:** \* [Text input field]



**Figura 5-8:** Formulario para validar manualmente los datos de la solicitud de admisión a una universidad.

**intalio** Tasks Notifications Processes

## Validación de Datos del Registro Solicitud de Admisión Universidad

**Nota:** Los campos requeridos están marcados con un asterisco (\*).

### Datos personales

**Número de documento:** \* 77553388

**Nombres:** \* Isabella

**Apellidos:** \* Guzman

**Sexo:** \*  Masculino  
 Femenino

**Fecha de Nacimiento:** \* 1993-11-10

**Correo Electrónico:** \* isabella@mail.com

### Educación

**Nivel educativo:** \* Profesional

**Institución:** \* Universidad Central

**Fecha de grado:** \* 2012-11-10

### Programa a Ingresar

**Programa:** \* Especializacion en Sist

### Verificacion correctitud datos

**Aprobado:** \*  SI  
 NO

Save Claim Revoke Complete

**Figura 5-9:** Formulario para presentar examen de admisión a una universidad.

**intalio** **Tasks** **Notifications** **Processes**

## Examen de Admisión Universidad

**Nota:** Los campos requeridos están marcados con un asterisco (\*).

### Datos Aspirante

**Número de documento:**

**Nombres:**

**Apellidos:**

### Escribir el objetivo que desea lograr para ingresar a la Universidad

**Save** **Claim** **Revoke** **Complete**

**Figura 5-10:** Formulario para aprobación final de la solicitud de admisión a una universidad.

**intalio** Tasks Notifications Processes

## Evaluación de Solicitud de Admisión Universidad

**Nota:** Los campos requeridos están marcados con un asterisco (\*).

### Datos Aspirante

**Número de documento:**

**Nombres:**

**Apellidos:**

### Educación

**Nivel educativo:**

**Institución:**

**Fecha de grado:**

**Es válido nivel educativo:**

### Objetivo que desea lograr el aspirante para ingresar a la Universidad

### Aprobación de solicitud de admisión

**! Aprobado: \***  SI  
 NO

Save Claim Revoke Complete

**Figura 5-11:** Formulario para notificar el resultado final de admisión de un aspirante a una universidad.

**intalio** Tasks **Notifications** Processes

## Notificación del resultado de admisión a la Universidad

---

### Datos Aspirante

<b>Número de documento:</b>	<input type="text" value="77553388"/>
<b>Nombres:</b>	<input type="text" value="Isabella"/>
<b>Apellidos:</b>	<input type="text" value="Guzman"/>

---

### Resultado Aprobación Admisión

<b>Admisión aprobada</b>	<input type="text" value="SI"/>
--------------------------	---------------------------------



## **Parte III. Contribuciones**



## 6. Contribuciones

### 6.1 Aportes

Los principales aportes realizados durante el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- Integración de los enfoques SPL, MDD y SOA en un modelo de proceso de software denominado BpISoa. Lo novedoso de la propuesta se traduce en que el modelo cubre las fases de análisis, diseño e implementación. A diferencia de otras propuestas referenciadas en el presente documento, la propuesta no se limitó a cubrir tan sólo una de las fases del ciclo de desarrollo de software.
- Descripción del modelo de proceso de software BpISoa por medio de SPEM. La especificación por medio del estándar SPEM facilita el entendimiento y puesta en práctica del modelo.
- Estrategia para el mapeo de un modelo de características (Feature Model) a un modelo de procesos de negocio basado en el estándar BPMN. El mapeo propuesto complementa el mapeo definido en [20], logrando cubrir la carencia que existía para generar de forma automática modelos de procesos de negocio basados en una secuencia de actividades. El mapeo descrito realiza un aporte significativo, ya que facilita la aplicación de transformaciones entre modelos para la producción de líneas de procesos de negocio.
- Implementación de la transformación de un modelo de características (Feature Model) a un modelo de procesos de negocio basado en BPMN.
- Implementación de la transformación de un modelo de procesos de negocio basado en BPMN a un modelo SOA basado en SoaML.
- El modelo del proceso de software BpISoa ha sido descrito y además puesto en práctica por medio de un caso de estudio.



En la Tabla 6-1 se describen los aportes realizados en el presente trabajo de investigación frente a los objetivos propuestos y las preguntas planteadas al inicio del proyecto.

**Tabla 6-1:** Aportes del proyecto frente a las preguntas de investigación formuladas y los objetivos planteados.

<p style="text-align: center;"><b>Pregunta</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivo</b></p>	<p>¿Cómo integrar SPL como mecanismo de reutilización sistemático y MDD como mecanismo de aumento de la productividad en un modelo de proceso de software para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA?</p>	<p>¿Cómo integrar herramientas existentes para soportar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA por medio de un modelo de proceso de software que integre SPL y MDD?</p>
<p>Facilitar la implementación de líneas de procesos de negocio orientadas a servicios.</p>	<p>La integración de los enfoques SPL y MDD se reflejó por medio de la identificación, descripción y coordinación de actividades específicas para el análisis, diseño e implementación de líneas de procesos de negocio por medio del proceso de software BpISoa.</p>	<p>La integración de herramientas es un medio por el cual se facilita la implementación de software, y la forma natural de hacerlo para la implementación de procesos de negocio basados en SOA es a través del uso y aplicación de estándares como BPMN, SoaML y Web Services</p>
<p>Diseñar un modelo de proceso de software por medio de SPEM [10] basado en SPL y MDD para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA.</p>	<p>El modelo de proceso de software BpISoa es el principal aporte del trabajo de investigación, mediante el cual se facilita la implementación de líneas de procesos de negocio, coordinando e integrando los principios de reutilización planeada y sistemática de SPL y los principios de alta productividad de MDD.</p> <p>El principio de reutilización de SPL es aplicado a las transformaciones entre modelos promovidas por el enfoque MDD para la derivación de procesos de negocio de la siguiente forma:</p>	<p>El principio de productividad de MDD integrado en el modelo de proceso de software BpISoa, es logrado por medio del uso y aplicación de transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código, BpISoa hace énfasis en la transformación de un modelo de características (Feature Model) a un modelo de procesos de negocio basado en BPMN, utilizando el indicador de secuencia propuesto, resultando en un aporte de gran valor por su contribución al avance del estudio del desarrollo de líneas de procesos de negocio.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Pregunta</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivo</b></p>	<p>¿Cómo integrar SPL como mecanismo de reutilización sistemático y MDD como mecanismo de aumento de la productividad en un modelo de proceso de software para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA?</p>	<p>¿Cómo integrar herramientas existentes para soportar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA por medio de un modelo de proceso de software que integre SPL y MDD?</p>
	<p>Reutilización de la transformación del modelo de características (Feature Model) al modelo de procesos de negocio en notación BPMN.</p> <p>Reutilización de la transformación del modelo de procesos de negocio BPMN a modelo SoaML</p> <p>Reutilización de servicios en la derivación de procesos de negocio.</p>	<p>La transformación permite integrar dos herramientas basadas en eclipse IDE, una con soporte al diseño de modelos de características (Feature Models) y otra con soporte a la edición de procesos de negocio basados en BPMN.</p>
<p>Identificar e integrar herramientas existentes basadas en estándares que soporten el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA.</p>	<p>Estándares para soporte de desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA, utilizados para la integración de herramientas en el proyecto de investigación:</p> <p>BPMN: Notación para el modelamiento de procesos de negocio.</p> <p>SoaML: Lenguaje de modelado de arquitecturas orientadas a servicios.</p>	<p>Las herramientas integradas para soportar la implementación de líneas de procesos de negocio a través del proceso de software BpISoa:</p> <p>FeatureIDE, framework open source basado en eclipse y editor BPMN de eclipse, por medio de la transformación de un modelo de características (.xml) a un modelo de procesos de negocio (.bpmn)</p> <p>Editor BPMN de eclipse y Enterprise Architect de Sparx System, por medio de la transformación de un modelo de procesos de negocio (.bpmn) a un modelo orientado a servicios basado en SoaML (.xml basado en XMI versión 1.1).</p>

<p style="text-align: center;"><b>Pregunta</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivo</b></p>	<p>¿Cómo integrar SPL como mecanismo de reutilización sistemático y MDD como mecanismo de aumento de la productividad en un modelo de proceso de software para facilitar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA?</p>	<p>¿Cómo integrar herramientas existentes para soportar el desarrollo de líneas de procesos de negocio basadas en SOA por medio de un modelo de proceso de software que integre SPL y MDD?</p>
<p>Aplicar el framework (Modelo y Herramientas) producto del trabajo de investigación en un caso de estudio para desarrollar una línea de procesos de negocio basada en SOA.</p>	<p>El desarrollo del caso de estudio, basado en una línea de procesos de negocio para la admisión de estudiantes a una universidad, guiado por el modelo de proceso de software propuesto denominado BplSoa, tiene las siguientes ventajas:</p> <p>Facilidad en la identificación de los requerimientos comunes y variables de la línea de procesos, a través del modelo de características (Feature Model).</p> <p>Facilidad en la automatización de procesos de negocio basados en SOA, mediante el modelamiento SOA a partir del modelamiento de los procesos de negocio.</p> <p>Análisis y diseño de servicios para su reutilización sistemática en la derivación de una línea de procesos de negocio.</p> <p>Aplicación de la transformación del modelo de características (Feature Model) al modelo de procesos de negocio BPMN, y de modelo de procesos de negocio BPMN a modelo SOA basado en SoaML.</p>	<p>El uso estándares permite el aprovechamiento de las herramientas disponibles. Para el caso de estudio se utilizaron las siguientes herramientas para su implementación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FeatureIDE basado en eclipse, para el modelamiento de características de la línea de procesos de negocio.</li> <li>▪ Intalio Designer versión 6.5 build 6.5.1, con soporte en notación BPMN para el modelamiento de procesos de negocio y orquestación de Web Services.</li> <li>▪ Enterprise Architect de Sparx System para el modelamiento de servicios basado en SoaML.</li> <li>▪ Intalio BPMS (Business Process Management System) versión 6.5 build 1 Community Edition para el despliegue y ejecución de procesos de negocio.</li> </ul> <p>Al aplicar estándares como BPMN y SoaML se brinda la posibilidad de utilizar diversas herramientas que soportan el estándar para el diseño y ejecución de procesos de negocio reutilizando los artefactos identificados en el ciclo de ingeniería de dominio del modelo de proceso de software propuesto BplSoa.</p>

## 6.2 Publicaciones

Durante el desarrollo de la tesis se realizaron las siguientes publicaciones.

### 6.2.1 CONTECSI

**Autores:** H. Duarte, V. Cardona.

**Título:** Interacción entre Líneas de Productos de Software, Arquitectura Dirigida por Modelos y Arquitecturas Orientadas a Servicio para una producción industrializada de Software.

**Conference:** 8th CONTECSI International Conference on Information Systems and Technology Management.

**Fecha:** June 1-3, 2011

**Lugar:** Universidad de Sao Paulo Brasil.

**URL:** <http://www.tecsi.fea.usp.br/eventos/contecsi2011/>

<http://www.tecsi.fea.usp.br/pastcontecsi/index.php/contecsi/article/view/2334>

**Abstract:** Nowadays a high percentage of the projects of software fail and the main reasons are the breach in the time of agreed development, the low quality of the product and the increasing complexity of the software. This situation raises the challenge of industrializing the software development to increase productivity and software quality. Different proposals have emerged which we can highlight the engineering of Software Product Lines - SPL and Model Driven Architecture - MDA that aim to solve the problem.

SPL and MDA achieve the reduction of the development times and increasing software quality through planned and systematic reuse of software artifacts and software modeling at different levels of abstraction, besides the automation of code generation from models independent from the platform of execution.

This paper takes the conceptual foundations of SPL and MDA, highlight the main areas, trends and current research and proposes the outlines of a Framework in which also incorporates the concept of Service Oriented Architecture - SOA, in order to support the development of product lines oriented to services.

## 6.2.2 AIJCR

**Autores:** H. Duarte, V. Cardona.

**Title:** Approach for the model driven development of business processes lines based on service oriented architectures

**Journal:** American International Journal of Contemporary Research.

ISSN 2162-139X (Print), ISSN 2162-142X (Online).

Vol. 3, No. 7

**Fecha:** Julio 2013

**URL:** <http://www.ajcrnet.com>

<http://www.ajcrnet.com/journal/index/500>

**Abstract:** Nowadays, organizations demand automation and flexibility of business processes for responding quickly to a great variety of emerging environmental changes. This need for flexible business processes demand systematic approaches to facilitate the implementation of business processes lines to cover effectively the growing needs of organizations. Two key factors in the design and implementation of agile business processes are reuse and productivity. This article describes a software process model called BplSoa (Business processes lines based on Service oriented architecture), which facilitates the development of business processes lines. The software process model mentioned describes systematically the steps required to implement business processes lines, emphasizing productivity through model-driven development and reuse through application of the principles of SPL (Software Product Lines).



# 7. Conclusiones y recomendaciones

## 7.1 Conclusiones

El reto de las organizaciones se encuentra en la alineación de la tecnología con sus estrategias y objetivos de negocio, y una forma de lograrlo es mediante el modelamiento, automatización, monitoreo y optimización constante de sus procesos de negocio. El estudio de las familias o líneas de procesos de negocio busca obtener ventajas como la alta productividad, bajo costo y alta calidad tanto en el análisis como en el diseño e implementación de líneas de procesos de negocio. Se han realizado avances y aportes para su estudio y maduración de procesos de desarrollo de líneas de procesos de negocio, pero aún se carece de procesos integrales que cubran el ciclo completo de desarrollo de las líneas de procesos de negocio. El presente trabajo de investigación describe BpISoa (Business processes lines based on Service oriented architectures), modelo de proceso de software que describe sistemáticamente los pasos necesarios para guiar a los equipos de desarrollo de software en la tarea de facilitar, analizar, diseñar e implementar líneas de procesos de negocio basadas en los principios de orientación a servicios, el principio de alta productividad de MDD mediante el uso y aplicación de transformaciones de modelo a modelo y de modelo a código, y los mecanismos de reutilización sistemática de SPL. El principal aporte de BpISoa es la búsqueda de la armonización de los principios proporcionados por los enfoques de MDD, SPL y SOA en un modelo de proceso de software para facilitar la implementación ágil de procesos de negocio. Particularmente, MDD aporta a BpISoa la capacidad de separar las preocupaciones de negocio y de tecnología [19], para que los modelos generados en las fases iniciales de arquitectura y diseño sean reutilizables para implementaciones en diferentes tecnologías. SPL a través de su naturaleza dual configura el resultado obtenido en la ingeniería de dominio, para que sea reutilizado en la derivación de miembros de una línea de procesos de negocio, logrando en el ciclo de ingeniería de aplicación reducción en los tiempos de implementación, y aumento de la calidad por

medio de la reutilización de artefactos utilizados previamente en la automatización de procesos de negocio. Adicionalmente, el trabajo de investigación propone un enfoque simple y novedoso para permitir la transformación automática de modelos de características (Feature Models) a modelos de procesos de negocio basados en BPMN, contribuyendo de esta forma al progreso del estudio de las líneas de procesos de negocio.

## 7.2 Trabajo futuro

Con base al resultado presentado en el trabajo de investigación y a los aportes descritos previamente, se identificaron las siguientes tareas para guiar el trabajo futuro.

- Uno de los retos actuales es la definición de la semántica de los modelos de características (Feature Models) [29], para estandarizar su representación y facilitar su intercambio y manipulación entre herramientas, en este sentido la implementación de la transformación de un modelo de características a un modelo de procesos de negocio propuesta y descrita en el capítulo 4, se debería realizar con base a una representación estándar de un modelo de características.
- Enriquecimiento del modelo de características (Feature Models), modelo de procesos de negocio y modelo SOA para facilitar la aplicación de transformaciones MDD para soportar la generación de código asociado a formularios para ingreso y salida de datos involucrados en la ejecución de procesos de negocio. La generación de código resultado asociado a formularios debería seguir un lenguaje estándar para promover la interoperabilidad entre tecnologías y herramientas que soporten diseño y desarrollo de formularios.





## Bibliografía

- [1] Hammer, M. and Champy, J. 1993. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. Harper Business, New York, NY.
- [2] Gopala Krishna Behara. BPM and SOA: A Strategic Alliance. BPTrends May 2006.
- [3] Clements P, Northrop L. Software Product Lines Practices and Patterns. Addison Wesley. 2002.
- [4] D.C. Schmidt. Model-driven engineering. In IEEE Computer Society, pages 25 – 31, Feb 2006.
- [5] Pohl Klaus, van der Linden Frank. Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques. Springer-Verlag, New York, Inc, USA. 2005.
- [6] Schnieders A, and Puhlmann F, “Variability mechanisms in e-business process families,” 9th International Conference on Business Information Systems (BIS 2006), 2006.
- [7] Luis Joyanes Aguilar, Miguel Sánchez, Ana Feroso García. A new MDA approach based on BPM and SOA to improve software development process. In Polytechnical Studies Review, volume VI, 2008.
- [8] Wim Bast, Anneke Kleppe, Jos Warmer. MDA Explained, The Model Driven Architecture: Practice and Promise. Addison-Wesley, 2003.
- [9] Kentaro Yoshimura Paul Jensen John D. McGregor, Dirk Muthig. Successful software product line practices. IEEE SOFTWARE, 27:16–21, 2010.

- [10] Software & Systems Process Engineering Metamodel.  
<http://www.omg.org/spec/SPEM/>
- [11] Weske, M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- [12] H. A. El-Ghareeb, A. M. Riad. Aligning Service Oriented Architecture and Business Process Management Systems to Achieve Business Agility. Egyptian informatics Journal, Cairo University, 2008, Vol. 9, Issue 1.
- [13] Flavio Mota Medeiros, Eduardo Santana de Almeida, Silvio Romero de Lemos Meira. Towards an Approach for Service-Oriented Product Line Architectures. 13th International Software Product Line Conference (SPLC). 2009.
- [14] Mohsen Asadi, Bardia Mohabbati, Nima Kaviani, Dragan Gasevic, Marko Boskovic, Marek Hatala. Model-Driven Development of Families of Service-Oriented Architectures. ACM International Conference Proceeding Series archive Proceedings of the First International Workshop on Feature-Oriented Software Development. Denver Colorado October 2009.
- [15] Eclipse Process Framework Project (EPF) <http://www.eclipse.org/epf/>
- [16] Jaejoon Lee Kwanwoo Lee, Kyo C. Kang. Concepts and guidelines of feature modeling for product line software engineering. In Software Reuse: Methods, Techniques, and Tools: Proceedings of the Seventh Reuse Conference ICSR7, pages 62–77. Springer-Verlag, 2002.
- [17] Business Process Model and Notation (BPMN) versión 2.0  
<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>
- [18] K. Lee, K.C. Kang, and J. Lee, "Concepts and Guidelines of Feature Modeling for Product Line Software Engineering", in Proc. ICSR, 2002, pp.62-77.

- [19] Service oriented architecture Modeling Language (SoaML) Specification, Version 1.0, Marzo de 2012. <http://www.omg.org/spec/SoaML/1.0/PDF>
- [20] Montero I, Pena J, Ruiz-Cortes A, "From Feature Models to Business Processes," in Proceedings of the IEEE International Conference on Services Computing Vol. 2, 2008. pp.605-608.
- [21] Delgado, A., García - Rodríguez de Guzmán, I., Ruiz, F., Piattini, M.: "Tool support for Service Oriented development from Business Processes", 2nd International Workshop on Model-Driven Service Engineering (MOSE'10), Málaga, Spain, June 2010.
- [22] Nicola Boffoli, Marta Cimitile, Fabrizio Maria Maggi, Giuseppe Visaggio. Managing SOA System Variation through Business Process Lines and Process Oriented Development. 13th International Software Product Line Conference (SPLC). August 24–28, 2009. San Francisco, CA, USA.
- [23] D. Batory. Feature models, grammars, and propositional formulas. In J. H. Obbink and K. Pohl, editors, SPLC, volume 3714 of Lecture Notes in Computer Science, pages 7–20. Springer, 2005.
- [24] FaMa (FeAture Model Analyser) es una herramienta para analizar modelos de características (feature models). Sitio Web de FaMa: <http://www.isa.us.es/fama/>  
Metamodelo de Feature Model de FaMa: <http://famats.googlecode.com/files/feature-model-schema.xsd>
- [25] Thomas Thüm, Christian Kästner, Fabian Benduhn, Jens Meinicke, Gunter Saake, and Thomas Leich. FeatureIDE: An Extensible Framework for Feature-Oriented Software Development. Science of Computer Programming, 2013. To appear; accepted 2012-06-07.

- [26] Thomas Erl, *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2005.
- [27] M. P. Papazoglou and W.-J. V. D. Heuvel, "Service-oriented design and development methodology," *International Journal of Web Engineering and Technology (IJWET)*, vol. 2, no. 4, pp. 412–442, 2006.
- [28] S. Carter, *The New Language of Business: SOA & Web 2.0*. IBM Press, 2007.
- [29] P. Schobbens, P. Heymans, J. Trigaux, and Y. Bontemps. Feature Diagrams: A Survey and A Formal Semantics. In *Proceedings of the 14th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE'06)*, Minneapolis, Minnesota, USA, September 2006.
- [30] Gómez Abel. Model driven software product line engineering: System variability view and process implications. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Computer Science. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politecnica de Valencia, España, Marzo, 2012.
- [31] Greenfield, J., Short, K., Cook, S. and Kent, S.: *Software Factories - Assembling Application with Patterns, Models, Frameworks and Tools*, Wiley Publishing, Indianapolis., 2006.
- [32] Picek Ruben. Suitability of Modern Software Development Methodologies for Model Driven Development. *JIOS (Journal of Information and Organizational Sciences)*, VOL. 33, NO. 2, 2009.
- [33] Selic, B. (2003).The Pragmatics of Model-Driven Development. In: *IEEE Software* 20.5, pages 19–25. issn: 0740-7459. doi: 10.110 9/MS.2003.1231146.