

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 3, CEIGE



Método para la descripción y validación de procesos de negocio de gestión empresarial basado en ontología

Trabajo final presentado en opción al título de Máster en Informática Avanzada

Autor: Ing. Olga Yarisbel Rojas Grass

Tutor: Dr. C. Nemury Silega Martínez

La Habana, 2018

“Año 60 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo Olga Yarisbel Rojas Grass, con carné de identidad 85022821154, soy la autora principal del trabajo final de maestría “Método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio de gestión empresarial”, desarrollado como parte de la Maestría en Informática Avanzada y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Ing. Olga Yarisbel Rojas Grass

Dr. C. Nemury Silega Martínez

Ha sido un largo camino para llegar hasta aquí, muchas veces creí que no llegaría este momento.

Doy gracias en primer lugar a todos los que de una forma u otra han estado pendiente y me han ayudado a llegar hasta aquí, para que no existan celos jajaja.

Agradezco especialmente a mi tutor, el Señor de las ontologías: Nemury, no tengo palabras para expresar su excelente desempeño como tutor y como persona, he aprendido muchas cosas de ti en este tiempo de investigación en la que hemos compartido, sobre todo he apreciado mucho tu sabiduría y buenos consejos.

Agradezco a mi familia, sobre todo a mis padres Olga y Omar con quienes quisiera poder pasar más tiempo, a mi hombrecito de 14 años Joseito, a mi esposo Víctor y a toda la familia por siempre estar pendientes de mí.

A mis amigos que han compartido buenos y malos momentos: Migue, Arletty, Nemury, Ivian, Yunet, Leidy, Yoandí y muchos más que no están cerca, pero los llevo en mi corazón.

A mis compañeros de trabajo Yoansy, Aneyvis, Yordani, Yisel, Mailín, Claudia, Ileana, Liannet, el equipo completo del proyecto Tecnotex y a todos los que de una forma u otra se han preocupado por mí.

Agradezco a la Revolución, a nuestro siempre Comandante Fidel, a esta Universidad y al claustro de la maestría por darme la oportunidad de continuar mi formación profesional.

A todos muchas gracias...

*A mis padres Olga y Omar por su ejemplo y dedicación a la familia,
a mi hijo de 14 años al que adoro con todo mi corazón, por él daría lo que fuera,
a mi esposo Víctor por estar presente en todo momento,
a mis hermanos Omarito y Danielito que los quiero un montón,
a la memoria de mis abuelos Inelva y Rigo,
a mis consentidores Vicente y Lili,
y a Magalys la abuelita de Vic por estar siempre pendiente de nosotros.*

A todos ustedes les dedico otro de los momentos más importantes de mi vida.

RESUMEN

Las organizaciones se enfrentan a procesos cada vez más grandes y complejos. Los modelos de procesos son clave para facilitar el entendimiento de los procesos en las organizaciones y en el diseño de sistemas de información. La etapa de modelado del negocio es crucial en el proceso de desarrollo de software, los errores que se producen en esta etapa pueden generar grandes consecuencias en la calidad de un sistema. Existen diversos estudios sobre la calidad del modelado de procesos de negocio y como resultado se han propuesto un conjunto de directrices, métricas y umbrales que consideran propiedades estructurales de los modelos. Estas propiedades pueden utilizarse para indicar si un modelo puede ser bien comprendido o si es potencialmente propenso a errores. La utilización de un lenguaje de modelado y la aplicación de las directrices no aseguran que los modelos que se obtienen cuenten con características de calidad deseables, sino que además es vital contar con herramientas que permitan verificarlo. El objetivo de esta investigación es definir un método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio de gestión empresarial, que propone la utilización y verificación del correcto uso de directrices prácticas durante el modelado. Para la validación de los resultados de la investigación, primero se validó la ontología, luego se verificó la hipótesis mediante un diseño experimental y se aplicó la técnica de ladov para medir la satisfacción de los usuarios sobre el método.

Palabras Clave: calidad, directrices prácticas, método, modelado de procesos, ontologías.

Abstract

Organizations face increasingly larger and more complex processes. Process models are key to facilitate the understanding of processes in organizations and in the design of information systems. The stage of modeling the business is crucial in the software development process, the errors that occur in this stage can generate great consequences in the quality of a system. There are several studies on the quality of business process modeling and, as a result, a set of guidelines, metrics and thresholds that consider the structural properties of the models have been proposed. These properties can be used to indicate whether a model can be well understood or is potentially prone to errors. The use of a modeling language and the application of the guidelines do not ensure that the models that are obtained have desirable quality characteristics, but it is also vital to have tools that allow verification. The objective of this research is to define a method based on ontology for the description and validation of business management business processes, which proposes the use and verification of the correct use of practical guidelines during modeling. For the validation of the

results of the research, the ontology was first validated, then the hypothesis was verified by an experimental design and the ladov technique was applied to measure the satisfaction of the users on the method.

Keywords: *quality, practical guidelines, method, process modeling, ontologies.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 8

 1.1 Modelado de procesos de negocio 8

 1.2 Lenguajes de modelado de procesos de negocio 10

 1.2.1 Análisis de lenguajes y notaciones utilizados en el desarrollo de software 11

 1.2.2 Notación para el modelado de procesos de negocio BPMN 16

 1.3 Buenas prácticas en el modelado de procesos 18

 1.3.1 Soporte de herramientas de modelado a las directrices prácticas 22

 1.4 Ontologías 23

 1.4.1 Aplicación de las ontologías en el modelado de procesos de negocio 25

CAPÍTULO 2. MÉTODO BASADO EN ONTOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN Y VALIDACIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO 29

 2.1 Directrices prácticas de modelado a utilizar en la solución 29

 2.2 Método basado en ontologías para la descripción y validación de procesos de negocio 32

 2.2.1 Principios y premisas del método 33

 2.2.2 Estructura del método 34

 2.2.3 Desarrollar el modelo ontológico para la descripción y validación de procesos de negocio 35

 2.2.4 Describir los procesos de negocio en la ontología 43

 2.2.5 Evaluar los modelos 47

CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 49

 3.1 Validación de la ontología 49

 3.1.1 Comprobación de las propiedades lógico formales 50

 3.1.2 Verificación del diseño mediante listas de chequeo 50

 3.1.3 Verificación de los requisitos mediante la ontología 51

 3.2 Diseño experimental para verificar la hipótesis de la investigación 54

 3.3 Aplicación de la técnica ladov 58

3.4 Incidencia del método en la detección de errores.....	60
CONCLUSIONES GENERALES.....	62
RECOMENDACIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXOS.....	71

Índice de tablas

Tabla 1. Elementos de la ontología.....	24
Tabla 2. Investigaciones que utilizan ontologías en el modelado de procesos.....	26
Tabla 3. Directrices prácticas de tamaño.....	30
Tabla 4. Directrices prácticas de morfología.....	32
Tabla 5. Creación de instancias en correspondencia a las clases de la ontología.....	44
Tabla 6. Descripción de las relaciones entre las instancias.....	45
Tabla 7. Lista de chequeo de errores comunes en el diseño de ontologías.....	51
Tabla 8. Instancias del caso de prueba.....	52
Tabla 9. Detección de errores por los analistas en los modelos.....	55
Tabla 10. Resultado arrojado con la utilización del método.....	57
Tabla 11. Cuadro lógico de ladov.....	59
Tabla 12. Escala de satisfacción.....	60

Índice de figuras

Figura 1. Estructura taxonómica de Directrices de calidad propuesta en (Oca, 2015).....	21
Figura 2. Grado de soporte para las directrices por las herramientas (Snoeck et al., 2015).....	22

Figura 3. Método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio. Fuente: elaboración propia	34
Figura 4. Modelo conceptual. Fuente: elaboración propia	38
Figura 5. Clases de la ontología. Fuente: elaboración propia	39
Figura 6. Axiomas de la clase “ProcesoProblemaDeTamaño”. Fuente: elaboración propia	40
Figura 7. Propiedades de objetos de la ontología. Fuente: elaboración propia	41
Figura 8. Subproceso Desarrollar modelo ontológico. Fuente: elaboración propia	43
Figura 9. Representación gráfica del Proceso1. Fuente: elaboración propia	44
Figura 10. Creación de las instancias de la clase Actividad.	45
Figura 11. Definición de las propiedades de objeto a las instancias de la clase Paso	46
Figura 12. Subproceso Describir los procesos de negocio en la ontología. Fuente: elaboración propia	47
Figura 13. Subproceso Evaluar los modelos. Fuente: elaboración propia	48
Figura 14. Vista general del sistema de validación. Fuente: elaboración propia.	49
Figura 15. Resultado del razonador Pellet para el caso de prueba de Proceso muy eficiente.....	53
Figura 16. Pasos del proceso Depósito. Fuente: elaboración propia.....	54
Figura 17. Diagrama de proceso de negocio de Operaciones bancarias con problemas	56
Figura 18. Resultado del razonamiento de Pellets para la métrica TSEE.....	57
Figura 19. Nivel de satisfacción. Fuente. Elaboración propia.....	60

INTRODUCCIÓN

El proceso de desarrollo de software es guiado por metodologías y modelos para la obtención de productos de software con calidad, que cumplan con las especificaciones planteadas por los clientes. La realización del modelado del negocio, durante las fases tempranas del desarrollo, contribuye a lograr una adecuada comprensión del problema y de su dominio, lo cual facilita la identificación, análisis y especificación de los requisitos de la solución. Un aspecto esencial en el modelado del negocio es la conceptualización de los objetos que intervienen o conforman el dominio de la aplicación (Mauricio Rojas C., 2010).

El modelado conceptual desde las décadas de 1970 y 1980 se ha convertido en un área de investigación en el campo de la Ingeniería de Software. La principal motivación para llevar a cabo la modelación conceptual y específicamente la modelación de los procesos de negocio, radica en reducir las posibilidades de desarrollar errores en la definición de los requisitos en las primeras fases del desarrollo de los sistemas de información (J. Mendling, 2010). Sin embargo, los grandes proyectos de documentación de procesos dependen en gran medida de principiantes y modeladores no expertos (Rosemann, 2006).

El modelado de negocio no es una tarea trivial, es necesario combinar la visión y el conocimiento de varias personas que participan y son afectadas por el proceso. El modelado involucra a expertos del dominio, interesados y analistas de procesos (Marlon Dumas, 2013). Los expertos del dominio enfocan su conocimiento en las actividades que realizan, este puede ser explícito o tácito. El conocimiento explícito es más simple de ser documentado y el tácito sobre el proceso representa un desafío mayor, pues es de difícil extracción y formalización (Júnior, 2016).

Las organizaciones se enfrentan a procesos cada vez más grandes y complejos, los modelos de procesos son clave para facilitar la comunicación en las organizaciones y en el diseño de sistemas de información (Ahmet Dikici, 2018). Barjis indaga sobre los problemas en el diseño durante el desarrollo de software, en especial para sistemas de alta complejidad como los Sistemas de Gestión Empresarial (Barjis, 2008), el pobre modelado de los procesos de negocio y su correspondencia con el diseño es un factor determinante en el fallo de los sistemas. Otros estudios (Mendling, 2009; Silega, 2014) complementan el de Barjis y afirman que es común la presencia de errores en los modelos de procesos de negocio.

Usualmente la calidad de los modelos producidos por modeladores principiantes es menos completa y carecen de flexibilidad e innovación (Leung F, 2005; Samira Si-Said, 2013). Esto se debe esencialmente a su incompetencia en el conocimiento del dominio y a la falta de experiencia en la utilización de métodos o herramientas. Existen evidencias de errores en modelos de procesos creados de la práctica, así como en la academia (Mendling et al., 2006; Oca, 2015), que los modeladores introducen sin comprender las implicaciones que estos pueden tener. Como consecuencia, los diseños de modelos de procesos de la etapa de documentación del negocio difícilmente pueden reutilizarse afectando etapas posteriores en el desarrollo de software.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se creó con un modelo de formación único, que relaciona la formación, con la investigación y la producción de software. En ella se encuentran adscritos los centros de desarrollo de productos y servicios a diferentes estructuras administrativas, que desarrollan actividades de I+D+i, propiciando la integración de los procesos de formación, producción e investigación, con un elevado nivel de compromiso, ética y profesionalidad. El proceso de desarrollo de software está evaluado con el Nivel II de CMMI¹, modelo para determinar y mejorar la capacidad de los procesos en las organizaciones, con el objetivo de que estas desarrollen productos de calidad de manera consistente y predecible.

Al no existir una metodología de software universal, ya que toda metodología debe ser adaptada a las características de cada proyecto, en la Universidad se decide hacer una variación de la metodología AUP², de forma tal que se adapte al ciclo de vida definido para la actividad productiva de la UCI. La metodología AUP-UCI consta de tres fases: Inicio, Ejecución y Cierre. En la segunda fase propone siete disciplinas y la primera de ellas es el Modelado del negocio, destinada a comprender los procesos de negocio de una organización. Esta disciplina plantea realizar una de las siguientes variantes para guiar el modelado: Casos

¹ Integración de Modelos de Madurez de Capacidades, por sus siglas en inglés, Capability Maturity Model Integration es un modelo para la mejora y evaluación de procesos para el desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de software.

² El Proceso Unificado Ágil de Scott Ambler o Agile Unified Process (AUP) en inglés es una versión simplificada del Proceso Unificado de Rational (RUP). Este describe de una manera simple y fácil de entender la forma de desarrollar aplicaciones de software.

de uso del negocio, Descripción de procesos de negocio y Modelo conceptual (Sánchez, 2015). En esta investigación es de particular interés la segunda variante.

Para conocer el estado actual del modelado de procesos utilizando la variante Descripción de Procesos de Negocio en el desarrollo de software, se realizó una encuesta a 16 analistas pertenecientes a cuatro proyectos del Centro de Informatización de Entidades (CEIGE) de la UCI. Este instrumento se aplicó con el propósito de identificar un conjunto de insuficiencias que existen en la realización del modelado de los procesos de negocio y son mencionadas a continuación:

- Las descripciones de procesos de negocio, así como su representación gráfica solo son validadas por los expertos del negocio y clientes, esta validación no asegura que los diagramas que muestran la información estén elaborados de manera correcta sintáctica y semánticamente.
- En la modelación de los procesos de negocio, no se aplican buenas prácticas o una guía, por lo que los elementos de la notación que se emplean para modelar varían entre un analista y otro, aumentando la heterogeneidad entre los modelos y por consiguiente su comprensión.
- Las reglas del negocio a pesar de ser descritas en un documento, en ocasiones son representadas en los Diagramas de Procesos de Negocio (DPN). No se tiene en cuenta que la especificación de reglas complejas a través de los elementos de la notación pueden llenar gran parte del diagrama y hacerlo ilegible (Hitpass, 2017a).

A partir de estas insuficiencias mencionadas, se realizó una revisión a 32 descripciones de procesos elaborados que se encuentran en un repositorio de documentación, correspondiente a tres proyectos de los que se han desarrollado en CEIGE. El análisis de esta observación confirma que de manera general presentan las siguientes deficiencias:

- Existen procesos complejos modelados en un solo DPN, por lo que el entendimiento del proceso se torna engorroso. El tamaño del modelo tiene efectos no deseados sobre la comprensión y la probabilidad de errores aumenta: mientras más grande es el modelo más difícil es su comprensión y existe una mayor probabilidad de error que en los modelos pequeños (J. Mendling, 2010).
- Las reglas del negocio son representadas en los diagramas de diferentes formas, de manera textual utilizando una anotación de texto, mediante la utilización de un evento de tiempo en caso de que la

restricción sea de tiempo o mediante una tarea. A partir de lo mencionado se evidencia la heterogeneidad en la representación de reglas del negocio en los diagramas.

- Se evidencia la incorrecta utilización de elementos de la notación, por lo que los modelos se vuelven ambiguos y no pueden ser reutilizados.
- Otro elemento a tener en cuenta es que las actividades representadas pueden presentar errores semánticos que visualmente o a través de una validación con los expertos del negocio no se detecten. En (Nemury Silega, 2014) se hace referencia a un proceso de negocio de gestión empresarial en el que se establece que luego de contabilizar un pago anticipado, este no se puede eliminar. Este escenario puede ser modelado en un DPN utilizando BPMN o un diagrama de actividad en UML, pero contiene un error semántico sobre el proceso de negocio modelado que puede resultar desapercibido por los modeladores.
- La heterogeneidad que existe en los modelos evidencia que no se aplican pautas o buenas prácticas durante la realización de los diagramas.

A partir de los problemas detectados en los DPN, es probable la existencia de errores en la modelación y que estos se hayan propagado a etapas posteriores en el desarrollo de software. Los modelos creados al presentar errores y *no estar descritos correctamente* se vuelven incomprensibles por nuevos analistas, haciendo que su reutilización sea nula. Este problema exige la creación de descripciones y DPN desde cero, cuando surge un nuevo desarrollo de un sistema con un negocio similar al de otro que ya se haya desarrollado. Además, el equipo de análisis debe invertir nuevamente tiempo y esfuerzo realizando la misma actividad una y otra vez.

La situación problemática antes descrita permite formular el siguiente **problema de la investigación**:

¿Cómo aumentar la cantidad de errores detectados en los modelos de procesos de negocio de gestión empresarial en etapas tempranas del desarrollo de software?

A partir del problema de la investigación antes planteado se define como **objeto de estudio**: el modelado de procesos de negocio.

Para ello se identifica como **campo de acción**: la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial.

Objetivo general: Definir un método basado en ontología para la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial en la etapa inicial del proceso de desarrollo de software.

- Elaborar el marco teórico de la investigación relacionado con las principales tendencias sobre el modelado de procesos de negocio, descripción y validación.
- Desarrollar una ontología para la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial.
- Elaborar un método basado en ontologías para la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial.
- Validar la investigación a través de la aplicación de varios métodos científicos.

Hipótesis:

La aplicación de un método basado en ontología para la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial, aumentará la cantidad de errores detectados en los modelos de procesos de negocio de gestión empresarial en etapas tempranas del desarrollo de software.

Métodos Teóricos:

Analítico – sintético: se utiliza para la descomposición del problema de investigación en elementos por separado para la comprensión de su funcionamiento. En este caso se analiza cómo se realiza el modelado de procesos de negocio de gestión empresarial, los lenguajes que se emplean para su representación y cómo son validados estos modelos. La síntesis permite la unión de las partes previamente analizadas, descubriendo las relaciones que existen entre estas e identificar qué se debe tener en cuenta para la propuesta de solución.

Inductivo – deductivo: la inducción permite realizar un razonamiento que parte de lo particular a lo general, en el resultado final se evidencia lo común que existe en cada bibliografía estudiada. Luego a través de los conocimientos adquiridos durante la observación realizada se infieren otros conocimientos lógicos.

Hipotético – deductivo: este método se utiliza para la definición y verificación de la hipótesis de la investigación y en la inferencia de las conclusiones que se realizan en el desarrollo del trabajo. Permite inferir nuevas investigaciones a partir de los resultados obtenidos.

Análisis histórico – lógico: se utiliza para identificar las tendencias actuales en relación a las descripciones y validaciones de los procesos de negocio durante el proceso de desarrollo de software, permitiendo conocer y estudiar los autores más reconocidos y los trabajos realizados con mayor relevancia hasta el momento, vinculados con el tema de investigación.

Modelación: se emplea con el propósito de descubrir nuevos conocimientos, utilizando diagramas y figuras que representan los resultados de la investigación y ayudan a comprender los mismos.

Métodos Empíricos:

Análisis documental: se utilizó en la revisión de la literatura especializada para extraer la información necesaria para obtener los referentes teóricos y conceptuales de la investigación.

Entrevista: se aplica a analistas de procesos de negocio con el objetivo de conocer cómo realizan el modelado de negocio, que productos de trabajo o artefactos generan y cómo es validado.

Encuesta: se instrumenta en las etapas de diagnóstico y validación de los resultados de la investigación. Durante el diagnóstico se aplicó con el propósito de obtener información sobre el estado actual del objeto de estudio. En la etapa de validación se recolectan los datos necesarios para la aplicación de métodos.

Diseño experimental: Se usó para verificar la hipótesis de la investigación a partir del estudio del objeto en condiciones adaptadas por el investigador para el esclarecimiento de sus propiedades y relaciones.

Aporte práctico:

El desarrollo del trabajo tiene como aporte la obtención de un método basado en ontología para la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial, teniendo en cuenta elementos estructurales de los modelos. Se describen los pasos para la creación de la ontología, la cual verifica que los modelos de procesos cumplen con un conjunto de directrices prácticas que permiten mejorar su comprensión, reduciendo la complejidad y la probabilidad de errores en los modelos. Se define un método que su aplicación y resultado se corresponde con detectar errores en los modelos de procesos de negocio y poder corregirlos en la etapa inicial del desarrollo de software.

Estructura de la tesis: El documento de tesis está estructurado, en resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Introducción: se fundamenta el valor científico del problema y se recoge el diseño teórico y metodológico de la investigación.

En el **Capítulo I** se exponen los fundamentos teóricos referenciales en relación al modelado de los procesos de negocio. Se realiza un análisis de los lenguajes utilizados para representar los modelos de procesos, se analizan un conjunto de buenas prácticas de modelado y características de calidad publicadas en la literatura científica. También se justifican las razones por las cuales se decide definir un método basado en ontologías y directrices prácticas para la descripción y validación de los procesos de negocio.

En el **Capítulo II** se define el método basado en ontología para la descripción y validación de los procesos de negocio teniendo en cuenta un conjunto de directrices prácticas previamente seleccionadas. Además, se desarrolla el modelo ontológico explicando cada uno de los pasos para su construcción según la metodología seleccionada.

En el **Capítulo III** se realiza la validación de la investigación. El modelo ontológico diseñado es validado mediante las comprobaciones lógicas formales, una lista de chequeo y un conjunto de casos de prueba que responden a las preguntas de competencia del documento de requisitos de la ontología. Luego se aplica la técnica de ladov y se realiza un diseño experimental para la validación de la variable de la investigación.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Introducción

En este capítulo se desarrolla el marco conceptual de la investigación, analizando varias definiciones sobre el modelado de procesos de negocio en el proceso de desarrollo de software. También se realiza el análisis de trabajos vinculados al objetivo de la investigación.

1.1 Modelado de procesos de negocio

El modelado es un conjunto de metodologías, técnicas, lenguajes y herramientas que auxilian la creación de los modelos de procesos, disminuyendo el esfuerzo y el riesgo de error de modelado (Weske, 2007). Existen aspectos que influyen en el modelado de procesos de negocio como: el propósito del modelo, el modelado del dominio, el lenguaje de modelado que se utiliza, la representación visual de los modelos, la complejidad de los procesos y los factores personales del modelador (Júnior, 2016).

Hitpass define un proceso como *“Una concatenación lógica de actividades que cumplen un determinado fin, a través del tiempo y lugar, impulsadas por eventos”* (Hitpass, 2017b).

Esta definición contiene los principales elementos que describen un proceso (Hitpass, 2017b):

- Los eventos son ocurrencias externas que inician un proceso, algo tiene que ocurrir y el proceso reacciona ante el suceso.
- El proceso debe cumplir un determinado fin, en las ciencias económicas, destinado a producir bienes y servicios.
- A diferencia de los eventos, las actividades en un proceso consumen tiempo y recursos. Una actividad se puede definir como una acción sobre un objeto.
- Las actividades en un proceso están encadenadas a través de una secuencia lógica que determinan en su conjunto las condiciones del negocio.

Los elementos descritos anteriormente representan en su conjunto a los procesos y están contenidos en la mayoría de las notaciones para modelarlos. El modelado de los procesos de negocio se realiza con el

propósito de modelar los procesos de negocio de las empresas y se utilizan en el desarrollo de sistemas de información (Krogstie, 2012). Varios autores han abordado la definición de procesos de negocio en la literatura científica, entre los que se encuentran:

“Un proceso de negocio es un grupo de tareas relacionadas lógicamente que se llevan a cabo en una determinada secuencia y manera, que emplean los recursos de la organización para dar resultados en apoyo a sus objetivos” (González, 2005).

“Los procesos de negocio contienen actividades cuya ejecución coordinada realiza algún objetivo de negocio. Estas actividades pueden ser actividades de sistema, actividades de interacción de usuario o actividades manuales” (OMG, 2009; Silega, 2014).

En (Hitpass, 2017b), *“un proceso de negocio es un conjunto de actividades, que impulsadas por eventos y ejecutándolas en una cierta secuencia, crean valor para un cliente interno o externo”.*

Este último concepto resulta interesante, reiterando que los eventos impulsan la realización de actividades en un determinado orden creando valor para el cliente, donde el proceso finalmente cumple su objetivo. Este autor especifica que un proceso de negocio, no puede ser confundido con una función propia de algún proceso y se debe ser cuidadoso en la descripción textual del mismo para que no sea definido de manera errónea en su identificación. Para ello propone como punto inicial realizar un análisis del contexto. Se debe hacer un listado de todos los eventos iniciados por el cliente, que finalmente el resultado de la ejecución del proceso sea la obtención de un producto o servicio para ese cliente.

El modelado de procesos de negocio consiste en la descripción y visualización de los procesos por medio de un modelo que los represente de manera formal o informal o en la forma de un gráfico o diagrama. Este se considera una parte esencial para comprender y estructurar las actividades que una organización realiza para lograr sus metas. Aunque la modelación de procesos de negocio tiene varios años de desarrollo, las investigaciones sobre los aspectos relacionados con su calidad son relativamente recientes (J. Mendling, 2010).

El modelado de procesos de negocio recibe cada vez más atención, fundamentalmente en las áreas de mejora de procesos y en el desarrollo de software (Silega, 2014). La mejora de procesos se utiliza para que

las empresas diseñen, analicen y mejoren los procesos que ejecutan (Dianelys Nogueira, 2004). En el desarrollo de software es un artefacto de inicio, que es imprescindible para que el equipo de desarrollo entienda el funcionamiento del negocio y la especificación de los requisitos globales que el futuro sistema debe satisfacer (M. S. Isel Moreno Montes de Oca, Hajo A. Reijersc, Abel Rodríguez Morffi, 2015; Jean Carlos Guzmán, 2013; Méndez & Urrutia, 2016). El modelado de procesos facilita la comprensión de los procesos de negocio en las organizaciones y en los equipos que desarrollan soluciones para apoyar a estos procesos.

El objetivo de cualquier actividad de modelado es lograr una completa y exacta comprensibilidad del dominio dentro del marco de un problema a resolver (James Nelson, 2012). El impacto de propiedades estructurales de los elementos gráficos en relación a la comprensibilidad del modelo, se relacionan directamente con la calidad y se ha referido que la consideración de propiedades estructurales, puede ser utilizada para indicar que un modelo es apropiado para ser bien comprendido o si es potencialmente propenso a errores (J. Mendling, 2010). Esta investigación está enfocada en el logro de una correcta descripción y validación de los procesos de negocio, considerando las propiedades estructurales que deben cumplir los modelos. En este sentido resulta crucial la adopción de lenguajes para el modelado que permitan describir los conceptos claves del negocio, así como facilitar su validación. A continuación, se analizan un conjunto de lenguajes, que se han utilizado para la representación de los procesos de negocio a través de un DPN.

1.2 Lenguajes de modelado de procesos de negocio

Los lenguajes de modelado definen los elementos del proceso y su significado, su utilización permite estandarizar el conocimiento y facilitar la comprensión e interpretación de los mismos por parte de los expertos del negocio, interesados, analistas de procesos y el equipo de desarrollo. Los lenguajes para el modelado de procesos de negocio pueden clasificarse en dos grupos: formales y no formales (Silega, 2014).

Las técnicas de modelado formales se sustentan sobre bases matemáticas, que permiten la validación del modelo obtenido tanto sintáctica como semánticamente, asegurando en mayor grado la ausencia de errores. Su principal desventaja, es que son técnicas que requieren más conocimiento o aprendizaje por parte de la persona que modela los procesos. Las técnicas no formales son más fáciles y comprensibles porque no están ligadas a restricciones matemáticas. Su principal desventaja es no poder verificar formalmente los modelos obtenidos, por lo que suelen contener errores. Estos errores se pueden propagar a fases

posteriores del desarrollo donde su solución es más costosa y requiere mayor esfuerzo. Los lenguajes sin semántica formal son susceptibles de ser inherentemente ambiguos (Orúe, 2009).

En investigaciones realizadas se evidencia la existencia y utilización de varios lenguajes para modelar los procesos de negocio como: el Lenguaje de Modelado Unificado (UML) mediante diagramas de actividad (DA), IDEF0 e IDEF3, EPC³, el Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN), las Redes de Petri (PN⁴), YAWL y XPDL⁵ (Ahmet Dikici, 2018; Corradini et al., 2017; Estupiñan, 2014; Gabryelczyk & Jurczuk, 2017; Gassen, Mendling, Bouzeghoub, Thom, & de Oliveira, 2017; M. S. Isel Moreno Montes de Oca, Hajo A. Reijersc, Abel Rodríguez Morffi, 2015; Jesús Sánchez Cuadrado, 2014; R. B. S. López, Miguel, & Gurrola, 2013; Nemury Silega, 2014; Orúe, 2009; Pawel Pawlewski, 2014; Reyes García, 2016; Weske, 2007; Yuiet Espinosa, 2013). En este trabajo son de interés aquellos que han sido utilizados en las etapas tempranas del desarrollo de software.

1.2.1 Análisis de lenguajes y notaciones utilizados en el desarrollo de software

En el proceso de desarrollo de software para realizar el modelado de procesos de negocio se destaca la utilización de los diagramas de actividad de UML, IDEF0 e IDEF3, BPMN y YAWL (Orozco & Cecilia, 2015). A continuación, se realiza un análisis sobre las características de estos lenguajes, sus ventajas y desventajas.

IDEF0 e IDEF3

IDEF (*Integrated Definition for Function Modeling*) es una familia de técnicas de modelamiento, que ofrece una serie de modelos para modelar datos, funciones, procesos, recursos, simulación y otros. Sus inicios se remontan a principios de los años 70 desarrollado para la Fuerza Aérea Estadounidense bajo el nombre

³ Una Cadena de Procesos Impulsada por Eventos, en inglés *Event-driven Process Chain* (EPC) es un tipo de diagrama de flujo utilizado para el Modelado de Procesos de Negocio.

⁴ Las Redes de Petri son una representación matemática o gráfica de un sistema a eventos discretos, el formalismo de las Redes de Petri, resulta difícil de comprender para usuarios inexpertos (Hermida, Rodríguez, Padrón, Domas, & López, 2016). Este tipo de representación es utilizado en la Minería de Procesos.

⁵ XPDL, en inglés XML Process Definition Language, es un formato de archivo basado en XML que puede ser usado para intercambiar modelos de procesos de negocio entre distintas herramientas.

inicial de ICAM (*Integrated Computer Aided Manufacturing*) (Hitpass, Freund, & Rucker, 2017). La familia IDEF, consiste en un gran número de técnicas, entre las cuales se destaca IDEF0 e IDEF3, que están relacionadas a la descripción de los procesos de negocio.

IDEF0

Las principales ventajas de este lenguaje son:

- Modela las decisiones, acciones y actividades de una organización u otro sistema, y representa la perspectiva funcional de modelado.
- Permite describir los procesos y sus interfaces, así como elaborar la documentación que permita el seguimiento en sus etapas de desarrollo.
- Incorpora en el flujo los datos que entran y salen de las actividades, así como las reglas del negocio y los actores en la misma vista.

Desventajas:

- La representación estática de sus diagramas no permite visualizar el modelado de las perspectivas de comportamiento o de información.
- El cumplimiento riguroso de las reglas de modelado IDEF0 conlleva en ocasiones a una excesiva jerarquización y complejidad en la representación de los procesos.
- Resulta demasiado laborioso para utilizarlos en el diseño de sistemas de gestión.
- No permite definir responsabilidades fácilmente.
- Limitado en la simbología, el único símbolo utilizado es una caja rectangular que representa una actividad o función.

Para vencer dichas limitaciones, se desarrolló **IDEF3** que tiene como ventajas:

- Describir a los procesos como secuencias ordenadas de hechos o actividades, representando el cómo, y mostrando la visión dinámica de los procesos.
- Es una técnica de modelación para representar el flujo de trabajo de un proceso, así como sus objetos participantes a partir de la descripción dada por un experto.

La principal desventaja que presenta es que:

- Es un lenguaje que ofrece un enfoque centrado al flujo de los datos.

El uso de técnicas orientadas al flujo de datos se están empleando cada vez menos, de hecho actualmente para la especificación de desarrollo de sistemas se utilizan los diferentes diagramas de UML (Hitpass, 2017a).

YAWL

El lenguaje de modelado de procesos YAWL (*Yet Another Workflow Language*) se desarrolló con el propósito de soportar todos los patrones de control de flujo. Está basado en redes de flujo de trabajo, toma las redes de Petri como punto de partida y agrega mecanismos que permiten un soporte más directo e intuitivo de los patrones de flujo de trabajo (Van Der Aalst & Ter Hofstede, 2005). El lenguaje y el sistema que lo soporta es mantenido por investigadores de la Universidad Eindhoven de Tecnología y la Universidad Queensland de Tecnología. La semántica de ejecución de las instancias de los procesos se especifica mediante transiciones de estado. Tiene como principales ventajas (Silega, 2014):

- Soporta todos los patrones de control de flujo.
- La representación gráfica de los modelos de procesos es muy similar a las redes de flujos de trabajo por lo que las personas familiarizadas con estas pueden utilizar YAWL inmediatamente.
- Su semántica de ejecución está basada en sistemas de transición de estado.
- Su propiedad formal evita especificaciones ambiguas y facilita la verificación automatizada.
- Está soportado por un sistema que facilita tanto su representación gráfica como su ejecución.
- Es considerado el lenguaje más expresivo para capturar dependencias de control de flujo.
- Las especificaciones en YAWL pueden ser fácilmente ejecutadas y desplegadas directamente por el motor de YAWL.

Desventajas:

- Existen pocas herramientas que le ofrecen soporte.

- Es complejo de utilizar, debido a su origen académico se requiere mucho conocimiento técnico por parte de los usuarios para dominar el lenguaje YAWL y utilizar el sistema YAWL.
- La interacción con componentes de software es limitada.
- No es conocido por los desarrolladores.
- A pesar de ser un modelo altamente expresivo, la mayor desventaja que tiene es que su edición gráfica tiene menos legibilidad (Llatas, 2009).

BPMN

Esta notación surge en el 2004 creada por BPMI⁶, como un estándar para la descripción de procesos de negocios. Uno de sus objetivos fue la unificación de diferentes lenguajes. Debido a su aprobación por la comunidad académica y su utilización en la industria, en el 2008 el OMG⁷ publicó la versión 1.1 y en el 2011 la versión 2.0. BPMN define un modelo de procesos de negocio basándose en diagramas de flujo (Hitpass, 2017a).

- Fácilmente entendible tanto por expertos del negocio como desarrolladores de software.
- Estándar de facto para el modelado de procesos de negocio y ampliamente conocido por los desarrolladores de software.
- El objetivo primario de BPMN es proveer una notación que sea legible y entendible para todos los usuarios de negocios y analistas.
- El segundo objetivo, es asegurar que los lenguajes XML (*Extensible Markup Language*) diseñados para la ejecución de procesos de negocios puedan ser expresados gráficamente con una notación común (una notación orientada al negocio).
- Es un lenguaje semi-formal.
- Contiene un metamodelo para intercambiar modelos entre herramientas.

⁶ Por sus siglas en inglés, *Business Process Management Initiative*, organización que inicialmente desarrolló BPMN.

⁷ Por sus siglas en inglés, *Object Management Group*, es un consorcio formado por diversas compañías y organizaciones sin fines de lucro dedicado al cuidado y el establecimiento de diversos estándares de tecnologías.

- BPMN es uno de los lenguajes que más patrones de *workflow*⁸ (flujos de trabajo) soporta. Es de fácil comprensión para las personas de negocio y junto a UML 2.0 se encuentra dentro de los más aceptados. En la actualidad existe mucho análisis y discusión como estándares para la modelación, aunque finalmente los criterios apuntan a que BPMN es el lenguaje más aceptado, por su fuerte representación de la actividad humana en los flujos de trabajo y en su entendimiento por las personas en el área de negocio (Marbys Marante, 2010).

Desventajas:

- La interpretación de este lenguaje no es directa, ya que no fue pensado para ser ejecutado. En este caso se debe realizar una traducción para la creación de modelos de ejecución basados en BPMN.
- Tiene problema para expresar los patrones de flujo de trabajo: discriminación estructurada, rutina paralela entrelazada y los patrones de hito.
- Permite representar las reglas del negocio, pero de ser modeladas en los DPN pueden dificultar la comprensión de los modelos (Hitpass, 2017a).

UML 2.0 Diagrama de Actividad (DA)

El Diagrama de Actividad es uno de los tres diagramas de UML utilizados para la descripción del comportamiento dinámico de un sistema. Tiene como principales ventajas:

- Soportado por numerosas herramientas de modelado de software.
- Es ampliamente conocido por los desarrolladores de software.
- Se integra con el resto de los modelos de UML, el cual es un lenguaje consolidado y considerado el estándar de facto para el modelado de software.
- Los diagramas de actividad son utilizados para describir gráficamente las secuencias de realización de las actividades.

⁸ Los patrones de flujos de trabajo tratan aspectos operacionales sobre la ejecución de procesos (van Der Aalst, Ter Hofstede, Kiepuszewski, & Barros, 2003).

Desventajas:

- En cuanto a la expresividad este diagrama es ligeramente inferior al que se representa con BPMN, además de los patrones que este no cumple, los DA no soportan la definición del patrón fusión sincronizada.
- Al igual que BPMN, a pesar de ser un lenguaje de representación estándar muy usado, no tiene un formato de fichero estándar que le dé la formalidad suficiente, ni puede ser interpretado directamente.
- Ofrece un enfoque orientado a objetos para modelar aplicaciones.
- Está más orientado al desarrollo del software, lo que lo hace más difícil de entender por los expertos del dominio.

La mayor debilidad de las notaciones comparadas con BPMN, es la insuficiencia estructural para modelar la lógica entre los participantes autónomos de los procesos, es decir de modelar la colaboración entre los procesos. Encuestas realizadas muestran un rápido crecimiento en la utilización de BPMN y junto a ello una disminución en el uso de otras técnicas (Hitpass, Freund, & Rucker, 2014). La principal razón es que BPMN se ha convertido en un **estándar oficial** de la industria para modelar procesos, es apoyado por casi todos los grandes fabricantes y proveedores de tecnologías a nivel mundial. También en el ámbito científico y académico en BPMN se están desarrollando cada día más proyectos de investigación (Hitpass, 2017a). Atendiendo a estos elementos BPMN resulta de interés para esta investigación y por lo tanto se realiza una revisión más detallada.

1.2.2 Notación para el modelado de procesos de negocio BPMN

BPMN proporciona cuatro categorías básicas que permiten modelar los procesos de negocios. Estas categorías son de fácil comprensión y reconocimiento y pueden estar sujetas a variaciones. Los modelos de procesos BPMN son utilizados como un repositorio de conocimiento sobre los procesos de una organización (Reyes García, 2016). Las cuatro categorías fundamentales son:

- Objetos de flujo: esta categoría incluye eventos, actividades y compuertas. Los eventos consisten en un suceso durante el curso del proceso de negocio. Afectan al flujo de proceso. Normalmente tienen una causa (disparador) o un impacto (resultado). Dependiendo de cuando afectan al flujo

serán eventos iniciales, intermedios o finales. Las actividades son términos genéricos para el trabajo que realiza una empresa. Pueden ser atómicas (tareas) o compuestas (sub-procesos). Las compuertas, por último, se utilizan para controlar la convergencia o divergencia de flujos. Representan una decisión para dividir o unir caminos.

- **Objetos conectores:** consisten en las líneas que conectan los elementos del diagrama a través de flujos de secuencia (conectan elementos del mismo pool), flujos de mensajes (conectan elementos de diferentes pools), y asociaciones (ayudan a esclarecer las entradas y salidas).
- **Contenedores:** estos componentes se usan para segmentar el diagrama en áreas que contienen una sucesión de actividades relacionadas por los flujos de secuencia con el objetivo de ilustrar capacidades funcionales distintas o responsabilidades. BPMN da soporte a dos construcciones principales, estas son:
 - **Pool:** actúa como contenedor gráfico para segmentar un conjunto de actividades representando una organización o proceso.
 - **Lanes:** Es una sub-partición dentro de un pool que se extiende a lo largo de este. Se utilizan para representar roles o departamentos en una organización, no a personas concretas.
- **Artefactos:** Los artefactos son elementos que ayudan a enriquecer el modelo, de modo que el lector pueda entender mejor el contexto de las actividades y acciones que se representan en el mismo.

Entre las principales ventajas que posee BPMN identificadas en los trabajos (Estupiñan, 2014; Fuentes, Ricet, Oca, & García, 2018; Silega, 2014) se encuentran:

- Fácilmente entendible tanto por expertos del negocio, interesados, analistas y equipo de desarrollo.
- Consolida las mejores prácticas en el modelado de procesos de negocio portadas por otros estándares que le precedieron. Se ha convertido en el estándar internacional para modelar procesos.
- Se concibe como una herramienta genérica, independiente de cualquier metodología, herramienta de modelado o plataforma de implementación, de procesos de negocio.
- Facilita el modelado de procesos de forma unificada y estandarizada, que permite la comprensión a todas las personas involucradas, disminuyendo la brecha de comunicación entre el diseño de los procesos de negocio y su implementación práctica.
- Soporta un mayor número de patrones *workflow*.

- Es compatible con el Lenguaje de Definición de Procesos en XML (XPDL), además permite transformaciones directas al nivel de implementación en servicios web con el Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocio (BPEL⁹).

Existen varios lenguajes para representar procesos, sin embargo, el estándar industrial indiscutible actual es BPMN (Allweyer, 2016; Hitpass, 2017a). El propósito de su desarrollo fue proveer una notación fácilmente entendible por todos los usuarios, creando así un puente entre el diseño del proceso de negocio y su implementación tecnológica (Marugán Cancio, 2018). La modelación de los DPN utilizando BPMN y el creciente interés en esta notación lo convierte en un significativo estándar en el modelado de procesos de negocio en el sector empresarial y en el desarrollo de software. Este estándar se utilizará en el desarrollo de la presente investigación, porque permite modelar los procesos de negocio con una mayor comprensibilidad y entendimiento entre los involucrados en la etapa inicial del desarrollo de software.

La utilización de un lenguaje de modelado no asegura que los modelos que se obtienen cuenten con características de calidad deseables que permitan analizar su mejora o guiar la construcción del software (Delgado & Calegari, 2014). Para ello es necesario tener presente un conjunto de buenas prácticas que permitan homogeneizar los modelos y alcanzar mayores niveles de calidad. A continuación, se describe la relevancia que ha tenido la utilización de buenas prácticas para mejorar y construir DPN con mayor calidad.

1.3 Buenas prácticas en el modelado de procesos

El modelado de procesos de negocio ha devenido en un área de investigación dentro del modelado conceptual en el desarrollo de software (Islay Davies, 2006). Obtener modelos de procesos de negocio con alta calidad y que sean comprensibles ha sido de interés de varios investigadores en la comunidad científica. En la literatura se diferencian fundamentalmente cuatro flujos de trabajo relacionados con particularidades de calidad para la modelación conceptual de procesos (J. Mendling, 2010): marcos de trabajo de calidad, propuestas de buenas prácticas para mejorar la modelación, métricas de calidad y experimentos empíricos relacionados con la práctica de la modelación. De estos, las buenas prácticas se inspiran y orientan hacia la mejora de la modelación de procesos de negocio en la industria. Ellas suponen su adopción tanto por

⁹ Por sus siglas en inglés, Business Process Execution Language for Web Services.

académicos como por modeladores en el ejercicio diario de modelación de procesos de negocio (A. R. M. Isel Moreno Montes de Oca, Monique Snoeck, et al, 2014).

Se han propuesto un conjunto de buenas prácticas a tener presente en el modelado de procesos de negocio, fundamentalmente enfocadas a lograr una mayor comprensión de los modelos (Corradini et al., 2017; J. Mendling, 2010; Moreno-Montes de Oca & Snoeck, 2014). La utilización de estas buenas prácticas durante el modelado disminuye la aparición de errores y su aplicación a modelos creados permite mejorarlos a partir de la identificación de errores que se hayan cometido.

En el desarrollo de software el modelado del negocio es un artefacto de inicio, que es imprescindible para que el equipo de desarrollo entienda el funcionamiento del negocio y la especificación de los requisitos globales que el futuro sistema debe satisfacer (M. S. Isel Moreno Montes de Oca, Hajo A. Reijersc, Abel Rodríguez Morffi, 2015; Jean Carlos Guzmán, 2013). Por estas razones se realiza una revisión de varios trabajos que definen directrices o pautas para mejorar los modelos de procesos haciéndolos más comprensibles.

En la construcción de los modelos de procesos se deben respetar las pautas definidas del lenguaje que se utiliza, ya que resulta complejo obtener una única interpretación del modelo. Este aspecto es una de las principales fuentes de error que se observan en la práctica. Por lo que no solo es determinante una adecuada formación en relación al uso de la notación, sino que además es vital contar con herramientas que permitan verificar que los modelos satisfagan adecuadamente las construcciones del lenguaje, con el fin de mejorar los modelos y aumentar su calidad. Existen buenas prácticas generales que trascienden los lenguajes en las que sean aplicadas, su utilización tiende a mejorar la comprensión de los modelos, así como a reducir los errores que se deriven de estos. Uno de los trabajos sobre este tema citado más de 593 veces en la literatura es el de (J. Mendling, 2010), en el cual definen Siete Guías para el Modelado de Procesos (7PMG) y proponen lo siguiente:

- G1: Disminuir la cantidad de elementos en un modelo, ya que su tamaño incide negativamente en su comprensión.
- G2: Reducir los caminos posibles de cada elemento, ya que cuanto más grande es el número de entradas y salidas que tiene un elemento resulta más difícil de entender.

- G3: Indicar, en la medida de lo posible, un único elemento de inicio y un único elemento final en cada proceso.
- G4: Modelar de la forma más estructurada posible balanceando las compuertas de decisión utilizando las compuertas como paréntesis: una para abrir en los caminos posibles y otra de cierre para unirlos nuevamente.
- G5: Evitar el uso de compuertas OR, ya que los modelos que contienen solo compuertas AND y XOR en general contienen menos errores.
- G6: Utilizar etiquetas de tipo verbales para definir las acciones de las tareas, por ejemplo, “analizar documentación” en vez de “análisis de documentación”.
- G7: Descomponer el modelo si tiene más de 50 elementos, utilizando, por ejemplo, sub-procesos para hacer más comprensible el modelo general.

Un trabajo también enfocado en mejorar los modelos de procesos de negocio, propone 50 directrices prácticas de calidad basadas en la teoría de grafos (Oca, 2015; Snoeckb, 2015). Están diseñadas para mejorar la calidad de los modelos en cuanto a la representación visual y a la complejidad general, obteniéndose cuatro dimensiones más específicas: estilo de etiquetas, diseño, tamaño y morfología. Las directrices son clasificadas en una estructura taxonómica definida por la autora y fueron extraídas a partir de otras directrices que se encontraban de forma implícita y explícita en la literatura. La estructura taxonómica sobre las directrices de calidad de modelos de procesos de negocio es representada en la Figura 1.

Las taxonomías son herramientas que permiten organizar el conocimiento. En la estructura representada, según la autora no se puede asegurar que contenga todas las directrices que puedan existir. En el caso de las directrices del dominio específico y las sintácticas propias del lenguaje, la autora no las tuvo presente en su investigación, sin embargo, formular directrices de este tipo resultarían de interés para poder realizar verificaciones semánticas en los modelos.

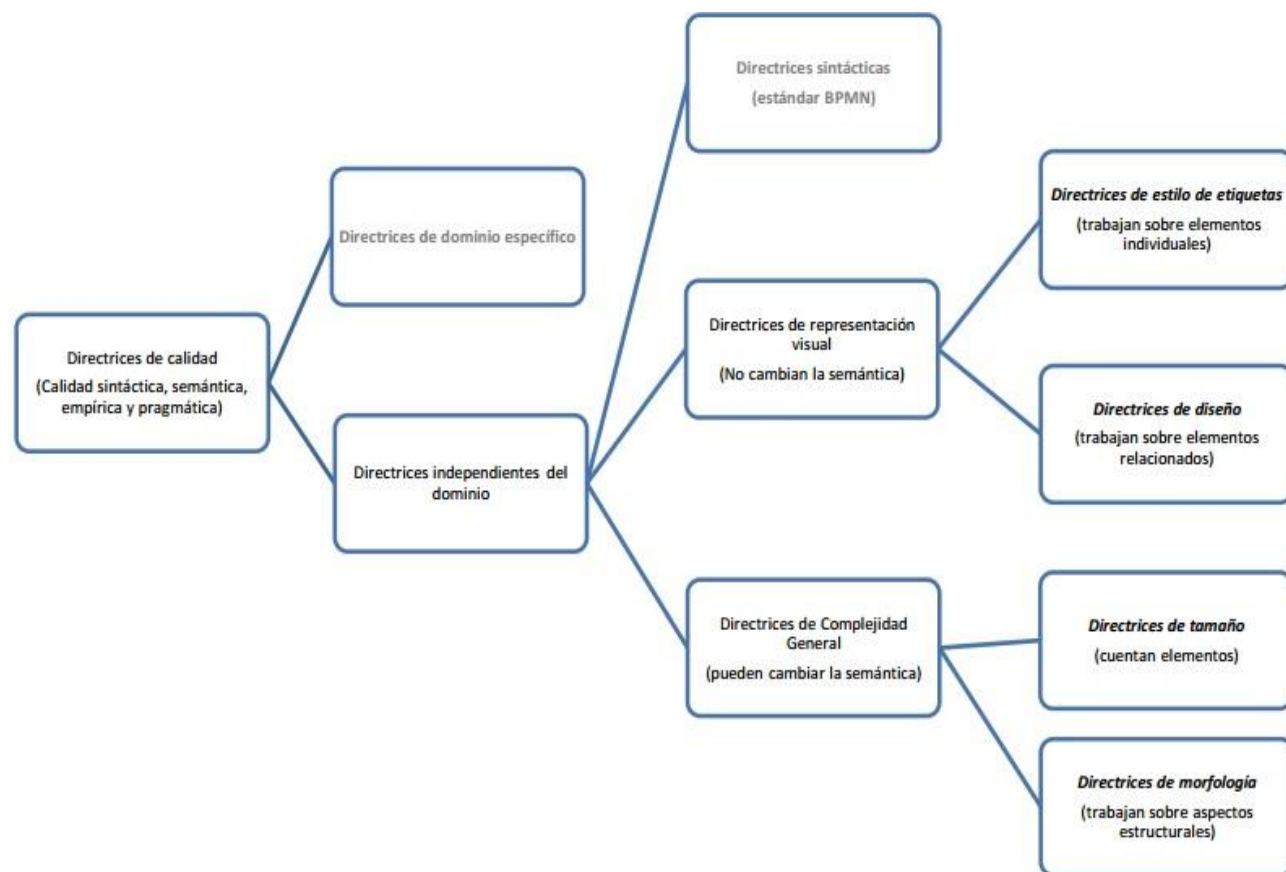


Figura 1: Estructura taxonómica de Directrices de calidad propuesta en (Oca, 2015)

Investigadores realizan una revisión sistemática sobre el tema (Corradini et al., 2017), en esta revisión se proponen 50 pautas de modelado sobre la comprensibilidad de modelos BPMN para diagramas de colaboración y que están detalladas en una guía (Flavio Corradini, 2017). La definición de estas pautas más recientes se realizó a partir de un conjunto de pautas tomadas de 89 fuentes disponibles en la literatura. Se recopilan además un conjunto de métricas y umbrales para las directrices que han sido utilizada en varios trabajos. El marco de calidad que proponen permite identificar modelos con problemas de comprensibilidad. Proporcionan una herramienta de código abierto llamada BEBoP para verificar 37 de las 50 pautas definidas, las cuales se agrupan en: general, notación, etiquetado, patrones y apariencia. Los autores aseguran que se ofrece como un servicio y se puede integrar fácilmente a cualquier herramienta de modelado.

Estos trabajos presentan como limitación que la definición de las directrices prácticas no se relaciona con el contenido, estas se definieron solo para su organización y representación con el fin de mejorar la

comprensibilidad de los modelos. La utilización de estas directrices prácticas durante el modelado, disminuye la aparición de errores y su aplicación a modelos creados permite identificar errores que se hayan cometido y corregirlos. Su utilización permite alcanzar niveles de calidad en los modelos superiores, pues mejoran la comprensibilidad y logran una mayor correctitud (Rojas, Silega, & Palmero, 2018). El análisis realizado permitió encontrar pautas o directrices que se pueden utilizar para verificar de manera automática los modelos. Estas solo están relacionadas a su estructura, no se encontró ninguna relacionada al dominio de los procesos, además no presentan un orden priorizado para su utilización. Las herramientas de modelado brindan soporte a algunas de estas directrices, un análisis sobre en qué medida lo hacen se muestra en el siguiente epígrafe.

1.3.1 Soporte de herramientas de modelado a las directrices prácticas

Las herramientas de modelado solo son capaces de brindar soporte a algunas de las directrices prácticas según el estudio realizado en (Snoeck, de Oca, Haegemans, Scheldeman, & Hoste, 2015), como se muestra en la Figura 2.

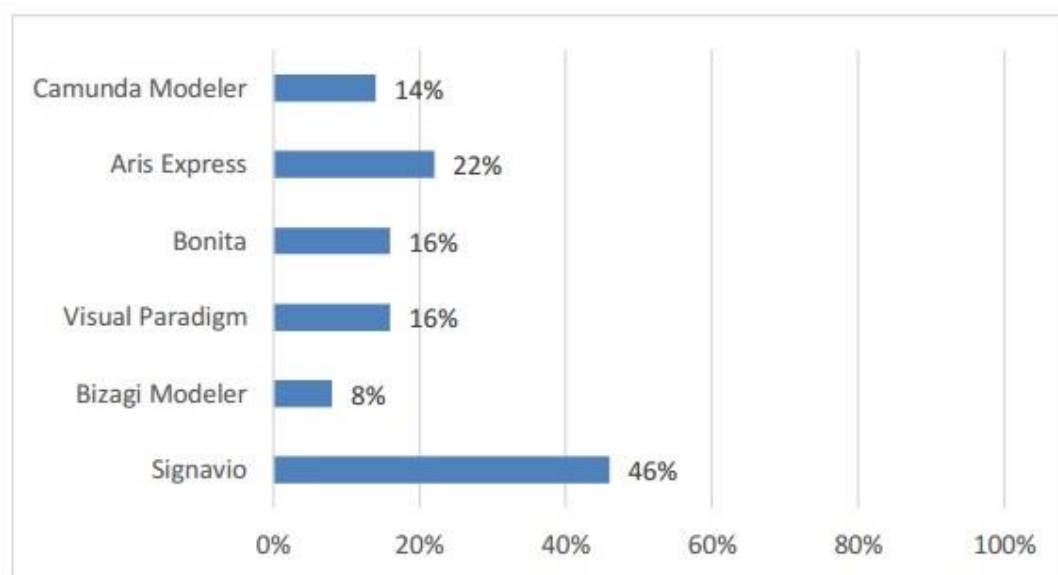


Figura 2: Grado de soporte para las directrices por las herramientas (Snoeck et al., 2015)

En el estudio realizado se analizaron las siguientes herramientas: Signavio Process Editor por ser reconocido por su soporte de directrices prácticas, una perspectiva de numerosas directrices que se incorporan en la herramienta están disponibles en su sitio (Signavio). Seguidamente, dos herramientas resaltan por su alto grado de atención para las directrices prácticas, como lo evidencia la disponibilidad de una documentación extensiva sobre directrices prácticas en los sitios webs de los vendedores: Bizagi Process Modeller y Camunda Modeller (Camunda, 2014; Mendling, Reijers, & Cardoso, 2007). La cuarta herramienta incluida es Bonita (Bonita) pues obtuvo el primer lugar entre varias aplicaciones de código abierto para el modelado y publicación de procesos BPMN 2.0 (Chinosi & Trombetta, 2012). Finalmente, la selección se expande con dos herramientas populares: Visual Paradigm y ARIS Express (Snoeck et al., 2015).

El estudio revela que las herramientas de modelado permiten realizar DPN que por su complejidad pueden convertirse en diagramas no compresibles y presentar errores. Tener en cuenta las directrices prácticas para la verificación automatizada de los modelos permite corregirlos y obtener modelos con mayor calidad. Las posibilidades de validación de los modelos descritos con BPMN se ven limitadas porque no poseen una semántica formal (Weske, 2007). Esta insuficiencia determina la necesidad de complementarlo con lenguajes formales (Ligęza & Potempa, 2014), permitiendo realizar de forma automatizada verificaciones, validaciones y además facilitar la transformación a modelos de sistemas (Silega, 2014). El uso de ontologías en el desarrollo de software es una alternativa cada vez más aceptada para la formalización de modelos. La transformación de los modelos de procesos de negocio descritos con BPMN a una ontología permitiría verificar y validar un conjunto de elementos que han sido objeto de estudio de varios investigadores.

1.4 Ontologías

Las ontologías se han convertido en un área de interés común para diversos grupos de investigación de Inteligencia Artificial tales como: Ingeniería del Conocimiento, Procesamiento del Lenguaje Natural y Representación del Conocimiento (Luna, Bonilla, & Torres, 2012). Entre las definiciones más extendidas se encuentran las de Gruber y Guarino. Para Gruber, *las ontologías son una especificación de una conceptualización compartida* (Contreras, Gutiérrez, Ortiz, & Ramírez, 2018; Gruber, 1995). Mientras, Guarino definió la ontología *como un producto de ingeniería consistente en un vocabulario específico usado*

para describir una realidad más un conjunto de asunciones relacionadas con el significado del vocabulario (Guarino, 1998).

Una definición que describe el significado de ontología y está basada en los trabajos de Gruber y otros pioneros en el tema, define que una ontología es: *una descripción formal explícita de los conceptos (clases (generalmente llamado conceptos)) en un dominio de discurso, las propiedades de cada concepto que describen los rasgos y atributos del concepto (slots (generalmente conocido como propiedades o roles)) y las restricciones de los slots (facetras (generalmente conocida como restricciones de los roles))* (Noy & McGuinness, 2001).

Los elementos fundamentales de una ontología son: conceptos o clases, propiedades de los conceptos y las restricciones de las propiedades. El conjunto formado por las clases de una ontología y sus instancias individuales constituyen una base de conocimiento. Lo cual expresa que las ontologías constituyen una vía efectiva para la representación del conocimiento de un dominio de discurso determinado (Silega, 2014). En la Tabla 2 se muestran los elementos de la ontología y su función.

Tabla 1: Elementos de la ontología

Elemento	Función
Clase	Representa un concepto del dominio.
Propiedades de objetos	Relaciones binarias entre individuos.
Propiedades de datos	Relaciones que se utilizan para asignar valores a las propiedades de un individuo.
Individuos	Representa un objeto del dominio.
Axiomas	Teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología.
Instancias	Se utilizan para representar objetos determinados de un concepto.

Para las ontologías aparecen publicadas varias clasificaciones. Una de ellas establece cuatro tipos: ontologías de alto nivel, ontologías genéricas, ontologías de dominio y ontologías de aplicación (Barchini & Álvarez, 2010). La comunidad ontológica distingue dos tipos de ontologías: las que son básicamente taxonomías y las que modelan el conocimiento de una forma más profunda, nombrándolas de peso ligero y de peso pesado respectivamente. Las ontologías han sido utilizadas para varios propósitos en el ámbito del

desarrollo de software, en el siguiente epígrafe se presentan beneficios de su aplicación en el modelado de procesos de negocio.

1.4.1 Aplicación de las ontologías en el modelado de procesos de negocio

Las ontologías son esencialmente teorías de contenidos porque su contribución principal es identificar clases específicas de objetos y relaciones de un dominio (Fernández Hernández, 2016). Se mencionan a continuación el uso que, en la actualidad, tienen las ontologías:

- Sirven para entender como diferentes sistemas comparten información.
- Se utilizan para descubrir distorsiones que puedan presentarse en los procesos cognitivos de aprendizaje en un mismo contexto.
- Sirven para formar patrones para el desarrollo de Sistemas de Información. En el ámbito del software se ha utilizado para describir las propiedades del software (componentes, arquitecturas, lenguajes de definición).
- Permiten compartir y reutilizar conocimiento común.
- Ayudan a establecer comunicación entre personas y organizaciones con el fin de unificar diferentes áreas de investigación.
- Permiten la interoperabilidad entre sistemas de software usando las ontologías como un lenguaje intermedio para unificar diferentes lenguajes y herramientas.
- Aumentan los beneficios de la ingeniería de sistemas ya que el uso de ontologías facilita la construcción de software clásico o basado en el conocimiento porque permite que los sistemas se puedan reutilizar.

La Tabla 2 ilustra beneficios sobre la aplicación de las ontologías en el modelado de procesos de negocio. Estos trabajos están relacionados al objeto de estudio, pero la aplicación de las ontologías está presente en diferentes áreas del conocimiento como se ha mencionado anteriormente.

Tabla 2: Investigaciones que utilizan ontologías en el modelado de procesos

Investigación	Beneficios de su aplicación	Propósito
(Nemury Silega, 2014)	Se examinan los aspectos fundamentales de un marco de trabajo cuyo fin es mejorar la descripción de procesos de negocio y permitir la validación semántica de los mismos. Esta propuesta sigue las definiciones del paradigma de desarrollo de software dirigido por modelos. La utilización de ontologías en este sentido permite la obtención de modelos de procesos válidos semánticamente.	Verificación semántica de procesos de negocio de Gestión Empresarial a partir de un conjunto de restricciones de dominio definidas.
(Júnior, 2016)	Se desarrolla un plugin ¹⁰ para verificar las buenas prácticas y transforma los modelos BPMN a una ontología. Se realizaron pruebas con modelos creados a partir de procesos reales, evidenciando la existencia de errores. La utilización de una ontología para la detección de errores en el modelado permite que los modelos sean analizados y mejorados por los modeladores.	Verificación de modelos de procesos de negocio diseñados con BPMN, comprueba cinco de las 7PMG propuestas en (J. Mendling, 2010).
(Gassen et al., 2017)	La ontología se utilizó por un conjunto de modeladores para conformar las etiquetas de las actividades utilizadas en los modelos BPMN que se crearon. Esto garantiza que los verbos y sustantivos utilizados para nombrar las actividades no sean ambiguos y se cumpla con el estilo de etiquetado verbo-sustantivo que varios investigadores proponen.	En este trabajo se realizó un experimento para conocer en qué medida el soporte basado en ontología aumenta potencialmente el esfuerzo de los modeladores. El resultado arroja, que es factible proporcionar soporte de ontología al modelador para mejorar el modelado de procesos sin comprometer el

¹⁰ Un plugin es aquella aplicación o complemento que, en un programa informático, añade una funcionalidad adicional o una nueva característica al software.

		consumo de tiempo y el esfuerzo cognitivo. Esto garantiza además que el estilo del etiquetado se homogeneice y se obtenga un mejor resultado.
--	--	---

La utilización de las ontologías durante el modelado de procesos de negocio ha demostrado buenos resultados según las investigaciones relacionadas anteriormente. Han sido aplicadas de tres maneras diferentes en el ambiente de modelado de procesos relacionadas a la calidad de los DPN. El primer trabajo propone la utilización de restricciones y reglas formuladas en SWLR¹¹ para verificar semánticamente procesos de negocio de gestión empresarial. En la segunda investigación se desarrolla un plugin soportado por una ontología para la verificación de modelos de procesos de negocio diseñados con BPMN a partir de las 7PMG. Estas pautas generales de calidad han sido la base para la creación de otras más específicas y que han dado lugar a la creación de métricas y umbrales a tener en cuenta en los modelos a partir de los elementos que lo componen. En la última, resuelven el problema de la existencia de ambigüedad en los rótulos de las actividades, los modeladores la utilizan para establecer los nombres de las actividades a partir de un vocabulario común definido en la ontología.

Para resolver el problema de la investigación se propone el desarrollo de un método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio de gestión empresarial. A partir del análisis de los diferentes lenguajes y el consenso existente en la comunidad científica con respecto al uso del lenguaje BPMN para el modelado de procesos de negocio, se empleará este lenguaje en el desarrollo de la solución. El estudio de pautas y directrices prácticas de modelado indican que su utilización permite obtener modelos de procesos con mayores niveles de calidad y disminuyen la probabilidad de errores. Las directrices prácticas relacionadas a la Complejidad general pueden cambiar la semántica de los modelos y por ende dificultan su comprensión, a diferencia de las relacionadas a la representación visual estas directrices pueden ser verificadas a través del uso de las ontologías (Oca, 2015).

¹¹ Por sus siglas en inglés, Semantic Web Rule Language. Es un lenguaje de reglas para la Web Semántica (Fernández Melián, 2013).

El empleo de ontologías como soporte al modelado de procesos de negocio permite realizar verificaciones y detectar errores en los modelos de forma automatizada, siendo una alternativa cada vez más aceptada en el desarrollo de software. La transformación de los modelos de procesos de negocio descritos con BPMN a una ontología permitirá verificar y validar el empleo de las directrices prácticas. La validación de DPN mediante una ontología para la verificación de directrices prácticas permitirá comprobar la calidad de los modelos y disminuir la probabilidad de futuros errores en etapas posteriores del desarrollo de software.

Conclusiones parciales

- El análisis realizado en el capítulo evidencia el creciente interés de la comunidad científica sobre la utilización de directrices prácticas para los modelos de procesos de negocio. Tener presente estas directrices durante el modelado permite alcanzar niveles de calidad en los modelos superiores, pues mejoran la comprensibilidad y logran una mayor correctitud. Se debe destacar que solo están diseñadas para lograr una mejor comprensibilidad estructural y no con respecto al contenido de los modelos.
- Para la modelación de procesos de negocio utilizando DPN se recomienda utilizar BPMN, significativo estándar en el modelado de procesos de negocio en el sector empresarial y en el desarrollo de software. Permite modelar los procesos de negocio con una mayor comprensibilidad y entendimiento entre los involucrados, el mayor número de directrices formuladas están enfocadas en la utilización de esta notación.
- La utilización de ontologías para la verificación de buenas prácticas de modelado permite detectar errores, permitiendo que los modelos verificados puedan ser mejorados. Estos modelos al ser verificados y no presentar problemas se convierten en modelos válidos sintácticamente.

CAPÍTULO 2. MÉTODO BASADO EN ONTOLOGÍAS PARA LA DESCRIPCIÓN Y VALIDACIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO

Introducción

En este capítulo se describen los aspectos relevantes del método desarrollado, el cual está basado en una ontología para la descripción y validación de procesos de negocio. Se desarrolla con el propósito de incluir la utilización y verificación de directrices prácticas durante la disciplina de modelado de negocio. La creación de una forma computacional para verificar estas directrices a partir de métricas y umbrales reduce el esfuerzo que tienen que emplear los modeladores para detectarlos y permite mejorar los modelos.

2.1 Directrices prácticas de modelado a utilizar en la solución

El estudio realizado en el capítulo anterior, permitió constatar el efecto positivo para la calidad del modelado que genera la adopción de un conjunto de directrices prácticas asociadas a la modelación de los procesos de negocio. A partir de la taxonomía propuesta (Oca, 2015), en el método desarrollado se decide verificar en los modelos un conjunto de directrices relacionadas a la Complejidad General, ya que pueden cambiar potencialmente la semántica del modelo.

Las directrices de Complejidad General están divididas en directrices de tamaño y de morfología. Las directrices de tamaño: tienen la intención de respaldar el proceso de modelado desde la perspectiva del número de elementos que objetivamente se debe utilizar. Estas directrices cuentan elementos utilizando métricas base¹² relacionadas con las directrices de tamaño. En la Tabla 3 se muestran las métricas y los umbrales asociados a las directrices prácticas, que permiten determinar si el modelo presenta problemas con el tamaño a partir de la cantidad de elementos utilizados.

¹² Se distinguen dos tipos de métricas (Sánchez-González, Ruiz, García, & Piattini, 2013), a) métricas base, que consisten principalmente en la cuenta de elementos significativos del modelo de proceso, y b) métricas derivadas, definidas a partir de las métricas base.

Tabla 3: Directrices prácticas de tamaño

Problemas de tamaño	Directriz	Métrica base	Métrica derivada y umbral
P1. (Alto número de elementos): El modelo contiene un alto número de elementos como compuertas de división/unión, actividades y eventos.	Evite los modelos con más de 31 elementos.	Número de nodos (S_N): esta variable se relaciona con el número de actividades y elementos de ruteo en el modelo de procesos de negocio (Mending, Verbeek, van Dongen, van der Aalst, & Neumann, 2008).	Número total de nodos: $TS_N \leq 31$
P2. (Alto número de eventos): el modelo contiene más de siete eventos.	Evite los modelos con más de siete eventos.	Número de eventos en el modelo (SE) (Oca, 2015):	Número total de eventos: $TSE \leq 7$
P3. (Alto número de eventos de inicio): El modelo contiene más de dos eventos de inicio.	No utilice más de dos eventos de inicio.	Número de eventos de inicio (SEs): cantidad de eventos de inicio en el modelo de procesos de negocio (Oca, 2015).	Número total de eventos de inicio: $TSEs \leq 2$
P4. (Ausencia de eventos de inicio): Los modelos no poseen eventos de inicio.	No omita el evento de inicio.	Evento de Inicio (SEs)	Número total de eventos de inicio: $TSEs \geq 1$
P5. (Alto número de eventos de fin): El modelo contiene	No utilice más de dos eventos de fin.	Eventos de fin (SEE): cantidad de eventos de fin en el modelo de	Número total de eventos de fin: $TSEE \leq 2$

más de dos eventos de fin.		proceso (Mendling, Strembeck, & Recker, 2012).	
P6. (Ausencia de eventos de fin): Los modelos no poseen eventos de fin.	No omita el evento de fin.	Número de eventos de fin (SEE) (Mendling et al., 2012).	Número total de eventos de fin: $TSEE \geq 1$
P7. (Alto número de eventos intermedios): Los modelos poseen un alto número de eventos intermedios.	Evite los modelos con un alto número de eventos intermedios.	Número de eventos intermedios (SEint) (Oca, 2015).	Número total de eventos intermedios: $TSEint \leq 5$ En el caso de este valor de umbral es una propuesta de la autora a partir del umbral definido para (SE) y los umbrales definidos para (SEs) y (SEE).
P8. (Alto número de flujos de secuencia): El modelo contiene más de 34 flujos de secuencia.	Evite los modelos con más de 34 flujos de secuencia.	Número de arcos (SA): cantidad de arcos en el modelo de procesos de negocio (Mendling et al., 2012).	Número total de arcos: $TSA \leq 34$
P9. (Alto número de compuertas): El modelo contiene más de 12 compuertas de control de flujo.	Evite los modelos con más de 12 compuertas.	Número de compuertas (Sc): cantidad de elementos de ruteo en el modelo de procesos de negocio (Mendling et al., 2012).	Número total de compuertas $TSc \leq 12$
P10. (Alto número de actividades): El modelo contiene más de 31 actividades.	Directriz unificada: Evite los modelos con más de 31 actividades.	Número de Actividades en el proceso (Sf) (Oca, 2015).	Número total de actividades: $TSF \leq 31$

Por otra parte, las directrices de morfología, se enfocan sobre aspectos estructurales de los modelos, su objetivo es mejorar los modelos en cuanto a la correctitud. De estas se tendrán presente en la investigación los problemas que están relacionados a la utilización de las compuertas que pueden aumentar el tamaño del modelo y se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Directrices prácticas de morfología

Problemas de morfología	Directriz
P11. (Falta de estructuración en el modelo): La suma de las incongruencias para cada tipo de compuerta está por encima de cuatro.	Para cada compuerta de división establecer una compuerta respectiva de unión del mismo tipo.
P12. (Alto número de flujos de secuencia por compuerta): Las compuertas del modelo contienen un alto número de flujos de secuencia de entrada y/o salida.	No use más de cinco flujos de secuencia en cada compuerta.
P14. (Múltiples entradas y salidas en la misma compuerta): El modelo contiene compuertas con más de un flujo de entrada y más de un flujo de salida a la vez, es decir, con comportamientos de unión y división.	No usar múltiples entradas y salidas en la misma compuerta.

Las directrices prácticas descritas anteriormente formarán parte del método. Su utilización en el diseño de la ontología permitirá verificar los modelos, obteniéndose una validación sintáctica de los mismos. A continuación, se presenta el diseño del método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio de gestión empresarial, que permitirá comprobar el correcto uso de un conjunto de directrices prácticas en el modelado.

2.2 Método basado en ontologías para la descripción y validación de procesos de negocio

En la construcción del método basado en ontologías para describir y validar procesos de negocio se emplearon las Ciencias del Diseño (CD). Este paradigma guía el proceso de construcción y evaluación de artefactos encaminados a resolver problemas relevantes en los sistemas de información (Arias Orizondo, 2013). Dentro de las definiciones que aparecen para el método, una de ellas lo define como un conjunto de pasos llevados a cabo para desempeñar una tarea (A. Hevner & Chatterjee, 2010). Otra de las definiciones plantea que los métodos definen procesos y proveen una guía de cómo solucionar problemas (Peffer,

Tuunanen, Rothenberger, & Chatterjee, 2007). Las CD conciben tres tipos de artefactos: constructos, modelos y métodos. En correspondencia con su definición, en esta investigación se consideró como artefacto el (A. Hevner & Chatterjee, 2010):

Método: este artefacto ofrece reglas sobre cómo actuar e instrucciones para resolver un problema (A. R. Hevner, 2004). El método que se propone consiste en la utilización de DPN creados con BPMN que son extendidos a una ontología, donde pueden ser verificados a partir de métricas y umbrales de directrices prácticas, con el objetivo de detectar errores y puedan ser mejorados. Además, la ontología se podrá utilizar como parte del proceso de validación de DPN creados en la disciplina de modelado del negocio.

2.2.1 Principios y premisas del método

Para superar las insuficiencias planteadas en la problemática sobre la realización de los DPN y desarrollar un método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio, se definieron los siguientes principios:

- El método está dirigido a la utilización de BPMN como lenguaje estándar para la representación de procesos de negocio de gestión empresarial y el uso de directrices prácticas de modelado que permiten obtener calidad en los modelos (Hitpass et al., 2014; Oca, 2015).
- El método detecta errores en el modelado utilizando una ontología, que permite la comprobación del correcto uso de directrices prácticas y contribuye a la mejora de los modelos.
- El método permite mejorar la comprensibilidad de los modelos, además son expresados con lenguajes formales que favorecen el análisis automatizado.

Este método contiene elementos ineludibles a tener presente para la modelación de procesos de negocio. Para su aplicación es necesario tener en cuenta las siguientes premisas:

- Para la creación de los modelos de procesos de negocio con BPMN se debe tener en cuenta la utilización de directrices prácticas, métricas y umbrales, con el propósito de obtener modelos con una mayor comprensión, menor complejidad y probabilidad de error.
- El personal encargado de modelar los procesos de negocio debe estar capacitado en el uso de la notación y poseer conocimiento sobre la utilización de las directrices prácticas.

- En el proceso de validación del modelado de negocio que utiliza los DPN, debe mantenerse la comprobación semántica del contenido con los expertos. Además, se propone realizar la validación del correcto uso de las directrices prácticas de Complejidad general con la ontología, ya que estas pueden cambiar la semántica del contenido representado en los diagramas.
- Debe existir voluntad institucional para adoptar las prácticas que incluye el método.

2.2.2 Estructura del método

El método para la descripción y validación de procesos de negocio basado en ontología consta de varias actividades: Modelar los procesos de negocio, Desarrollar el modelo ontológico para la descripción y validación de procesos de negocio, Describir los procesos de negocio en la ontología y Evaluar los modelos de procesos; el rol de analista de procesos es el encargado de realizar estas actividades. En la Figura 3 se muestra el diagrama de procesos que describe el flujo secuencial para la aplicación del método.

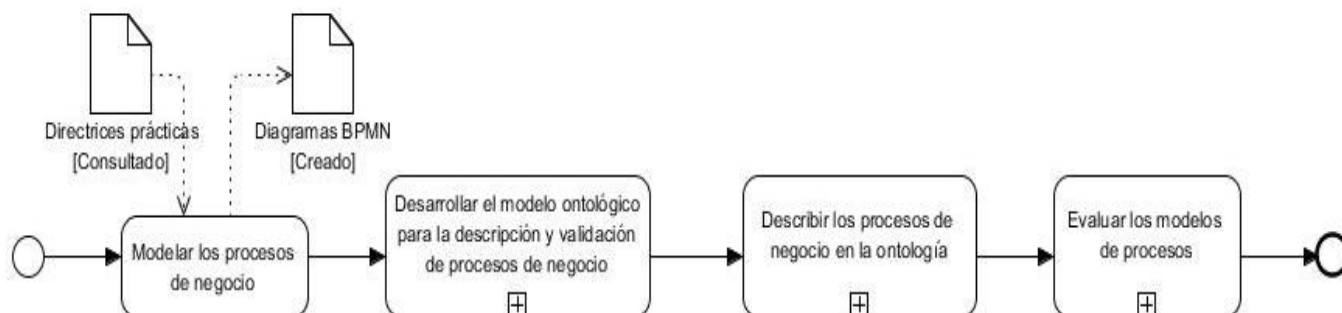


Figura 3: Método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio. Fuente: elaboración propia

En la primera actividad del método los analistas modelan los procesos de negocio utilizando la plantilla Descripción de Procesos de Negocio definida en el expediente de proyecto. En esta descripción se incluyen

los DPN que son modelados utilizando Visual Paradigm¹³, herramienta de modelado que se utiliza en la UCI en el proceso de desarrollo de software. El lenguaje BPMN es un significativo estándar en el modelado de procesos de negocio como se ha detallado en el epígrafe 1.2.2, en correspondencia con el objetivo de su creación es utilizado para modelar los procesos de negocio de gestión empresarial. El método propone que durante el modelado se utilicen las directrices prácticas propuestas en la literatura (Flavio Corradini, 2017; Oca, 2015; Snoeckb, 2015). El manejo de estas permite mejorar los modelos en cuanto a la comprensión, disminuyen la complejidad y la probabilidad de cometer errores. A partir de la creación de los modelos de procesos se lleva a cabo la realización de los subprocesos del método.

2.2.3 Desarrollar el modelo ontológico para la descripción y validación de procesos de negocio

La utilización de ontologías en el desarrollo de software es una alternativa cada vez más aceptada. En los trabajos mencionados en el epígrafe 1.5.1 se evidencian los beneficios de adoptar las ontologías para describir y verificar los procesos de negocio. El modelo ontológico permitirá describir los procesos de negocio y validar el cumplimiento del correcto uso de las directrices prácticas seleccionadas en el epígrafe 2.1. La construcción de la ontología se realiza teniendo en cuenta la correspondencia de la definición de las clases con los conceptos del dominio y sus relaciones, así como la correcta especificación de las propiedades y axiomas que permiten realizar inferencias a través de razonadores.

Dentro de los lenguajes para especificar ontologías, se destacan: Ontolingua, XML Schema, RDF (*Resource Description Framework*), RDF Schema (o RDF-S) y OWL (*Ontology Web Language*). OWL se distingue por su conjunto de operadores: intersección, unión y negación (Horridge et al., 2009). Fue diseñado para representar conocimiento complejo acerca de cosas, sus grupos y relaciones (McGuinness & Van Harmelen, 2004). Está basado en lógica computacional de modo que el conocimiento expresado en OWL puede ser razonado por programas de computadoras que además de verificar la consistencia del conocimiento, permiten que el conocimiento implícito se convierta en conocimiento explícito. Además, permite utilizar razonadores que chequean automáticamente la consistencia de los modelos representados. Estas ventajas determinaron que en esta investigación se asuma OWL como el lenguaje para la representación de

¹³ Es una herramienta (CASE, en español Ingeniería de Software Asistida por Computación), concebida para soportar el ciclo de vida completo del proceso de desarrollo del software a través de la representación de todo tipo de diagramas.

ontologías, por ser un lenguaje potente con posibilidades de representar conocimiento complejo de un dominio.

En la creación de la ontología se utiliza la herramienta Protégé, el cual es un editor de código abierto desarrollado en la Universidad de Stanford, multiplataforma, usado para construir ontologías y como marco general para representar el conocimiento, posee una arquitectura flexible y extensible (Fernández Hernández, 2016). Es reconocido como una de las herramientas más comúnmente utilizadas para la ingeniería ontológica, existiendo numerosos trabajos que así lo avalan (Guerrero Proenza & García Martínez, 2013; Y. López, Hidalgo, & Silega, 2016; Noguera García, 2009; Silega, 2014). Las ontologías creadas en el Protégé se pueden exportar en una de las sintaxis que este brinda tales como: RDF/XML y OWL/XML. En el proceso de inferencia se pueden utilizar los razonadores FaCT++, Hermit y Pellet (Glimm, Horrocks, Motik, Stoilos, & Wang, 2014).

Para alcanzar resultados satisfactorios en la definición e implementación de la ontología, se debe utilizar una metodología que guíe el proceso de construcción de la ontología. Las metodologías desarrolladas para la construcción de ontologías han estado en constante uso y evolución, así lo demuestra la metodología de Alvarado (Alvarado, 2010) creada a partir de los principios y buenas prácticas de las metodologías: Methontology (Fernández-López, Gómez-Pérez, & Juristo, 1997) y Desarrollo de ontologías-101 (Noy & McGuinness, 2005). En este trabajo se asume la metodología de Alvarado, que pone énfasis en la construcción de un modelo conceptual robusto y en la determinación clara y concisa de los requerimientos de la ontología a construirse. La metodología propone cinco pasos que se describen a continuación (Alvarado, 2010):

Paso 1: Determinar los requerimientos de la ontología.

La ontología tiene el objetivo de validar y verificar los DPN de gestión empresarial teniendo en cuenta los elementos del lenguaje de modelado utilizado, los conceptos relacionados al dominio y las directrices prácticas de modelado. Para ello se deberán responder una serie de preguntas tales como:

- ¿Qué dominio cubrirá la ontología?
- ¿Para qué se va a emplear la ontología?

- ¿Qué preguntas debería contestar la ontología?
- ¿Quién utilizará y mantendrá la ontología?

Para precisar el alcance de la ontología se elaboró el Documento de Especificación de Requisitos de la Ontología (DERO) (Ver Anexo 1), estos requisitos constituyen la principal referencia para comprobar la calidad de la ontología.

Paso 2: Reutilizar otras ontologías existentes.

Cuando se crea una nueva ontología es conveniente comprobar si se pueden reutilizar conceptos de otras ya existentes, por ello la metodología de Alvarado establece como segundo paso la reutilización. En este trabajo se reutiliza OntoCIM por representar conceptos de elementos BPMN y la forma de representar los procesos en OWL (Nemury Silega, 2014), además es una ontología creada en Español, que representa y valida procesos de negocio de gestión empresarial sobre todo desde el punto de vista semántico del contenido. También se revisaron los repositorios DAML *Ontology Library* (Disponible en: <http://www.daml.org/ontologies/>) y DBpedia (Disponible en: <http://mappings.dbpedia.org/server/ontology/classes/>) en los cuales aparecen publicadas ontologías de múltiples dominios.

Paso3: Elaboración del modelo conceptual.

En la ontología se consideran términos para la representación de los procesos de negocio utilizando los elementos de BPMN y conceptos del dominio, representados en la Figura 4. Un modelo de procesos está compuesto por elementos (tareas, eventos, compuertas) conectados por una relación de “flujo”. En este trabajo, se considera que un modelo de proceso está compuesto por elementos y flujos de secuencia. En términos de BPMN, esto significa que se obvian otros elementos como anotaciones, compartimentos, flujos de mensajes, artefactos, y grupos. Sin embargo, el análisis de los modelos se realiza con la presencia de estos elementos.

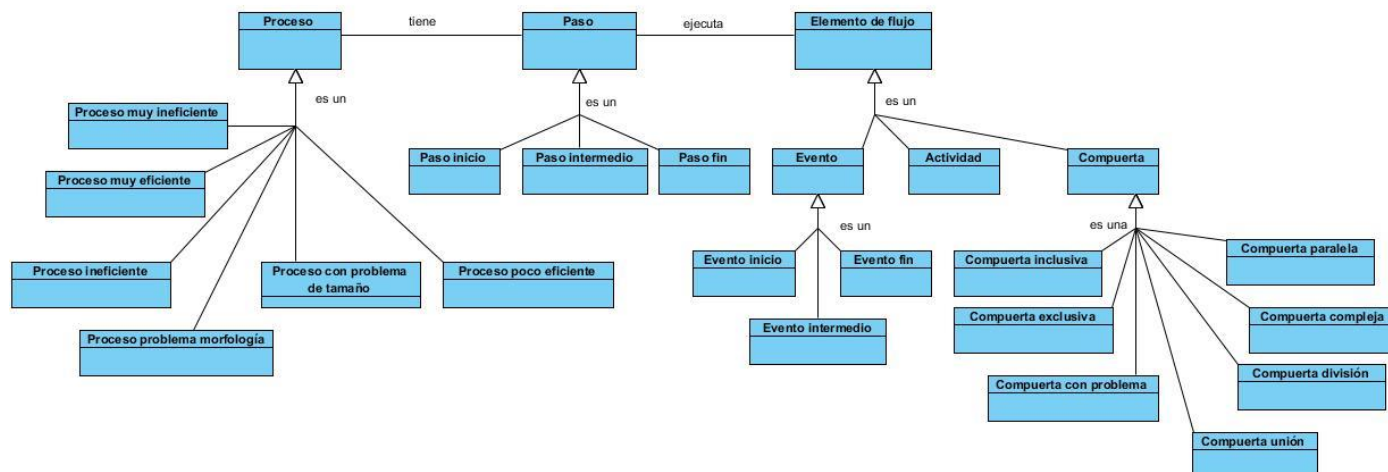


Figura 4: Modelo conceptual. Fuente: elaboración propia

En la mayoría de los casos, los axiomas de una ontología solo expresan relaciones de inclusión (es-un) entre predicados unarios. Los axiomas permiten, junto con la herencia de conceptos, inferir conocimiento que no esté indicado explícitamente en la taxonomía de conceptos. A partir del modelo conceptual se definieron las clases, relaciones y axiomas que permitieron implementar la ontología, para realizar el modelo conceptual se utilizó el Diagrama de clases de UML.

Paso 4. Implementación de la ontología.

Para realizar el modelo conceptual se definieron las clases y la jerarquía de clases, definiéndose como conceptos fundamentales los relacionados a BPMN para representar los DPN en la ontología. Las clases fundamentales son: Proceso, Actividad, Evento, Compuerta. En el caso de la clase Paso y Elemento de flujo no se corresponden directamente con conceptos de BPMN, estas clases se utilizan para salvar la limitación que tiene OWL (Noguera García, 2009; Silega, 2014), el cual no posee constructores nativos de representación de procesos de negocio.

En la Figura 5, la clase ElementoFlujo es una clase abstracta que subsume las clases Actividad, Evento y Compuerta que se ejecutan mediante pasos. La clase Paso, se define para establecer el flujo dentro de un proceso, permite relacionar mediante propiedades los elementos de flujo con el proceso al que corresponden. El lenguaje OWL permite representar clases primitivas y clases definidas. Las clases

primitivas hacen referencia a aquellas condiciones necesarias que tienen que reunir los individuos para formar parte de una clase.



Figura 5: Clases de la ontología. Fuente: elaboración propia

En el Protégé las clases definidas se representan como clases equivalentes, permitiendo inferir los individuos que la componen, para ellas deben expresarse condiciones necesarias y suficientes. Como ejemplo que ilustra la riqueza expresiva de OWL, a la clase definida “ProcesoProblemaDeTamaño” se le declararon los axiomas que indican que el proceso puede tener problemas de tamaño, según la cantidad de elementos de flujo que se utilizan en la representación de un proceso. A partir de este axioma toda instancia

de la clase “Proceso” es inferida como instancia de la clase “ProcesoProblemaDeTamaño” siempre que se cumpla, según muestra la Figura 6.

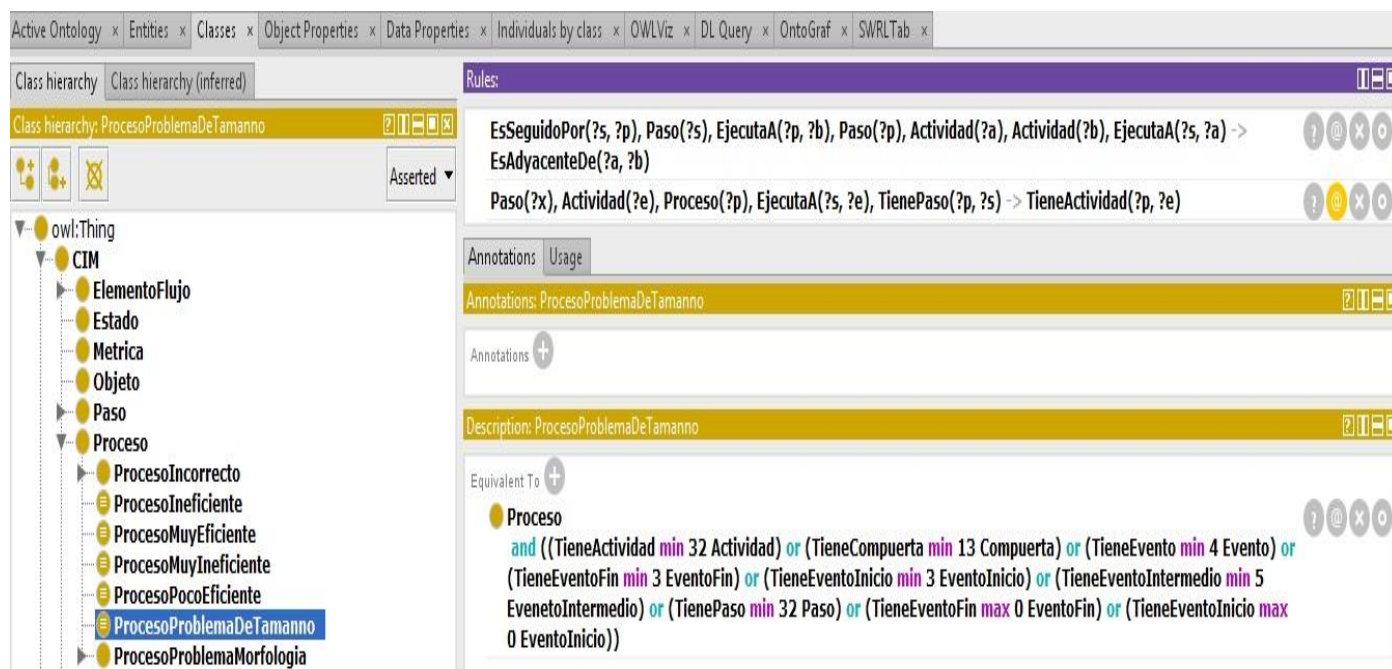


Figura 6: Axiomas de la clase “ProcesoProblemaDeTamaño”. Fuente: elaboración propia

El otro componente relevante en una ontología son las propiedades, estas son de dos tipos: propiedad de objeto (*object property*) o de dato (*data property*) (Horridge et al., 2009). Las propiedades de objeto establecen a los objetos de una clase, atributos cuyos valores son objetos. Como muestra la Figura 7, un proceso TieneActividad y EsEjecutadoEn un paso. Esta última propiedad establece que un paso Ejecuta un elemento de flujo, un paso intermedio es SeguidoPor otro paso. Cada propiedad de objeto posee una propiedad inversa, si una actividad EsEjecutadoEn un paso, se infiere que un paso EjecutaA una actividad.



Figura 7: Propiedades de objetos de la ontología. Fuente: elaboración propia

Una restricción, en su uso general, es un tipo de especificación que establece una frontera finita definida para un tipo de proceso o función. En las ontologías, una restricción se refiere a una limitación impuesta por la forma en que se han estructurado los conceptos. Las restricciones deberían definirse mientras se definen las relaciones entre clases, atributos y propiedades. Por otra parte, una regla es una norma ampliamente aceptada, un concepto, verdad, definición o calificación en el dominio del discurso (Brusa, Caliusco, & Chiotti, 2013). Las reglas deben ser explícitamente definidas utilizando un lenguaje formal, tal como la lógica de primer orden, apropiado para guiar en la definición de las restricciones de la ontología. Las siguientes restricciones definidas en lenguaje natural se tuvieron en cuenta en la definición del modelo ontológico:

- Un proceso comienza como mínimo con un evento de inicio y termina como mínimo con un evento de fin.
- Un proceso puede tener como máximo dos eventos de inicio y terminar como máximo con dos eventos de fin.
- Un proceso tiene varios pasos, un paso es seguido por otro paso.
- En cada paso se puede ejecutar una actividad, un evento o una compuerta.
- En las compuertas no pueden existir múltiples entradas y salidas.

En la definición de la ontología se tuvo en cuenta clases relacionadas a las directrices prácticas de tamaño y de morfología. Estas permiten clasificar los procesos a partir de los rangos de umbrales definidos para las

métricas según niveles de eficiencia (Flavio Corradini, 2017; Sánchez-González, García, Mendling, & Ruiz, 2010). Las clases que se definieron con el propósito de clasificar los procesos son: *ProcesoProblemaDeTamaño*, *ProcesoProblemaMorfologia*, *ProcesoMuyEficiente*, *ProcesoPocoEficiente*, *ProcesoIneficiente*, *ProcesoMuyIneficiente*, *CompuertaConProblema*, entre otras. Luego de la definición de reglas se procede a la creación de instancias para comprobar a través de las inferencias el razonamiento lógico a partir de las restricciones universales, existenciales y de cardinalidad definidas utilizando las clases y las propiedades de objetos de la ontología.

Generalmente es necesario complementar OWL con otro formalismo de representación para describir relaciones más complejas, por ejemplo, el Lenguaje de Reglas de la Web Semántica (SRWL, *Semantic Web Rule Language*). SWRL permite a los usuarios escribir reglas que pueden ser expresadas en términos de conceptos OWL y que pueden razonar sobre individuos OWL (O'Connor, Knublauch, Tu, & Musen, 2005). En el desarrollo de la ontología para mostrar relaciones más complejas entre conceptos se utilizó SRWL, estas reglas están formadas por un antecedente y un consecuente, donde siempre que las condiciones especificadas en el antecedente se cumplan, deben cumplirse las del consecuente.

Paso 5. Evaluación de la Ontología.

El último paso de la metodología de Alvarado, es precisamente realizar la evaluación de la ontología. Mediante el uso de razonadores, Protégé permite validar *algunos* aspectos de la ontología, entre ellos: chequear la consistencia de la ontología, obtener automáticamente la clasificación taxonómica y computar los tipos inferidos. Guerrero establece para la evaluación de las ontologías el uso de casos de prueba para validar las preguntas de competencias y razonadores para validar las propiedades lógico-formales (Guerrero Proenza & García Martínez, 2013). Este paso forma parte de la validación de la investigación y junto al método serán constatados en el Capítulo 3. Mediante la herramienta Protégé y los razonadores, la ontología puede ser validada de tres formas (Alvarado, 2010):

- **Comprobación de la consistencia:** permite constatar que no existen contradicciones en la ontología. La semántica de OWL define una especificación formal para la definición de la consistencia en una ontología empleando los razonadores.

- **Validación de la taxonomía de clases:** observa la relación entre cada clase y comprueba la jerarquía de clases completa.
- **Verificación de inferencia de clases:** encuentra las clases más específicas a las que pertenece una instancia; en otras palabras, determina la clase a la que pertenece cada uno de los individuos.

En el método, el subproceso Desarrollar modelo ontológico comprende: Definir el conocimiento que se formaliza en la ontología, Reutilizar otras ontologías para su construcción e Implementar la ontología. Las entradas al desarrollo del modelo ontológico son: los requerimientos de la ontología y las directrices prácticas de Complejidad General propuestas por Isel (Oca, 2015), así como las métricas y umbrales. En esta propuesta se reutiliza OntoCIM (Nemury Silega, 2014), una ontología que permite validar desde el punto de vista semántico a los procesos de negocio de gestión empresarial. En su taxonomía representa conceptos relacionados al lenguaje BPMN que se reutilizan y a la vez se actualiza con nuevos conceptos y propiedades que permiten validar los procesos a partir de las directrices. En la implementación se definen los axiomas que permiten luego realizar inferencias a partir de las clases y propiedades de objeto. Las salidas del subproceso son: el Documento de Especificación de Requisitos de la Ontología (DERO) y el modelo ontológico. En la Figura 8 se presenta el flujo de actividades del subproceso.

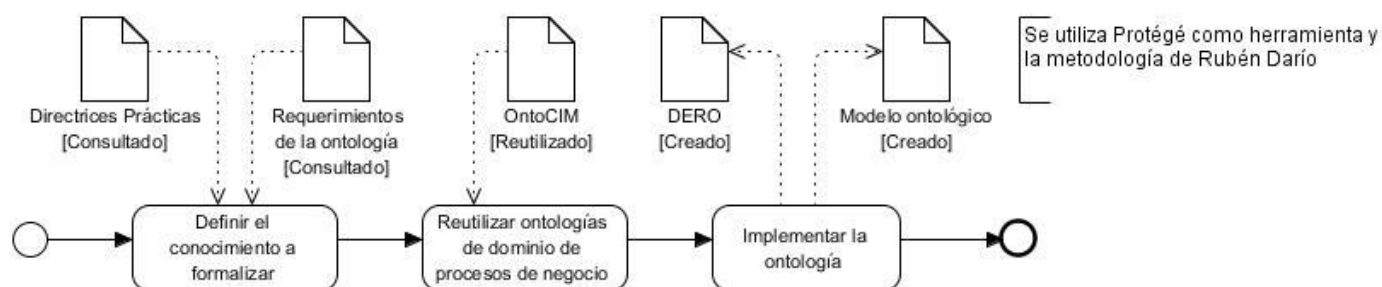


Figura 8: Subproceso Desarrollar modelo ontológico. Fuente: elaboración propia

2.2.4 Describir los procesos de negocio en la ontología

Para realizar la descripción de los procesos de negocio en la ontología, los elementos de los DPN deben ser convertidos en instancias de la ontología. A pesar de que no todos los elementos de BPMN se tuvieron en cuenta en esta investigación estarán presentes en los diagramas, como se especifica durante el Paso 3 en la aplicación de la metodología. Para entender cómo se realiza esta actividad se explica mediante un

ejemplo la transformación de un proceso sencillo. El proceso está representado en la Figura 9 y seguidamente se detalla cómo los elementos BPMN se instancian en la ontología.

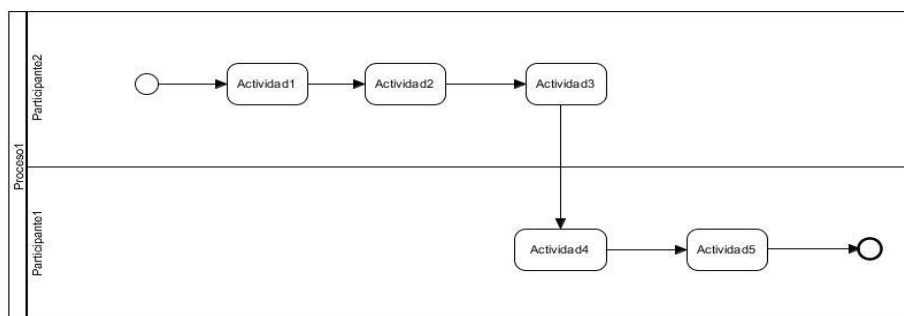


Figura 9: Representación gráfica del Proceso1. Fuente: elaboración propia

La descripción de los elementos del diagrama en la ontología se realiza a través de la creación de las instancias de cada una de las clases como se establece en la Tabla 5.

Tabla 5: Creación de instancias en correspondencia a las clases de la ontología

BPMN (tipo de elemento)	Ontología (Concepto OWL)	Instancia
Evento de Inicio	EventoInicio	EventoInicio1
Actividad	Actividad	Actividad1
		Actividad2
		Actividad3
		Actividad4
		Actividad5
Evento de Fin	EventoFin	EventoFin1
Flujo de secuencia	Paso	PasoD1
		PasoD2
		PasoD3
		PasoD4
		PasoD5
		PasoD6
		PasoD7
Proceso	Proceso	Proceso1

El proceso de creación de las instancias de la clase Actividad en la ontología se muestra en la Figura 10, de esta forma también deben crearse las instancias de las clases: EventoInicio, EventoFin, Paso y Proceso.

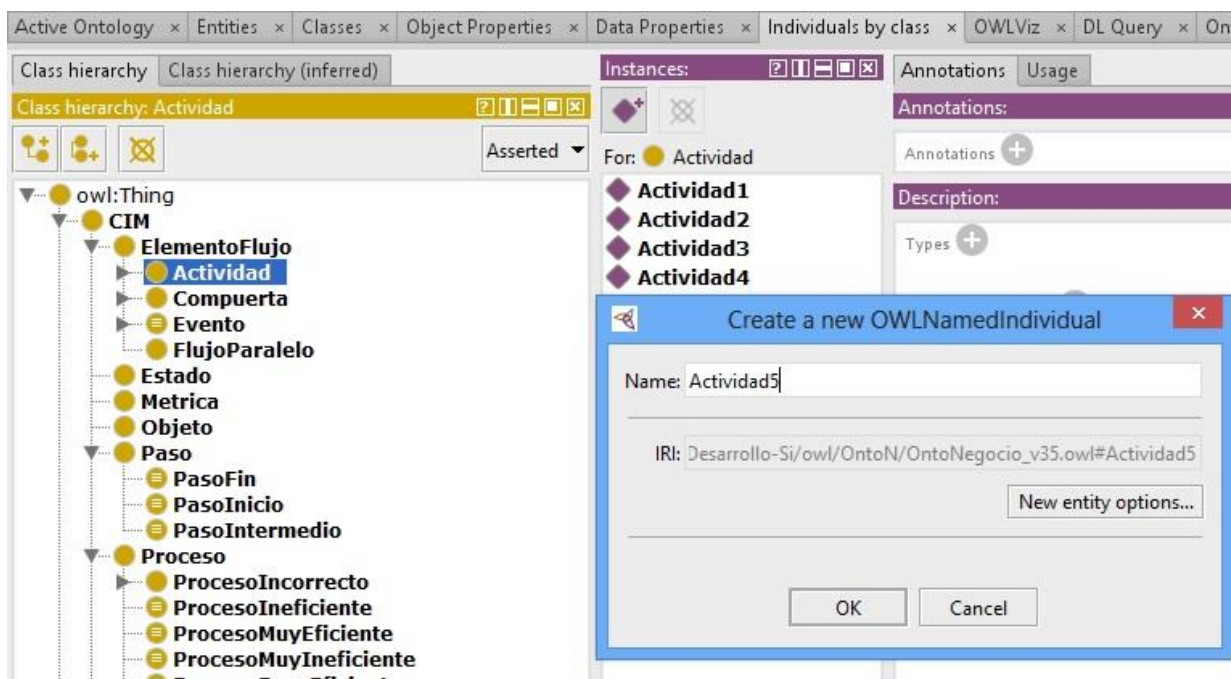


Figura 10: Creación de las instancias de la clase Actividad.

Para establecer las relaciones de las propiedades entre las instancias creadas y poder realizar posteriormente inferencias sobre el Proceso1, se utilizan las instancias de la clase Paso. Para cada paso se debe definir en la ontología las propiedades de objeto como se especifica en la Tabla 6.

Tabla 6 Descripción de las relaciones entre las instancias

Instancia	Relación de propiedad de objeto	de Instancia
PasoD1	EjecutaA	EventoInicio1
	EsPasoDe	Proceso1
	EsSeguidoPor	PasoD2
PasoD2	EjecutaA	Actividad1
	EsPasoDe	Proceso1

	EsSeguidoPor	PasoD3
PasoD3	EjecutaA	Actividad2
	EsPasoDe	Proceso1
	EsSeguidoPor	PasoD4
PasoD4	EjecutaA	Actividad3
	EsPasoDe	Proceso1
	EsSeguidoPor	PasoD5
PasoD5	EjecutaA	Actividad4
	EsPasoDe	Proceso1
	EsSeguidoPor	PasoD6
PasoD6	EjecutaA	Actividad5
	EsPasoDe	Proceso1
	EsSeguidoPor	PasoD7
PasoD7	EjecutaA	EventoFin1
	EsPasoDe	Proceso1
	EsSeguidoPor	_

En el Protégé, la definición de las relaciones de propiedades de objeto se establece para poder obtener inferencias sobre el proceso mediante las instancias de la clase Paso, en la Figura 11 se muestra cómo se realiza para una de las instancias.

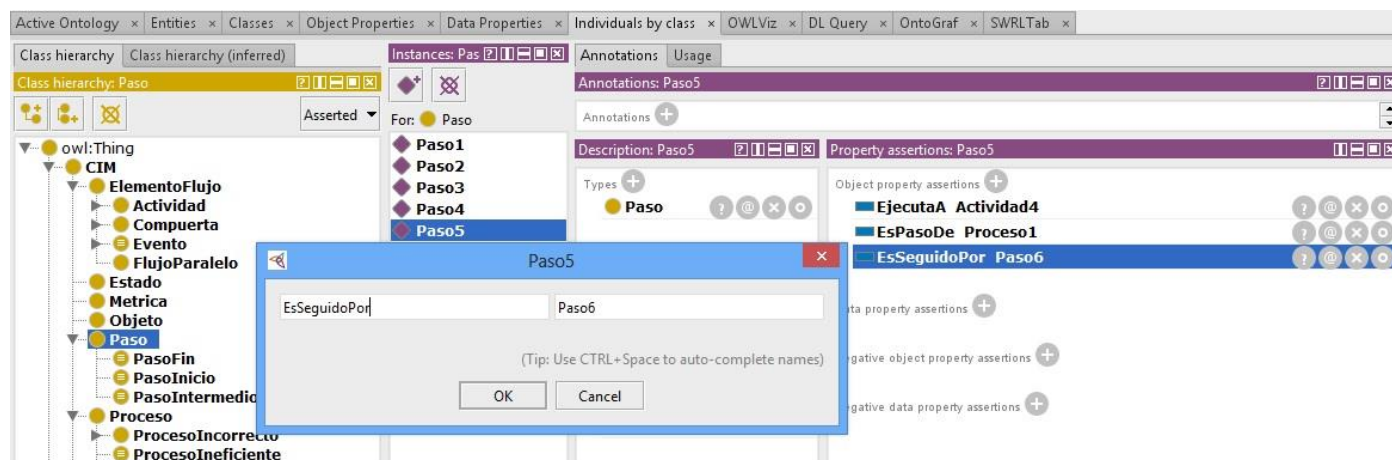


Figura 11: Definición de las propiedades de objeto a las instancias de la clase Paso

Este proceso de descripción del proceso a través de la ontología se conoce como poblado. Este hace referencia a extraer y representar, de manera automática o semiautomática, los individuos de clases, relaciones entre los individuos y valores de las propiedades (Reyes-Ortiz, Bravo, Herrera-Alcántara, & Gudiño, 2015). El poblado de las ontologías se ha realizado tradicionalmente de forma manual por los expertos e ingenieros de conocimiento, pero esta actividad consume demasiado tiempo (Faria, Serra, & Girardi, 2014). Realizar un rápido poblado de las ontologías es crucial en el desarrollo de los sistemas basados en el conocimiento (Faria et al., 2014).

El subproceso Describir los procesos de negocio en la ontología realiza una transformación de los elementos de los DPN en instancias de la ontología, la primera actividad es Crear las instancias de las clases Eventolnicio, Actividad, EventoFin, Proceso y Paso. Luego se realiza la definición de las relaciones de propiedad de objeto utilizando las instancias de la clase Paso. En la Figura 12, se representa este subproceso.



Figura 12: Subproceso Describir los procesos de negocio en la ontología. Fuente: elaboración propia

2.2.5 Evaluar los modelos

El último subproceso del método está relacionado a la evaluación de los procesos de negocio. Los modelos son comprobados a través de las reglas y axiomas definidos previamente en el modelo ontológico. Para realizar las inferencias en el Protégé sobre los procesos instanciados se propone utilizar el razonador Pellet. Cuando el resultado de la inferencia corresponda a que el proceso presenta problemas de tamaño o de morfología indica que el proceso de negocio debe ser revisado y mejorado. La elección de la aceptación o no, de realizar cambios en el diagrama de procesos deben realizarla los analistas de procesos y los expertos

de negocio. Se recomienda que los procesos con problemas sean mejorados y vuelvan a ser verificados en la ontología. En la Figura 13 se representa este subproceso.

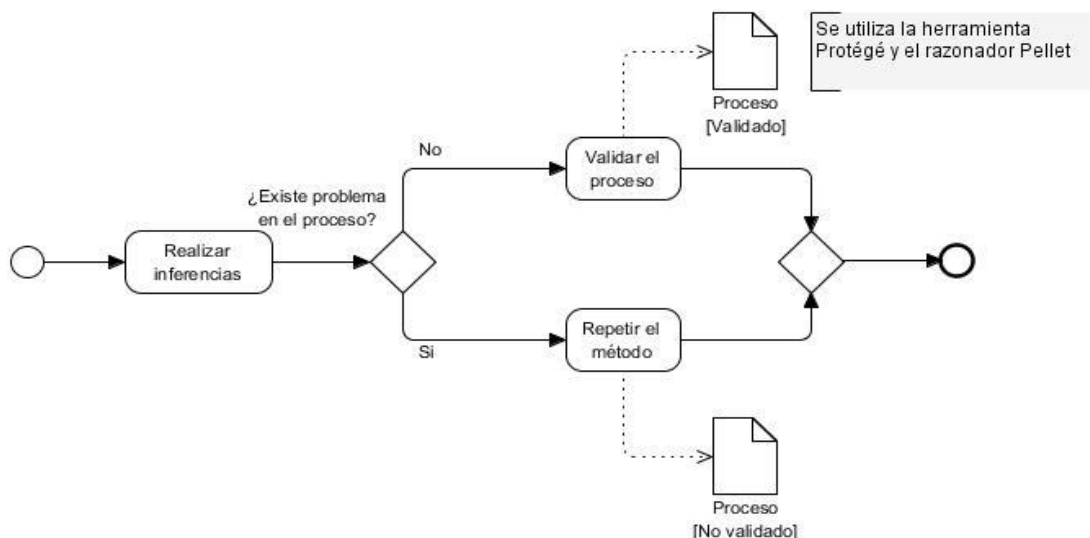


Figura 13: Subproceso Evaluar los modelos. Fuente: elaboración propia

Conclusiones parciales

La utilización de directrices prácticas en el modelado de procesos de negocio y la verificación de su correcto uso causan un efecto positivo en la calidad de los modelos. La comprobación de las directrices utilizadas en los modelos creados permite detectar problemas en etapas tempranas del desarrollo de software por lo que indiscutiblemente formaron parte del método desarrollado.

La creación de una ontología para la descripción y validación de procesos de negocio permite formalizar los modelos de procesos a través del lenguaje OWL y al mismo tiempo verificar los problemas asociados al incumplimiento de las directrices prácticas relacionadas a la Complejidad general.

El método desarrollado permite guiar el modelado de procesos de negocio teniendo en cuenta las directrices prácticas, garantiza una correcta utilización de estas a través de la verificación que realiza la ontología permitiendo detectar problemas en los modelos para que sean mejorados, aumentando su calidad y comprensión.

CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En este capítulo se describen los resultados de la validación de la investigación, como se presenta en la Figura 14. Para ello se detalla en primer lugar la validación de la ontología, luego se realiza un cuasi-experimento con el propósito de verificar que la aplicación del método contribuye a detectar errores en los diagramas de procesos de negocio. En último lugar se aplica la técnica ladov a un grupo de analistas de procesos de negocio para conocer el grado de satisfacción con respecto a la propuesta.

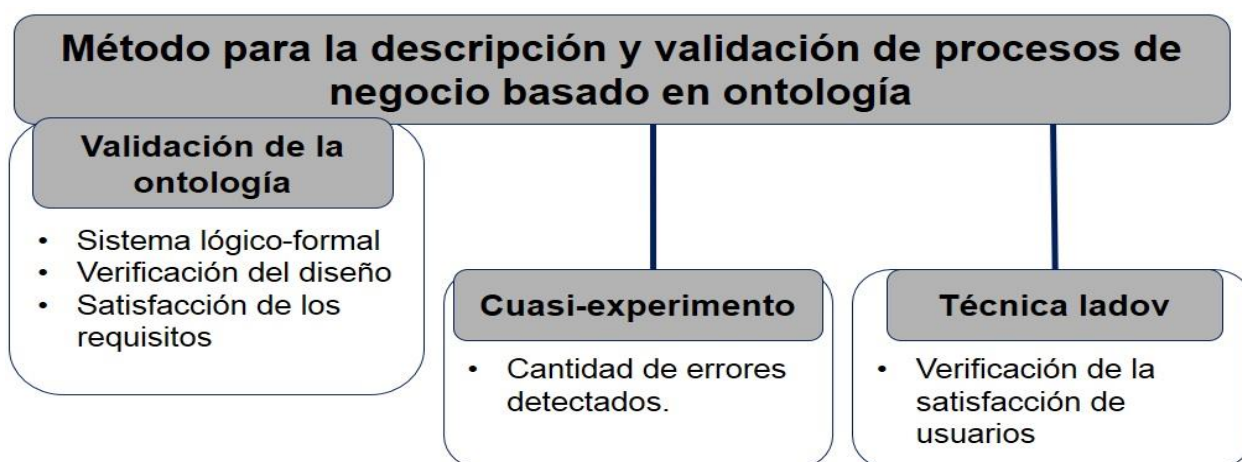


Figura 14: Vista general del sistema de validación. Fuente: elaboración propia.

3.1 Validación de la ontología

Según Guerrero (Guerrero Proenza & García Martínez, 2013) el proceso de validación de las ontologías no es un hecho puntual para un momento determinado. Tiene lugar durante todo el ciclo de vida realizándose comprobaciones de las propiedades lógico-formales por medio de razonadores que garantizan aislar los errores en contextos más reducidos. En el caso de la metodología de Rubén Darío Alvarado, incluye un apartado dedicado a la evaluación del resultado de la ontología, en ella se comprueba su consistencia, se valida la taxonomía de las clases y se verifica la inferencia de las clases. El método (Y. López et al., 2016) propone utilizar casos de prueba, razonadores y una lista de chequeo con los errores más comunes detectados. En el diseño de una ontología se debe comprobar:

- Las condiciones y propiedades como sistema formal.
- El diseño estructural.
- El cumplimiento con los requerimientos para los cuales fue creada.

Los razonadores permiten evaluar las propiedades lógico-formales de las ontologías durante todo el ciclo de vida. Por su parte, la lista de chequeo permite evaluar el diseño de la ontología desde etapas tempranas de su elaboración y puede ser actualizada a partir de errores que sean detectados, permitiendo así su evolución. La utilización de casos de prueba permite verificar el cumplimiento de los requerimientos de la ontología expresados en las preguntas de competencia.

3.1.1 Comprobación de las propiedades lógico formales

Las propiedades lógico-formales de una ontología son críticas con el fin de lograr un grupo de posibilidades inferenciales tales como:

- Chequear la consistencia de la ontología para asegurar que no contiene hechos contradictorios.
- Determinar si es posible que una clase tenga instancias.
- Clasificar la ontología a partir de las relaciones de subclase entre todos los conceptos declarados explícitamente para construir la jerarquía de clases.
 - Inferir cuáles son las clases a las que directamente pertenece una instancia. Si además se utiliza la jerarquía inferida mediante la clasificación anterior, es posible obtener todas las clases a las que indirectamente pertenece una instancia dentro de la ontología.

Acorde con diferentes autores las propiedades lógico formales de las ontologías se comprueban mediante razonadores (Guerrero Proenza & García Martínez, 2013; Noguera García, 2009). Para comprobar las propiedades de las ontologías desarrolladas en la presente investigación se utilizó el razonador Pellet.

3.1.2 Verificación del diseño mediante listas de chequeo

Con el propósito de verificar el diseño de la ontología se usó una lista de chequeo que se muestra en la Tabla 7 y que ha sido utilizada en otra validación realizada sobre ontologías (Y. López et al., 2016).

Tabla 7: Lista de chequeo de errores comunes en el diseño de ontologías

Tipo de error	Elemento a verificar
I.	Una misma clase es definida como subclase y superclase al mismo tiempo en diferentes niveles de la taxonomía.
II.	Uso excesivo de la relación es-un.
III.	Existencia de más de un concepto principal.
IV.	Existencia de clases incompletas que provocan ambigüedad por no estar correctamente documentadas.
V.	Falta de conocimiento disjunto. No se declara la disyunción entre conceptos provocando una incorrecta formalización del conocimiento.
VI.	Falta de exhaustividad. Se declaran subclases sin tener en cuenta la división completa de los conceptos en partes.
VII.	Existencia de conceptos repetidos.
VIII.	Poca especificación o delimitación de las propiedades que provoca un pobre razonamiento.
IX.	No se corresponden los elementos del dominio con los conceptos declarados o no se corresponde el conocimiento del dominio con los conceptos, relaciones y axiomas declarados.
X.	Existencia de redundancia entre las extensiones disjuntas de un concepto.
XI.	No se tiene en cuenta la traducción de los conceptos de la taxonomía a otros idiomas.
XII.	Falta de estandarización. Los nombres de los términos no siguen un estándar.

El diseño de la ontología fue revisado de forma iterativa a partir de la lista de chequeo. En una primera iteración se detectaron errores de tipo IV, VI, VIII y XI los cuales fueron corregidos. El de tipo XI no aplica, porque desde un inicio se definió que la ontología solo sería en español. En una segunda iteración se detectaron errores de tipo V que también fueron solucionados y finalmente en la tercera revisión no se detectaron más problemas considerándose que la ontología desarrollada presenta un diseño correcto.

3.1.3 Verificación de los requisitos mediante la ontología

Para verificar la ontología pueden ser utilizadas las preguntas de competencia (o requisitos funcionales) del DERO (ver Anexo 1). Para hacer la comprobación se aplicaron cinco casos de prueba con la siguiente estructura: pregunta de competencia que aborda, escenario de prueba, resultado esperado y resultado obtenido. En correspondencia con las preguntas de competencia se aplicaron los casos de prueba. A continuación, se describe el Caso de prueba 1 realizado para un proceso que no presenta problemas y que

es clasificado en un nivel de eficiencia a partir del cumplimiento de las métricas y umbrales de los elementos BPMN presentes en el modelo.

Caso de prueba 1. Pregunta de competencia: ¿Cómo es clasificado un proceso de acuerdo con los niveles de eficiencia teniendo en cuenta las métricas y umbrales?

Escenario: En la herramienta Protégé se crearon las instancias de la ontología como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Instancias del caso de prueba

Clases	Instancias	Propiedades	Valor de las propiedades
Proceso	Proceso_Deposito		
EventoInicio	EventoInicioDeposito		
Paso	PasoD1	EjecutaA	EventoInicioDeposito
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
		EsSeguidoPor	PasoD2
Actividad	Emitir_CompronanteDe Deposito	EsActividadDe	Proceso_Deposito
Paso	PasoD2	EjecutaA	Emitir_CompronanteDe Deposito
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
		EsSeguidoPor	PasoD3
Actividad	Generar_slip_de_banco	EsActividadDe	Proceso_Deposito
Paso	PasoD3	EjecutaA	Generar_slip_de_banco
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
		EsSeguidoPor	PasoD4
Actividad	Adjuntar_modelos_de_recibo_efectivo	EsActividadDe	Proceso_Deposito
Paso	PasoD4	EjecutaA	Adjuntar_modelos_de_recibo_efectivo
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
		EsSeguidoPor	PasoD5
Actividad	Anotar_numero_modelo_de_recibo_a_copia_comprobante	EsActividadDe	Proceso_Deposito
Paso	PasoD5	EjecutaA	Anotar_numero_modelo_de_recibo_a_copia_comprobante
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
		EsSeguidoPor	PasoD6

Actividad	Contabilizar_deposito	EsActividadDe	Proceso_Deposito
Paso	PasoD6	EjecutaA	Contabilizar_deposito
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
		EsSeguidoPor	PasoD7
EventoFin	EventoFinDeposito		
Paso	PasoD7	EjecutaA	EventoFinDeposito
		EsPasoDe	Proceso_Deposito
ProcesoMuyEficiente	Proceso_Deposito		

Resultado esperado: Al aplicar el razonador Pellet el proceso cumple con las restricciones definidas para un proceso muy eficiente. Si este es clasificado de muy eficiente es evidente que no tiene ningún problema con las métricas y los umbrales. En este caso el proceso Depósito tiene un evento de inicio, cinco actividades y un evento de fin, no hay compuertas, la cantidad de eventos es dos y el total de elementos de flujos es siete.

Resultado obtenido: Satisfactorio.

En la Figura 15, se muestra el resultado obtenido por el razonador.

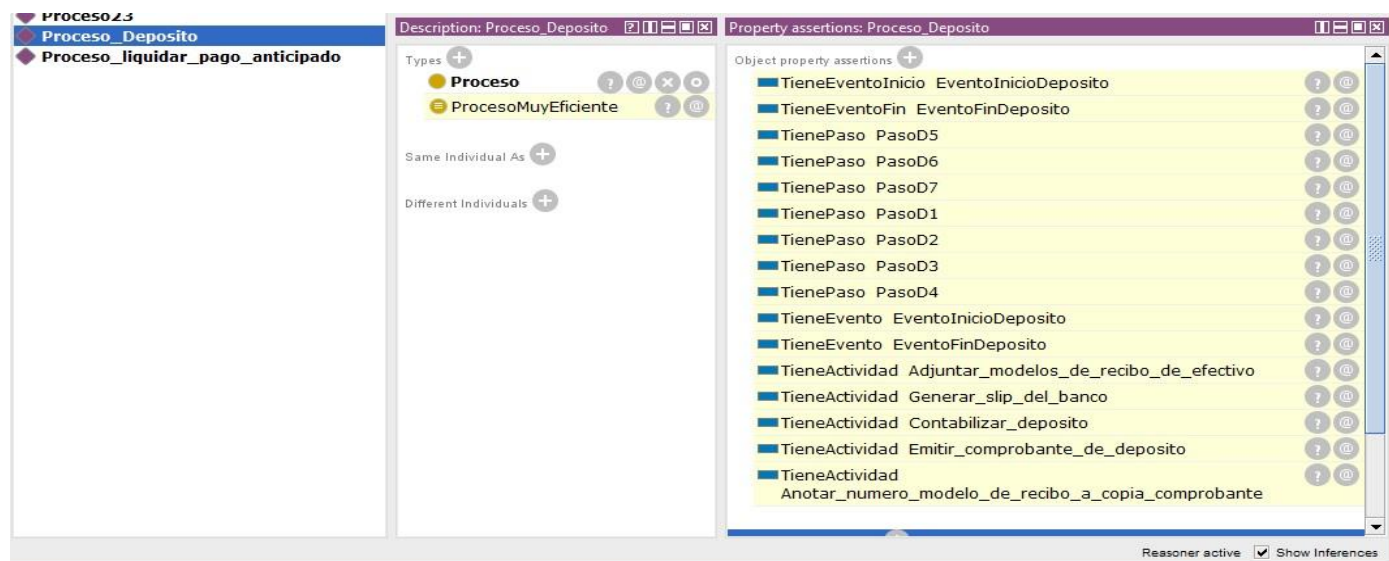


Figura 15: Resultado del razonador Pellet para el caso de prueba de Proceso muy eficiente.

En la Figura 16 se muestran todas las actividades pertenecientes al proceso Depósito. Se puede observar la secuencia de los siete pasos que se ejecutan en el proceso y por cada paso el elemento de ejecución

que desarrolla. El arco horizontal entre un paso y otro representa la propiedad *EsSeguidoPor*, mientras que el arco vertical entre un paso y un elemento de flujo representa la propiedad *EjecutaA*.

En todos los casos se alcanzaron resultados satisfactorios, lo que demuestra que la ontología satisface los requisitos para la cual fue creada. Luego de validar la ontología se procede a evaluar el método a través de la aplicación de métodos científicos.

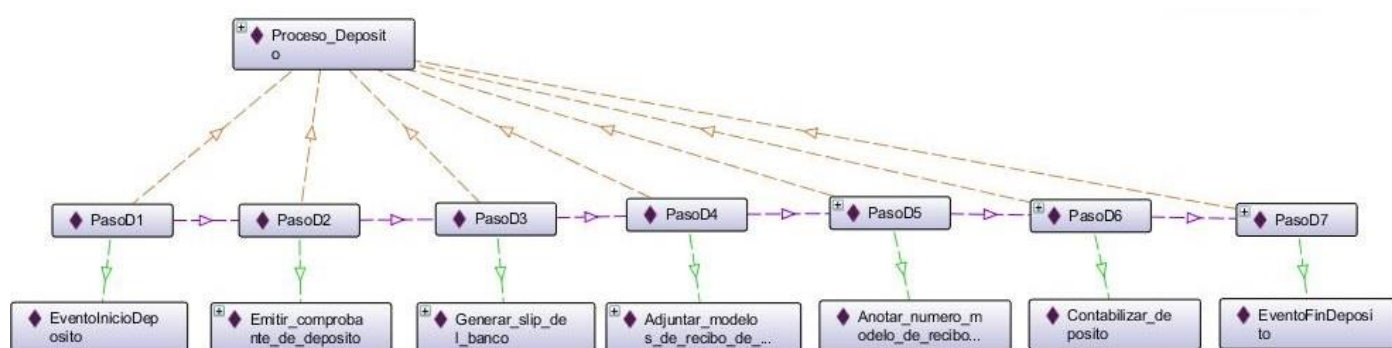


Figura 16: Pasos del proceso Depósito. Fuente: elaboración propia.

3.2 Diseño experimental para verificar la hipótesis de la investigación

El experimento es “el método empírico para el estudio de un objeto en el cual el investigador crea las condiciones o adapta las existentes para el esclarecimiento de las propiedades, leyes y relaciones del objeto, para verificar una hipótesis, una teoría o un modelo” (Rolando Alfredo León, 2012). Con el propósito de probar la hipótesis de la investigación se realizó un diseño experimental. La hipótesis inicial de la investigación quedó formulada de la siguiente forma: “La definición de un método basado en ontología para la descripción y validación de los procesos de negocio de gestión empresarial, aumenta la cantidad de errores detectados en el modelado de procesos de negocio de gestión empresarial en etapas tempranas del desarrollo de software”. Partiendo de la hipótesis planteada se deduce que la variable dependiente de la investigación es la detección de errores.

Para la realización del diseño experimental se utilizó como referencia el libro “Metodología de la Investigación” de Roberto Hernández Sampieri. Los diseños experimentales se dividen en tres clases: preexperimentos, experimentos verdaderos y cuasi-experimentos. El tipo de diseño experimental que se

realizó fue un cuasi-experimento con pre y post prueba sobre un único grupo. El experimento se clasifica como cuasi-experimento porque la selección del personal no fue aleatoria, sino que se realizó con la intención de contar con una representación de analistas que están elaborando actualmente DPN en un proyecto de levantamiento de información. Los analistas seleccionados se diferencian por el tiempo de experiencia que poseen en el modelado de procesos de negocio. Los diseños cuasi experimentales no tienen garantizada la equivalencia inicial porque no hay asignación aleatoria (Sampieri, Collado, & Lucio, 2006).

El cuasi-experimento se realizó de manera controlada con un grupo de analistas del centro de desarrollo CEIGE que participan en el levantamiento de información del proyecto Tecnotex. El grupo estuvo conformado por nueve analistas, de ellos tres con más de cinco años de experiencia, cuatro con más de tres años de experiencia y dos recién graduados que tienen al menos un año de experiencia en el rol de analista. Se realiza en un entorno controlado para comprobar el dominio de la propuesta en el proceso de modelado del negocio, a partir de un caso práctico donde se evalúa la influencia de la variable: detección de errores en los modelos de procesos de negocio.

Se utilizó el DPN de Operaciones bancarias, que se muestra en la Figura 17, al que se le introdujeron errores que violan las buenas prácticas referentes a la Complejidad general. Este diagrama fue entregado a cada uno de los analistas con el objetivo de identificar manualmente los errores presentes. En la Tabla 9 se muestra la cantidad de errores detectados por los analistas.

Tabla 9: Detección de errores por los analistas en los modelos

Participantes	Errores detectados
A1	2
A2	4
A3	3
A4	2
A5	4
A6	2
A7	4
A8	3
A9	2

Los errores que todos los analistas detectaron están relacionados a la salida de la primera compuerta del diagrama en cuanto a la cantidad de flujos de secuencia y el otro es con respecto a la cantidad de eventos

de fin. Sin embargo, desconocen cuál es el umbral que corresponde a la cantidad de elementos que se deben utilizar para que el modelo no presente problemas de tamaño, directriz que ninguno de los analistas identificó.

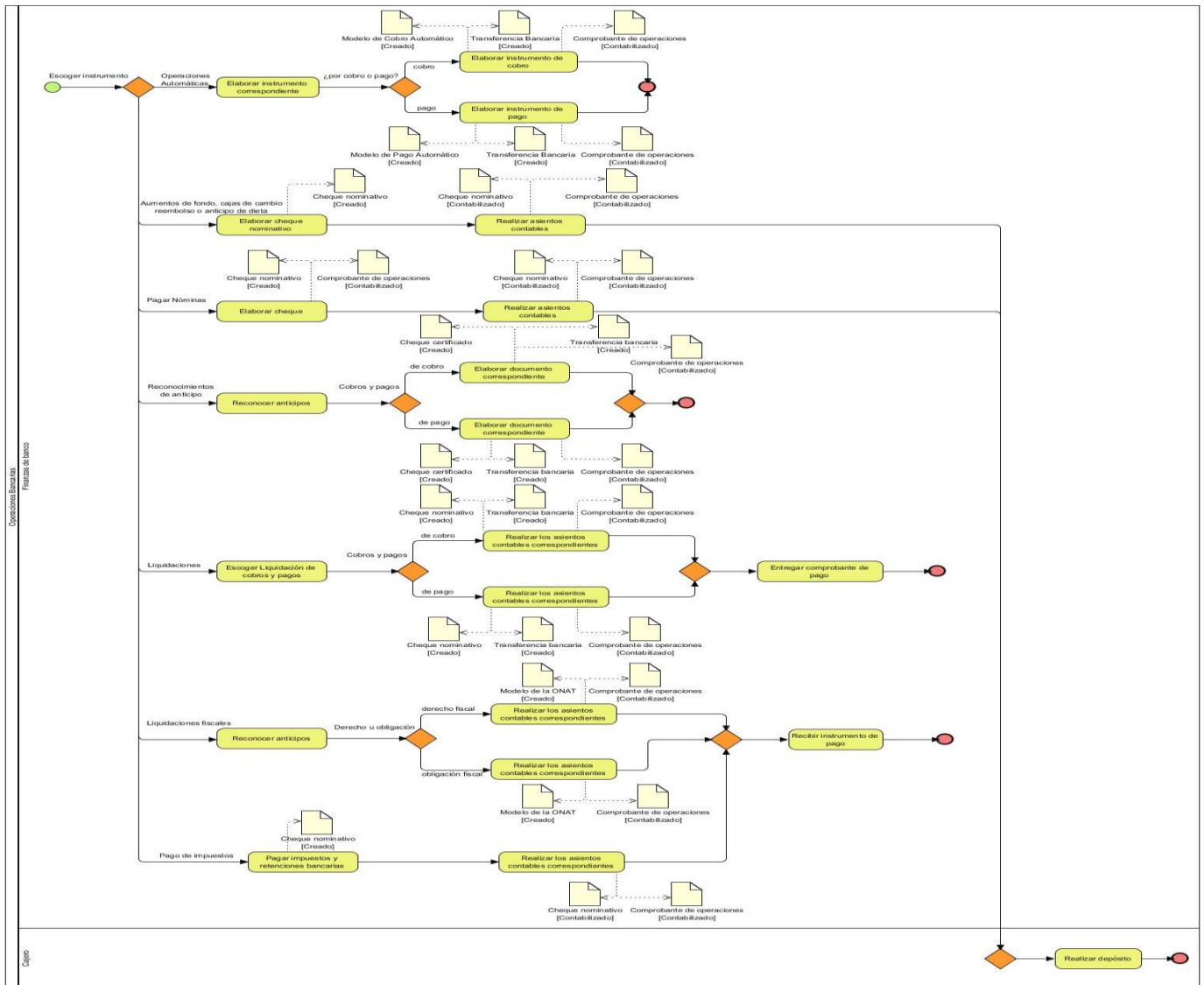


Figura 17: Diagrama de proceso de negocio de Operaciones bancarias con problemas. Fuente: elaboración propia.

Los errores que presenta el diagrama se listan a continuación:

- El modelo contiene un alto número total de elementos como compuertas, actividades y eventos, sobrepasando el umbral definido para la métrica Número total de nodos: TSN.
- Alto número total de eventos de fin, sobrepasando el umbral definido para la métrica TSE_E.
- Compuerta con alto número de flujos de salida.
- Compuertas desbalanceadas, existen compuertas de división sin compuertas de unión.
- Alto número de flujos de secuencia, sobrepasando el umbral definido para la métrica TSA.

El diagrama utilizado para realizar el cuasi/experimento corresponde al proceso de Operaciones bancarias. Luego de introducirlo en la ontología se realizó el razonamiento sobre el proceso arrojando que el diagrama presenta los problemas anteriormente mencionados, esto indica que debe ser analizado y mejorado. A modo de ejemplo, se muestra el resultado arrojado por el razonador para la métrica relacionada a la cantidad de eventos de fin en la Figura 18.

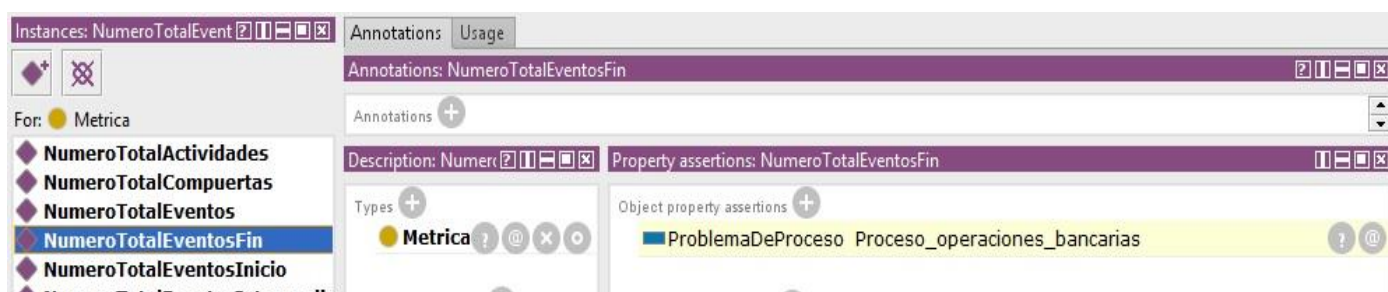


Figura 18: Resultado del razonamiento de Pellet para la métrica TSE_E. Fuente: elaboración propia.

Al aplicar el método propuesto, la ontología detectó todos los problemas presentes en el diagrama. El resultado se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Resultado arrojado con la utilización del método

Participantes	Errores detectados con el método
A1	5
A2	5
A3	5
A4	5
A5	5
A6	5
A7	5
A8	5
A9	5

En la primera medición ningún analista detectó la máxima cantidad de errores que contenía el modelo. El valor de la media de errores detectados fue de 2,88. Este resultado puede obedecer a la variedad en cuanto a la experticia de los analistas en el experimento. Este elemento es favorable para obtener una visión más generalizada del entorno real. Al realizar la misma actividad con la ontología se detectaron todos los errores existentes. Esto permite que puedan resolverse los problemas encontrados en los modelos y evitar su propagación a otras etapas del desarrollo de software.

3.3 Aplicación de la técnica ladov

Cuando se realiza una propuesta, es recomendable retroalimentarse con la opinión de los usuarios. Esta información es útil para conocer las debilidades de la propuesta y profundizar en sus fortalezas. En ese sentido, la técnica de ladov es un instrumento que ayuda a conocer el grado de satisfacción de los usuarios. Recientemente ha sido adaptada para aplicarse en el sistema de validación en diversas investigaciones (Arias Orizondo, 2013; Fernández de Castro Fabre & López Padrón, 2014; Silega, 2014).

Con la técnica de ladov se puede conocer el grado de satisfacción de usuarios acerca de la utilización del método para detectar errores en los DPN. Se aplicó un cuestionario a 14 personas con determinada experiencia en el modelado de procesos de negocio con BPMN. Los participantes pertenecen a diferentes departamentos de CEIGE: dos del Desarrollo de Componentes, tres del Departamento de Aplicaciones Financieras y Aduanales y nueve del Departamento de Aplicaciones de Gestión Empresarial. Todos los participantes han estado involucrados en proyectos de desarrollo de software en la disciplina del Modelado de Procesos de Negocio.

La estructura interna del cuestionario posee una relación entre tres preguntas cerradas y dos abiertas. La relación entre las preguntas cerradas se establece a través del "cuadro lógico de ladov" y las abiertas permiten conocer la opinión de los usuarios sobre el método. La Tabla 11 muestra el cuadro lógico modificado con las preguntas cerradas empleadas en la evaluación.

El número resultante de la interrelación de las tres preguntas indica la posición en la escala de satisfacción siguiente: clara satisfacción (A), más satisfecho que insatisfecho (B), no definida (C), más insatisfecho que satisfecho (D), clara insatisfacción (E), contradictoria (C). A partir de la cantidad de respuestas por categoría es posible calcular el Índice de Satisfacción Grupal (ISG) siguiendo la siguiente fórmula:

$$ISG = \frac{A(+1) + B(+0.5) + C(0) + D(-0.5) + E(-1)}{N}$$

Donde N es la cantidad total de respuestas.

El valor del ISG permite identificar las siguientes categorías grupales:

- Insatisfacción: desde (-1) hasta (-0,5)
- Contradictorio: desde (-0,49) hasta (+0,49)
- Satisfacción: desde (+0,5) hasta (1)

Tabla 11: Cuadro lógico de ladov

8. ¿Le satisface la concepción de este método para la comprobación del correcto uso de directrices prácticas y evitar propagar posibles errores a otras etapas del desarrollo de software?	3. ¿Considera usted que es aconsejable desarrollar la disciplina Modelado de negocio sin contar con un método que considere la evaluación del correcto uso de las directrices prácticas?								
	No			No sé			Sí		
	5. ¿Utilizaría el método que se presenta en esta investigación para validar sintácticamente los DPN y detectar tempranamente problemas en los modelos de procesos?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

El resultado de la aplicación del cuestionario según la técnica de ladov se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Escala de satisfacción

Total de usuarios de la muestra (N)	14	Escala
Clara satisfacción	9	A
Más satisfecho que insatisfecho	3	B
No definida	2	C
Más insatisfecho que satisfecho	0	D
Clara insatisfacción	0	E
Contradictoria	0	C

El gráfico de la Figura 19 muestra los resultados de la aplicación de la técnica de ladov. El valor obtenido del ISG fue de 0,75 lo que indica satisfacción de los usuarios con el método.



Figura 19: Nivel de satisfacción. Fuente. Elaboración propia.

La técnica de ladov incluye dos preguntas de carácter abierto. Estas ayudan a conocer las causas que influyen en los diferentes niveles de satisfacción alcanzados. Las respuestas obtenidas expresan la satisfacción y recomendaciones sobre la propuesta presentada que se consideraron en el epígrafe 3.4 y en las recomendaciones de la investigación. Las preguntas abiertas del cuestionario fueron: ¿Qué elementos considera positivos de este método? Y ¿Qué elementos considera negativos de este método?

3.4 Incidencia del método en la detección de errores

El método evita la propagación de errores a etapas posteriores, lo que contribuye al ahorro de tiempo y recursos en el proceso de desarrollo de software, ya que no identificar a tiempo estos errores produciría mayores esfuerzos para su solución. Su empleo durante la disciplina de Modelado del negocio garantiza que el documento entregable de las Descripciones de procesos de negocio tenga mayor calidad, ofreciendo DPN más comprensibles y válidos estructuralmente.

Los clientes y expertos del negocio solo realizan validaciones semánticas del contenido que estos diagramas representan debido a su conocimiento del negocio, pero no tienen dominio sobre técnicas de modelado. Garantizar el correcto diseño de estos modelos corresponde al equipo de analistas, así como la validación estructural de los diagramas. El uso de este método permite a los analistas garantizar que los DPN sean válidos en cuanto a correctitud y comprensión.

La utilización de este método brinda la posibilidad de que los analistas de procesos de negocio actualicen sus conocimientos en la aplicación de técnicas de modelado y el uso de directrices prácticas para la creación de modelos correctos y comprensibles. Además, obtengan conocimientos básicos sobre la manipulación y uso de ontologías que proporciona varios beneficios en el desarrollo de software.

Otro beneficio que se obtuvo durante la definición de este método fue la actualización de OntoCIM, esta ontología además de realizar validaciones semánticas sobre los procesos, ahora permite verificar la correctitud estructural de la representación gráfica utilizando las directrices prácticas. Su adopción en un entorno que aplique el Desarrollo dirigido por modelos permitiría utilizar modelos independientes de la computación válidos sintáctica y semánticamente.

Conclusiones parciales

Las verificaciones realizadas sobre la ontología demostraron que cumple con los elementos requeridos como sistema formal y satisface los requisitos para los que fue creada. La utilización de la ontología para la comprobación del correcto uso de las directrices prácticas, permite detectar los problemas que pueden tener los DPN para que estos sean corregidos y realiza una validación estructural sobre los modelos que no tienen problemas.

El cuasi-experimento desarrollado demostró que la adopción de la propuesta tiene un impacto positivo en la detección de errores en los modelos de procesos de negocio, permitiendo que estos puedan ser mejorados y evitar se propagación a etapas posteriores.

La aplicación de la técnica de ladov constituye un instrumento de gran valor para el estudio de la satisfacción de usuarios. Con la aplicación de esta técnica se constató que el método desarrollado fue satisfactoriamente valorado por los usuarios, arrojando un $ISG = 0,75$ evidenciando satisfacción sobre el método desarrollado.

CONCLUSIONES GENERALES

Con el desarrollo del presente trabajo se arribó a las siguientes conclusiones:

❖ A partir de la construcción del marco teórico de la investigación se determinó que el uso de las directrices prácticas en la creación de los DPN mejora considerablemente su calidad, permitiendo que los modelos sean más comprensibles y disminuye la probabilidad de propagar errores a etapas posteriores. Se comprobó que las ontologías son útiles durante el modelado de procesos negocio y se propuso su utilización para la verificación de un conjunto de directrices.

❖ La creación de un método basado en ontología para la descripción y validación de procesos de negocio teniendo en cuenta la utilización y verificación de directrices prácticas, permite la detección de errores en la etapa inicial del proceso de desarrollo de software, contribuyendo a que los modelos sean corregidos y mejorados.

❖ La creación del modelo ontológico para la verificación del correcto uso de directrices prácticas permite identificar errores en los DPN. Los procesos que se detectan con problemas deben ser analizados y mejorados. De esta manera, al comprobar estructuralmente el modelo también es posible evaluar su calidad sintáctica.

❖ La validación de la ontología permitió verificar la correctitud de su diseño, de sus condiciones y propiedades como sistema formal, así como el cumplimiento de los requisitos para los que fue creada. El cuasi-experimento realizado aportó evidencias cuantitativas a favor de la hipótesis de la investigación al verificar que con la aplicación del método se aumenta la cantidad de errores detectados en los modelos de procesos de negocio. La aplicación de la técnica de ladov reveló que los usuarios se sienten satisfechos con el método desarrollado.

RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo del presente trabajo se plantean como recomendaciones:

- ❖ Definir una variante para la aplicación y verificación de directrices prácticas en el modelado de procesos utilizando los Diagramas de Actividad de UML.
- ❖ Ampliar el alcance de la ontología para el soporte de otras directrices, métricas y umbrales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmet Dikici, O., Onur Demirors. (2018). Factors influencing the understandability of process models: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 93, 112–129.
- Allweyer, T. (2016). *BPMN 2.0: introduction to the standard for business process modeling*: BoD–Books on Demand.
- Alvarado, R. (2010). Metodología para el desarrollo de ontologías.
- Arias Orizondo, A. (2013). *Modelo de madurez de tres perspectivas para evaluar y planificar la adopción de arquitecturas orientadas a servicios en las organizaciones*. Tesis Doctoral, dirigida por Dra. C. Vivian Estrada Sentí & Dra C. Ailyn Febles Estrada. Centro de Consultoría y Desarrollo de Arquitecturas Empresariales (CDAE). Facultad.
- Barchini, G. E., & Álvarez, M. M. (2010). Dimensiones e indicadores de la calidad de una Ontología. *Avances en Sistemas e Informática*, 7(1), 29-38.
- Barjis, J. (2008). The importance of business process modeling in software systems design. *Science of Computer Programming*, 71, 73–87.
- Bonita. Bonita. 2017, from <http://fr.bonitasoft.com>
- Brusa, G., Caliusco, M., & Chiotti, O. (2013). Gestión del Conocimiento en el Gobierno Abierto: Ontologías de Dominio. *JAIIO (Ed.)*, 42, 8-22.
- Camunda. (2014). BPMN 2.0 Best Practices. from <https://camunda.org/bpmn/>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, 34(1), 124-134.
- Contreras, M. C. B., Gutiérrez, F. P., Ortiz, J. A. R., & Ramírez, R. A. A. (2018). Ingeniería Ontológica aplicada en el diseño de un sistema de Ontologías para la gestión de horarios. *Pistas Educativas*, 39(128).
- Corradini, F., Ferrari, A., Fornari, F., Gnesi, S., Polini, A., Re, B., & Spagnolo, G. O. (2017). A Guidelines framework for understandable BPMN models. *Data & Knowledge Engineering*, 113, 129-154.
- Delgado, A., & Calegari, D. (2014). Business Process Management (BPM): aspectos clave para la construcción de software de soporte e impacto en la mejora continua de las organizaciones. *INNOTEC Gestión*(6 ene-dic), 40-51.

- Dianelys Nogueira, A. M., Carlos Nogueira. (2004). *Fundamentos para el Control de la Gestión Empresarial* E. P. y. Educación (Ed.)
- Estupiñan, J. F. G. (2014). Una Mirada a BPMN como Herramienta Estándar para el Modelado de Procesos de Negocio. *Fray Ismael Leonardo Ballesteros Guerrero, OP–Decano de División de Arquitectura e Ingenierías, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja*, 130-142.
- Faria, C., Serra, I., & Girardi, R. (2014). A domain-independent process for automatic ontology population from text. *Science of Computer Programming*, 95, 26-43.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N. (1997). Methontology: from ontological art towards ontological engineering.
- Fernández de Castro Fabre, A., & López Padrón, A. (2014). Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(3), 77-82.
- Fernández Hernández, A. (2016). Modelo ontológico de recuperación de información para la toma de decisiones en gestión de proyectos.
- Fernández Melián, S. (2013). Contribución a la alineación de ontologías utilizando lógica difusa.
- Flavio Corradini, A. F., Fabrizio Fornari, Stefania Gnesi, Andrea Polini, Barbara Re, Giorgio Oronzo Spagnolo. (2017). Quality Assessment Strategy: Applying Business Process Modelling Understandability Guidelines. <http://puma.isti.cnr.it/linkdoc.php?ldauth=1&idcol=1&icode=2015-TR-034&authority=cnr.isti&collection=cnr.isti&langver=it>
- Fuentes, R. P., Ricet, A. C., Oca, I. M. M. d., & García, F. R. (2018). *BPMN NOTACIÓN DE GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO. HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE MODELOS DE PROCESOS DE NEGOCIO SAD_BPMN*. Paper presented at the Informática, La Habana. <http://www.informaticahabana.cu/sites/default/files/ponencias2018/CAL35.pdf>
- Gabryelczyk, R., & Jurczuk, A. (2017). Does experience matter? Factors affecting the understandability of the business process modelling notation. *Procedia Engineering*, 182, 198-205.
- Gassen, J. B., Mendling, J., Bouzeghoub, A., Thom, L. H., & de Oliveira, J. P. M. (2017). An experiment on an ontology-based support approach for process modeling. *Information and Software Technology*, 83, 94-115.
- Glimm, B., Horrocks, I., Motik, B., Stoilos, G., & Wang, Z. (2014). Hermit: an OWL 2 reasoner. *Journal of Automated Reasoning*, 53(3), 245-269.
- González, A. H. (2005). IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO. *Ingeniería Industrial*, XXVII(1), 54-59.

- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International journal of human-computer studies*, 43(5-6), 907-928.
- Guarino, N. (1998). *Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy* (Vol. 46): IOS press.
- Guerrero Proenza, R., & García Martínez, A. (2013). Ontología para la representación de las preferencias del estudiante en la actividad de aprendizaje en entornos virtuales. *Revista Cubana de Educación Superior*, 1, 20-37.
- Hermida, A. G., Rodríguez, M. S., Padrón, M. V., Domas, L. R., & López, R. R. (2016). Alternativa para realizar analisis de rendimiento de procesos automatizados empleando tecnicas de mineria de procesos y simulacion sobre redes de Petri. *Investigación Operacional*, 37(1), 93-102.
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). *Design research in information systems: theory and practice* (Vol. 22): Springer Science & Business Media.
- Hevner, A. R. (2004). DESIGN SCIENCE IN INFORMATION SYSTEMS RESEARCH. *MIS Quarterly*, 28(1), 75-105.
- Hitpass, B. (2017a). *BPM: Business Process Management: Fundamentos y Conceptos de Implementación 4a Edición actualizada y ampliada*: Dr. Bernhard Hitpass.
- Hitpass, B. (2017b). *Bussines Process Management, Fundamentos y Conceptos de Implementación* (B. L.-S. d. Chile Ed. 4ta Edición ed.). Santiago de Chile.
- Hitpass, B., Freund, J., & Rucker, B. (2014). BPMN 2.0 manual de referencia y guía prâctica. *Santiago de Chile: BPMCenter*.
- Hitpass, B., Freund, J., & Rucker, B. (2017). *BPMN Manual de Referencia y Guía Práctica 5a Edición: Con una introducción a CMMN y DMN*: Dr. Bernhard Hitpass.
- Horridge, M., Jupp, S., Moulton, G., Rector, A., Stevens, R., & Wroe, C. (2009). A practical guide to building owl ontologies using protégé 4 and co-ode tools edition1. 2. *The university of Manchester*, 107.
- Isel Moreno Montes de Oca, A. R. M., Monique Snoeck, et al. (2014). Directrices prácticas y métricas de calidad en la modelación de procesos de negocio: un caso de estudio. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8.
- Isel Moreno Montes de Oca, M. S., Hajo A. Reijersc, Abel Rodríguez Morffi. (2015). A systematic literature review of studies on business process modeling quality. *Information and Software Technology*, 58, 187-205.
- Islay Davies, P. G., Michael Rosemann, Marta Indulska, Stan Gallo. (2006). How do practitioners use conceptual modeling in practice? *Data & Knowledge Engineering*, 58(3), 358-380.

- J. Mendling, H. A. R., W.M.P. van der Aalst Barjis, Joseph. (2010). Seven process modeling guidelines (7PMG). *Information and Software Technology*, 52, 127–136.
- James Nelson, G. P., Marcela Genero, Mario Piattini. (2012). A conceptual modeling quality framework. *Software Qual J*, 201-228.
- Jean Carlos Guzmán, F. L., Alfredo Matteo. (2013). Del Modelo de Negocio a la Arquitectura del Sistema considerando Metas, Aspectos y Estándares de Calidad. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software* 3, 19-37.
- Jesús Sánchez Cuadrado, E. G., Juan de Lara. (2014). A Component Model for Model Transformation. *IEEE*, 40(11), 1042-1060. doi: 10.1109/TSE.20142339852
- Júnior, V. H. G. (2016). *Utilização de Ontologias para Certificação de Boas Práticas em Modelagem de Processos de Negócio*. (Mestre), Universidad de Federal Do Rio Grande Do Sul, Brasil.
- Krogstie, J. (2012). *Quality of Business Process Models*. Paper presented at the 5th Working Conference on the Practice of Enterprise Modeling (PoEM), Rostock, Germany.
- Leung F, B. N. (2005). *Analyzing the quality of domain models developed by novice systems analysts*. Paper presented at the Proceedings of the 38th annual Hawaii international conference on system sciences.
- Ligeza, A., & Potempa, T. (2014). A approach to formal analysis of bpmn models: Towards a logical model for bpmn diagrams *Advances in Business ICT* (pp. 69-88): Springer.
- Llatas, C. F. (2009). *Representación, interpretación y aprendizaje de flujos de trabajo basado en actividades para la estandarización de vías clínicas*. (Doctoral), Politécnica de Valencia.
- López, R. B. S., Miguel, R. E. C., & Gurrola, I. I. M. (2013). Modelado de procesos Financieros de Sistema de Gestión Digital. *XVIII Congreso Internacional de Contaduría Administración e Informática*.
- López, Y., Hidalgo, Y., & Silega, N. (2016). Método para la integración de ontologías en un sistema para la evaluación de créditos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(4), 97-111.
- Luna, J. A. G., Bonilla, M. L., & Torres, I. D. (2012). Metodologías y métodos para la construcción de ontologías. *Scientia et technica*, 2(50), 133-140.
- Marbys Marante, W. S. (2010). Gestión de procesos de negocio. Enfoque conceptual orientado a los sistemas de información empresariales. *Ciencias de la Información*, 41(2), 11-15.
- Marlon Dumas, M. L. R., Jan Mendling, Hajo A. Reijers. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*. Austria: Springer.

- Marugán Cancio, M. (2018). Integración de modelos de procesos de negocio en BPMN y modelos de arquitectura empresarial en Archimate.
- Mauricio Rojas C., J. M. C., Judith Barrios A. (2010). Método para la conceptualización en el modelado del negocio en procesos de software. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 7.
- McGuinness, D. L., & Van Harmelen, F. (2004). OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10(10), 2004.
- Méndez, R., & Urrutia, A. (2016). Complejidad en modelos conceptuales de procesos de negocios. Propuesta de métricas de calidad de modelos conceptuales de procesos. *Revista GTI*, 15(43), 47-62.
- Mendling, J. (2009). Empirical Studies in Process Model Verification. *Springer Berlin Heidelberg*, 5460, 208-224.
- Mendling, J., Moser, M., Neumann, G., Verbeek, H., Van Dongen, B., & van der Aalst, W. M. (2006). A quantitative analysis of faulty EPCs in the SAP reference model. *BPM Center Report BPM-06-08*, BPMCenter. org.
- Mendling, J., Reijers, H. A., & Cardoso, J. (2007). *What makes process models understandable?* Paper presented at the International Conference on Business Process Management.
- Mendling, J., Strembeck, M., & Recker, J. (2012). Factors of process model comprehension—findings from a series of experiments. *Decision Support Systems*, 53(1), 195-206.
- Mendling, J., Verbeek, H., van Dongen, B. F., van der Aalst, W. M., & Neumann, G. (2008). Detection and prediction of errors in EPCs of the SAP reference model. *Data & Knowledge Engineering*, 64(1), 312-329.
- Moreno-Montes de Oca, I., & Snoeck, M. (2014). Pragmatic guidelines for business process modeling. In T. R. 2592983 (Ed.). KU Leuven: Faculty of Economics and Business.
- Nemury Silega, T. L., Manuel Noguera. (2014). Model-Driven and Ontology-Based Framework for Semantic Description and Validation of Business Processes. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, 12, 293-294.
- Noguera García, M. (2009). Modelo y análisis de sistemas CSCW siguiendo un enfoque de ingeniería dirigida por ontologías.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2005). Desarrollo de Ontologías-101: guía para crear tu primera ontología. *traducido del inglés por: E. Antezana,, http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-es.pdf*.

- O'Connor, M., Knublauch, H., Tu, S., & Musen, M. (2005). Writing rules for the semantic web using SWRL and Jess. *Protégé With Rules WS, Madrid*.
- Oca, I. M. M. d. (2015). *Patrón y clasificación taxonómica para directrices prácticas en modelos de procesos de negocio*. (Doctoral), UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS, Santa Clara, Cuba.
- OMG. (2009). Business Process Model and Notation (BPMN). Versión 1.2. from <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.2/PDF>
- Orozco, Z., & Cecilia, C. (2015). *Modelo para desarrollar un sistema de información con enfoque a procesos de negocio*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Orúe, S. M. (2009). *Estudio comparativo de Lenguajes de Modelado de Procesos de Negocio para su integración en procesos de Desarrollo de Software Dirigido por Modelos*. (Fin de Carrera), Escuela Politécnica Superior UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Madrid, España.
- Pawel Pawlewski, P. H. (2014). Lenguajes of process Modelin. *Infona 4*, 221-229.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3), 45-77.
- Reyes-Ortiz, J. A., Bravo, M., Herrera-Alcántara, O., & Gudiño, A. (2015). Poblado automático de ontologías de perfiles académicos a partir de textos en español. *Research in Computing Science*, 95, 159-170.
- Reyes García, F. (2016). *Herramienta para la aplicación de directrices de complejidad a modelos de procesos de negocios*. (Maestría), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Rojas, O., Silega, N., & Palmero, M. (2018). *Revisión sobre directrices prácticas para la calidad del modelado de procesos de negocio*. Paper presented at the Uciencia 2018, La Habana.
- Rolando Alfredo León, S. C. G. (2012). *El proceso de Investigación Científica*. La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior.
- Rosemann, M. (2006). Potential pitfalls of process modeling: part A. *Business Process Management Journal*, 12(2), 249-254.
- Samira Si-Said, S. A., Isabelle Comyn. (2013). Improving Business Process Model Quality Using Domain Ontologies. *J Data Semant*, 2(), 75-87. doi: 10.1007/s13740-013-0022-4
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. 3): México: McGraw-Hill.

- Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., & Ruiz, F. (2010). *Quality assessment of business process models based on thresholds*. Paper presented at the OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems".
- Sánchez-González, L., Ruiz, F., García, F., & Piattini, M. (2013). Improving Quality of Business Process Models. *of Novel Approaches to Software Engineering*, 130.
- Sánchez, T. R. (2015). Metodología de desarrollo para la actividad productiva de la UCI.
- Signavio. Guidelines by convention: Signavio Best Practice. 2017, from <https://academic.signavio.com>
- Silega, N. (2014). *Método para la transformación automatizada de modelos de procesos de negocio a modelos de componentes para Sistemas de Gestión Empresarial*. (Doctoral), Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
- Snoeck, M., de Oca, I. M.-M., Haegemans, T., Scheldeman, B., & Hoste, T. (2015). *Testing a selection of BPMN tools for their support of modelling guidelines*. Paper presented at the IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling.
- Snoeckb, I. M. M. d. O. M. (2015). Pragmatic guidelines for business process modeling: KU Leuven, Faculty of Economics and Business, Department of Decision Sciences and Information Management.
- Van Der Aalst, W. M., & Ter Hofstede, A. H. (2005). YAWL: yet another workflow language. *Information systems*, 30(4), 245-275.
- van Der Aalst, W. M., Ter Hofstede, A. H., Kiepuszewski, B., & Barros, A. P. (2003). Workflow patterns. *Distributed and parallel databases*, 14(1), 5-51.
- Weske, M. (2007). Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures. *Springer*, 4-11.
- Yulet Espinosa, C. R. L. (2013). Business Process Modeling: Evolution of the Concept in a University Context *Computación y Sistemas*, 17(1), 79-93.

ANEXOS

Anexo 1. Documento de especificación de requisitos de la ontología (DERO). Ontología para la descripción y validación de procesos de negocio

1. Propósito

El propósito de la ontología es validar los DPN de gestión empresarial teniendo en cuenta los elementos del lenguaje de modelado utilizado, los conceptos relacionados al dominio y las buenas prácticas de modelado.

2. Alcance

El dominio de representación se ajusta a la verificación de directrices prácticas que se deben tener en cuenta durante el modelado de los DPN para procesos de negocio de gestión empresarial.

3. Lenguaje de implementación

Debe estar implementada en el lenguaje de implementación de ontologías OWL usando la herramienta Protégé 5.2.0.

4. Usuarios finales previstos

Analistas de procesos de negocio

5. Usos previstos

Detectar posibles errores en los DPN que violen las buenas prácticas de modelado y las restricciones del dominio, con el fin de mejorar los modelos. Validar y verificar los procesos de negocio a partir de las restricciones de dominio y las directrices prácticas identificadas.

6. Requisitos

- Requisitos no funcionales
 - La ontología debe estar escrita en idioma Español.
- Requisitos funcionales: Grupo de preguntas de competencia
 - ¿El proceso presenta problemas de tamaño según los elementos de flujo que lo conforman?
 - ¿Cómo es clasificado un proceso de acuerdo con los niveles de eficiencia teniendo en cuenta las métricas y umbrales?
 - ¿El proceso de negocio tiene un evento de inicio, actividades y un evento fin?
 - ¿Existen compuertas con múltiples entradas y salidas?
 - ¿Existen procesos con problemas de morfología?