

EduBPMN: Un Método Basado en Reglas de
Transformación para Generar Interfaces Gráficas de
Usuario a partir de Modelos de Procesos de Negocio
(BPMN)

Jorge Eduardo Díaz Suárez

TESIS DOCTORAL / 2020

Programa de Doctorat en Tecnologies de la Informació, Comunicacions i
Computació

Directores de tesis

Dr. José Ignacio Panach Navarrete

Dra. Silvia Rueda Pascual



VNIVERSITAT
D VALÈNCIA

Directores

Dr. José Ignacio Panach Navarrete

Profesor Titular de Universidad
Universitat de Valencia
Valencia, España

Dra. Silvia Rueda Pascual

Profesora Titular de Universidad
Universitat de Valencia
Valencia, España

Tribunal Titular:

Presidente: Dr. Ernest Teniente López

Secretario: Dr. Francisco José Domínguez Mayo

Vocal: Dra. Marcela Genero Bocco

Universitat Politècnica de Catalunya

Universidad de Sevilla

Universidad de Castilla La Mancha

Tribunal Suplente:

Dr. Vicente Pelechano Ferragud

Dra. Beatriz Bernárdez Jiménez

Dra. Sira Vegas Hernández

Universidad Politécnica de Valencia

Universidad de Sevilla

Universidad Politécnica de Madrid

A mi familia.

Abstract / Resumen

Abstract Business Process Model and Notation (BPMN) is a standard developed by the Object Management Group (OMG) that provides organizations with the ability to understand their internal business procedures in graphical notation. The basic elements of the BPMN model are events, sequence flow, pool, lane, gateways, sub process, tasks, and other elements. BPMN model does not allow capturing the functional behavior of the system and the persistence of the data, being only a model that provides support to the business analyst in the development of an information system. The effort made by the business analyst to build the BPMN model is not reflected in the Graphical User Interfaces (GUIs) developed subjectively by the designer. Currently there are works that focus on generating functionality and data persistence from BPMN models, some works try to complement the BPMN model with artifacts, extensions, task models and other transformations. However, there are few works that address the generation of GUIs from BPMN models through transformations.

The contribution of this work is the definition of EduBPMN (Extension of a BPMN), a method to generate GUIs design alternatives through a BPMN model based on 14 transformation rules. These rules were extracted from the identification of 5 BPMN patterns (sequence pattern, exclusive decision pattern, synchronization pattern, implicit decision pattern, and synchronized join structure pattern) in 14 Bizagi BPMN projects. When there is more than one GUI design alternative in a rule, a stereotype has been defined that unequivocally allows to know which widget to generate. In total, 19 stereotypes have been defined. Furthermore, a set of usability recommendations has been developed to find out which of all the possible stereotypes is best suited to optimize usability at all times. In total 28 usability recommendations have been defined.

This research is based on the Design Science methodology defined by Roel Wieringa, which focuses on Information Systems and Software Engineering projects through experimentation. This thesis follows the structure of this methodology with a Design Cycle and an Experimentation Cycle. The document begins with the investigation of the problem, then continues the design of the proposed solution concluding with the validation of this proposal.

To validate the EduBPMN method, 2 experiments were run: The first experiment consists of a family of experiments with 2 replications to evaluate the transformation rules and evaluate the set of usability recommendations that we propose. The second experiment consists of a family of experiments with 2 replications to evaluate the EduBPMN method in comparison with a method without rules.

Resumen El Modelo y Notación de Procesos de Negocios (BPMN) es un estándar desarrollado por la Object Management Group (OMG) que proporciona a las organizaciones la capacidad de comprender sus procedimientos empresariales internos en una notación gráfica. Los elementos básicos del modelo BPMN son eventos, flujo de secuencia, pool, carril, compuertas, subproceso, tareas, y otros elementos. El modelo BPMN no permite capturar el comportamiento funcional del sistema y la persistencia de los datos, siendo solo un modelo que brinda soporte al analista de negocio en el desarrollo de un sistema de información. El esfuerzo que realiza el analista de negocio en construir el modelo BPMN no se ve reflejado en las Interfaces Gráficas de Usuario (IGUs) desarrolladas de manera subjetiva por el diseñador. En la actualidad existen trabajos que se centran en generar funcionalidad y persistencia de datos a partir de modelos BPMN, algunos trabajos intentan complementar al modelo BPMN con artefactos, extensiones, modelo de tareas y otras transformaciones. Sin embargo existen pocos trabajos que abordan la generación de IGUs a partir de modelos BPMN a través de transformaciones.

La contribución de este trabajo es la definición de EduBPMN (Extensión de un BPMN), un método para poder generar alternativas de diseño de IGUs a través de un modelo BPMN basado en 14 reglas de transformación. Estas reglas fueron extraídas a partir de la identificación de 5 patrones BPMN (patrón de secuencia, patrón de decisión exclusiva, patrón de sincronización, patrón de decisión implícita, y patrón de estructura de unión sincronizada) en 14 proyectos BPMN de Bizagi. Cuando en una regla hay más de una alternativa de diseño de IGUs, se ha definido un estereotipo que permite de forma inequívoca saber qué elemento gráfico genera para un determinado elemento conceptual de BPMN. En total se han definido 19 estereotipos. Además, se ha desarrollado un conjunto de recomendaciones de usabilidad que se usa bajo condiciones específicas para saber cuál de todos los posibles estereotipos es más adecuado para optimizar la usabilidad en cada momento, en total se han definido 28 recomendaciones de usabilidad.

Esta investigación se basa en la metodología Design Science definida por Roel Wieringa, que se enfoca en proyectos de Sistemas de Información e Ingeniería de Software a través de la experimentación. Esta tesis sigue la estructura de esta metodología con un Ciclo de Diseño y un Ciclo de Experimentación. El documento inicia con la investigación del problema, luego continúa el diseño de la solución propuesta concluyendo con la validación de esta propuesta.

Para validar el método EduBPMN, se ejecutaron 2 experimentos: El primer experimento consiste en una familia de experimentos con 2 réplicas para evaluar las reglas de transformación y evaluar el conjunto de recomendaciones de usabilidad que proponemos. El segundo experimento consiste en una familia de experimentos con 2 réplicas para evaluar el método EduBPMN en comparación con un método sin reglas

Agradecimientos

A mi hijo Eduardito, Samantha, a mis padres Doris y Jorge por siempre estar ahí conmigo apoyándome, a mis hermanos Savarese, Franco, Jorge y Elía que a pesar de la distancia siempre estuvieron motivándome durante todo este tiempo que desarrollé los estudios de doctorado.

A mis amigos Jahir, Antonio, Iván, Ayman, Pepe, y Víctor, quienes fueron muy grandes personas durante esta travesía.

A mis mentores Ignacio Panach, Silvia Rueda quienes me apoyaron incondicionalmente en esta investigación. Gracias Ignacio por tu comprensión y entendimiento en los avances de esta investigación doctoral, recordando siempre los momentos de comida de todos los días en la universidad conversando de diferentes temas, siempre motivándome y brindándome todos tus conocimientos. Gracias Silvia por siempre estar ahí apoyándome en todo lo que correspondía con la investigación doctoral, económico y logístico. Además agradezco a Óscar por brindarnos su apoyo en recursos para participar en conferencias. Agradezco a Jean Vanderdonckt, Damiano Distanto y Marcela Ruiz por la colaboración en artículos científicos que me permitieron aprender y poder mejorar nuestro trabajo de investigación.

A PRONABEC PERU – Beca Presidente, por la oportunidad y el apoyo integral en recursos económicos para poder cumplir con los estudios de doctorado en España.

Contenidos

PARTE I PREÁMBULO	1
Capítulo 1 Introducción	3
1.1 Motivación.....	4
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Aproximación a la Solución.....	5
1.4 Estructura de la Tesis.....	6
Capítulo 2 Metodología de Investigación.....	9
2.1 Objetivos y Preguntas de Investigación.....	10
2.2 Marco Metodológico Aplicado a la Tesis	11
2.3 Ciclo de Diseño y Ciclo Empírico	13
2.3.1 Ciclo de diseño	13
2.3.2 Ciclo Empírico	14
2.3.3 Ciclos aplicados a la Tesis	14
2.4 Conclusiones.....	18
PARTE II. INVESTIGACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
Capítulo 3 Marco Conceptual	21
3.1 Marco Conceptual del Modelo BPMN	22
3.1.1 Elementos BPMN.....	22
3.1.2 Patrones BPMN	24
3.2 Marco Conceptual para el Diseño de Interfaces Gráficas Usuario.....	26
3.3 Desarrollo dirigido por modelos (MDD)	26
3.4 Usabilidad.....	27
3.5 Conclusiones.....	28
Capítulo 4 Estado del Arte	29
4.1 Interfaces Gráficas de Usuario a partir de modelos BPMN	30
4.2 Extensiones BPMN	31

4.3 Generación de otros Modelos a partir de Modelos BPMN	32
4.4 Interfaces Gráficas de Usuario a partir de otros Modelos diferentes de BPMN.....	33
4.5 Transformaciones de Modelo BPMN a Código WS-BPEL	33
4.6 Usabilidad	34
4.7 Conclusiones	35
PARTE III. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	37
Capítulo 5 Método EduBPMN.....	39
5.1 Visión General.....	40
5.2 Proyectos BPMN	40
5.3 Identificación de Reglas de Transformación para Generar Alternativas de Diseño de Interfaces Gráficas de Usuario	48
5.4 Identificación de Estereotipos.....	54
5.5 Ejemplo Ilustrativo de cómo trabajar con Estereotipos	58
5.6 Conclusiones	60
Capítulo 6 Herramientas de software para usar el Método EduBPMN	61
6.1 Herramienta para extender un Modelo BPMN	62
6.2. Herramienta web para generar IGUs	66
6.3 Conclusiones	67
Capítulo 7 Recomendaciones de Usabilidad.....	69
7.1 Identificación de Recomendaciones de Usabilidad	70
7.2 Ejemplo Ilustrativo de Recomendaciones de Usabilidad.....	72
7.3 Conclusiones	74
PARTE IV. VALIDACIÓN	75
Capítulo 8 Experimento para Validar las Reglas de Transformación y sus Recomendaciones de Usabilidad	77
8.1 Introducción	78
8.2 Validación de Reglas de Transformación de Modelos BPMN a Interfaces Gráficas de Usuario y sus Recomendaciones de Usabilidad	78
8.2.1 Objetivo y preguntas de investigación.....	78
8.2.2 Planeamiento de la validación	79
8.2.3 Análisis de Datos e Interpretación de Resultados.....	88
Capítulo 9 Experimento para Validar Método EduBPMN.....	97

9.1 Validación del método EduBPMN	98
9.1.1. Objetivo y preguntas de investigación	98
9.1.2 Planeamiento de la validación	98
9.1.3 Modelo y Conceptos Estadísticos	113
9.1.4 Análisis de Datos e Interpretación de Resultados.....	114
9.1.5 Filtro de 75% de la exactitud en la construcción del modelo BPMN.....	127
9.1.6 Filtro de 100% de la exactitud en la construcción del modelo BPMN.....	129
Capítulo 10 Conclusiones y Trabajos Futuros	133
10.1 Contribuciones	134
10.2 Limitaciones	137
10.3 Trabajos futuros	137
Capítulo 11 Publicaciones	139
11.1 Resumen de publicaciones.....	140
11.1.1 Publicaciones	140
11.1.2 Participación en proyectos de investigación	141
11.1.3 Organización de congresos	142
Apéndice.....	143
Bibliografía.....	161

Lista de Imágenes

Imagen 1 Artefacto interactuando con el contexto para mejorar un problema en ese contexto.....	10
Imagen 2 Marco de trabajo de la metodología DS aplicado a la Tesis.....	12
Imagen 3 Ciclo de diseño de la metodología DS. Adaptado de [15].....	13
Imagen 4 Ciclo Empírico de la metodología DS. Adaptado de [15].....	14
Imagen 5 Ciclos aplicados a la Tesis.	18
Imagen 6 Representación gráfica del evento de inicio, intermedio, y de fin.....	22
Imagen 7 Representación gráfica de la Tarea.	22
Imagen 8 Representación gráfica de Sub proceso.....	23
Imagen 9 Representación gráfica de la compuerta exclusiva, paralela, y basada en eventos.	23
Imagen 10 Representación gráfica del flujo de secuencia.	23
Imagen 11 Representación gráfica de Pool.	23
Imagen 12 Representación gráfica de Carril.	23
Imagen 13 Patrón de secuencia.....	24
Imagen 14 Patrón de decisión exclusiva.....	24
Imagen 15 Patrón de sincronización.....	25
Imagen 16 Patrón de decisión implícita.....	25
Imagen 17 Patrón de estructura de unión sincronizada.	25
Imagen 18 Modelos que componen el MDA.	27
Imagen 19 Proyecto 1, Reclutamiento e Integración de Personal [53]	40
Imagen 20 Proyecto 2 Gestión de cambios [53]	41
Imagen 21 Proyecto 3, Suscripción pólizas de automóvil [53].....	42
Imagen 22 Proyecto 4, Solicitud de vacaciones [53].....	42
Imagen 23 Proyecto 5, Pago de Facturas [53]	43
Imagen 24 Proyecto 6, Gestión de contratos [53]	43
Imagen 25 Proyecto 7, Desvinculación de personal [53].....	44
Imagen 26 Proyecto 8, Gestión de oportunidades [53].....	44
Imagen 27 Proyecto 9, Gestión de Peticiones, Quejas y Reclamos [53].....	45
Imagen 28 Proyecto 10, Solicitud de crédito [53]	45
Imagen 29 Proyecto 11, Mesa de ayuda [53].....	46
Imagen 30 Proyecto 12, Solicitud de compras [53].....	47
Imagen 31 Proyecto 13, Solicitud de no conformidades [53].....	47
Imagen 32 Proyecto 14, Solicitud de viaje [53].....	48
Imagen 33 Regla R1.....	49
Imagen 34 Regla R2.....	50

Imagen 35 Regla R3.....	50
Imagen 36 Regla R4.....	51
Imagen 37 Regla R5.....	51
Imagen 38 Regla R6.....	52
Imagen 39 Regla R11.....	53
Imagen 40 Regla R12.....	53
Imagen 41 Regla R13.....	54
Imagen 42 Estereotipos para R0.	55
Imagen 43 Estereotipos para R1, R3, R7, y R10.	55
Imagen 44 Estereotipos para R2 y R9.	55
Imagen 45 Estereotipos para R4 y R8.	56
Imagen 46 Estereotipos para R6.	56
Imagen 47 Estereotipos para R11.	56
Imagen 48 Estereotipos para R12.	57
Imagen 49 Estereotipos para R13.	57
Imagen 50 Ejemplo ilustrativo usando estereotipos.....	59
Imagen 51 Ejemplo ilustrativo de generación de IGUs a partir de un modelo BPMN estereotipado.	60
Imagen 52 Opción para agregar estereotipos.	62
Imagen 53 Sección de todos los estereotipos.	63
Imagen 54 Sección de todos los estereotipos.	63
Imagen 55 Sección de todos los estereotipos.	64
Imagen 56 Estereotipo << U >> asignado al paquete.....	64
Imagen 57 Asociar de la Tarea a la Clase.	65
Imagen 58 Exportar en formato XML.	65
Imagen 59 Exportar en formato XML – Confirmar acción.....	66
Imagen 60 Herramienta web.....	67
Imagen 61 Herramienta web generando IGUs.	67
Imagen 62 Ejemplo ilustrativo de una recomendación de usabilidad.....	72
Imagen 63 Modelo BPMN del primer problema.	84
Imagen 64 Diagrama de clases UML del primer problema.	84
Imagen 65 Modelo BPMN del segundo problema.	85
Imagen 66 Diagrama de clases UML del segundo problema.	85
Imagen 67 Distribución de respuestas a los cuestionarios (a) utilidad percibida de las reglas, (b) intención de uso de las reglas, (c) utilidad percibida de recomendaciones de usabilidad, (d) intención de uso de recomendaciones de usabilidad.....	91
Imagen 68 Porcentaje de correctitud de las recomendaciones de usabilidad.....	92
Imagen 69 Modelo BPMN para problema experimental 1 obtenido con el método sin reglas.....	105
Imagen 70 Modelo BPMN para problema experimental 1 obtenido con el método EduBPMN....	106
Imagen 71 Solución de las IGUs de los experimentadores del problema experimental 1.....	107
Imagen 72 Modelo BPMN para problema experimental 2 obtenido con el método sin reglas.....	107

Imagen 73 Modelo BPMN para problema experimental 2 obtenido con el método EduBPMN...	108
Imagen 74 Solución de las IGUs de los experimentadores del problema experimental 2.....	109
Imagen 75 Diagrama de caja y bigotes para esfuerzo 2018/2019	114
Imagen 76(a) Diagrama de caja y bigotes para esfuerzo 2019/2020 (b) Diagrama de caja y bigotes para exactitud 2019/2020 (c) Diagrama de caja y bigotes para la ITU 2019/2020.	115
Imagen 77(a) Diagrama de caja y bigotes para esfuerzo (b) Salida de prueba de modelo mixto para esfuerzo.	116
Imagen 78(a) Diagrama de caja y bigotes para el esfuerzo que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para el esfuerzo considerando el género del video.	117
Imagen 79 Diagrama de Perfil del método y el género del sujeto en el esfuerzo.....	117
Imagen 80(a) Diagrama de caja y bigotes para exactitud (b) Salida de prueba de modelo mixto para exactitud.	118
Imagen 81(a) Diagrama de caja y bigotes para la exactitud que compara los sujetos hombres con los sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para exactitud considerando el género del video.	119
Imagen 82(a) Diagrama de caja y bigotes para PEOU (b) Salida de prueba de modelo mixto para PEOU.....	120
Imagen 83(a) Diagrama de caja y bigotes para PEOU que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para PEOU considerando el género del video.	121
Imagen 84(a) Diagrama de caja y bigotes para PU (b) Salida de prueba de modelo mixto para PU.	121
Imagen 85(a) Diagrama de caja y bigotes para PU que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método (b) Diagrama de caja y bigotes para PU considerando el género del video.....	122
Imagen 86 Diagrama de Perfil entre el método con el género del video en PU	123
Imagen 87(a) Diagrama de caja y bigotes para ITU (b) Salida de prueba de modelo mixto para ITU.	123
Imagen 88(a) Diagrama de caja y bigotes para ITU que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para ITU considerando el género del video.	124
Imagen 89(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el esfuerzo en un 75% de la exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de exactitud en un 75% de la exactitud del modelo BPMN.....	128
Imagen 90(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el PEOU en un 75% de la exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de PU en un 75% de la exactitud del modelo BPMN (c) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de ITU en un 75% de la exactitud del modelo BPMN.	129
Imagen 91(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el esfuerzo en un 100% de exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos filtrando la exactitud en un 100% de exactitud del modelo BPMN.	130

Imagen 92(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el PEOU en un 100% de la exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de PU en un 100% de la exactitud del modelo BPMN (c) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de ITU en un 100% de la exactitud del modelo BPMN. 131

Lista de Tablas

Tabla 1 Reglas, Estereotipos, elementos BPMN y alternativas de diseño de IGUs.	58
Tabla 2 Resumen de las Recomendaciones de usabilidad.....	73
Tabla 3 Resumen de las preguntas de Investigación, hipótesis, variables respuesta y métricas.	82
Tabla 4 Conocimiento de modelo BPMN, diagrama de clases UML e IGUs.....	83
Tabla 5 Resultados del examen de entrada.	86
Tabla 6 Porcentaje de Correctitud de las reglas de los Cursos 2018/2019 y 2019/2020.....	89
Tabla 7 Frecuencia de las reglas utilizadas por los sujetos en Problema 1.....	89
Tabla 8 Frecuencia de las reglas utilizadas por los sujetos en Problema 2.....	90
Tabla 9 Porcentaje de Completitud de las reglas de los Cursos 2018/2019 y 2019/2020.....	91
Tabla 10 Resumen de las reglas de transformación en correctitud y completitud.....	94
Tabla 11 Resumen preguntas de investigación, hipótesis, variables respuesta y métricas.	102
Tabla 12 Diseño usado en el experimento.....	103
Tabla 13 Conocimiento de modelo BPMN, diagrama de clases UML e IGUs.....	103
Tabla 14 Resumen de nuestra solución.	109
Tabla 15 Puntaje de los sujetos del examen de entrada.	110
Tabla 16 Resumen de métodos estadísticos y rangos.....	114
Tabla 17 P-valores para el método EduBPMN en comparación con el método sin reglas.....	115
Tabla 18 Resumen de los P-valores de Esfuerzo, Exactitud, PEOU, PU, ITU filtrando el 75% de la exactitud del modelo BPMN.....	129
Tabla 19 Resumen de los P-valores de Esfuerzo, Exactitud, PEOU, PU, ITU filtrando el 100% de la exactitud del modelo BPMN.....	132
Tabla 20 Resumen de publicaciones.	140

Acrónimos

BPMN	Modelo y Notación de Procesos de Negocios. Por sus siglas en inglés, <i>Business Process Model Notation</i>
DS	Design Science
CIM	Modelo Independiente de la Computación
HCI	Interacción Persona-Ordenador. Por sus siglas en inglés, <i>Human Computer-Interaction</i>
HTML	Lenguaje de marcas de HyperTexto. Por sus siglas en inglés, <i>Hypertext Markup Language</i>
IGUs	Interfaces Gráficas de Usuario
ITU	Intención de Uso
MDD	Desarrollo Dirigido por Modelos. Por sus siglas en inglés, <i>Model Driven Development</i>
MDA	Arquitectura Dirigido por Modelos. Por sus siglas en inglés, <i>Model Driven Architecture</i>
OMG	Object Management Group
PEOU	Facilidad de Uso Percibida
PIM	Modelo Independiente de Plataforma
PU	Utilidad Percibida
PSM	Modelo Específico de Plataforma
UV	Universitat de Valencia
WS- BPEL	Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocio: Servicios Web. Por sus siglas en inglés, <i>Web Services-Business Process Execution Language</i>
XML	Lenguaje de Marcado Extensible. Por sus siglas en inglés, <i>Extensible Markup Language</i>

Nota sobre neutralidad de género:

Todas las referencias al género de este documento se usan en forma de masculino genérico, deben entenderse indistintamente aplicables a mujeres y hombres.

PARTE I
PREÁMBULO

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivación

El Modelo y Notación de Proceso de Negocio (BPMN) es un estándar desarrollado por la Object Management Group (OMG) que proporciona a las empresas la capacidad de comprender sus procedimientos empresariales internos en una notación gráfica [1]. Los elementos conceptuales básicos de BPMN son: *eventos, flujo de secuencia, pool, carril, compuertas, subproceso, tareas y otros elementos*. Este modelo se usa ampliamente para obtener requisitos en sistemas que contienen muchas actividades, teniendo en cuenta que este modelo no cuenta con comportamiento funcional del sistema.

Los modelos BPMN son desarrollados por el analista de negocios que posteriormente son entregados al diseñador para que pueda interpretarlos y desarrolle Interfaces Gráficas de Usuario (IGUs) sin ningún tipo de procedimiento, solo dependiendo de la experiencia del diseñador. Cabe resaltar que todo el esfuerzo aplicado en la construcción del modelo BPMN, no es útil a la hora de diseñar las interfaces finales. Normalmente los analistas que construyen los modelos BPMN no son los mismos diseñadores que implementan las IGUs, generando una brecha entre lo que se describe en los modelos BPMN y lo que realmente se implementa en las IGUs.

En la actualidad existen trabajos que generan IGUs a partir de modelos BPMN como el trabajo de [2] que provee una herramienta que captura el comportamiento del sistema, en el trabajo de [3] se refina un modelo BPMN para la interacción, en el trabajo de [4] se soporta la construcción de un modelo de dominio, interfaces de usuarios a partir de un conjunto de modelos BPMN, y en el trabajo de [5] el modelo de proceso de negocios se centra en artefactos y en el modelo de flujo de interfaz de usuario. Existen algunos enfoques que desarrollan varios modelos y transformaciones para poder capturar el comportamiento funcional del sistema y la persistencia de datos. Todos ellos requieren que el analista de negocio o el diseñador gasten más recursos y esfuerzo en dibujar estos modelos adicionales que no están directamente relacionados con los procesos empresariales.

Por el contrario, la investigación de esta Tesis motiva a desarrollar un método llamado EduBPMN basado en reglas de transformación que permiten generar alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN, sin la necesidad de aprender otros modelos, sino haciendo un modelo BPMN extendido con estereotipos. Además, para optimizar la generación de éstas alternativas de diseño de IGUs proponemos un conjunto de recomendaciones de usabilidad que se usan bajo condiciones específicas que permitirán al diseñador elegir la IGU más usable.

1.2 Planteamiento del Problema

El desarrollo de un sistema de información de manera tradicional requiere de un equipo de profesionales con diferentes habilidades para cada fase del desarrollo, teniendo un alto costo [6]. Cada retraso en tiempo o deficiencia en el sistema de información implicaría mucho más el costo de lo esperado. En la primera fase de desarrollo, el analista de negocio realiza la captura de los requisitos en modelos conceptuales, conteniendo el comportamiento funcional del sistema y la persistencia de datos. Estos modelos son entregados al diseñador para que puedan desarrollar IGUs

de manera subjetiva gastando más tiempo de lo debido porque tiene que entender estos modelos, dejando en segundo plano el modelado de las IGUs. Estos modelos conceptuales quedan como documentación del desarrollo de software sin tener otra funcionalidad. Esta Tesis aborda el modelo BPMN, que expresa aspectos dinámicos de procesos empresariales. Estos aspectos no tienen información acerca de las IGUs, por lo que uno de los problemas principales es que el modelo BPMN no cuenta con comportamiento funcional del sistema, quedando solo como un simple documento, sin poder ser reutilizado para generar IGUs automáticamente.

En la práctica existen herramientas que permiten generar IGUs a partir de modelos BPMN como: Bizagi [7], Auraportal [8], BonitaSoft [9], E-citiz Studio [10] y WebRatio [11], estas herramientas ofrecen alguna facilidad para generar (semi) automáticamente IGUs de los modelos BPMN diseñados. Además, estos modeladores BPMN requieren modelos adicionales y/o fragmentos de modelos para compensar la falta de expresividad de los modelos iniciales de BPMN hacia sus IGUs, lo que requiere un esfuerzo de modelado adicional.

Considerando lo mencionado, el problema abordado para la Tesis sería: “Es posible generar interfaces gráficas de usuario a partir de un modelo BPMN de forma automática”.

1.3 Aproximación a la Solución

La solución que se propone en esta Tesis es minimizar el esfuerzo del diseñador en desarrollar IGUs. Este enfoque se basa en el paradigma Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD) [12], donde a partir de un modelo se debe realizar varias transformaciones para generar automáticamente IGUs no funcionales.

La solución que proponemos en esta Tesis es un **Método Basado en Reglas de Transformación para Generar Interfaces Gráficas de Usuario a partir de un Modelo BPMN**. Al que hemos denominado EduBPMN (Extensión de un BPMN). El método está basado en el análisis de 14 proyectos BPMN perteneciente a diversos dominios, como administración, tecnologías, gestión, ventas y compras. A partir de cada proyecto se identificaron un conjunto de reglas de transformación a partir de 5 patrones BPMN complementado con el diagrama de Clases UML. Los patrones BPMN que se usaron en este método son los más comunes y frecuentes en diferentes proyectos BPMN: patrón de secuencia, patrón de decisión exclusiva, patrón de sincronización, patrón de decisión implícita, y patrón de estructura de unión sincronizada [13]. Cuando en una regla de transformación se ofrecen varias alternativas de IGUs, se definen estereotipos. Cada estereotipo da lugar a un diseño de IGUs concreto, que elimina la ambigüedad de la regla de transformación. De acuerdo a la Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA) [14] que es un estándar para el Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD) partimos de un modelo BPMN en el nivel CIM (Modelo Independiente de la Computación), que después al introducirle estereotipos se convierte en un nivel PIM (Modelo Independiente de Plataforma). El compilador de modelos que genera código a partir de los modelos BPMN estereotipados es el PSM (Modelo Específico de Plataforma). El compilador de modelos está desarrollado con HTML5 y PHP, y permite generar código en HTML5. La segunda contribución de la Tesis es la definición de recomendaciones de usabilidad para aquellas reglas que

tengan varias alternativas de diseño. Estas recomendaciones permiten utilizar los estereotipos de BPMN que optimicen la usabilidad de las IGUs sin que el analista disponga de experiencia previa en el tema de usabilidad. Estas recomendaciones de usabilidad han sido extraídas de trabajos anteriores en ingeniería de usabilidad.

Las soluciones que aporta el método propuesto con respecto a los inconvenientes anteriormente descritos son:

- El diseñador pierde mucho tiempo en entender los modelos para elaborar las IGUs, teniendo que desarrollar estas IGUs con la experiencia que cuenta. Nuestro método propone extender el modelo BPMN desarrollado por el analista de negocio para generar IGUs de manera automatizada.
- El modelo BPMN fue creado para representar los procesos empresariales y no contiene comportamiento funcional del sistema a diferencia de otros modelos conceptuales. Con la propuesta del método EduBPMN, este modelo BPMN extendido puede capturar comportamiento funcional del sistema y persistencia de datos, para luego permitir generar automáticamente IGUs.
- Errores en utilizar IGUs no usables, provocando un descontento para los usuarios. Para reducir este problema hemos considerado desarrollar un conjunto de recomendaciones de usabilidad para las IGUs, que sirve como ayuda al diseñador a elegir una IGU usable.

Cuando se realiza la extensión del modelo BPMN con EduBPMN es posible convertir este modelo en un archivo de formato XML (Lenguaje de Marcado Extensible), que generará las IGUs automáticamente.

La contribución principal de esta Tesis es el diseño del método EduBPMN que incluye lo siguiente: 1) la definición de reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs, 2) la definición de estereotipos, y 3) la definición del conjunto de recomendaciones de usabilidad

1.4 Estructura de la Tesis

Esta Tesis está organizada en 4 partes y cada parte contiene capítulos. La Parte I explica el contenido de la Tesis en 2 capítulos. El Capítulo 1 es una introducción que aborda la motivación y el problema que aborda la Tesis. El Capítulo 2 explica la metodología de investigación Design Science (DS) que guía nuestra investigación y sirve de estructura de la Tesis. La metodología DS consiste en 3 tareas de alto nivel.

La Parte II trata de la **Investigación del Problema**, que incluye 2 capítulos: 1) **Marco Conceptual** (Capítulo 3), que explica los elementos del modelo BPMN en base a 5 patrones BPMN: patrón de secuencia, patrón de decisión exclusiva, patrón de sincronización, patrón de decisión implícita y patrón de estructura de unión sincronizada. 2) **Estado del Arte** (Capítulo 4) que discute otros trabajos existentes relacionados con la transformación de modelos BPMN a IGUs, modelos extendidos BPMN, la generación de otros modelos a partir de modelos BPMN, la generación de

interfaces gráficas de usuario a partir de otros modelos diferentes de BPMN, la transformación de modelos BPMN a código WS-BPEL, y la Usabilidad.

La Parte III trata del **Diseño de la Solución**, que incluye 3 capítulos: 1) **Método EduBPMN** (Capítulo 5), donde se describe el método EduBPMN basado en reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN. Esta sección contiene los proyectos BPMN que fueron analizados para extraer las reglas de transformación de un modelo BPMN a IGUs. Además, describe los estereotipos asignados para cada alternativa de diseño de IGU con un ejemplo ilustrativo. 2) **Herramientas de software para usar el método EduBPMN** (Capítulo 6) que describe la plantilla de la herramienta Visual Paradigm v. 15.0 donde se añaden los estereotipos, y la aplicación web en HTML5 y PHP que genera automáticamente IGUs en HTML5. 3) **Recomendaciones de usabilidad** (Capítulo 7) que describe las recomendaciones de usabilidad para cada regla de transformación con un ejemplo ilustrativo.

La Parte IV trata de la **Validación**, que incluye 2 capítulos donde se presentan 2 validaciones: 1) **Experimento 1**, la primera validación es un experimento para validar las reglas de transformación y sus recomendaciones de usabilidad (Capítulo 8), que describe el estudio de una familia de experimentos con 2 réplicas para las reglas de transformación y las recomendaciones de usabilidad. 2) **Experimento 2**, la segunda validación es un experimento para validar el método EduBPMN, que describe el experimento de un método sin reglas y el método estereotipado (método EduBPMN) (Capítulo 9).

El Capítulo 10 presenta las conclusiones sobre la investigación y una descripción de trabajos futuros a seguir en esta línea de investigación, y finalmente el Capítulo 11 incluye el resumen de publicaciones derivadas de la investigación.

Capítulo 2

Metodología de Investigación

El tipo de investigación de esta Tesis corresponde a “Design Science” (DS) [15]. Seleccionamos esta metodología por su enfoque en la investigación de proyectos de Sistemas de Información e Ingeniería de Software a través de la experimentación, observación del estudio y análisis de resultados, lo cual hace de esta metodología una guía adecuada para llevar a cabo la investigación. DS se basa en el diseño e investigación de artefactos en un contexto. Los artefactos que estudiamos están diseñados para interactuar con un contexto problemático a fin de mejorar en ese contexto.

Esta Tesis aplica la metodología DS para investigar cómo se pueden generar IGUs a partir de un modelo BPMN, y cómo éstas IGUs satisfacen las necesidades del usuario. El objeto de estudio de cualquier proyecto basado en DS es “estudiar un artefacto interactuando en su contexto del problema”, a lo cual la metodología lo denomina **tratamiento**. Cuando se menciona “artefacto” se refiere a un elemento de software (por ejemplo, método, aplicación de software, etc.) diseñado por los investigadores del proyecto DS y se usa por personas como solución a un problema. El objeto de estudio de esta Tesis es: estudiar el método EduBPMN (nuestro **artefacto**) interactuando con el **problema** de generar IGUs a partir de un modelo BPMN, como lo muestra la Imagen 1.

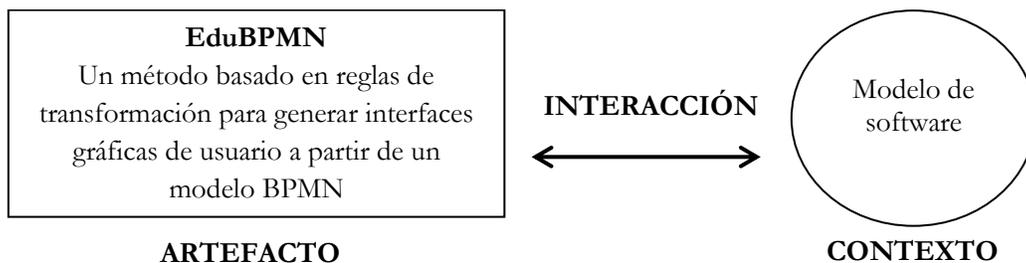


Imagen 1 Artefacto interactuando con el contexto para mejorar un problema en ese contexto.

La intención de este trabajo de investigación es que la aplicación del método EduBPMN contribuya a la mejora del desarrollo de IGUs basado en modelos, facilitando la generación de alternativas de diseño de IGUs de manera automática. El **tratamiento**, el artefacto y las investigaciones asociadas a la creación de este método, brinda un avance en la investigación científica.

2.1 Objetivos y Preguntas de Investigación

El objetivo principal de la Tesis es:

Definir EduBPMN: un método basado en reglas de transformación para generar interfaces gráficas de usuario a partir de modelos de procesos de negocio (BPMN).

Como se mencionó en el Capítulo 1, Sección 1.3, la Tesis se fundamenta en el Desarrollo Dirigido por Modelos (MDD) como estrategia para solucionar el problema de generar interfaces gráficas de usuarios a partir del modelo BPMN.

Por lo mencionado y para lograr el objetivo principal, es necesario responder las siguientes preguntas de investigación (**RQ**):

- **RQ1:** ¿Es posible generar interfaces gráficas de usuario a partir de un modelo BPMN?

- **RQ1.1:** ¿Qué reglas de transformación pueden generar alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN?
- **RQ1.2:** ¿Qué estereotipos harían falta en BPMN para generar interfaces gráficas de usuario?
- **RQ1.3:** ¿De todas las posibles alternativas de diseño de interfaces gráficas de usuario, cuáles mejoran la usabilidad de las interfaces?
- **RQ2:** ¿Qué impacto produce el método EduBPMN en la generación de interfaces gráficas de usuario?
 - **RQ2.1** ¿Cuál es el impacto de las reglas de transformación?
 - **RQ2.2** ¿Cuál es el impacto de la aplicación del método EduBPMN en un contexto académico?
 - **RQ2.3** ¿Cuál es el impacto de la recomendaciones de usabilidad?

Para contestar estas preguntas, se plantean los siguientes objetivos específicos:

Objetivo 1 (RQ1). Para contestar la *RQ1*, se identificarán los problemas que existen en la relación del modelo BPMN para generar alternativas de diseño de IGUs. Para contestar la *RQ1.1*, se analizarán 14 proyectos BPMN para identificar un conjunto de reglas de transformación a partir de 5 patrones BPMN para generar alternativas de diseño de IGUs. Para contestar la *RQ1.2*, se definirán estereotipos para cada IGU de las reglas de transformación, que permitirán de manera inequívoca determinar qué elementos de IGUs se generan para cada elemento de BPMN. Para contestar la *RQ1.3* se definirán un conjunto de recomendaciones de usabilidad para cada alternativa de diseño de IGUs de las reglas de transformación, estas recomendaciones fueron basadas en una recopilación de recomendaciones ya existentes en la literatura.

Objetivo 2 (RQ2). Para contestar la *RQ2*, se realizarán 2 experimentos empíricos. El primer experimento, orientado a responder las *RQ2.1* y *RQ2.3*, es un experimento con 2 réplicas para validar las reglas de transformación, y las recomendaciones de usabilidad. El segundo experimento, orientado a responder la *RQ2.2*, es un experimento realizado con 2 réplicas para comparar el método EduBPMN con el método sin reglas para generar alternativas de diseño de IGUs.

2.2 Marco Metodológico Aplicado a la Tesis

Para lograr los objetivos mencionados en la sección anterior y contestar a las Preguntas de Investigación, la metodología provee un marco de trabajo que consiste en 2 contextos interactuando con el proyecto DS. Se cuenta con 2 contextos: el contexto social y el contexto de conocimiento, como se muestra en la Imagen 2.

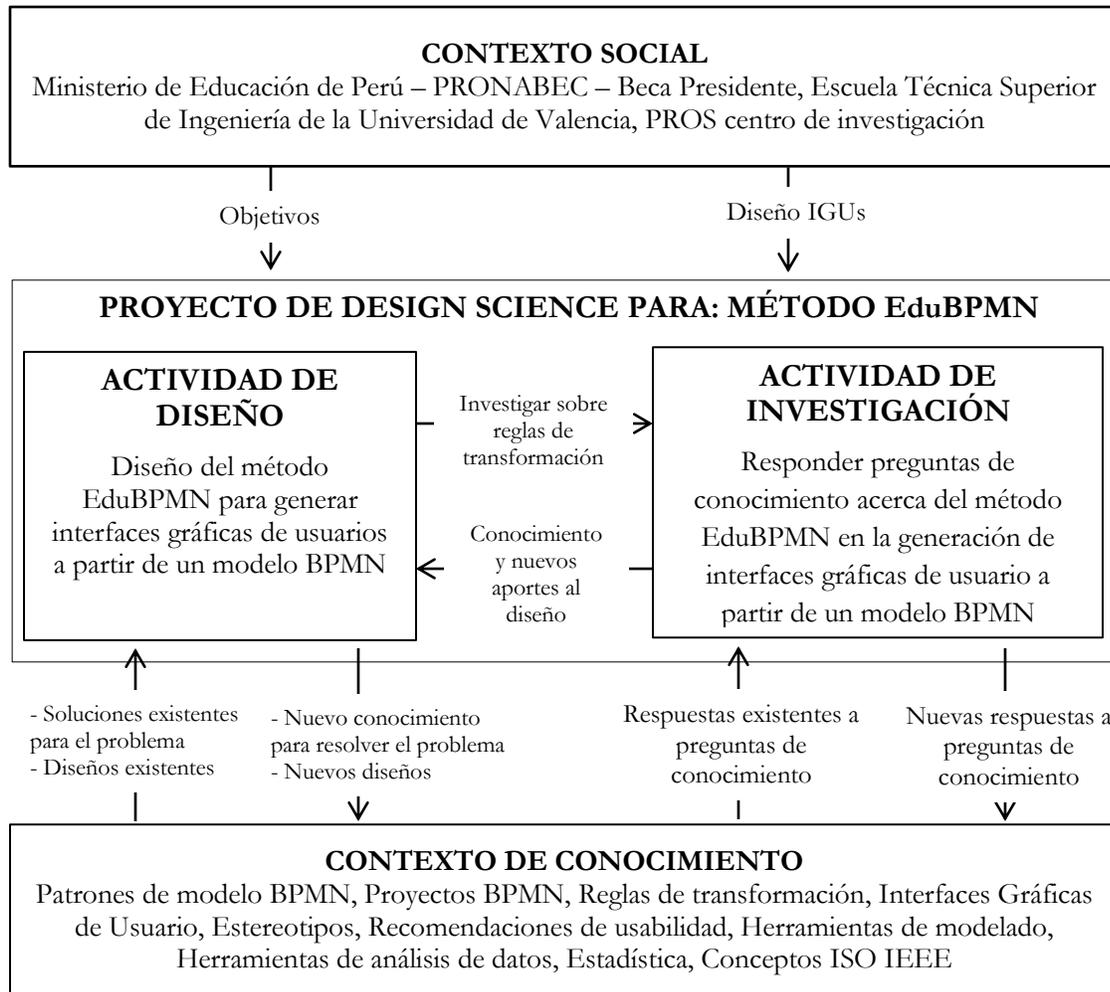


Imagen 2 Marco de trabajo de la metodología DS aplicado a la Tesis.

El contexto social representa a las partes interesadas del proyecto incluyendo a las personas o instituciones que financian el proyecto y/o definen los objetivos o requisitos para el método EduBPMN. Una vez concluida la investigación, las partes interesadas reciben el método EduBPMN completamente diseñado. Las partes interesadas se dividen en 2 grupos. El primero lo conforman las partes interesadas que patrocinan el proyecto de investigación:

- Ministerio de Educación de Perú – PRONABEC – Beca Presidente.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Valencia.
- PROS Centro de Investigación.

El segundo grupo lo conforman las partes interesadas que son beneficiarios directo del método de EduBPMN.

- Universidades e investigadores en el área de desarrollo de software dirigido por modelos.
- Desarrolladores de software.

El contexto de conocimiento representa la literatura científica existente que se ha utilizado para poder llevar a cabo la investigación. En esta Tesis, el contexto de conocimiento incluye las fuentes primarias de conocimiento como son la literatura científica, profesional, técnica y comunicaciones orales en las disciplinas HCI, Desarrollo de software dirigido por modelos, BPMN, estudios empíricos.

2.3 Ciclo de Diseño y Ciclo Empírico

Para llevar a cabo las actividades de diseño e investigación en un proyecto DS, la metodología provee respectivamente 2 ciclos iterativos y anidados: Ciclo de Diseño y Ciclo Empírico. Cada ciclo está compuesto de tareas y cada tarea involucra resolver problemas de diseño y preguntas de conocimiento.

2.3.1 Ciclo de diseño

El ciclo de diseño es un proceso orientado al diseño del artefacto de la investigación y puede ser visto como un sub-ciclo de un tipo de ingeniería enfocado a la resolución de problemas. El ciclo de ingeniería está compuesto de 4 tareas.

- T1. Investigación del problema. Identificar las causas del problema, para poder ser mejorado.
- T2. Diseño del tratamiento. Diseñar artefactos para tratar el problema, se especifican los requisitos, se estudian tratamientos existentes, para ver si se adapta el tratamiento o si se diseña un nuevo tratamiento.
- T3. Validación del tratamiento. Verificar que el diseño del tratamiento abarca el problema.
- T4. Implementación del tratamiento. Tratar el problema con el artefacto diseñado.

De estas 4 tareas del ciclo de ingeniería, el ciclo de diseño abarca las tareas, como se muestra en la Imagen 3.

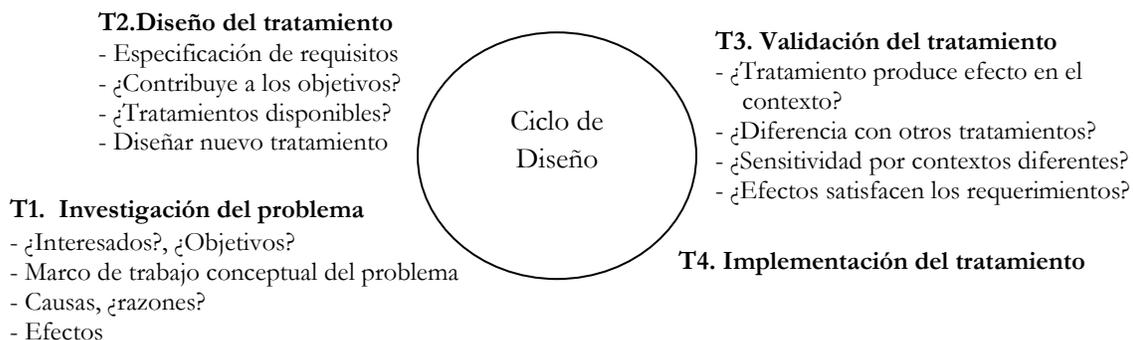


Imagen 3 Ciclo de diseño de la metodología DS. Adaptado de [15]

En consecuencia, el ciclo de diseño está compuesto de las tareas T1, T2, T3 y T4, concluyendo éstas tareas abordamos el ciclo empírico, el cual se describe en la siguiente sección.

2.3.2 Ciclo Empírico

El ciclo empírico es un proceso orientado a contestar preguntas de conocimiento científico de manera racional, donde el investigador diseña la configuración de la investigación (o estudio empírico, como por ejemplo un experimento) y analiza los datos producidos de esta configuración. El ciclo empírico se muestra en la Imagen 4, y se compone de 5 tareas que han sido denotadas de la letra T para diferenciarse de las tareas del ciclo de diseño.

- T¹. Análisis del problema de investigación, definir las preguntas de investigación sobre las cuales vamos a realizar el estudio, y reclutar la población de donde obtendremos datos (los sujetos del experimento).
- T². Diseño de la investigación, diseñar el estudio empírico definiendo las variables y las métricas (como medirlas), definir los problemas experimentales (los problemas que los sujetos tienen que resolver), definir los tratamientos de la investigación, definir los métodos estadísticos que serán utilizados para obtener resultados.
- T³. Validación de la investigación, validar las amenazas que puedan afectar el estudio empírico y a los resultados, utilizamos 4 tipos de validaciones [16]: validez de la conclusión, validez interna, validez del constructo, y validez externa. Describimos cómo hemos minimizado o cubierto las amenazas del experimento para cada tipo de validación.
- T⁴. Ejecución del experimento, ejecutar el experimento empírico según el diseño del experimento.
- T⁵. Análisis de los datos, analizar los datos obtenidos en el experimento de acuerdo a los métodos estadísticos definidos en el diseño del experimento.

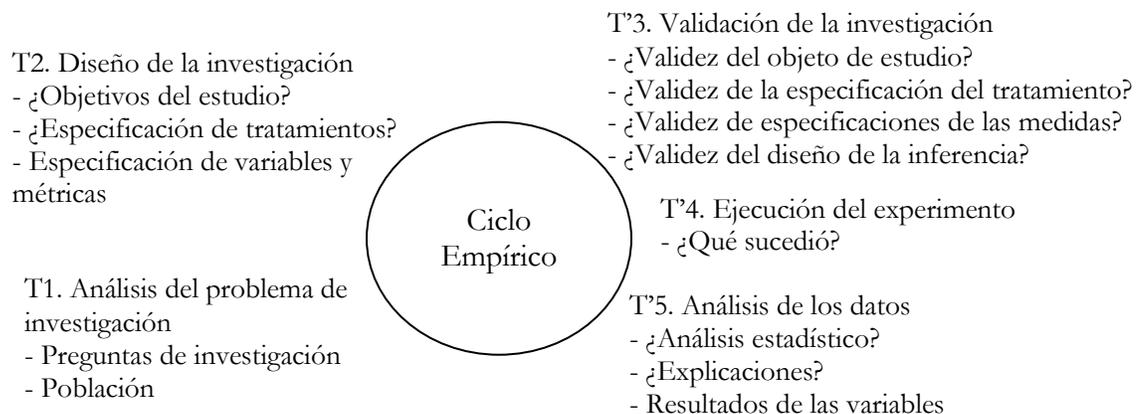


Imagen 4 Ciclo Empírico de la metodología DS. Adaptado de [15]

2.3.3 Ciclos aplicados a la Tesis

En el desarrollo de esta Tesis, aplicamos un ciclo de diseño y 2 ciclos empíricos. Para mejor explicación de la aplicación de estos ciclos se representan en la Imagen 5, indicando las tareas de cada ciclo (para las tareas de Diseño - T, para las tareas del primer experimento del ciclo empírico -

T^o, y para las tareas del segundo experimento del ciclo empírico - T^o). Se muestra a continuación el Ciclo del Diseño con las Tareas (T) y en qué parte, capítulo o sección de la tesis se encuentran:

- T1: Problema de Investigación: Definido por el investigador y la necesidad de investigar un método de generación de alternativas de diseños de IGUs a partir de BPMN (Parte II, Capítulo 3).
- T2: Estado del Arte: Investigar una familia de trabajos existentes relacionados a BPMN, patrones BPMN e IGUs (Parte II, Capítulo 4).
- T3: Definir reglas de transformación: A partir de los modelos BPMN se definen reglas para generar alternativas de diseño de IGUs. Estas reglas fueron extraídas con un análisis de 5 patrones ya definidos en 14 proyectos BPMN de Bizagi (Parte III, Capítulo 5, Sección 5.3).
- T4: Definir estereotipos: Al definir las reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs, cuando las reglas tienen más de una alternativa de diseño, se utilizan estereotipos para evitar ambigüedades. Se asignan estereotipos a cada alternativa de diseño de IGUs, definiendo un modelo BPMN extendido (Capítulo 5, Sección 5.4).
- T5: Definir recomendaciones de usabilidad: Cuando las reglas de transformación cuentan con más de una alternativa de diseño de IGUs, se proporciona un conjunto de recomendaciones de usabilidad para saber qué alternativa es más adecuada (Parte III, Capítulo 7).

En esta Tesis se han definido 2 ciclos empíricos que se muestran en la Parte IV:

El primer ciclo empírico **E1: Experimento 1, validar las reglas de transformación y sus Recomendaciones de usabilidad**, este experimento se encuentra en el Capítulo 8. A continuación se muestran las tareas (T^o) relacionadas con este ciclo:

- T^o1: Análisis del problema de investigación: Se definieron 7 preguntas de investigación. El experimento consiste en 2 réplicas, los sujetos son estudiantes del Grado de Ingeniería Informática de la Universidad de Valencia (España).
- T^o2.1: Diseñar experimento de reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs: El investigador elaboró 2 problemas experimentales que muestran un proceso empresarial a través de un modelo BPMN complementado con un diagrama de clases UML, además de una descripción textual del proceso. Los sujetos deben dibujar las IGUs en papel de manera subjetiva. Al terminar el experimento el investigador tiene que comparar las IGUs dibujadas por los sujetos con las alternativas de diseño de IGUs que generan nuestras reglas propuestas. Las variables con sus métricas son: Correctitud de las reglas de transformación (se mide como el porcentaje de la comparación de las IGUs dibujadas por los sujetos con las IGUs de nuestras reglas de transformación), Completitud de las reglas de transformación (se mide como el porcentaje de la comparación de las IGUs de nuestras reglas de transformación con las IGUs dibujadas por los sujetos), Utilidad Percibida e Intención de

Uso de reglas de transformación (se miden a través de un cuestionario de escala Likert de 5 puntos).

- T².2: Diseñar experimento de recomendaciones de usabilidad: El investigador elabora un cuestionario con 14 preguntas, cada pregunta se muestra en elementos BPMN complementados con el diagrama de clases UML, cada pregunta cuenta con 4 alternativas que son representadas en alternativas de diseño de IGUs. Cada pregunta cuenta con una recomendación de usabilidad que el sujeto no conoce. Cada sujeto debe elegir una alternativa de diseño de IGU que considere como la más usable de acuerdo a un contexto proporcionado por el investigador. Los resultados de los sujetos son comparados con nuestras recomendaciones de usabilidad. Las variables con sus métricas son: Correctitud de las recomendaciones de usabilidad (se mide como el porcentaje las IGUs elegidas por los sujetos con nuestras recomendaciones de usabilidad), Utilidad Percibida e Intención de Uso de recomendaciones de usabilidad (se miden a través de un cuestionario de escala Likert de 5 puntos).
- T³. Validación de la investigación: El experimento valida las amenazas que puedan afectar el estudio empírico y a los resultados, utilizamos 4 tipo de validaciones [16]: validez de la conclusión (Pesca, Fiabilidad de las medidas, Fiabilidad de la implementación del tratamiento, y Heterogeneidad aleatoria de los sujetos), validez interna (Experiencia de los sujetos, Historia, Instrumentación, Interacciones con la selección, Desmoralización resentida, y Validez ecológica), validez del constructo (Temor a la evaluación, y Suposición de hipótesis), y validez externa (Interacción de selección y tratamiento, e Interacción de entornos y tratamiento). Describimos cómo hemos minimizado o cubierto las amenazas del experimento para cada tipo de validación.
- T⁴: Ejecutar experimento para validar las reglas de transformación y las recomendaciones de usabilidad: El experimento se ejecuta con 2 réplicas, el investigador elaboró un tutorial de BPMN para entregar a los sujetos 2 semanas antes del experimento. Además, el investigador explica una introducción de modelos BPMN con una duración de 10 minutos antes del experimento. Los sujetos se evalúan con un examen de entrada para poder evaluar aquellos sujetos que tienen conocimientos acerca de BPMN, y por último hacemos que registren un cuestionario demográfico para saber el nivel de conocimiento de BPMN, diagrama de clases UML e IGUs.
- T⁵: Analizar los datos: Para las reglas de transformación, el análisis muestra el resultado de los porcentajes de las variables de las reglas de transformación mencionadas en T², y de las recomendaciones de usabilidad mencionadas en T³.

El segundo ciclo empírico **E2: Experimento 2, validar el método EduBPMN**, se encuentra en el Capítulo 9. A continuación se muestran las tareas (Tⁿ) relacionadas con este ciclo:

- T¹: Análisis del problema de investigación: Se definieron 3 preguntas de investigación. El experimento consiste en 2 réplicas, con estudiantes del Grado de Ingeniería Informática de la Universidad de Valencia (España).
- T²: Diseñar un experimento para validar el método EduBPMN: El investigador elaboró 2 problemas experimentales, donde cada problema muestra requisitos funcionales de procesos. Estos problemas se muestran en un video con audio para que los sujetos puedan desarrollar el modelo BPMN e IGUs con el método sin reglas (desarrollar el modelo y las IGUs de manera tradicional y subjetiva) y el método EduBPMN (deben utilizar estereotipos para extender el modelo BPMN) en Visual Paradigm v 15.0. Después el modelo se exporta en un archivo XML para ser importado en una aplicación web en HTML5 con PHP desarrollado por el investigador, para generar automáticamente alternativas de diseño de IGUs en HTML5. Las variables y la métricas son: Esfuerzo (se mide como el tiempo que los sujetos usaron en el método sin reglas y el método EduBPMN), Exactitud (se mide como el porcentaje de la comparación de las IGUs desarrolladas por los sujetos con el método sin reglas y el método EduBPMN con nuestras alternativas de diseño de IGUs de la solución de los problemas experimentales), Satisfacción (medimos la Facilidad de uso Percibida, Utilidad Percibida y la Intención de Uso a través de un cuestionario escala Likert) para el método sin reglas y el método EduBPMN. El método estadístico usado es el Modelo Mixto [17].
- T³. Validación de la investigación: El experimento valida las amenazas que puedan afectar el estudio empírico y a los resultados, utilizamos 4 tipo de validaciones [16]: validez de la conclusión (Poder estadístico bajo, Heterogeneidad aleatoria de los sujetos, Pescar, y Fiabilidad de las medidas), validez interna (Experiencia de los sujetos, Historia, Instrumentación, Interacciones con la selección, Desmoralización resentida, y Validez ecológica), validez del constructo (Temor a la evaluación, Suposición de hipótesis, e Interacción de prueba y tratamiento), y validez externa (Interacción de selección y tratamiento, e Interacción de entornos y tratamiento). Describimos cómo hemos minimizado o cubierto las amenazas del experimento para cada tipo de validación.
- T⁴: Ejecutar el experimento para validar el método: El experimento se ejecuta en 2 réplicas, el investigador elaboró un tutorial acerca de BPMN y los estereotipos del método EduBPMN para entregar a los sujetos 2 semanas antes del experimento. Además de una introducción de BPMN y los estereotipos con una duración de 10 minutos antes del experimento, se realiza un examen de entrada para poder evaluar aquellos sujetos que tienen conocimientos acerca de BPMN y estereotipos. Por último, hacemos que registren un cuestionario demográfico para saber el nivel de conocimiento de BPMN y los estereotipos del método EduBPMN.
- T⁵: Analizar resultados del método: El análisis muestra el resultado del Esfuerzo, Exactitud y el Satisfacción del método sin reglas y el método EduBPMN.

La Imagen 5 muestra los ciclos aplicados a la Tesis.

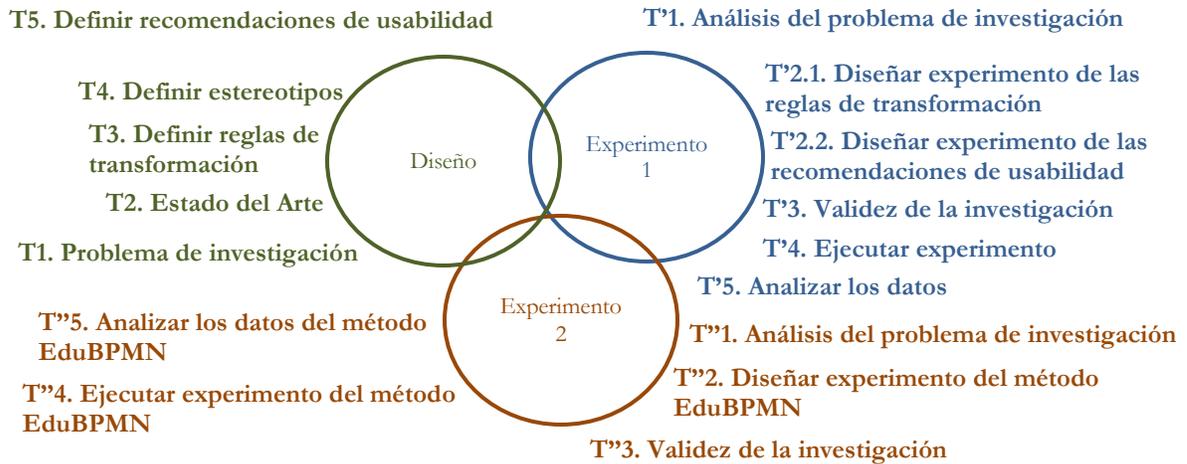


Imagen 5 Ciclos aplicados a la Tesis.

2.4 Conclusiones

Este capítulo ha descrito la metodología de investigación Design Science (DS) que guía la presente Tesis. Esta sección muestra la metodología aplicada a esta Tesis:

- Objetivos de la investigación.
- Las preguntas de investigación derivadas de los objetivos.
- El marco de trabajo propuesto por la metodología para lograr los objetivos de la Tesis.
- Las tareas del Ciclo de Diseño y el ciclo Empírico para llevar a cabo la investigación.

Como conclusiones importantes de este capítulo se destacan:

- El marco de trabajo aplicado a la Tesis consta de 2 contextos que interactúan con el proyecto de investigación: a) el contexto social está representado por las partes interesadas en el proyecto de investigación (PRONABEC, UV, PROS, investigadores, desarrolladores de software) y el contexto de conocimiento está representado por las teorías, técnicas, principios alrededor del campo de interacción humano-computador, modelo conceptual, estereotipos, usabilidad, etc.
- El proyecto de investigación se desarrolla a lo largo de un ciclo de diseño y 2 experimentos en el ciclo empírico, aplicando métodos de investigación como experimentos, observaciones de casos, etc.

La siguiente parte de la Tesis aborda la investigación del problema que consiste en el marco conceptual y el estado del arte.

PARTE II.
INVESTIGACIÓN DEL PROBLEMA

Capítulo 3

Marco Conceptual

Este capítulo define los conceptos, conocidos también como “constructos” [15], dentro del ámbito del método EduBPMN y su contexto.

3.1 Marco Conceptual del Modelo BPMN

La notación de modelo de proceso de negocio (BPMN) es un estándar desarrollado por Object Management Group (OMG) que proporciona a las organizaciones la capacidad de comprender sus procedimientos empresariales internos en una notación gráfica de una manera estándar [18].

3.1.1 Elementos BPMN

BPMN cuenta con un conjunto de elementos de notación para que los usuarios puedan reconocer fácilmente los tipos básicos de elementos y comprender el diagrama BPMN. A continuación se muestra los elementos básicos y los más frecuentes en los proyectos BPMN, cabe resaltar que estos elementos son los que se utilizarán en esta Tesis.

Evento: Es algo que sucede durante el curso de un proceso. Estos eventos afectan el flujo del modelo y generalmente tienen una causa o impacto (resultado). Los eventos son círculos, hay 3 tipos: inicio (indica donde comenzará un proceso), intermedio (ocurren entre un evento de inicio y un evento de finalización, este evento afectará el flujo del proceso) y fin (indica donde finalizará un proceso). La Imagen 6 muestra la representación gráfica de los eventos.



Imagen 6 Representación gráfica del evento de inicio, intermedio, y de fin.

Tarea: Es una actividad que representa el trabajo que realiza en un proceso. Una actividad puede ser atómica o no atómica (compuesto). Tenemos varios tipos de tareas: tipo usuario (tarea que tiene una interacción entre el usuario y el sistema), tipo servicio (tarea realizada por el sistema sin intervención del usuario), tipo mensaje (envío de mensajes de correo), tipo manual (tarea realizada por el usuario sin interacción del sistema), tipo script (ejecuta una secuencia de comandos), etc. La Imagen 7 muestra la representación gráfica de la tarea.



Imagen 7 Representación gráfica de la Tarea.

Sub proceso: Es una tarea cuyos detalles internos se han modelado utilizando tareas, compuertas, eventos y flujos de secuencia. Un subproceso es un objeto gráfico dentro de un proceso. La Imagen 8 muestra la representación gráfica del sub proceso.



Imagen 8 Representación gráfica de Sub proceso.

Compuerta: Una compuerta se utiliza para controlar la divergencia y la convergencia de los flujos de secuencia en un proceso. Determinará la ramificación, bifurcación, y unión de caminos. Tenemos varios tipos: compuerta exclusiva (solo permite elegir un camino y excluye las demás), compuerta paralela (tiene que realizar todas las acciones de todos los caminos para continuar con el proceso), compuerta basada en eventos (es similar a la compuerta exclusiva pero utiliza eventos) y otros. La Imagen 9 muestra la representación gráfica de la compuerta.



Imagen 9 Representación gráfica de la compuerta exclusiva, paralela, y basada en eventos.

Flujo de secuencia: Para mostrar el orden en que las actividades se realizarán en un proceso. La Imagen 10 muestra la representación gráfica del flujo de secuencia.



Imagen 10 Representación gráfica del flujo de secuencia.

Pool: Es la representación gráfica de un usuario en una colaboración. Es un contenedor de carriles que permite dividir el conjunto de tareas. La Imagen 11 muestra la representación gráfica del Pool.

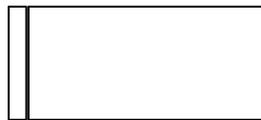


Imagen 11 Representación gráfica de Pool.

Carril: Es una sub partición dentro de un proceso, se utilizan para organizar y clasificar tareas. La Imagen 12 muestra la representación gráfica del Carril.



Imagen 12 Representación gráfica de Carril.

3.1.2 Patrones BPMN

Los patrones son situaciones que comúnmente ocurren en cualquier modelo de proceso de negocio [13]. Estos patrones ayudan a reutilizar soluciones para enfrentarse a los problemas frecuentes sufridos en cualquier proceso empresarial. La propuesta de generación de IGUs se realiza en base a patrones BPMN. Cada patrón generará IGUs con unos componentes gráficos específicos. De esta forma podemos asegurar que en cualquier modelo de BPMN podamos generar algunas IGUs (al menos la parte de los modelos que esté basada en patrones). Para esta investigación se utilizaron 5 patrones que son los que más frecuentemente aparecen en diferentes diagramas [13]: (1) Patrón de secuencia, (2) Patrón de decisión exclusiva, (3) Patrón de sincronización, (4) Patrón de decisión implícita (5) Patrón de estructura de unión sincronizada.

Patrón de secuencia, este patrón aparece cuando tiene que terminar una tarea antes de poder continuar con la siguiente de forma secuencial. La Imagen 13 muestra que la Tarea A debe finalizar antes de continuar con la Tarea B.

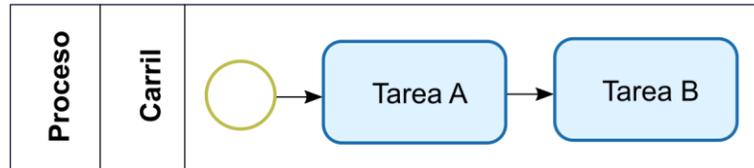


Imagen 13 Patrón de secuencia.

Patrón de decisión exclusiva, este patrón aparece cuando se debe elegir una sola ruta entre varias que están disponibles en función de una decisión o datos de proceso. La compuerta exclusiva está representada por un rombo. La Imagen 14 muestra un ejemplo del patrón de decisión exclusiva, después de la compuerta se puede elegir la Tarea B, la Tarea C o la Tarea D para continuar con el proceso.

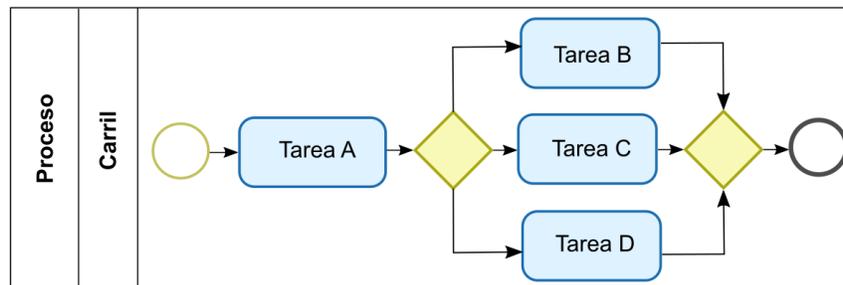


Imagen 14 Patrón de decisión exclusiva.

Patrón de sincronización, este patrón aparece cuando 2 o más ramas del proceso se fusionan en una sola. Se espera que todas las ramas entrantes se completen antes de continuar con la siguiente tarea. La entrada está representada por un rombo con una cruz. La Imagen 15 muestra un ejemplo del patrón de sincronización. La tarea B, la tarea C y la tarea D deben realizarse después de la compuerta paralela. Debe completar las 3 tareas para continuar con el proceso.

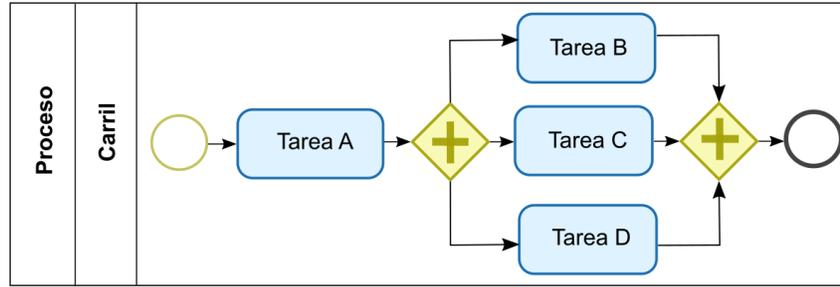


Imagen 15 Patrón de sincronización.

Patrón de Decisión Implícita, este patrón aparece cuando se debe escoger una rama de varias disponibles, la decisión se toma de acuerdo a los datos del proceso. Cuando se escoge una rama, las demás se deben deshabilitar. La Imagen 16 muestra una compuerta exclusiva basada en eventos (rombo con unos círculos en el interior), en la rama superior continúa el Evento 1 (tipo temporizador) con la Tarea B, en la parte inferior de la compuerta continúa el Evento 2 (tipo simple) con la Tarea C.

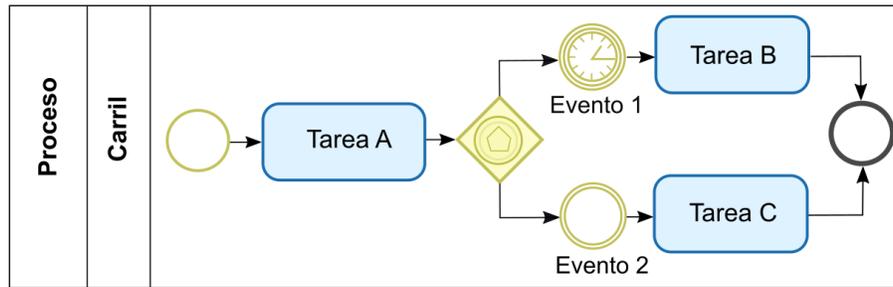


Imagen 16 Patrón de decisión implícita.

Patrón de Estructura de unión sincronizada, El patrón aparece cuando se deben ejecutar un conjunto de tareas. Las tareas pueden ser realizadas en cualquier orden, sin embargo, no es posible realizar 2 tareas al mismo tiempo. El proceso continúa hasta que todas las tareas de las ramas entrantes hayan terminado. La entrada está representada por una compuerta inclusiva, representada por un rombo y en su interior un círculo. La Imagen 17 muestra una compuerta inclusiva, después continúa la Tarea B, Tarea C y Tarea D, luego se representa una compuerta inclusiva preguntando si falta terminar alguna tarea.

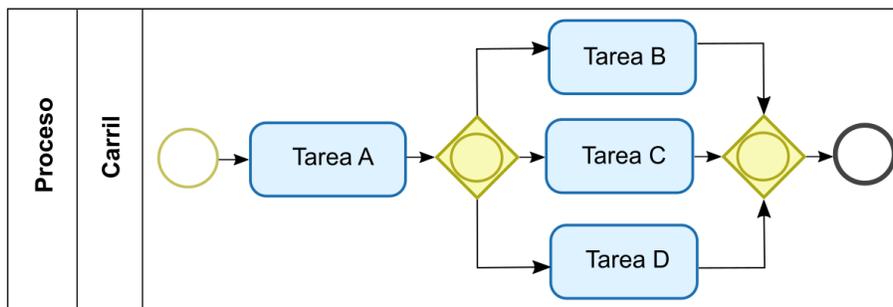


Imagen 17 Patrón de estructura de unión sincronizada

3.2 Marco Conceptual para el Diseño de Interfaces Gráficas Usuario

La ISO: 9241-2010:2010 define a la interfaz gráfica de usuario como todos los componentes de un sistema interactivo (software o hardware) que proveen información y controles al usuario para cumplir tareas específicas con el sistema interactivo. La interfaz gráfica de usuario es un elemento crucial de todo sistema interactivo, la interfaz gráfica de usuario se convierte en la superficie de contacto donde el usuario interactúa con los datos del sistema. Esta superficie de contacto refleja las propiedades físicas de los participantes en la interacción, hace intuitivas las funciones que se pueden realizar y da al usuario la sensación de control sobre tales funciones [19]. Como por ejemplo, tenemos los componentes más comunes: text box, combo box, list box, check box, radio button, wizard, tabbed dialog box, group box, data grid, report, hyperlink, menu bar, push button, y otros elementos de interacción.

En la actualidad el desarrollo de software se constituye a partir de un conjunto de actividades complejas, teniendo en cuenta que son varias fases que tienen que seguir de acuerdo a una metodología [20] [21]. El proceso para diseñar IGUs se inicia cuando el analista de negocios captura los requisitos en modelos conceptuales como en UML, BPMN u otros, a través de entrevistas, observación, historias de usuario, y otras. Luego estos modelos conceptuales son entregados al diseñador para que de manera subjetiva y por su experiencia pueda elaborar las IGUs. Esta es una tarea difícil porque estas IGUs deben ser usables.

3.3 Desarrollo dirigido por modelos (MDD)

El desarrollo dirigido por modelos se define formalmente según [22] como el concepto a través del cual podemos construir el modelo de un sistema, el cual podemos transformar en algo real. Por modelo o vista se entiende un conjunto de elementos formales que describen algo construido para un propósito concreto. Cada uno de los modelos representa un aspecto distinto del sistema. Por ejemplo, puede haber un modelo para representar la persistencia, otro para representar la funcionalidad, otro para representar la interfaz, etc.

MDD mejora la productividad y calidad del proceso de desarrollo, aplicando un enfoque que utiliza modelos a distintos niveles de abstracción y transformaciones entre dichos modelos.

La OMG [1] propone la Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA) [14] como un estándar para el desarrollo dirigido por modelos. La Arquitectura Dirigida por modelos MDA es una arquitectura que proporciona un conjunto de guías para estructurar especificaciones expresadas como modelos. La estandarización es un paso adelante en la implantación de MDD en el desarrollo de sistemas, porque facilita el reutilización y permite el uso de distintas herramientas que dan soporte al mismo estándar. MDA está formada por un conjunto de modelos, donde estos se encuentran vinculados entre ellos mediante transformaciones [14]. La Imagen 18 muestra los modelos que componen el MDA.

- **Modelo Independiente de la Computación (CIM):** Este modelo representa el entorno y los requisitos del sistema de forma independiente a cualquier plataforma tecnológica.

- **Modelo Independiente de Plataforma (PIM):** Este modelo representa características del sistema, sin embargo no contiene información específica de la plataforma o la tecnología.
- **Modelo Específico de Plataforma (PSM):** Este modelo contiene los detalles de la plataforma o tecnología con que se implementará la solución.
- **Modelo código:** Este modelo representa el código en un lenguaje de programación específico, esto es generado por los modelos anteriores.

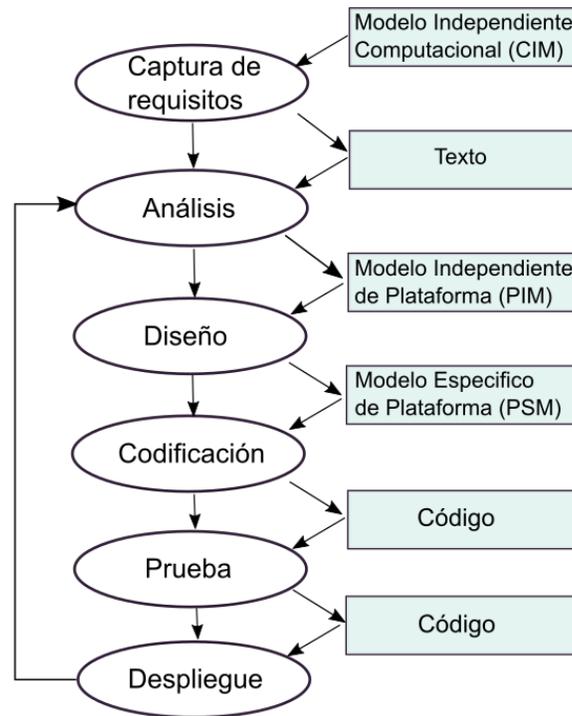


Imagen 18 Modelos que componen el MDA.

La MDA proporciona las siguientes ventajas:

- Posibilidad de automatizar partes de la generación de código.
- Portabilidad e independencia de la plataforma.
- Aumentar el nivel de abstracción.
- Mayor facilidad de mantenimiento.
- Cada fase de desarrollo puede ser desempeñado por distintos expertos.

3.4 Usabilidad

La Organización Internacional de Normalización (ISO) define la Usabilidad como la capacidad del producto de software para ser comprendido, aprendido, utilizado y atractivo para el usuario, cuando se utiliza en condiciones específicas [23].

La usabilidad se divide en las siguientes características:

- Fácil de aprender: capacidad para ser aprendido en su manejo
- Fácil de entender: capacidad del producto de ser entendido por nuevos usuarios en términos de su propósito y cómo puede ser usado en tareas específicas.
- Fácil de operar: capacidad del producto de ser operado y controlado en cualquier momento.
- Atractivo: capacidad del producto de ser atractivo para sus usuarios.
- Conformidad: capacidad del producto para adherirse a estándares, convenciones, guías de estilo o regulaciones relacionadas con la usabilidad.

3.5 Conclusiones

En este capítulo hemos definido el conjunto de conceptos, o constructos, sobre los cuales se fundamenta el método EduBPMN propuesto en esta Tesis. El marco conceptual está dividido en 4 grupos conceptuales:

El primero define conceptos relacionados con los modelos BPMN y su contexto, tenemos los elementos básicos y patrones BPMN, siendo estos patrones los más comunes y frecuentes en diferentes proyectos BPMN [13] [24].

El segundo grupo aborda conceptos relacionados con el diseño de las interfaces gráficas de usuario.

El tercero aborda la definición del MDD y finalmente la definición de Usabilidad.

El siguiente capítulo de la Tesis, aborda el estado del arte.

Capítulo 4

Estado del Arte

Este capítulo presenta el estudio en el área de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN, basado en la búsqueda y revisión de la literatura. Dado que la solución que se propone en esta Tesis está basada en la definición y uso de patrones de BPMN para generar interfaces gráficas de usuario.

En esta sección, revisamos el trabajo relacionado con la transformación de modelos BPMN a IGUs al ejecutar una Revisión de Literatura Dirigida (TLR), una revisión de literatura no sistemática, exhaustiva e informativa dirigida a mantener solo las referencias significativas maximizando la rigurosidad y minimizando el sesgo de selección. Además, nuestro objetivo no es comparar todo el trabajo que implica alguna forma de mapeo o generación de interfaces basada en modelos BPMN, sino identificar las referencias más relevantes. Para este propósito, la cuestión semántica de transformar BPMN a IGUs se traduce en la siguiente consulta sintáctica utilizada como una cadena de búsqueda en la biblioteca digital Scopus:

“graphical user interfaces” AND (“BPMN” OR “model” OR “code” OR “extensions” OR “WS-BPEL” OR “Usability”).

Las referencias resultantes de la búsqueda se clasificaron en 6 categorías, que se discuten más a fondo en las siguientes subsecciones.

4.1 Interfaces Gráficas de Usuario a partir de modelos BPMN

Dado que un modelo BPMN solo expresa algunos aspectos dinámicos de los procesos de negocios y nada en particular sobre las IGUs, necesita ser aumentado o complementado con información adicional que sea útil para transformar BPMN a IGUs y que debería encontrarse en otro lugar que no sea BPMN. En el trabajo de Brambilla et al. [2] propusieron una metodología de diseño de procesos respaldada por un conjunto de herramientas llamadas Social BPMN. La metodología se compone de varias partes: modelos de procesos de negocios para trabajar con características sociales, extensiones de BPMN para capturar requisitos sociales, una galería de patrones de diseño de BPMN sociales que representan soluciones reutilizables para los requisitos de socialización de procesos recurrentes, y tecnología de transformación de modelo a código web automáticamente.

En el trabajo de Brambilla et al. [11], los procesos empresariales se describen a través de un modelo BPMN ampliado con información sobre asignación de tareas, escalado, políticas, semántica de actividades y flujos de datos escritos. La propuesta está basada en WebRatio, una herramienta de desarrollo de aplicaciones web impulsada por modelos que permite editar modelos BPMN y transformarlos automáticamente en aplicaciones JEE en ejecución.

En el trabajo de Han et al. [25] definieron un enfoque para la derivación de IGUs a partir de modelos BPMN. El enfoque se basa en un modelo de proceso empresarial enriquecido con roles desarrollado con descripciones de tareas y datos asociados. El modelo se especifica utilizando una versión extendida de BPMN. Se identifica un conjunto de flujo de control y patrones de flujo de datos para la derivación de las IGUs. Se especifica un conjunto completo de restricciones y recomendaciones para admitir la generación y actualización de las IGUs.

En el trabajo de Sousa et al. [26] propusieron un enfoque para correlacionar un proceso empresarial con las IGUs, (1) definiendo asociaciones entre procesos empresariales y modelos de IGUs, y (2) presentando una herramienta para la transformación del modelo que aborda la trazabilidad.

En el trabajo de Yongchareon et al. [27] propusieron un marco de generación de IGUs automático basado en un modelo con algoritmos para derivar IGUs a partir de modelos de proceso. Un modelo de flujo de interfaz de usuario (UIF) refleja la lógica de los procesos empresariales y representa intuitivamente qué información se requiere durante el proceso. Los modelos UIF incluyen 2 aspectos abstractos: aspecto conductual (relaciones de flujo de control de navegación entre las interfaces gráficas de usuario) y aspecto informativo (datos relacionados y datos requeridos para cada interfaz gráfica de usuario).

En el trabajo de Yongchareon et al. [5] definieron un marco para derivar modelos UIF para ayudar a visualizar procesos centrados en artefactos y apoyar la creación semiautomática de IGUs. El modelo UIF se crea teniendo en cuenta las relaciones entre el proceso empresarial, las IGUs y los roles de usuario en un modelo de proceso centrado en artefactos. Los algoritmos también se desarrollan para derivar modelos UIF de un modelo de proceso centrado en artefactos.

En el trabajo de Bouchelligua et al. [28] definieron un enfoque que muestra un conjunto de transformaciones de modelos de acuerdo con un método de Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE). La primera transformación es derivar las IGUs de un flujo de trabajo. La segunda transformación radica en el uso de BPMN para el modelado de modelos de interacción (Modelo de tarea, IGU abstracta e IGU concreta).

En el trabajo Cruz et al. [4] definieron un enfoque moderado para apoyar la construcción de un modelo de caso de uso, un modelo de dominio integrado y un modelo de IGUs, a partir de un conjunto de modelos BPMN, que comprende toda la información existente en esos modelos.

Para resumir estos trabajos, podemos afirmar que algunos usan modelos de datos [11] [26] [4], otros usan patrones [2] [25], otros están basados en modelos [28] [27], y otros tienen una generación de interfaces semiautomática [5]. Uno de los principales problemas con los trabajos existentes es que el desarrollador tiene que invertir más esfuerzo en dibujar varios modelos para generar IGUs. Por el contrario, proponemos extender el modelo BPMN a través de estereotipos para generar IGUs sin la necesidad de aprender otros modelos.

4.2 Extensiones BPMN

Encontramos un grupo de trabajos que proponen extensiones BPMN. En el trabajo de Abouzid et al. [29] definieron un conjunto de extensiones BPMN que representan algunos conceptos cruciales del dominio de fabricación para mejorar el proceso empresarial. Las extensiones BPMN permiten incorporar información en el modelo del proceso, desde un punto de vista de fabricación, hace que el proceso sea más completo.

En el trabajo de Decker et al. [30] mostraron que BPMN no puede capturar escenarios de coreografía avanzada. Para superar esta limitación, los autores propusieron una extensión BPMN

que amplía la aplicabilidad de BPMN. La propuesta fue validada utilizando los patrones de interacción de servicio, que describe un conjunto de escenarios de coreografía recurrente [31].

En el trabajo de Rodríguez et al. [32] extendieron BPMN para incorporar requisitos de seguridad en los diagramas de procesos de negocio desde la perspectiva de analista de negocios de acuerdo con una Arquitectura Dirigida por Modelos (MDA). Esta extensión permite al analista de negocios poder expresar los requisitos de seguridad desde su propia perspectiva.

En el trabajo de Stropi et al. [33] presentaron una extensión BPMN, utilizando los mecanismos de extensión proporcionados por el meta modelo BPMN 2.0. Se centraron en 3 aspectos principales de la perspectiva de los recursos [34], estructura de los recursos, autorización, y distribución del trabajo. El objetivo es mejorar la comunicación de los requisitos de perspectiva de recursos entre analistas y desarrolladores técnicos.

En el trabajo de Braun et al. [35] presentaron una extensión que se centra en el análisis de dominio, los requisitos y los conceptos de BPMN. Además está alineado con el paradigma de la investigación de sistemas de información orientada al diseño [36] y el modelo de extensión derivado. Además puede transformarse en un modelo de Lenguaje de ejecución de Procesos de Negocio (BPEL) [37] para apoyar la ejecución del modelo de proceso.

En el trabajo de Zarour et al. [38] propusieron una extensión BPMN (BPOMN) que permite especificar los requisitos de las actividades del proceso de negocio en términos de seguridad, cumplimiento, costo y rendimiento. BPOMN se desarrolló sobre la base de 2 representaciones proporcionadas por el mecanismo de extensión BPMN: el meta modelo MOF y el esquema XML. Estas 2 representaciones se complementaron con nuevos elementos gráficos que se integraron en una herramienta de modelado.

Como conclusión sobre este grupo de trabajos existentes, podemos afirmar que hay trabajos que extienden BPMN en términos de dominio de fabricación [29], escenarios de coreografía [30], seguridad [32] [38], recursos [33], y de salud [35]. Entonces, destacamos que la idea de extender los modelos BPMN, como en nuestro enfoque, es ampliamente utilizada en diferentes trabajos.

4.3 Generación de otros Modelos a partir de Modelos BPMN

El grupo de trabajos resumidos en esta subsección se ocupa de la generación de otros modelos diferentes a BPMN. En el trabajo de Cruz et al. [4] propusieron un enfoque basado en modelos para apoyar la construcción de un modelo de Casos de Uso en UML, un modelo de dominio integrado y un modelo de IGUs a partir de un conjunto de modelos de procesos de negocio. El enfoque propuesto produce un modelo de Casos de Uso UML completo que influye la identificación de actores, Casos de Uso y las descripciones correspondientes, relaciones entre Casos de Uso, y entre estos Casos de Uso y las clases de dominio Estructural.

En el trabajo de Brdjanin et al. [39] realizaron un experimento con profesionales de bases de datos (135 sujetos) para validar la generación automática de un diagrama de clases UML a partir de un

modelo BPMN. Este experimento confirma que el modelo generado automáticamente tiene un mayor porcentaje de corrección e integridad en comparación con un diseño manual desde cero.

En el trabajo de Khlif et al. [40] propusieron un método de ingeniería de requisitos que ayudaba a los analistas de software a construir un modelo de análisis del sistema de información, que está alineado con un modelo BPMN proporcionado. Elaboraron un conjunto de reglas de transformación para generar un modelo de análisis UML alineado (un diagrama de Casos de Uso en UML con la documentación de cada caso de uso, un diagrama de Secuencia UML del Sistema y un diagrama de Clases UML) a partir de un modelo BPMN.

Como conclusión sobre este grupo de trabajos existentes, podemos afirmar que existen trabajos para generar diferentes modelos a partir de Casos de Uso [4] [41], diagrama de Clases [39], y diagrama de Secuencia [41]. En nuestro enfoque, se trató de simplificar el proceso para generar IGUs a partir de modelos BPMN complementando el diagrama de clases UML con estereotipos.

4.4 Interfaces Gráficas de Usuario a partir de otros Modelos diferentes de BPMN

En este grupo describimos trabajos relacionados que se ocupan de la generación de IGUs a partir de modelos distintos de BPMN. En el trabajo de Radeke et al. [42] presentaron un marco que describe cómo los enfoques basados en modelos pueden extenderse con patrones. La implementación del marco se basa en el lenguaje de marcado extensible de patrón de interfaz de usuario (UsiXML) [43], que permite describir patrones para el desarrollo de IGUs.

En el trabajo de García et al. [44] presentaron una forma sistemática de diseñar IGUs para sistemas de información de flujo de trabajo. El modelo de flujo de trabajo define que procesos y tareas deben cumplirse y su posible ordenación. Podemos ver el modelo de flujo de trabajo como un marco para crear un modelo de tarea adecuado para diseñar IGUs.

Como conclusión sobre este grupo de trabajos existentes, podemos afirmar que existen trabajos que se basan en modelos [42] o en flujos de trabajo [44] para generar IGUs. El principal problema de estos trabajos es que para generar IGUs, el analista debe aprender particularidades de otros modelos además de BPMN. Por el contrario, con nuestra propuesta, nuestro objetivo es generar IGUs solo con modelos BPMN y Diagramas de Clases UML, no se requieren modelos adicionales para representar características de interacción.

4.5 Transformaciones de Modelo BPMN a Código WS-BPEL

A diferencia de la categoría anterior, esta no se basa en ningún modelo extraño para obtener más expresividad para generar IGUs, sino que explota los aspectos dinámicos en todo WS-BPEL (Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocio: Servicios Web) y su motor BPEL. En el trabajo de Ouyang et al. [45] definieron que a partir de diagrama de procesos de negocios se genera una estructura de bloques WS-BPEL mediante la aplicación de 3 asignaciones: un componente bien estructurado en WS-BPEL directamente (un componente es un subconjunto del BPD que tiene un

punto de entrada y un punto de salida); un componente no estructurado, pero acíclico, que se asigna a un código BPEL basado en enlace de control de componente; un componente no estructurado que no se puede traducir usando enlaces de control que se asigna a una sección especial.

En el trabajo de Giner et al. [46] definieron que un modelo BPMN puede convertirse en un lenguaje específico como WS-BPEL, expresado en el Modelo de plataforma específica (PSM) (es un modelo de software o sistema de negocios que está vinculado a una plataforma tecnológica específica) de MDA.

En el trabajo de Torres et al. [47] el modelo conceptual de soluciones orientadas a objetos (OOWS) (extensión de un método de producción de software orientado a objetos) agrega expresividad capturando los requisitos de navegación y presentación de las aplicaciones web. A partir de un modelo BPMN, se deriva la navegación a través de páginas web y la descripción ejecutable WS-BPEL que implementa todo el proceso.

En el trabajo de Yonchareon et al. [48] definieron UniFlexView, que es un marco unificado que consta de un modelo de proceso de negocio, un modelo de vista de proceso y un conjunto integral de reglas que pueden utilizarse para garantizar la coherencia entre una vista de proceso derivada y su modelo de proceso original definido por WS-BPEL y BPMN.

En esta categoría, observamos principalmente técnicas típicamente utilizadas para traducir contenidos gráficos, potencialmente no estructurados o informales, a lenguajes textuales, más estructurados y formales para implementarlos directamente. Se enfatizan las transformaciones de BPMN al código WS-BPEL a través de componentes [46] [47], generar estructura de bloques WS-BPEL [45] y un marco unificado [48]. Por el contrario, nuestro método no realiza transformaciones de componentes ya que las reglas de transformación producen IGUs a partir de modelos BPMN estereotipados.

4.6 Usabilidad

El trabajo de Molich et al. [49] presentaron un estudio que compara los comentarios de usabilidad escritos por diferentes autores describiendo problemas de usabilidad similares del sitio web del Hotel Pennsylvania en New York. Estos comentarios fueron proporcionados por 17 equipos de profesionales que evaluaron de forma independiente. El resultado muestra que hay 84 comentarios estudiados, 14 comentarios abordan 6 problemas de usabilidad que contenían recomendaciones que fueron útiles y utilizables, 14 recomendaciones no fueron útiles, y 16 no fueron utilizables. El resultado de este documento sugiere características para recomendaciones útiles, es decir recomendaciones para resolver problemas de usabilidad que conducen a cambios que mejoran eficientemente la usabilidad de un producto.

En el trabajo de Kous et al. [50], presentaron una evaluación de usabilidad de cómo los diferentes tipos de usuarios finales (N=25) (estudiantes, población en general, personas mayores e investigadores) responden al sitio web de una biblioteca para medir su eficacia, eficiencia y satisfacción. Realizaron pruebas formales de usabilidad, análisis de registros y cuestionarios. Los

resultados muestran que diferentes grupos de usuarios finales alcanzan diferentes niveles de efectividad y eficiencia, mientras no hay una diferencia significativa entre los grupos a nivel de satisfacción. Además, indica que los usuarios no alcanzaron el nivel para un sitio web utilizable, por lo que presentan recomendaciones para mejorar la utilidad de un sitio web especialmente para usuarios no experimentados.

En el trabajo de Osada et al. [51], presentaron un análisis comparativo que examina la usabilidad de métodos y patrones seleccionados de entrada de datos en sistemas y sitios web. Desarrollaron una herramienta experimental en forma de una aplicación web que contenía un amplio repertorio de 36 patrones de entrada de datos para realizar pruebas de usabilidad. Los resultados recopilados proporcionaron una base para comparar las medidas de eficacia y eficiencia de los patrones probados y los métodos de entrada de datos. Además, recomienda los mejores patrones y métodos de entrada de datos en un contexto de uso definido.

En el trabajo de Park et al. [52], presentaron una evaluación de usabilidad de interfaces de menú en la pantalla táctil de relojes inteligentes a través de 2 experimentos. En el primer experimento se proporcionan 40 elementos en vista de cuadrícula y estilos de diseño de vista de lista. El resultado muestra que la eficiencia fue mayor para el diseño de vista de lista. Sin embargo, la satisfacción fue mayor para el diseño de la vista cuadrícula. El segundo experimento muestra un menú eficiente con elementos jerárquicos que pueden agruparse en categorías superior e inferior. El resultado muestra valores positivos en eficiencia y satisfacción al proporcionar el menú por categorización.

Como conclusión de este grupo de trabajos existentes podemos decir que se analizaron recomendaciones de usabilidad mediante comentarios de profesionales [49], análisis de métodos y patrones [51], evaluación de usabilidad [50] [52]. Una de las principales limitaciones de estos trabajos es que proponen varias recomendaciones influyentes de usabilidad pero relativamente muestran poca orientación de cómo deben usarse estas IGUs en la práctica. En el trabajo de [50] se evaluó solo a una pequeña muestra de 25 usuarios.

4.7 Conclusiones

En este capítulo se han presentado trabajos previos relacionados con esta Tesis, basándose en 6 categorías definidas como subsecciones:

- Grupo 1: Interfaces gráficas de usuario a partir de modelos BPMN.
- Grupo 2: Extensiones BPMN.
- Grupo 3: Generación de otros modelos a partir de modelos BPMN.
- Grupo 4: Interfaces gráficas de usuario a partir de otros modelos diferentes de BPMN.
- Grupo 5: Transformaciones de modelo BPMN a WS-BPEL.
- Grupo 6: Usabilidad.

El siguiente capítulo de la Tesis aborda el diseño de la solución que consiste en el método EduBPMN.

PARTE III.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Capítulo 5

Método EduBPMN

5.1 Visión General

En este capítulo describimos el método EduBPMN que genera alternativas de diseño de interfaces gráficas de usuario a partir de un modelo BPMN. En este capítulo presentamos el detalle del método de acuerdo a la siguiente estructura: i) Proyectos BPMN Bizagi, ii) Identificación de las reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs, y iii) Definición de estereotipos.

5.2 Proyectos BPMN

En esta Tesis usaremos 14 proyectos BPMN [53] para analizar cómo se han implementado las IGUs a partir de los 5 patrones descritos en el Capítulo 3, Sección 3.1.2. Para cada proyecto hemos accedido a los modelos de BPMN y a las IGUs finales que implementan dichos procesos. De esta forma, podemos comparar modelos e interfaces para extraer reglas de generación. A continuación, describimos brevemente cada proyecto. Se han tomado proyectos con varios niveles de complejidad con aplicación en diferentes contextos pertenecientes a varios dominios. Se analizaron procesos empresariales tales como administración, software educativo, gestión, ventas y compras.

Proyecto 1, Reclutamiento e integración de personal, el proceso reduce el tiempo de procesamiento en actividades tales como informar al nuevo empleado sobre la documentación requerida para firmar el contrato, solicitar accesos, creación de usuarios y elementos del puesto de trabajo, creación de un plan de actividades para la primera semana del empleado, entre otras cosas. El proceso ayuda a la integración de nuevos empleados dentro de la empresa, preparándolos para realizar sus tareas adecuadamente desde el primer día. La Imagen 19 muestra el Proyecto 1.

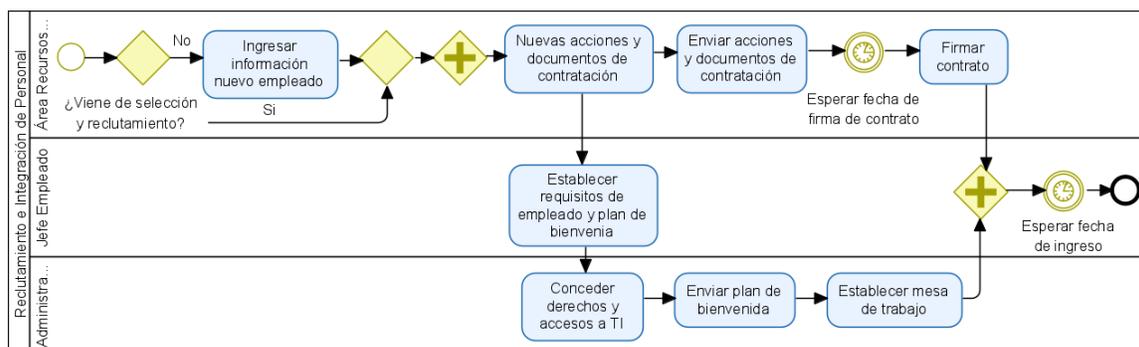


Imagen 19 Proyecto 1, Reclutamiento e Integración de Personal [53]

Proyecto 2, Gestión de cambios, el proceso responde a la necesidad de introducir cambios como parte de la estrategia de continuidad del negocio, nuevos requisitos y mejora continua, determinando y minimizando su impacto a través de una planificación y control adecuados de su ejecución. El proceso inicia con la creación de una Solicitud de Cambio (SC), por parte de una persona o un grupo quien planea el cambio y lo somete a revisión técnica. Una vez completa la SC se presenta ante el departamento de Gestión de cambios el cual establece una valoración y evaluación inicial y decide si se acepta, rechaza o solicita cambios a la SC. Los cambios aceptados deben ser aprobados de acuerdo a su clasificación y nivel de impacto. Cuando la SC ha sido debidamente autorizada, su implementación es planeada, comunicada y ejecutada. Luego, dicha implementación es evaluada por

el solicitante que establece si fue exitosa o no. Las acciones necesarias para remediar efectos no esperados o no deseados se ejecutan de ser necesario. Finalmente, el administrador de cambios revisa el desarrollo del cambio y cierra la SC. La Imagen 20 muestra el Proyecto 2.

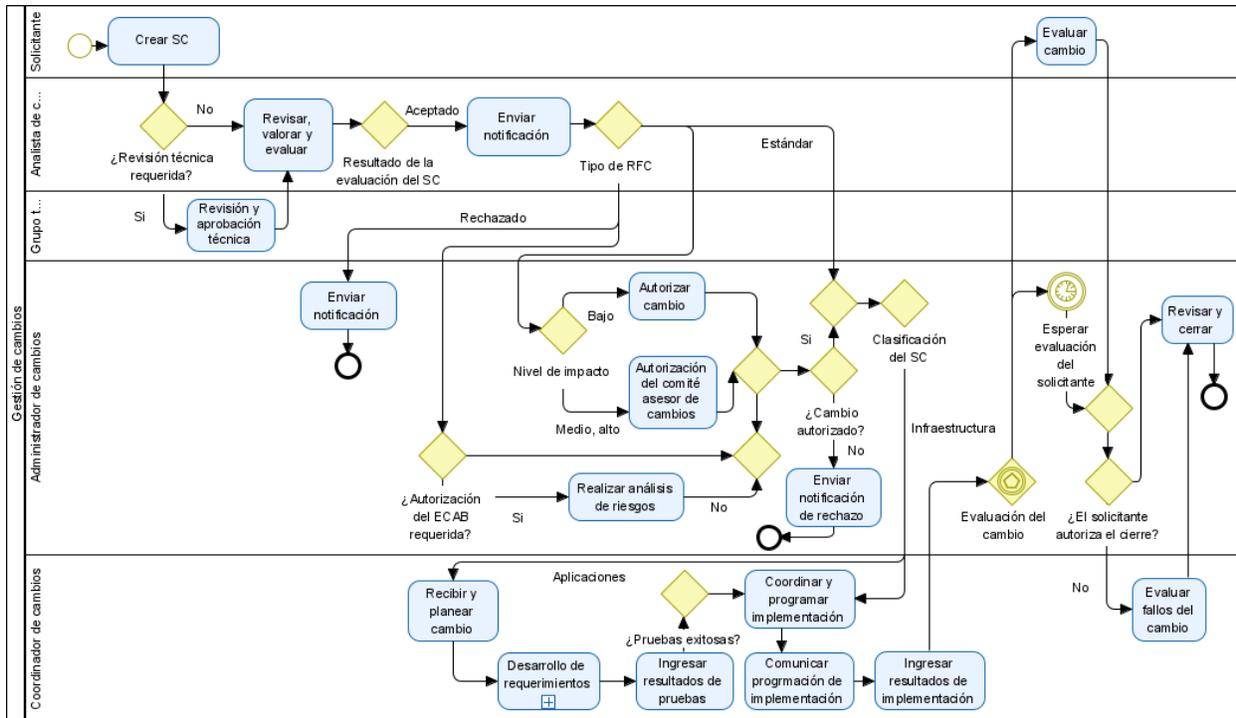


Imagen 20 Proyecto 2 Gestión de cambios [53]

Proyecto 3, Suscripción de una póliza de automóvil, el proceso comienza con la entrada de información básica del titular de la póliza, el asegurado y el vehículo; revisando la recopilación de información complementaria, el registro del conductor, las reclamaciones de los últimos años, los datos de la última póliza o la actual; la selección de un producto para la póliza o el tipo de cobertura que desea tener, la selección de protecciones de vehículos y sus impuestos deducibles, así como la cotización de la póliza, la verificación de riesgos, el control de la entrega de documentos, la verificación y el análisis del resultado final de la inspección, y finalmente la emisión de la póliza de seguro. La Imagen 21 muestra el Proyecto 3.

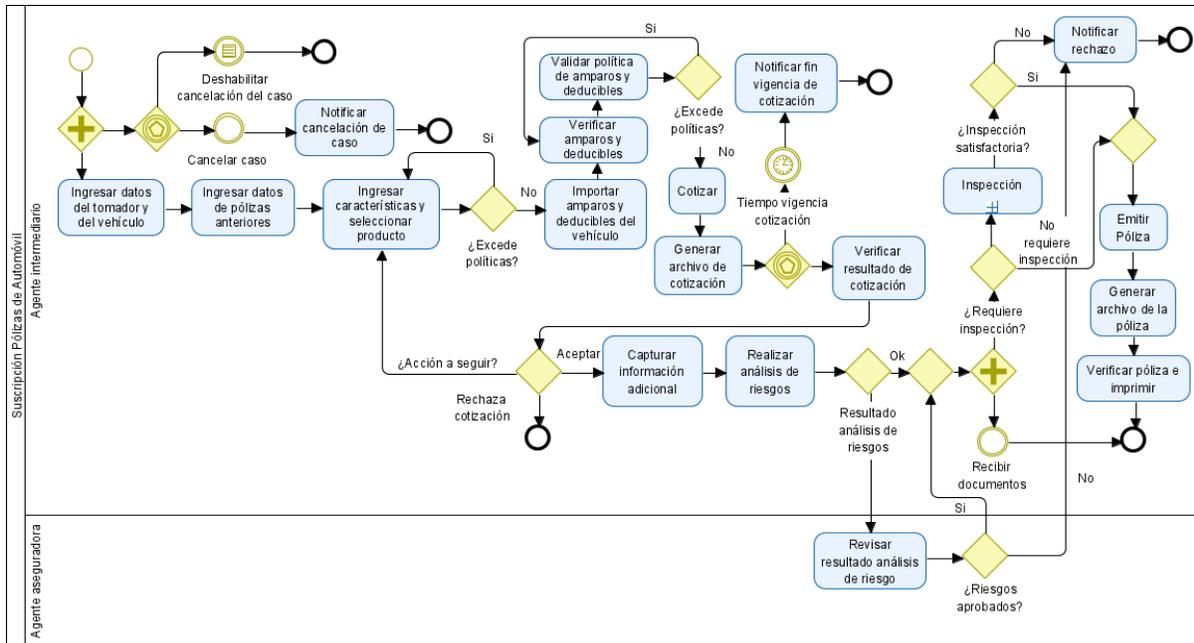


Imagen 21 Proyecto 3, Suscripción pólizas de automóvil [53]

Proyecto 4, Solicitud de vacaciones, el proceso comienza cuando cualquier empleado de la organización presenta una solicitud de vacaciones, una vez que está registrada, la recibe el jefe del empleado que solicita las vacaciones. El jefe debe aprobar o rechazar la solicitud. Si la solicitud es rechazada, la aplicación envía un mensaje con la información de rechazo. De lo contrario, si se aprueba la solicitud, pasará a la revisión final por parte del Departamento Administrativo para que la actualización se pueda ejecutar más adelante en el sistema. La Imagen 22 muestra el Proyecto 4.

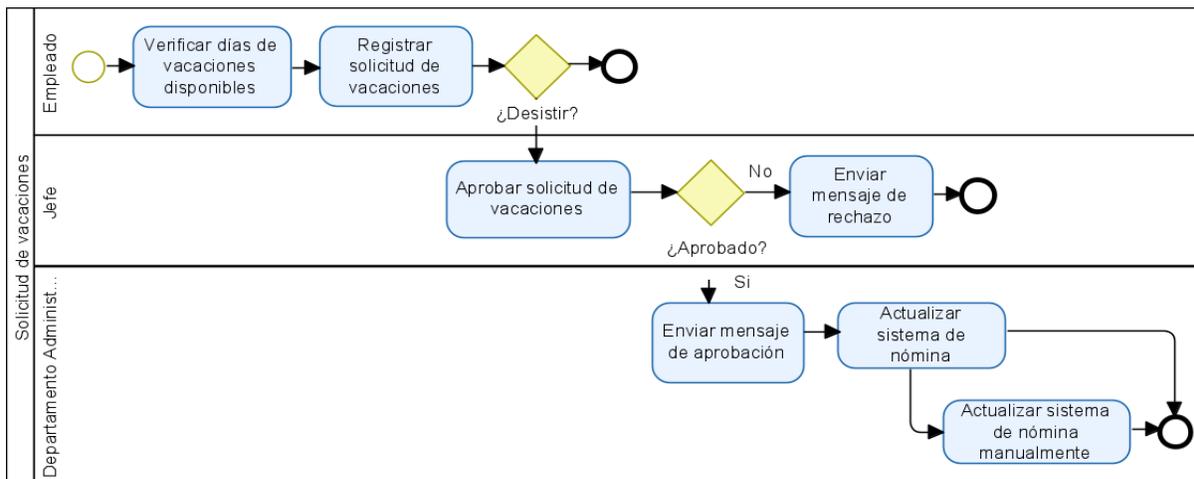


Imagen 22 Proyecto 4, Solicitud de vacaciones [53]

Proyecto 5, Pago de facturas, el proceso permite recibir facturas con toda la información ingresada por la recepción. El asistente financiero valida la factura para realizar los cálculos correctos de los montos de los productos y servicios, verifica si la factura está de acuerdo con la información de la Orden de compra y actualiza el ERP financiero. La Imagen 23 muestra el Proyecto 5.

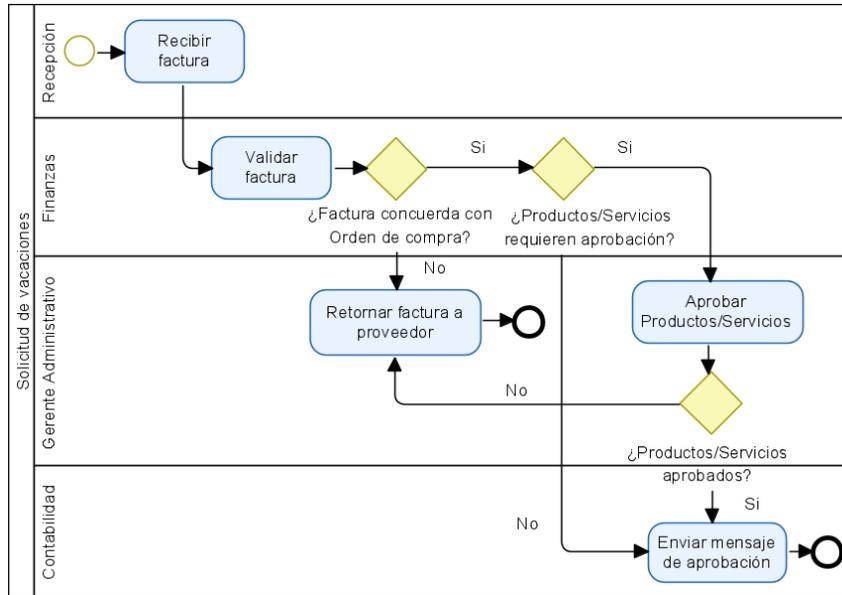


Imagen 23 Proyecto 5, Pago de Facturas [53]

Proyecto 6, Gestión de contratos, el proceso comienza cuando se requiere un contrato y su propietario crea una aplicación que será evaluada por empleados internos y participantes previamente definidos (que actúan como representantes de las partes externas del contrato). Como resultado, obtendrá un contrato en ejecución. Cualquier modificación del estado del contrato, alarmas de reuniones programadas y seguimiento son compatibles. Sin embargo, este proceso no admite la gestión directa del documento en sí, su nombre, términos, condiciones, políticas y restricciones. La Imagen 24 muestra el Proyecto 6.

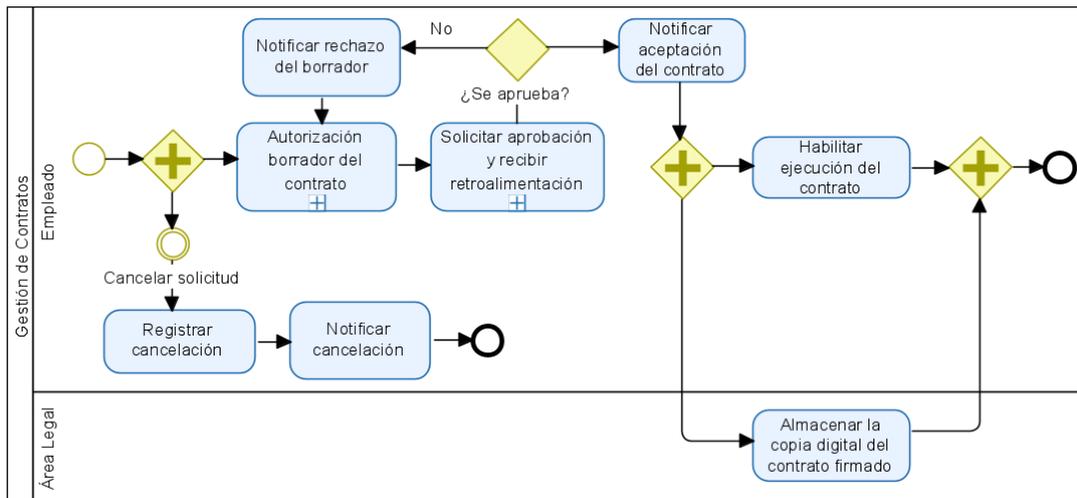


Imagen 24 Proyecto 6, Gestión de contratos [53]

Proyecto 7, Desvinculación de personal, el proceso ayuda al área de Recursos Humanos en la ejecución de las tareas relacionadas con el proceso. Comienza cuando un Jefe recibe una carta de renuncia o decide despedir a cualquiera de sus empleados. El proceso continúa hasta que el empleado recibe el acuerdo. Una vez que se realiza la cancelación o desactivación de los permisos de acceso a carpetas y servidores, la desafiliación del empleado debe gestionarse ante las entidades que

brindan servicios de salud, pensiones y servicios relacionados con la seguridad social. La liquidación del empleado se realiza de acuerdo con las condiciones dadas. La Imagen 25 muestra el Proyecto 7.

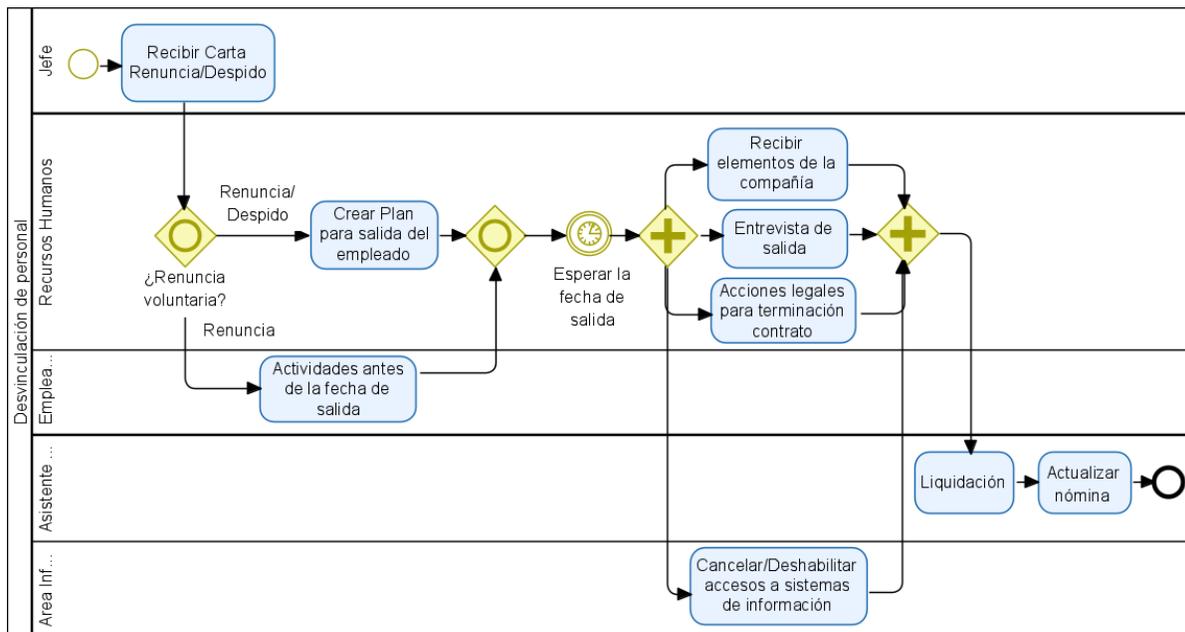


Imagen 25 Proyecto 7, Desvinculación de personal [53]

Proyecto 8, Gestión de oportunidades, este proceso consiste en dar seguimiento y gestionar actividades necesarias para convertir oportunidades de negocio en negocios reales. Cuando una oportunidad ha sido detectada, el dueño de la oportunidad introduce la información para crear el registro en el sistema. A partir de este momento, el dueño de la oportunidad podrá actualizar la información de la oportunidad a lo largo del proceso de evaluación y compra del cliente. La Imagen 26 muestra el Proyecto 8.

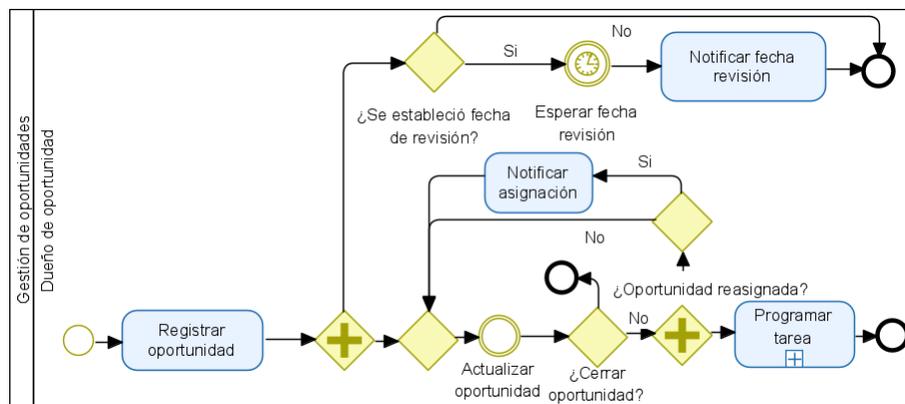


Imagen 26 Proyecto 8, Gestión de oportunidades [53]

Proyecto 9, Gestión de Peticiones, Quejas y Reclamos, el proceso inicia con una solicitud, la recibe un agente del Departamento de Atención al cliente quien la registra en peticiones, quejas, reclamaciones o sugerencias. Si la solicitud es una sugerencia, se registra y se responde inmediatamente, de lo contrario se registra en el sistema y se brinda una respuesta inmediata si es posible, sino, se solicita información al solicitante. Cuando se encuentra una solución, ésta será

Proyecto 11, Mesa de ayuda, el proceso se inicia cuando el cliente realiza una llamada, es recibida por el agente del Call Center. El agente busca información del usuario y registra la información dada por el cliente. Este abre el caso, se asigna el caso al agente de Mesa de ayuda. El agente asignado de Mesa de Ayuda analiza el caso y determina si la información entregada por el cliente es suficiente para resolverlo. Si la información es suficiente, el agente procede a cerrar o resolver el caso, registra una actividad relacionada al caso o lo deriva a un nivel de servicio superior. Si la información no es suficiente, el agente solicita información adicional al cliente y espera hasta que se cumpla el tiempo de expiración, el cual es definido por el ANS (Acuerdo de Nivel de Servicio) del caso. Cuando el caso se ha resuelto, el agente encargado del mismo revisa la información de cierre y determina si el caso deberá registrarse en la Base del Conocimiento (KB). La Imagen 29 muestra el Proyecto 11.

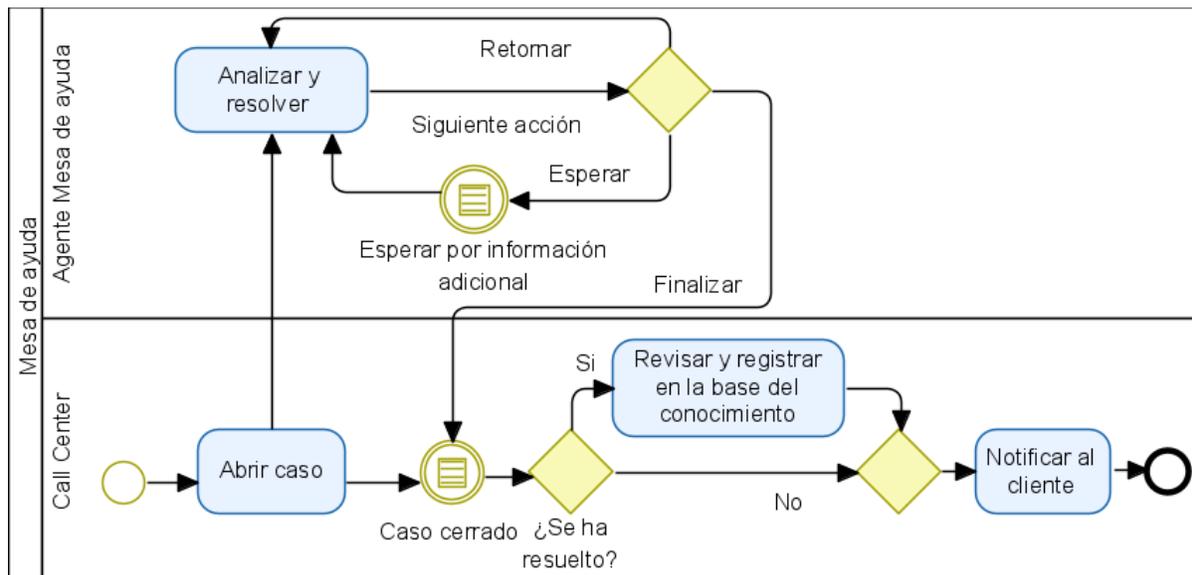


Imagen 29 Proyecto 11, Mesa de ayuda [53]

Proyecto 12, Solicitud de compras, el proceso inicia con la identificación de los productos o servicios que requiere un solicitante, lo selecciona de una lista de productos ya existentes. Es posible agregar productos nuevos a la lista en caso de que no se encuentren en la misma. Si la solicitud excede cierto valor necesita de la aprobación del jefe del solicitante. Además, se puede indicar si se necesita la aprobación de los productos solicitados. Una vez que la solicitud ha sido aprobada, se solicitan cotizaciones a un número apropiado de posibles proveedores. Es necesario seleccionar un sólo proveedor para la compra de todos los productos o servicios solicitados. El Departamento de Compras selecciona el proveedor de acuerdo a la fecha de entrega, precio y calidad. Luego se genera la orden de compra, que se envía al proveedor que ha sido seleccionado, y por último se guarda una copia de la orden de compra en el ERP de la compañía. La Imagen 30 muestra el Proyecto 12.

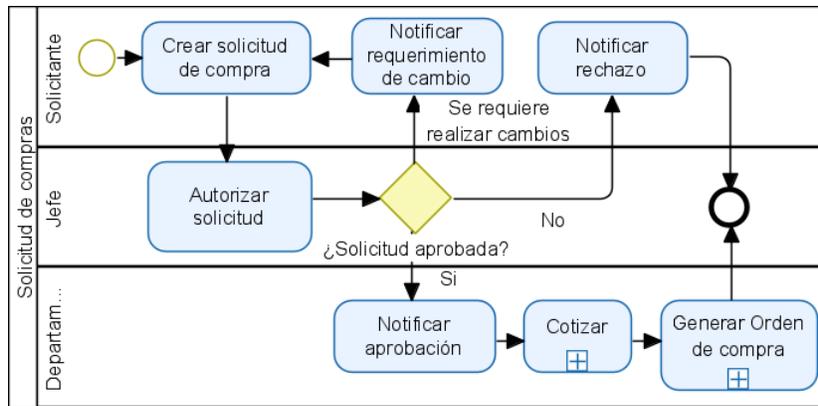


Imagen 30 Proyecto 12, Solicitud de compras [53]

Proyecto 13, Solicitud de no conformidades, el proceso inicia cuando un auditor reporta una No Conformidad, es necesario asignar la No Conformidad a un proceso específico. El dueño del proceso puede aceptar o rechazar la No conformidad. Si ésta es aceptada, se debe crear un plan de acción para corregir la no conformidad. El plan puede incluir tareas para corregir el problema puntual en corto tiempo, y/o abrir una acción correctiva para eliminar las causas de la no conformidad. Es posible escoger entre 3 acciones inmediatas, Rechazar, Corregir o Concesión de productos. Si la No Conformidad no es aceptada, un analista del Sistema de Gestión de Calidad debe analizar el caso, es posible cerrar la No Conformidad o re direccionar ésta a otra área. Al realizar las actividades propuestas en el plan de acción, ya sean inmediatas o en una acción correctiva, es necesario que el auditor revise el resultado. Es necesario revisar que la no conformidad haya sido corregida, por último, la no conformidad se cierra. La Imagen 31 muestra el Proyecto 13.

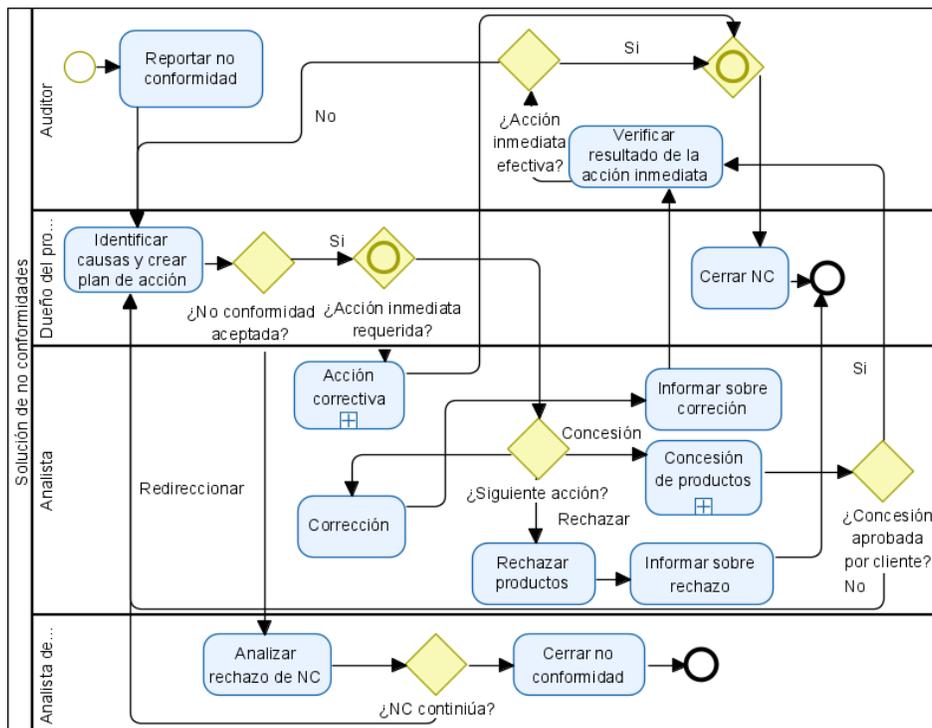


Imagen 31 Proyecto 13, Solicitud de no conformidades [53]

Proyecto 14, Solicitud de viaje, el proceso se inicia cuando un empleado presenta una solicitud de viaje a la compañía. El empleado especifica la información referente al vuelo y determina si son o no necesarios anticipos para gastos y reservas de hotel, para que posteriormente el jefe revise la información y apruebe o rechace la solicitud. El Departamento administrativo gestiona las reservas y anticipos requeridos, así como la compra de tickets, y notifica los detalles de cada requerimiento al empleado. Al final el empleado debe registrar los gastos. La Imagen 32 muestra el Proyecto 14.

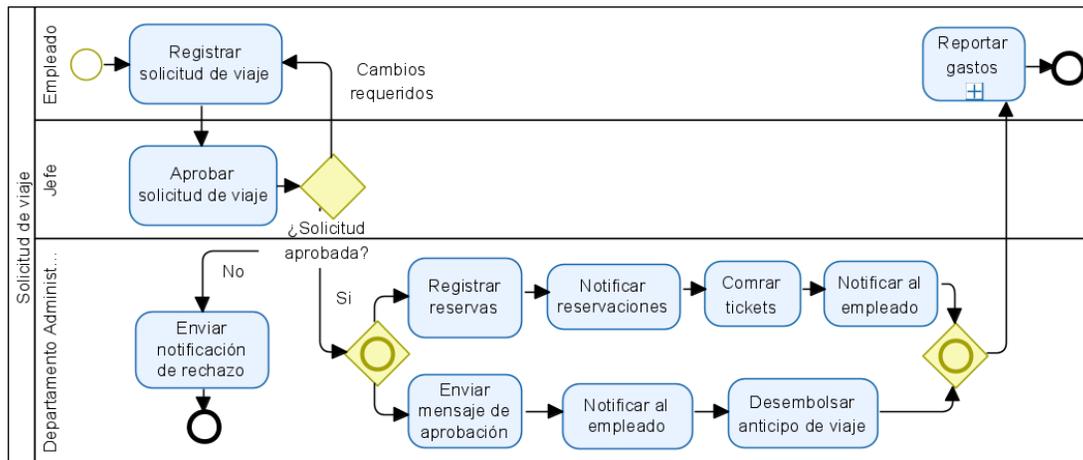


Imagen 32 Proyecto 14, Solicitud de viaje [53]

Los proyectos más extensos y complejos son el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 7, Proyecto 9, Proyecto 13 y Proyecto 14, y los más simples son el Proyecto 4, el Proyecto 5, Proyecto 6, Proyecto 8, Proyecto 10, Proyecto 11 y Proyecto 12. El nivel de complejidad depende del número de elementos BPMN en el modelo de proceso de negocio.

5.3 Identificación de Reglas de Transformación para Generar Alternativas de Diseño de Interfaces Gráficas de Usuario

Cada uno de los 14 proyectos BPMN (ver Sección 5.2) se analizó para identificar las reglas de transformación de los modelos BPMN a las IGUs. Estas reglas se extrajeron basándose en el uso de los 5 patrones BPMN (ver Capítulo 3, Sección 3.1.2) dentro de los proyectos de BPMN. Hemos tratado de diferenciar las diferentes opciones de configuración para cada patrón que generará diferentes características visuales en las interfaces. El modelo BPMN tiene información sobre el comportamiento del sistema pero carece de información importante para la generación de las alternativas de diseño de IGUs. Por lo tanto, la generación de la interfaz no puede abordarse solo con un modelo BPMN, sino que debe complementarse con un diagrama de clases UML. Del modelo BPMN podemos extraer información sobre la navegación entre interfaces y su comportamiento, mientras que el diagrama de clases UML se puede utilizar para identificar qué información se requiere en cada interfaz. Esa es la razón por la que usamos también elementos del diagrama de clases UML en nuestra propuesta. A continuación, describimos las reglas para generar IGUs a partir de modelos que se identificaron en los proyectos BPMN.

La regla 0 y la regla 1 se aplican en los 5 patrones BPMN.

R0: Hemos identificado que en todos los proyectos BPMN analizados, un carril generalmente representa un formulario, de los atributos de un diagrama de clases UML podemos extraer los campos del formulario. En el formulario, hay campos de entrada de diferentes tipos: (1) campos de entrada que aceptan cualquier tipo de cadena de texto (Text box (Cuadro de texto)), (2) campos de entrada que son una lista cerrada donde el usuario debe seleccionar un elemento (Combo box (cuadro combinado) o List box (cuadro de lista)), (3) campos de entrada que representan un valor booleano (Radio button (botón de radio) o Check box (casilla de verificación)).

R1: Hemos identificado que en todos los proyectos BPMN analizados, las tareas de tipo usuario generalmente se transforman en un formulario. Los campos de entrada del formulario se extraen de los atributos de las clases, cada atributo genera un campo de entrada. R1 se complementa con R0. La Imagen 33 muestra la Tarea A (tipo usuario) y Formulario.

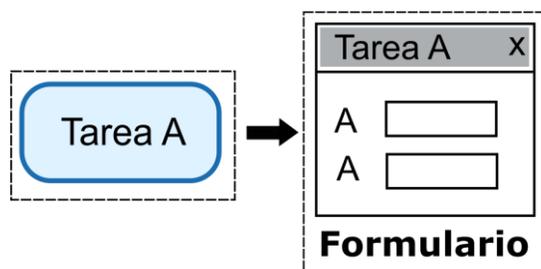


Imagen 33 Regla R1.

Patrón de secuencia

R2: Hemos identificado que en el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 4, Proyecto 6, Proyecto 7, Proyecto 9, Proyecto 10, Proyecto 11, Proyecto 12, Proyecto 13 y Proyecto 14, si las tareas de tipo usuario están en el mismo carril y existe una dependencia entre ellas, este carril genera interfaces para guiar al usuario a través de un proceso de varios pasos. Esto se puede mostrar de 3 alternativas. La Imagen 34 muestra (1) Wizard (Asistente): la navegación a través de los diferentes formularios se obliga a realizarse en un orden específico. El número de formularios depende del número de tareas de tipo usuario y cada formulario es una tarea de tipo usuario en orden secuencial, (2) Tabbed dialog box (Cuadro con Pestañas): un formulario con múltiples pestañas de tal manera que cada tarea de tipo usuario genera una pestaña, (3) Group box: el número de group box depende del número de tareas de tipo usuario. Group box se puede generar de tal manera que cada tarea de tipo usuario en orden secuencial genere un group box. Para las opciones (2) y (3) se debe crear un formulario que contenga un Tabbed dialog box o Group box. Para todas las opciones mencionadas, los campos de entrada del formulario se extraen de los atributos de las clases, cada atributo genera un campo de entrada. Esta regla se complementa con R0.

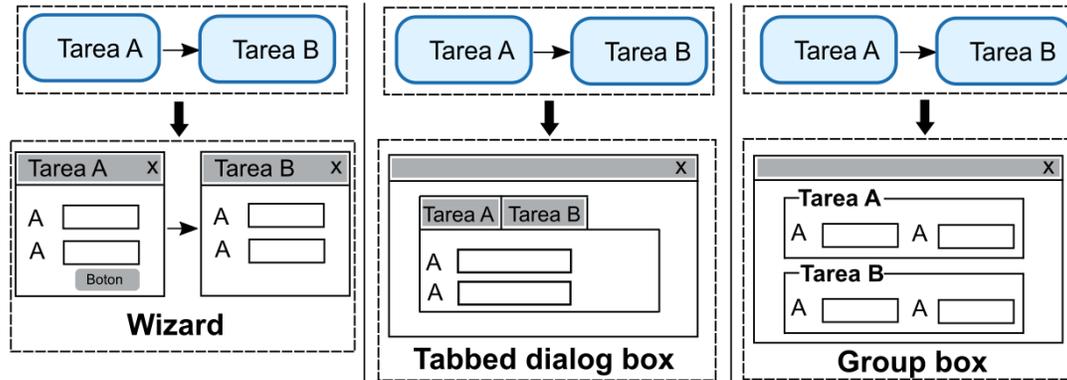


Imagen 34 Regla R2.

R3: Hemos identificado que en el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 11, Proyecto 12, Proyecto 13 y Proyecto 14, si las tareas de tipo usuario están en diferentes carriles y hay una dependencia entre ellos, cada carril genera un formulario. La creación del formulario se realiza según el orden de secuencia de cada tarea; los campos de entrada del formulario se extraen de los atributos de las clases, cada atributo genera un campo de entrada. Esta regla se complementa con R0. La Imagen 35 muestra la Tarea A y Tarea B (ambas de tipo usuario) y los formularios.

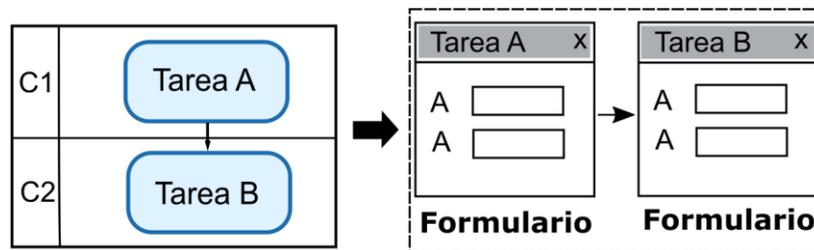


Imagen 35 Regla R3.

R4: Hemos identificado que en el Proyecto 3, Proyecto 4 y Proyecto 10, si la tarea A es un tipo usuario, la tarea B es un tipo servicio y existe una dependencia entre ellos, entonces la tarea A genera un formulario. Los datos registrados en forma de tarea A pueden ser procesados en la tarea B por un servicio web o una tarea automática. Tanto los servicios web como las tareas automáticas se pueden mostrar de 2 maneras. La Imagen 36 muestra (1) Report (informe): diseñador de informes y gráficos, (2) Data grid (cuadrícula de datos): es un control que muestra datos en una cuadrícula personalizable.

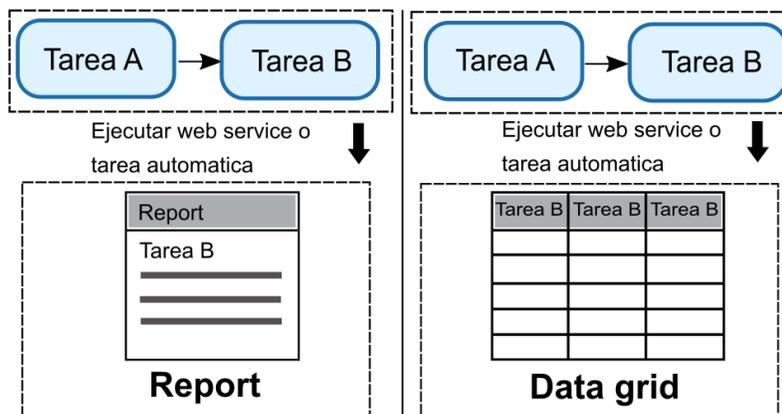


Imagen 36 Regla R4.

Como resumen, las reglas extraídas del patrón de secuencia dan como resultado la generación de varias alternativas de diseño de IGUs, tales como formulario, wizard, tabbed dialog box, group box, report y data grid.

Patrón de decisión exclusiva:

R5: Hemos identificado que en el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 4, Proyecto 5, Proyecto 6, Proyecto 8, Proyecto 9, Proyecto 10, Proyecto 11, Proyecto 12, Proyecto 13 y Proyecto 14, el texto que aparece en la compuerta exclusiva generalmente se puede representar en un Label (Etiqueta) que incluye una pregunta, de tal manera que el usuario puede tomar una decisión. Este control está asociado con una tarea de tipo usuario anterior y componentes de la R6. La Imagen 37 muestra el texto de la compuerta exclusiva y Label.

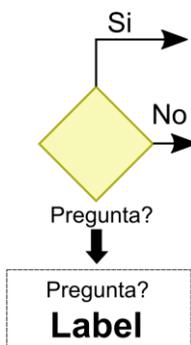


Imagen 37 Regla R5.

R6: Hemos identificado que en el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 4, Proyecto 5, Proyecto 6, Proyecto 8, Proyecto 9, Proyecto 10, Proyecto 11, Proyecto 12, Proyecto 13 y Proyecto 14, el texto que aparece en los objetos de conexión de la compuerta exclusiva puede generar 2 alternativas. La Imagen 38 muestra (1) Radio button, cada opción del radio button es un texto de cada objeto de conexión de la compuerta exclusiva. (2) Push button, cada opción del push button es un texto de cada objeto de conexión de la compuerta exclusiva. Esta regla está asociada con R5.

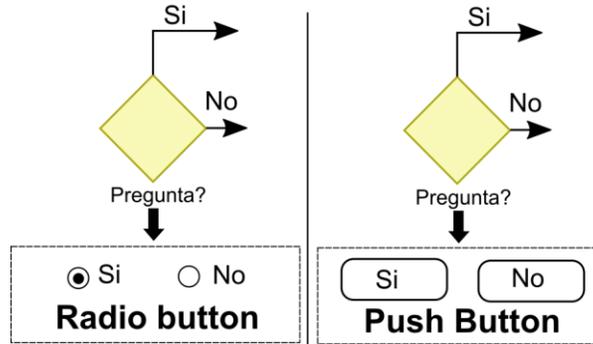


Imagen 38 Regla R6.

R7: Hemos identificado en el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 4, Proyecto 5, Proyecto 6, Proyecto 8, Proyecto 9, Proyecto 11, Proyecto 12, Proyecto 13 y Proyecto 14, que si la tarea que continúa en la compuerta exclusiva es de tipo usuario, genera un formulario. Los campos de entrada del formulario se extraen de los atributos de las clases, cada atributo genera un campo de entrada. Esta regla se complementa con R0. La alternativa para representar la tarea de tipo usuario en formulario se muestra en la Imagen 33.

R8: Hemos identificado que en el Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 11 y Proyecto 13, si una tarea de tipo servicio A continúa después de la compuerta exclusiva, los datos registrados previamente son procesados en la tarea A por un servicio web o un evento programado. Esta regla usa las mismas opciones que la Regla R4 (ver Imagen 36).

Como resumen, las reglas extraídas del patrón de decisión exclusiva dan como resultado la generación de alternativas de diseño de IGUs, como formulario, label, radio button, push button, report y data grid.

Patrón de sincronización

R9: Hemos identificado que en el Proyecto 1, Proyecto 3, Proyecto 6, Proyecto 7, Proyecto 8 y Proyecto 9, si después de la compuerta paralela hay tareas de tipo usuario que están en el mismo carril y existe una dependencia entre ellas, se generan interfaces para guiar al usuario a través de un proceso de varios pasos. Las alternativas para representar los diferentes pasos son exactamente las mismas que las explicadas en la Regla R2: Wizard, Tabbed dialog box y Group Box (ver Imagen 34).

R10: Hemos identificado que en el Proyecto 1 y Proyecto 7, si después de la compuerta paralela las tareas del usuario están en diferentes carriles, cada carril genera un formulario. Los campos de entrada del formulario se extraen de los atributos de las clases, cada atributo genera un campo de entrada. Esta regla se complementa con R0. La alternativa para representar las tareas de tipo usuario en formularios se muestra en la Imagen 35.

Como resumen, las reglas extraídas del patrón de sincronización generan alternativas de diseño de IGUs como formulario, wizard, tabbed dialog box y group box.

Patrón de decisión implícita

R11: Hemos identificado que en el Proyecto 3, Proyecto 6, Proyecto 8, Proyecto 9 y Proyecto 10, si después de la compuerta basada en eventos continúa un evento de tipo simple y si se encuentra

asociado con atributos del diagrama de clases UML, da lugar a generar 2 opciones: 1) hyperlink (hipervínculo) que lleva el nombre del evento, este hipervínculo envía a un formulario que se genera con los atributos asociados al evento. 2) menú bar que lleva el nombre del evento, este menú bar permite enviar a otra ubicación para realizar una acción. La Imagen 39 muestra las alternativas de la regla R11.

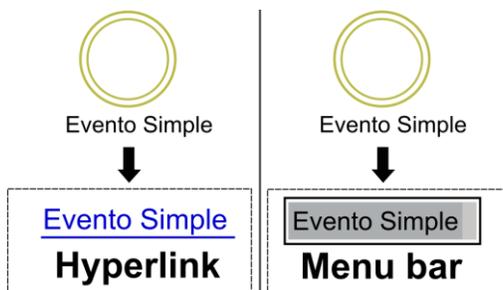


Imagen 39 Regla R11.

R12: Hemos identificado que en el Proyecto 1, Proyecto 2, Proyecto 3, Proyecto 7, Proyecto 8, Proyecto 9 y Proyecto 10, si después de la compuerta basada en eventos continúa un evento de tipo temporizador y tiene asignada una variable de tiempo. Esto puede generar los siguientes controles: (1) Timer, control que genera una acción programada después de finalizar un intervalo de tiempo, por ejemplo registrar pedido de pizza. Si no está elaborada en 60 minutos, avisará a través de un mensaje. (2) Message box (Cuadro de mensaje), este control contiene un mensaje y un título definido por el usuario. Se usa cuando el evento de tipo temporizador del modelo BPMN son días, semanas y meses, el valor del variable tiempo debe restarse con el valor de la hora actual del sistema, si el resultado es mayor o igual al valor de la variable tiempo, genera un message box indicando que ya se encuentra en el tiempo establecido por el evento. Por ejemplo, en el registro de solicitud de crédito de un cliente, si el cliente no presenta la documentación requerida en 2 días, el sistema avisará a través de un message box que el analista tiene que contactar con el cliente. La Imagen 40 muestra las alternativas de la regla R12.

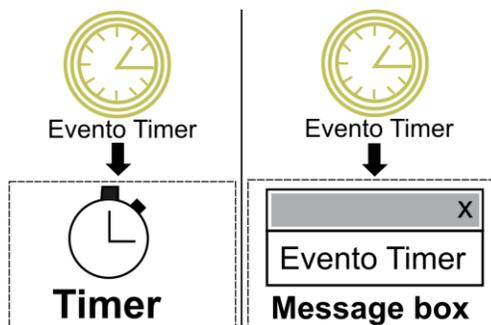


Imagen 40 Regla R12.

Como resumen, las reglas extraídas del patrón de decisión implícita generan alternativas de diseño de IGUs como hyperlink, menú bar, timer y message box.

Patrón de Estructura de Unión Sincronizada

R13: Hemos identificado que en el Proyecto 7, Proyecto 13 y Proyecto 14, si todas las ramas de la compuerta inclusiva se encuentran en el mismo carril, se generan los siguientes controles: (1) Combo box, control que muestra lista desplegable de ítems, el número de ítems es el número de tareas de tipo usuario que se encuentran dentro del patrón. Los ítems de este control son los nombres de las tareas de tipo usuario. (2) Hyperlink (Hipervínculo), el número de hipervínculo depende del número de tareas de tipo usuario que se encuentran dentro del patrón, cada hipervínculo tiene el nombre de cada tarea de tipo usuario. La Imagen 41 muestra las alternativas de la regla R13.

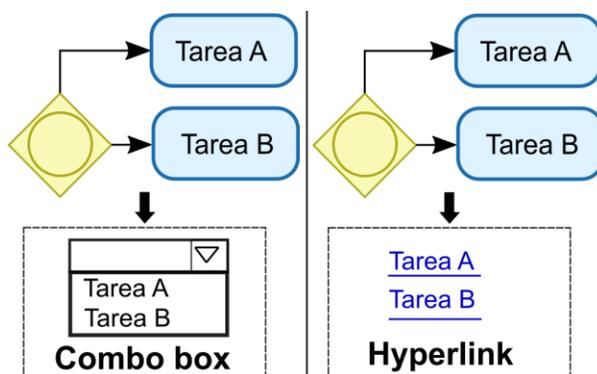


Imagen 41 Regla R13.

Como resumen, las reglas extraídas del patrón de estructura de unión sincronizada generan alternativas de diseño de IGUs como combo box e hyperlink.

5.4 Identificación de Estereotipos

De acuerdo a la sección anterior los patrones cuentan con varias reglas de transformación que pueden generar diferentes IGUs. Para cada alternativa de diseño de IGU vamos a definir un estereotipo en el modelo BPMN para que las reglas de transformación se puedan aplicar de manera inequívoca. Los estereotipos son asignados a un componente llamado “Paquete” que se encarga de contener componentes, el paquete usará las reglas R1, R2, R3, R4, R6 R7, R8, R9, R10, R11, R12 y R13, excepto para la regla R0 porque los estereotipos son asignados a los atributos del diagrama de clases UML. A continuación, explicamos cada regla de transformación que cuenta con varias alternativas de diseño de IGUs con sus estereotipos:

R0: Asignamos los siguientes estereotipos: << T >> para generar un **Text box**, << C >> para generar un **Combo box**, << R >> para generar **Radio button**, << L >> para generar un **List box**, y << CH >> para generar un **Check box**. La Imagen 42 muestra los estereotipos asignados.

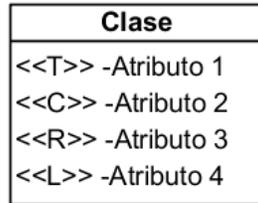


Imagen 42 Estereotipos para R0.

R1, R3, R7, R10: Estas reglas solo cuentan con una alternativa de diseño de IGU, pero es una IGU que representa un **Formulario** y es importante en el desarrollo de software, de tal manera se representa con el estereotipo << U >>. La Imagen 43 muestra el estereotipo.

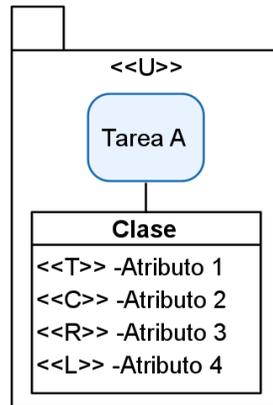


Imagen 43 Estereotipos para R1, R3, R7, y R10.

R2, R9: Asignamos los siguientes estereotipos: << RW >> para generar un **Wizard**, << RT >> para generar un **Tabbed dialog box**, << RG >> para generar **Group box**. La Imagen 44 muestra los estereotipos.

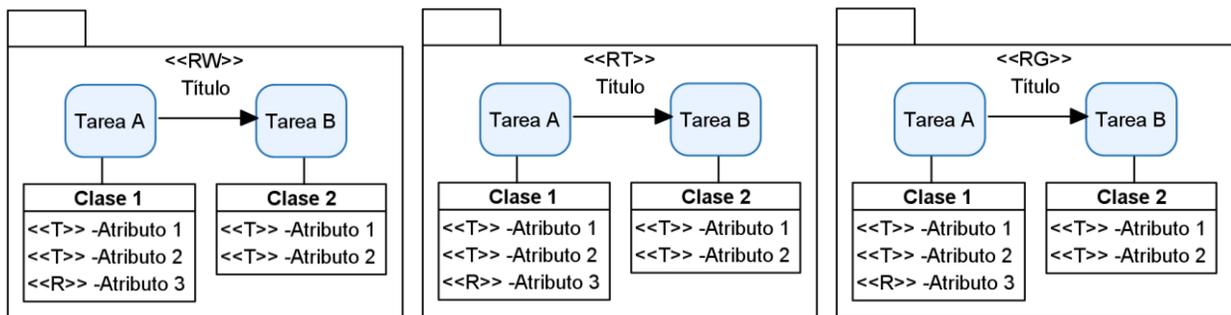


Imagen 44 Estereotipos para R2 y R9.

R4, R8: Asignamos los siguientes estereotipos: << SR >> para generar un **Report**, y << SD >> para generar un **Data grid**. La Imagen 45 muestra los estereotipos.

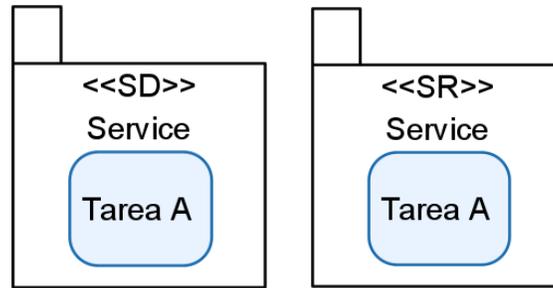


Imagen 45 Estereotipos para R4 y R8.

R6: Asignamos los siguientes estereotipos: << EDL >> para generar **Radio button**, y << EDB >> para generar **Push button**. La Imagen 46 muestra los estereotipos.

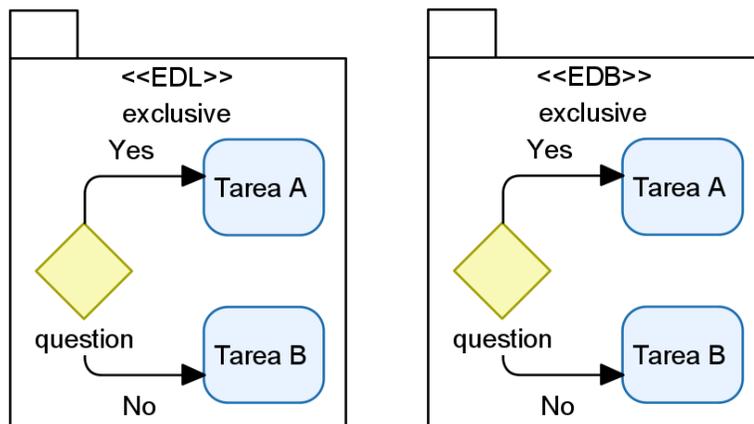


Imagen 46 Estereotipos para R6.

R11: Asignamos el estereotipo << ES >> para generar un **Hyperlink**, y << EB >> para generar un **Menu bar**. La Imagen 47 muestra los estereotipos.

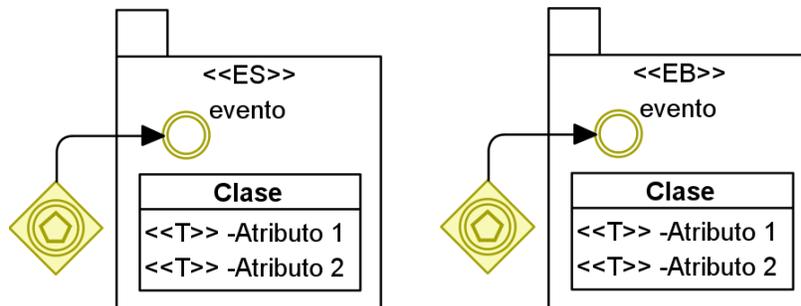


Imagen 47 Estereotipos para R11.

R12: Asignamos los siguientes estereotipos: << ETT >> para generar un **Timer**, y << ETC >> para generar un **Message box**. La Imagen 48 muestra los estereotipos.

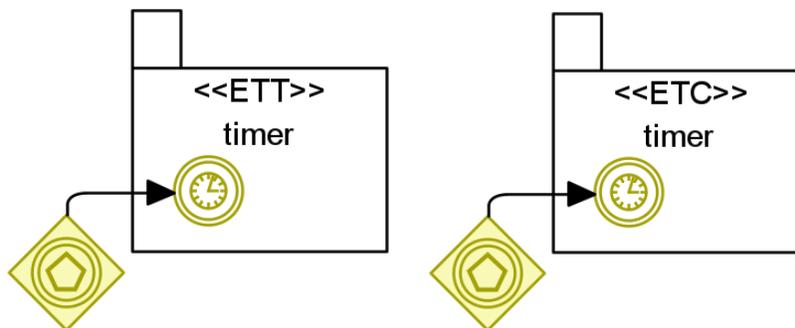


Imagen 48 Estereotipos para R12.

R13: Asignamos los siguientes estereotipos: << EIC >> para generar un **Combo box**, y << EIH >> para generar un **Hyperlink**. La Imagen 49 muestra los estereotipos.

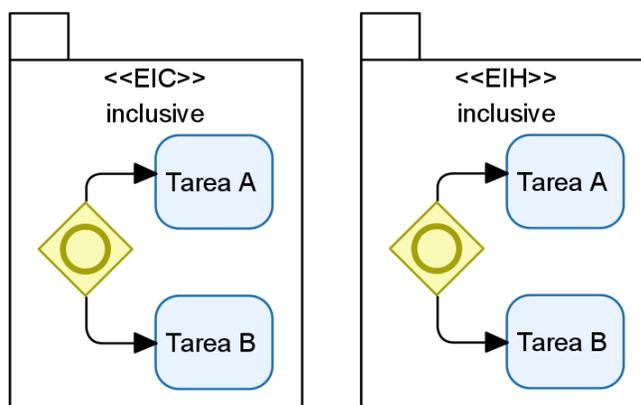


Imagen 49 Estereotipos para R13.

Los estereotipos sirven principalmente para poder identificar la alternativa de diseño de IGU para aplicar en cada una de las reglas de transformación. A través de los estereotipos, el usuario puede extender el modelo BPMN para generar alternativas de diseño de IGUs automáticamente. Se debe tener en cuenta que el estereotipo << U >> solo se puede usar si el paquete contiene una única tarea de tipo usuario. Los estereotipos << EDL >> y << EDB >> solo se pueden usar si el paquete contiene una compuerta exclusiva que pertenece al patrón de decisión exclusiva. Los estereotipos << RW >>, << RG >> y << RT >> se usan en dos casos: (1) cuando el paquete contiene un conjunto de tareas de tipo usuario; (2) cuando el paquete contiene una compuerta paralela que pertenece al patrón de sincronización. Los estereotipos << SD >> y << SR >> solo se pueden usar si el paquete contiene una tarea de tipo servicio. Los estereotipos << ES >> y << EB >> solo se pueden usar si el paquete contiene un evento tipo simple. Los estereotipos << ETT >> y << ETC >> solo se pueden usar si el paquete contiene un evento tipo temporizador. Los estereotipos << EIC >> y << EIH >> solo se pueden usar si el paquete contiene una compuerta inclusiva que pertenece al patrón de estructura de unión sincronizada. La Tabla 1 resume las reglas descritas anteriormente, los estereotipos utilizados, los elementos BPMN a las que se aplican los estereotipos y las alternativas de diseño de IGUs generados.

Tabla 1 Reglas, Estereotipos, elementos BPMN y alternativas de diseño de IGUs.

Reglas	Estereotipos	Elementos BPMN	Alternativas de Diseño de IGUs
R0	<< T >>	Atributos del diagrama de clases	Text box
	<< C >>		Combo box
	<< L >>		List box
	<< R >>		Radio button
	<< CH >>		Check box
R1, R3, R7, R10	<< U >>	Paquete (cuando contiene tarea de tipo usuario)	Formulario
R2, R9	<< RW >>	Paquete (cuando contiene un conjunto de tareas de tipo usuario), o Paquete (cuando contiene compuerta paralela)	Wizard
	<< RG >>		Group box
	<< RT >>		Tabbed dialog box
R4, R8	<< SR >>	Paquete (cuando contiene tarea de tipo servicio)	Report
	<< SD >>		Data grid
R6	<< EDL >>	Paquete (cuando contiene compuerta exclusiva)	Radio button
	<< EDB >>		Push button
R11	<< ES >>	Paquete (cuando contiene evento tipo simple)	Hyperlink
	<< EB >>		Menu bar
R12	<< ETT >>	Paquete (cuando contiene evento tipo temporizador)	Timer
	<< ETC >>		Message box
R13	<< EIC >>	Paquete (Cuando contiene compuerta inclusiva)	Combo box
	<< EIH >>		Hyperlink

5.5 Ejemplo Ilustrativo de cómo trabajar con Estereotipos

Esta sección muestra un ejemplo ilustrativo de cómo usar los estereotipos propuestos. La Imagen 50 muestra un ejemplo de un modelo BPMN extendido con nuestros estereotipos, construimos este modelo con los estereotipos de la sección anterior que afectan a elementos de los modelos BPMN más frecuentemente utilizados. El modelo BPMN se construye siguiendo estos pasos:

- (1) agregar un elemento *Pool* (Proceso) y un elemento *Carril*.
- (2) agregar un *evento de Inicio* (Inicio) como el punto de partida del modelo.
- (3) agregar un componente *Paquete* que contenga una tarea de tipo usuario; usamos el estereotipo << U >> para generar un formulario, agregar un título para dicho paquete (Título 1).
- (4) agregar un elemento *tarea de tipo usuario*, denominada Tarea 1, que está relacionada con el *evento de Inicio* (Inicio) a través del elemento *Flujo de Secuencia* (flecha).
- (5) agregar 2 clases UML (Clase 1 y Clase 2) con los atributos (datos de entrada) necesarios para ejecutar la Tarea 1. Asociar el estereotipo apropiado a cada atributo (<< T >> para generar un text box, << C >> para generar un combo box, << L >> para generar un list box, << R >> para generar un radio button y << CH >> para generar un check box). Estas clases están relacionadas con la Tarea 1 a través del componente *Conector genérico* (línea); esta relación significa que la Tarea 1 necesita complementarse con los atributos de ambas clases.

- (6) agregar un *Paquete* (Título 2) que contenga una *compuerta exclusiva*, usamos << EDL >> para generar un radio button o << EDB >> para generar un push button). Conectar la Tarea 1 a la compuerta a través del *flujo de Secuencia* (flecha),
- (7) agregar 2 *tareas de tipo usuario* (Tarea 2 y Tarea 3) en el nuevo paquete. La elección de utilizar el flujo hacia la Tarea 2 o la Tarea 3 depende de una condición binaria (Sí / No);
- (8) agregar 2 *clases* UML (Clase 3 y Clase 4), una para cada tarea en el paquete Título 2, para representar los atributos necesarios para ejecutar ambas tareas;
- (9) agregar un *Paquete* (Título 3) que contenga una *compuerta paralela* y usar el estereotipo << RW >> para generar un wizard (podríamos haber usado << RG >> para generar group box y << RT >> para generar un tabbed dialog box).
- (10) agregar 2 *tareas de tipo usuario* en el paquete Título 3 (Tarea 4 y Tarea 5); ambas tareas deben finalizar para que el flujo de ejecución continúe.
- (11) agregar una *clase* UML para cada tarea (Clase 5 y Clase 6) y agregar a cada clase los atributos necesarios para ejecutar la tarea relacionada (atributo 1 con estereotipo << C >>, y atributo 1 con estereotipo << CH >> respectivamente).
- (12) finalmente, agregar un elemento *evento Fin* para finalizar el proceso.

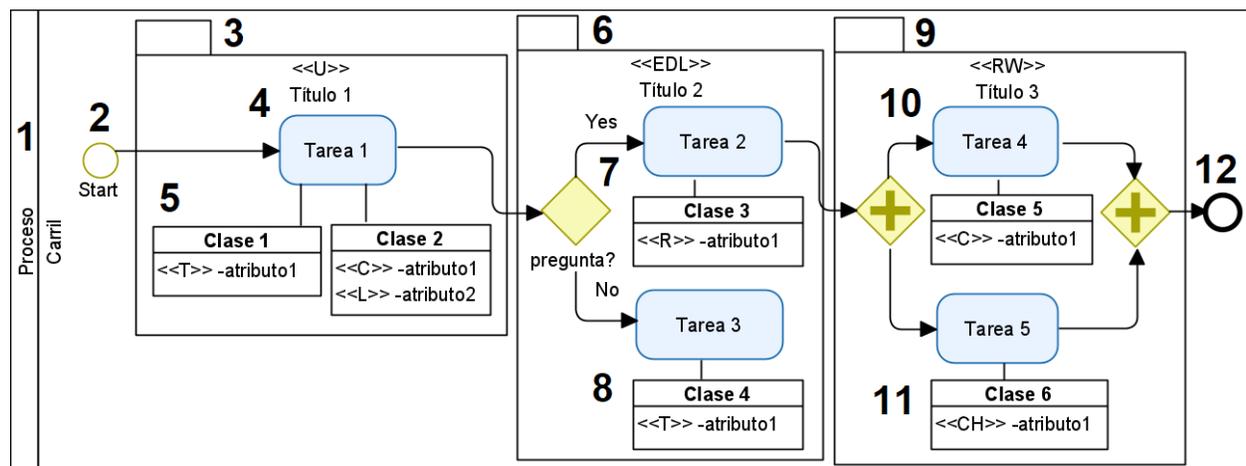


Imagen 50 Ejemplo ilustrativo usando estereotipos.

La Imagen 51 muestra un ejemplo de IGUs generadas a partir del modelo BPMN de la Imagen 50. A continuación, describimos cada sección de la figura en un orden secuencial. (1) Vemos un formulario generado por el estereotipo << U >> que se asignó al paquete Título 1 en el modelo BPMN en la Imagen 50. Vemos 3 campos de entrada que se generan a partir de los 3 atributos de la clase asociados a la Tarea 1 en la Imagen 50. En particular, tenemos un text box para el atributo 1, un combo box para el atributo 2 y un list box para el atributo 3. (2) Vemos un radio button con 2 opciones (Sí / No) que se genera a partir del estereotipo << EDL >> que se asignó al paquete Título 2 en la Imagen 50. Vemos 2 formularios (Tarea 2 y Tarea 3) con los campos de entrada que se generan a partir de los atributos de la clase asociados a la Tarea 2 y Tarea 3 en la Imagen 50. (3) Muestra un wizard que se genera a partir del estereotipo << RW >> que se asignó al paquete Título

3 en la Imagen 50. Los campos de este wizard se generan a partir de los atributos de la clase asociada a la Tarea 4 y la Tarea 5.

El diagrama muestra tres ventanas de wizard numeradas 1, 2 y 3, separadas por líneas verticales. Cada ventana tiene un título y un botón de cierre (X).

- Ventana 1:** Tarea 1. Contiene tres campos de atributo: Atributo 1 (campo de texto), Atributo 2 (menú desplegable con 'Item') y Atributo 3 (campo de texto).
- Ventana 2:** Título 2. Contiene una pregunta con botones de radio 'Si' (seleccionado) y 'No'. Debajo hay una sección 'Tarea 2' con un campo de atributo 'Item' (radio seleccionado) y otra 'Tarea 3' con un campo de atributo (campo de texto).
- Ventana 3:** Tarea 4. Contiene un campo de atributo 'Item' (menú desplegable) y un botón 'Siguiente'. Debajo hay una sección 'Tarea 5' con dos campos de atributo 'Item' (botones de radio no seleccionados) y botones 'Regresar' y 'Siguiente'.

Imagen 51 Ejemplo ilustrativo de generación de IGUs a partir de un modelo BPMN estereotipado.

5.6 Conclusiones

En este capítulo se ha definido el método para la generación de alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN: EduBPMN, como conclusión se puede indicar lo siguiente:

- Se Identificaron 14 reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs a partir del análisis de 5 patrones BPMN en 14 proyectos BPMN simples y complejos. Estos patrones son comunes y frecuentes en diferentes proyectos BPMN, los proyectos BPMN cuentan con varios niveles de complejidad de diferentes contextos pertenecientes a varios dominios como administración, software educativo, gestión, ventas y compras.
- Se definieron 19 estereotipos para las alternativas de diseño de IGUs. Cada regla de transformación puede contar con varias alternativas de diseño de IGUs. Para cada alternativa de diseño se asignó un estereotipo BPMN para evitar ambigüedades.

El siguiente capítulo de la Tesis, aborda las herramientas de software para usar el método EduBPMN.

Capítulo 6

Herramientas de software para usar el Método EduBPMN

6.1 Herramienta para extender un Modelo BPMN

En esta sección se describen las herramientas de software que se utilizan en el método EduBPMN. La herramienta Visual Paradigm v. 15.0 [54] permite desarrollar modelos conceptuales como diagramas de UML (casos de uso UML, diagrama de secuencia UML, diagrama de clases UML, etc.), además permite elaborar modelos BPMN. Para esta investigación se utiliza las plantillas del modelo BPMN que se complementa con los componentes del diagrama de clases UML. Visual Paradigm v. 15.0 permite agregar nuevos estereotipos en los componentes (elementos BPMN, UML, etc.) de una manera sencilla y rápida. Hemos configurado los estereotipos del método EduBPMN (ver Capítulo 5, Sección 5.4) en la plantilla de BPMN de esta herramienta, para que se puedan desarrollar modelos BPMN extendidos como proponemos.

A continuación, se mostrará cómo se agregaron los estereotipos a la herramienta de Visual Paradigm v. 15.0. Debemos tener en cuenta que los estereotipos son usados en los paquetes (ver Capítulo 5, Sección 5.4), La Imagen 52 muestra la herramienta Visual Paradigm v. 15.0, con el componente Paquete, donde se configurará los estereotipos, se observa que al hacer click derecho al componente Paquete muestra la opción “Stereotypes” y luego muestra “Edit Stereotypes” donde vamos a registrar los estereotipos del método EduBPMN.

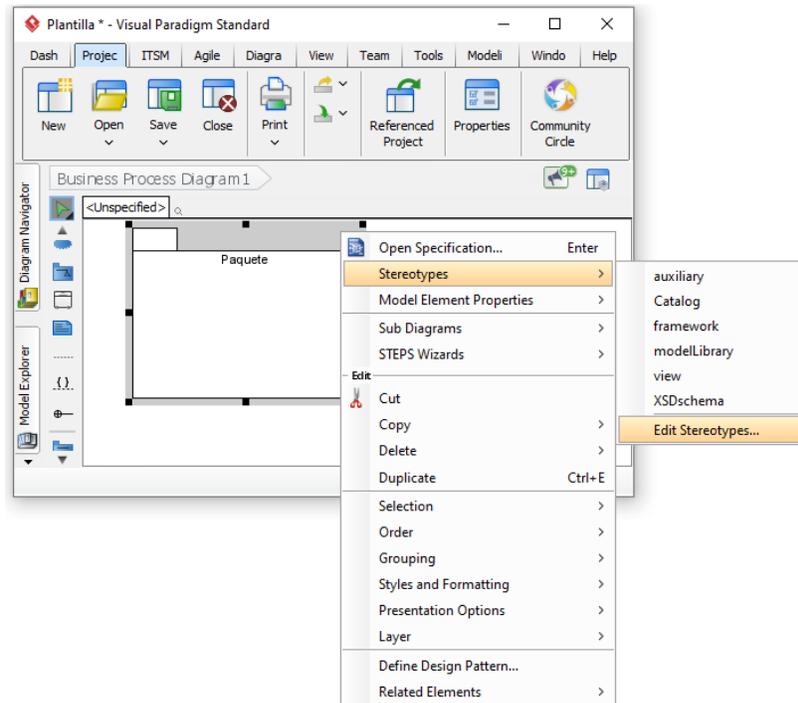


Imagen 52 Opción para agregar estereotipos.

La Imagen 53 muestra estereotipos del componente generados por defecto, permitiendo agregar los estereotipos del método EduBPMN, ir a la opción “Edit Stereotypes...”

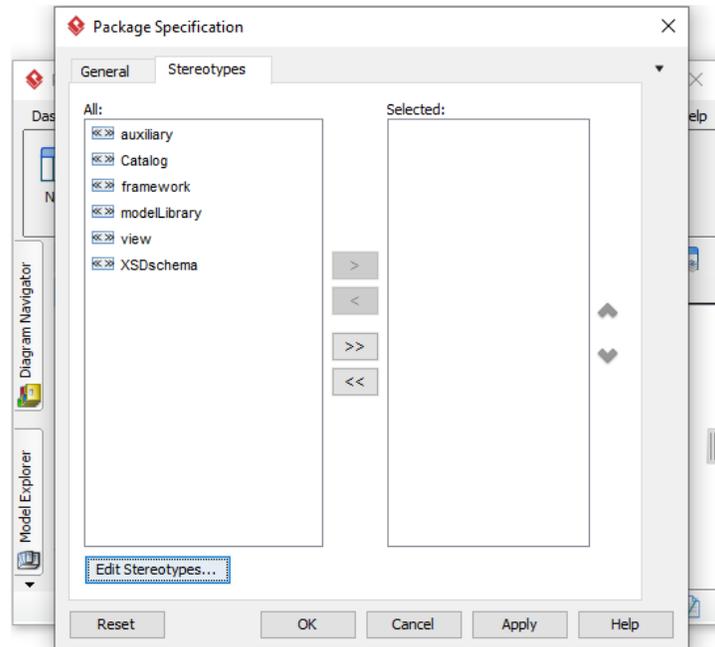


Imagen 53 Sección de todos los estereotipos.

La Imagen 54 muestra los estereotipos, a continuación se ingresará a la opción “Add...” para registrar estereotipos.

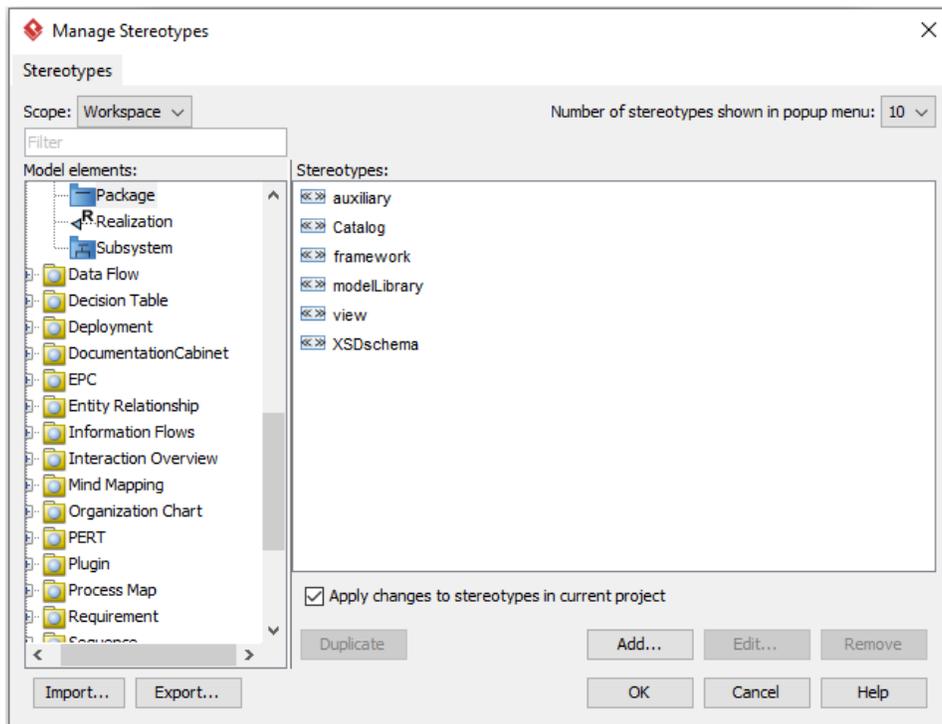


Imagen 54 Sección de todos los estereotipos.

La Imagen 55 muestra que se registrará el estereotipo << U >> del método EduBPMN con la opción “Ok”, este estereotipo permite generar un formulario. De esta manera se tiene que agregar cada uno de los estereotipos del método EduBPMN.

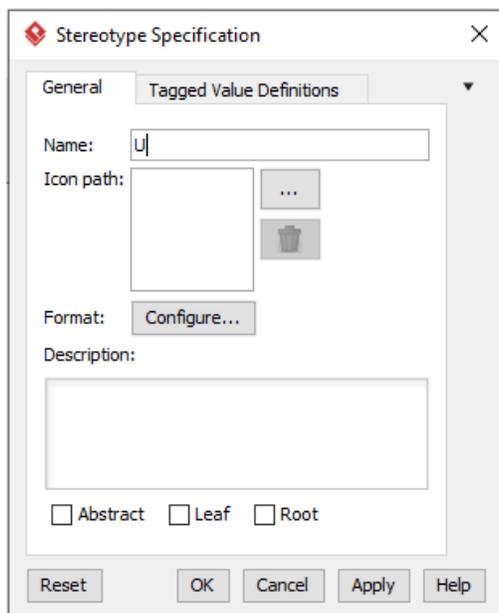


Imagen 55 Sección de todos los estereotipos.

La Imagen 56 muestra que se asignó el estereotipo << U >> al paquete, debemos tener en cuenta que para asignar un estereotipo se debe dar clic derecho al paquete, ir a la opción “Stereotypes”, luego ir a “Edit Stereotypes...” para identificar el estereotipo que se usará y dar click en la opción “Ok”.

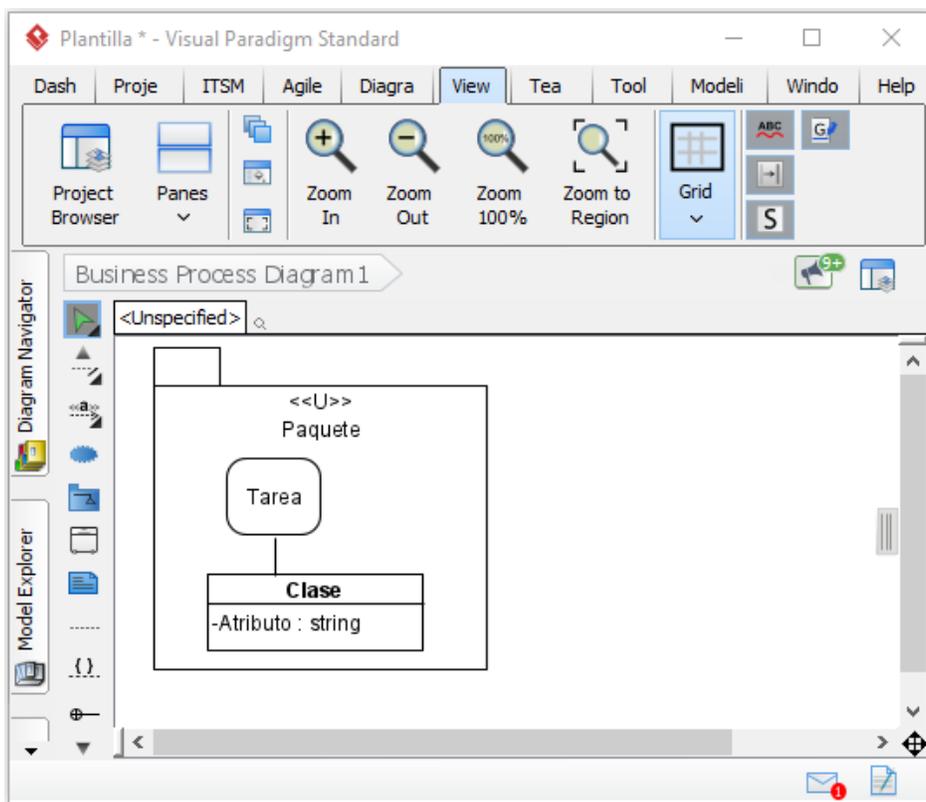


Imagen 56 Estereotipo << U >> asignado al paquete

En el desarrollo del modelo BPMN extendido tomando de ejemplo la Imagen 56, primero se crea el paquete, ya que es donde se asignarán los estereotipos. Para este caso se agregó una Tarea de tipo usuario con un clase, el conector que asocia la Tarea con la Clase es el componente “Generic connector”. Cabe resaltar que esta relación se realiza de la Tarea a la Clase (no al contrario), como se muestra en la Imagen 57, porque si se asocia de la Tarea al atributo de la clase, esto generará un error.

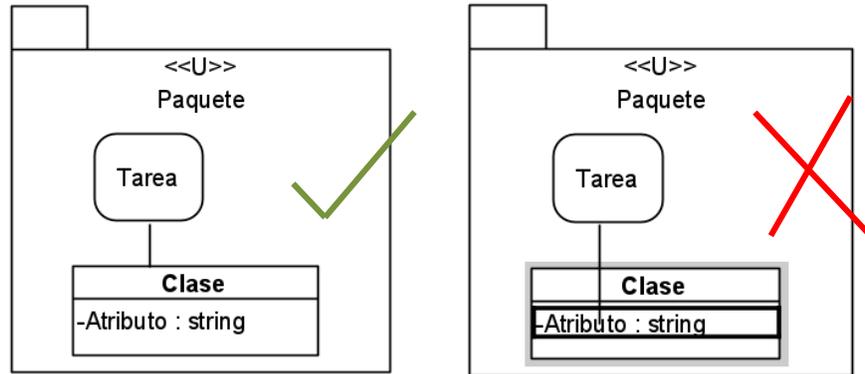


Imagen 57 Asociar de la Tarea a la Clase.

Una vez finalizado el modelo BPMN extendido, este modelo tiene que ser exportado en un archivo con formato XML. Este formato contiene un conjunto de etiquetas predefinidas por la herramienta Visual Paradigm v. 15.0 que permite las comunicaciones entre diferentes herramientas de software. Además, permite exportar el modelo en un archivo XML, a continuación se muestran los pasos:

La Imagen 58 muestra la opción para exportar el modelo BPMN extendido. Ir a Pestaña Project de Visual Paradigm v. 15.0. Ir a opción “Export”, seleccionar XML...

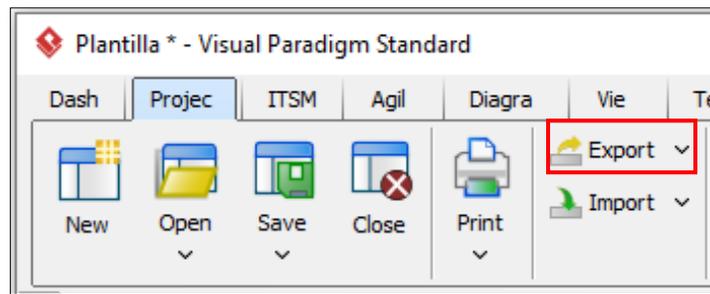


Imagen 58 Exportar en formato XML.

La Imagen 59 muestra donde se va a guardar el archivo XML, por defecto se guardará como project.xml.

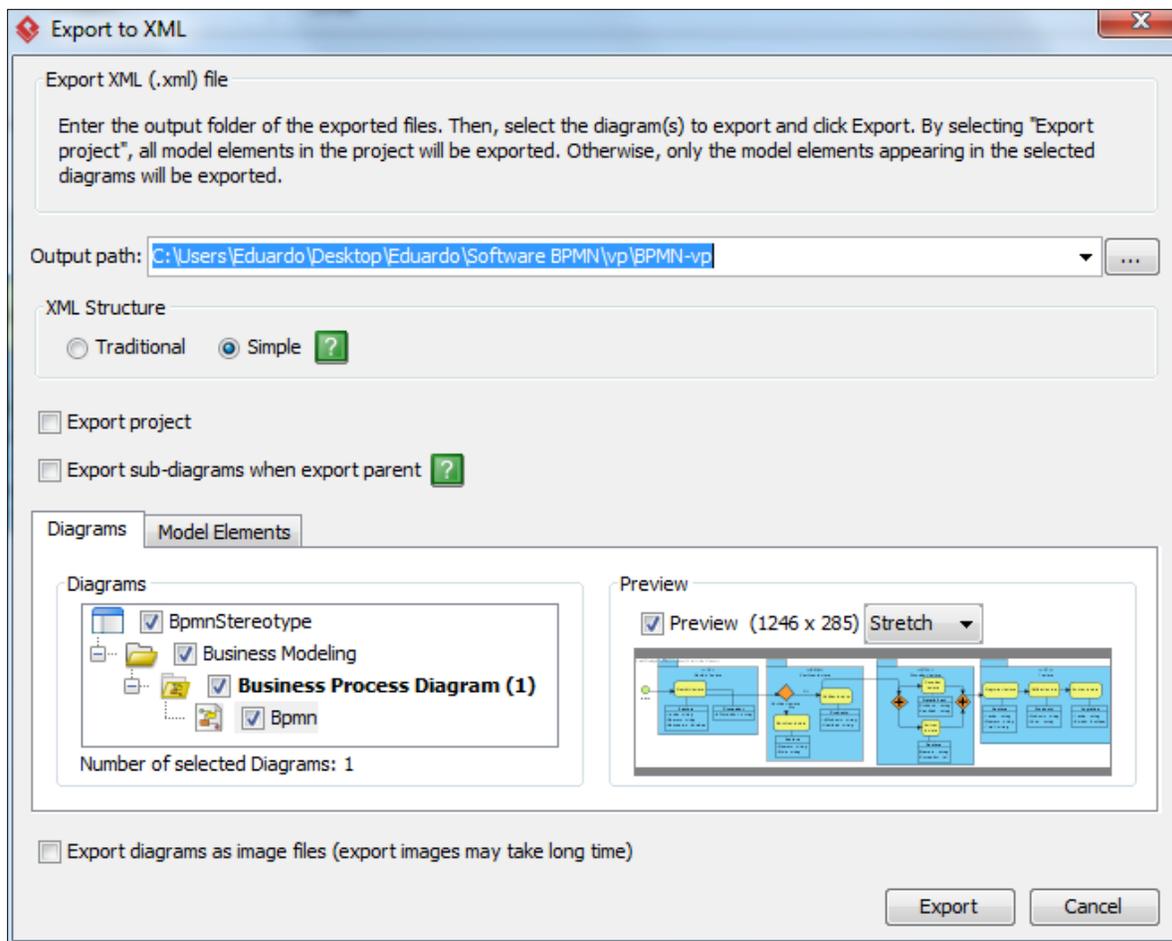


Imagen 59 Exportar en formato XML – Confirmar acción.

6.2. Herramienta web para generar IGUs

Esta herramienta web fue desarrollada en HTML5 con PHP por el investigador para poder compilar el archivo XML que fue generado por el modelo BPMN extendido como se muestra en la sección anterior. La herramienta reconoce los estereotipos del método EduBPMN teniendo como objetivo la generación de alternativas de diseño de IGUs en HTML5. La herramienta se encuentra en el siguiente enlace: <http://hci.dsic.upv.es/bpmn/>. La Imagen 60 muestra la herramienta web que permite importar el archivo XML del modelo BPMN extendido, se debe ir a la opción “Seleccionar archivo” donde tenemos que ubicar el archivo XML y luego dar clic al botón “Subir archivo” para que la herramienta web pueda compilar este archivo XML.



Imagen 60 Herramienta web

La Imagen 61 muestra las IGUs en HTML5 que fue generada a partir del archivo XML, esta herramienta permite la descarga de las IGUs en código HTML5.

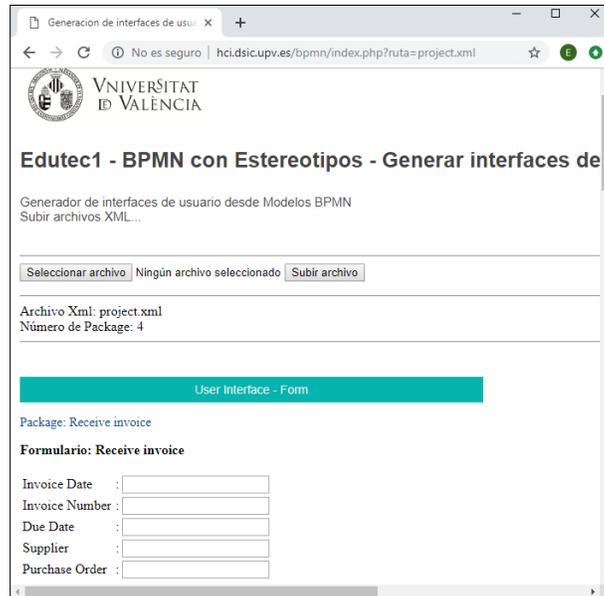


Imagen 61 Herramienta web generando IGUs.

6.3 Conclusiones

En este capítulo se ha definido la herramienta de software que se utiliza el método EduBPMN. Está basada en Visual Paradigm v. 15.0, donde se ha creado una plantilla con estereotipos del método EduBPMN que va a permitir a los usuarios extender el modelo BPMN con facilidad. El usuario solo debe tener conocimiento en modelos BPMN y en los estereotipos para usar la herramienta.

Con respecto al generador de código, se desarrolló en HTML5 y PHP permitiendo compilar el archivo XML de una manera fácil y sencilla. Esta herramienta es un aporte a la investigación para generar IGUs desde un modelo BPMN extendido.

El siguiente capítulo de la Tesis aborda la propuesta de las recomendaciones de usabilidad para cada alternativa de diseño de IGU.

Capítulo 7

Recomendaciones de Usabilidad

7.1 Identificación de Recomendaciones de Usabilidad

Esta sección muestra una de las contribuciones de esta investigación, que propone un conjunto de recomendaciones de usabilidad a la hora de aplicar las reglas de transformación anteriormente descritas (ver Capítulo 5, Sección 5.3). La usabilidad se define como la capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y atractivo para el usuario, cuando se usa bajo condiciones específicas [23]. Cada regla de transformación cuenta con un conjunto de alternativas de diseño de IGUs. Para cada alternativa, se propone cuándo utilizarla en base a su contexto de uso. Estas recomendaciones son una recopilación de recomendaciones ya existentes en la literatura: Galitz's usability guidelines [55], Johnson's GUI Bloopers [56], Microsoft MSDN [57], SAP Fiori [58], U.S. Web Design [59], Material Design [60] y Van Welie [61]. Las recomendaciones se han definido para cada una de las reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs a partir del modelo BPMN. Las reglas tienen como entrada elementos BPMN para representar comportamiento y elementos del diagrama de clases UML para representar la estructura de datos. Cada regla de transformación puede tener diversas alternativas, con las recomendaciones de usabilidad pretendemos que de todas estas alternativas de IGUs, el desarrollador tenga a su disposición una recomendación. A continuación, se detallan las recomendaciones de usabilidad para cada regla de transformación que cuentan con varias alternativas de IGUs:

RO: para los atributos del diagrama de clases UML, se pueden generar elementos gráficos como Text box, Combo box, List box, Check box y Radio button.

- Text box: (1) El atributo puede ser una cadena o un número corto en una sola línea [58]. (2) El atributo puede ser una contraseña, URL, número de teléfono o dirección de correo electrónico [58]. (3) El atributo puede ser cualquier valor que el sistema no pueda predecir, como la respuesta de un usuario. Existe una gran variabilidad en las respuestas de los usuarios [59].
- Combo box: (1) El atributo puede ser una larga lista de elementos (mínimo 13, máximo 200 entradas) [58]. (2) Los valores en la lista de opciones son información secundaria y no es necesario que se muestren inmediatamente [58].
- List box: (1) El atributo puede tomar valores de una o más opciones [57]. (2) Una lista lo suficientemente grande como para mostrar de 3 a 8 elementos cuando se abre [57]. (3) Para elegir una o varias opciones de una lista [57].
- Check box: (1) Los atributos pueden tomar valores de un grupo o una lista de opciones que se pueden seleccionar independientemente uno del otro o ninguno [58]. (2) Los atributos pueden tomar valores de una lista de opciones que se muestran inmediatamente sin interacción del usuario (también en casos de solo lectura) [58].
- Radio button: (1) El atributo puede tomar un valor de un conjunto de opciones mutuamente excluyentes [59]. (2) El usuario debe elegir rápidamente entre al menos 2 opciones claramente diferentes [58].

R2 y R9: para las tareas de tipo usuario o compuerta paralela, se pueden generar elementos gráficos como Wizard, Tabbed dialog box, y Group box.

- Wizard: (1) El usuario necesita un asistente de navegación secuencial [57]. (2) Cada tarea de tipo usuario tiene más de 8 atributos del diagrama de clases [61]. (3) Hay 3 o más pasos con dependencia en el modelo BPMN [61].
- Tabbed dialog box: (1) El usuario debe mostrar la información en páginas clasificadas por separado [60].
- Group box: (1) El usuario necesita agrupar elementos gráficos dentro de un formulario [57]. (2) La tarea de tipo usuario tiene menos de 8 atributos [57].

R4 y R8: para la tarea de tipo servicio, se pueden generar los elementos gráficos como Report y Data grid.

- Report: (1) La tarea de tipo servicio muestra información lista para imprimir [55].
- Data grid: (1) El usuario necesita mostrar datos con múltiples propiedades en filas y columnas (cuadrícula de datos) [55]. Una ventaja de la cuadrícula de datos es que los usuarios pueden ordenar y filtrar los datos [56].

R6: para la Compuerta exclusiva, se pueden generar Radio button o Push button.

- Radio button: (1) Cada rama de la compuerta que conecta a una tarea tiene una opción, donde el usuario solo puede elegir una [59].
- Push button: (1) El usuario necesita realizar una acción y dirigirse a otra sección del sistema [57].

R11: para el Evento tipo simple se puede generar un Hyperlink o un Combo box.

- Hyperlink: (1) El usuario necesita una navegación entre interfaces u otro evento [59].
- Menu bar (1): El usuario necesita ir a otra sección del sistema [59].

R12: para el Evento de tipo temporizador, se pueden generar los componentes gráficos Timer o Message box.

- Timer: (1) El usuario necesita un evento que requiera un cronómetro [57].
- Message box: (1) El usuario debe ser interrumpido durante la ejecución de una acción [58]. (2) El sistema necesita mostrar mensajes de error, mensajes de advertencia, mensajes de éxito, mensajes de confirmación o mensajes de información [58]. (3) El usuario debe tomar una decisión [58].

7.2 Ejemplo Ilustrativo de Recomendaciones de Usabilidad

Esta sección muestra un ejemplo ilustrativo de recomendaciones de usabilidad propuestas. La Imagen 62 muestra alternativas de diseño de IGUs, donde indicamos qué estereotipo elegir de acuerdo a un contexto. A continuación se detallan los pasos del ejemplo:

- (1) muestra un paquete que contiene tareas de tipo usuario: Tarea 1 con la Clase 1 y Clase 2 (éstas 2 clases suman 11 atributos), y la Tarea 2 con la Clase 3 (8 atributos), este pertenece al patrón de secuencia a la regla R2 (ver Capítulo 5, Tabla 1), para esta regla se puede usar << RW >> wizard o << RG >> group box o << RT >> tabbed dialog box.
- (2) indica que las tareas de tipo usuario tienen más de 8 atributos.
- (3) indica que la recomendación para este contexto es usar el estereotipo << RW >> wizard.

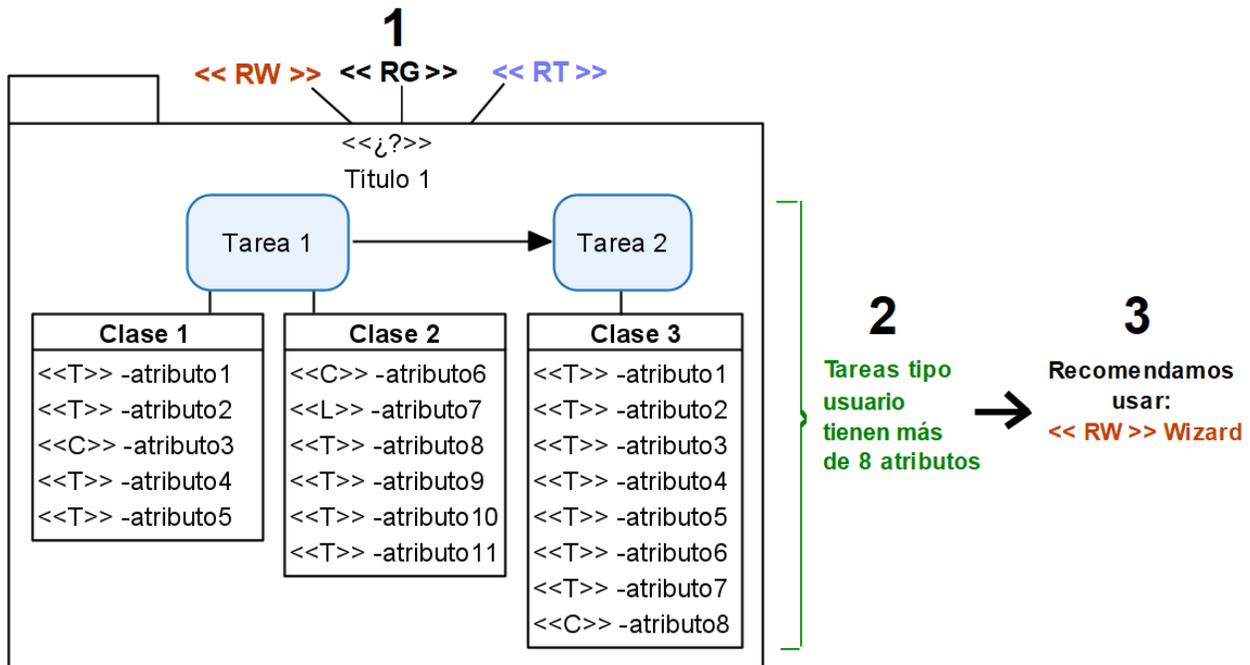


Imagen 62 Ejemplo ilustrativo de una recomendación de usabilidad.

La Tabla 2 muestra un resumen de las recomendaciones de usabilidad.

Tabla 2 Resumen de las Recomendaciones de usabilidad.

Reglas	Elementos diagrama de clases UML / BPMN	Alternativa de diseño de IGUs	Contexto de uso recomendado para la alternativa
R0	Atributos del diagrama de clases	Text box	(1) El atributo puede ser una cadena o un número corto en una sola línea [58]. (2) El atributo puede ser una contraseña, URL, número de teléfono o dirección de correo electrónico [58]. (3) El atributo puede ser cualquier valor que el sistema no pueda predecir, como la respuesta de un usuario. Existe una gran variabilidad en las respuestas de los usuarios [59].
		Combo box	(1) El atributo puede ser una larga lista de elementos (mínimo 13, máximo 200 entradas) [58]. (2) Los valores en la lista de opciones son información secundaria y no es necesario que se muestren inmediatamente [58].
		List box	(1) El atributo puede tomar valores de una o más opciones [57]. (2) Una lista lo suficientemente grande como para mostrar de 3 a 8 elementos cuando se abre [57]. (3) Para elegir una o varias opciones de una lista [57].
		Check box	(1) Los atributos pueden tomar valores de un grupo o una lista de opciones que se pueden seleccionar independientemente uno del otro o ninguno [58]. (2) Los atributos pueden tomar valores de una lista de opciones que se muestran inmediatamente sin interacción del usuario (también en casos de solo lectura) [58].
		Radio button	(1) El atributo puede tomar un valor de un conjunto de opciones mutuamente excluyentes [59]. (2) El usuario debe elegir rápidamente entre al menos 2 opciones claramente diferentes [58].
R2, R9	BPMN: Tarea de tipo usuario o Compuerta paralela	Wizard	(1) El usuario necesita un asistente de navegación secuencial [57]. (2) Cada tarea de tipo usuario tiene más de 8 atributos del diagrama de clases [61]. (3) Hay 3 o más pasos con dependencia en el modelo BPMN [61].
		Tabbed dialog box	(1) El usuario debe mostrar la información en páginas clasificadas por separado [60].
		Group box	(1) El usuario necesita agrupar elementos gráficos dentro de un formulario [57]. (2) La tarea de tipo usuario tiene menos de 8 atributos [57].
R4, R8	BPMN: Tarea de tipo servicio	Report	(1) La tarea de tipo servicio muestra información lista para imprimir [55].
		Datagrid	(1) El usuario necesita mostrar datos con múltiples propiedades en filas y columnas (cuadrícula de datos) [55]. Una ventaja de la cuadrícula de datos es que los usuarios pueden ordenar y filtrar los datos [56].
R6	BPMN: Compuerta exclusiva	Radio button	(1) Cada rama de la compuerta que conecta a una tarea tiene una opción, donde el usuario solo puede elegir una [59].
		Push button	(1) El usuario necesita realizar una acción y dirigirse a otra sección del sistema [57].
R11	BPMN: Evento de	Hyperlink	(1) El usuario necesita una navegación entre interfaces u otro evento [59].

	tipo simple	Menu bar	(1): El usuario necesita ir a otra sección del sistema [59].
		Timer	(1) El usuario necesita un evento que requiera un cronómetro [57].
R12	BPMN: Evento de tipo temporizador	Message box	(1) El usuario debe ser interrumpido durante la ejecución de una acción [58]. (2) El sistema necesita mostrar mensajes de error, mensajes de advertencia, mensajes de éxito, mensajes de confirmación o mensajes de información [58]. (3) El usuario debe tomar una decisión [58].

7.3 Conclusiones

En este capítulo se han definido las recomendaciones de usabilidad que se proponen para las alternativas de diseño de las IGUs. Cuando las reglas de transformación tienen varias alternativas de diseño de IGUs, las recomendaciones sirven de apoyo para decidir cuál de todas las alternativas maximiza la usabilidad.

Se definieron 28 recomendaciones para varias alternativas de diseño. Estas recomendaciones son una recopilación de recomendaciones ya existentes que fueron adaptadas al método EduBPMN.

Estas recomendaciones de usabilidad permiten elaborar alternativas de diseño de IGUs usables sin tener un amplio conocimiento o ser experto en usabilidad.

El siguiente capítulo de la Tesis aborda la validación del método descrito en este capítulo

PARTE IV. VALIDACIÓN

Capítulo 8

Experimento para Validar las Reglas de Transformación y sus Recomendaciones de Usabilidad

8.1 Introducción

En esta sección, de acuerdo a la metodología *Design Science*, se va a validar las reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs y sus recomendaciones de usabilidad. El objetivo es evaluar si las reglas de transformación son intuitivas por los sujetos, y evaluar las recomendaciones de usabilidad a través de un cuestionario. Es por este motivo, que las reglas y recomendaciones propuestas no se van a mostrar a los sujetos del experimento. Este experimento se desarrolla en una familia de experimentos con 2 réplicas. De acuerdo a [62], las réplicas de experimentos contribuyen a construir un cuerpo de conocimiento que combina y generaliza resultados.

8.2 Validación de Reglas de Transformación de Modelos BPMN a Interfaces Gráficas de Usuario y sus Recomendaciones de Usabilidad

En este estudio se realiza una familia de experimentos con 2 réplicas donde se validan las reglas de transformación que fueron definidas en el Capítulo 5, Sección 5.3., además se validan las recomendaciones de usabilidad que fueron definidas en el Capítulo 7, Sección 7.1.

8.2.1 Objetivo y preguntas de investigación

El objetivo de la familia de experimentos consiste en la comparación de las alternativas de diseño de IGUs de nuestras reglas de transformación propuestas con las interfaces que dibujan los sujetos a partir de un modelo BPMN complementado con un diagrama de clases UML, las variables que se miden son Correctitud de las reglas de transformación, Completitud de las reglas de transformación, Utilidad Percibida de las reglas, e Intención de uso de las reglas (para estas 2 últimas variables no evaluamos las reglas de transformación propuestas, sino la existencia de reglas de transformación de manera genérica). Además, se comparan las recomendaciones de usabilidad propuestas con las preferencias de sujetos a través de un cuestionario. Las variables que se miden son Correctitud de las recomendaciones de usabilidad, Utilidad Percibida de recomendaciones de usabilidad, e Intención de uso de recomendaciones de usabilidad (para esta 2 últimas variables no evaluamos nuestras recomendaciones de usabilidad propuestas, sino la existencia de recomendaciones de usabilidad de manera genérica).

A partir del objetivo de investigación, se definen varias preguntas de investigación (**RQ**).

RQ1: ¿Cuál es la correctitud de las reglas de transformación propuestas en EduBPMN con respecto a cómo los sujetos diseñan Interfaces Gráficas de Usuario a partir de modelos BPMN sin ninguna referencia? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

Ht: Las reglas de transformación utilizadas por los sujetos son similares a las reglas propuestas en EduBPMN.

RQ2: ¿Cuál es la completitud de las reglas de transformación propuestas en EduBPMN con respecto a cómo los sujetos diseñan Interfaces Gráficas de Usuario a partir de modelos BPMN sin ninguna referencia? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H2: Las reglas de transformación propuestas en EduBPMN son utilizadas por los sujetos.

Aunque la hipótesis es similar a **H1**, con **H2** verificamos el porcentaje de uso de las reglas de transformación, mientras que con **H1** verificamos el porcentaje de acierto de las reglas de transformación.

RQ3: ¿Cuál es la utilidad percibida de las reglas de transformación por los sujetos para transformar de BPMN a Interfaces Gráficas de Usuario? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H3: Los sujetos perciben como útil el uso de cualquier regla de transformación.

RQ4: ¿Cuál es la intención de utilizar las reglas de transformación por los sujetos para transformar de BPMN a Interfaces Gráficas de Usuario? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H4: Los sujetos tienen intención de usar cualquier regla de transformación.

RQ5: ¿Cuál es la correctitud de las recomendaciones de usabilidad propuestas en EduBPMN con respecto a las preferencias de los sujetos? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H5: Las preferencias de los sujetos para las alternativas de diseño coinciden con las recomendaciones de usabilidad propuestas.

RQ6: ¿Cuál es la utilidad percibida de las recomendaciones de usabilidad por parte de los sujetos para decidir alternativas de la misma regla de transformación? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis.

H6: Los sujetos perciben como útil el uso de cualquier recomendación de usabilidad.

RQ7: ¿Cuál es la intención de utilizar las recomendaciones de usabilidad por los sujetos? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H7: Los sujetos tienen intención de utilizar cualquier recomendación de usabilidad.

8.2.2 Planeamiento de la validación

Tratamiento

Contamos con un solo tratamiento, **el desarrollo de alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN complementado con un diagrama de clases UML**. Este tratamiento comienza cuando el sujeto tiene que centrar sus esfuerzos para revisar un modelo BPMN ya existente que se complementa con un diagrama de clases UML que representa la persistencia de datos. Cada modelo BPMN se muestra con un conjunto de pasos, donde cada paso tiene que

generar alternativas de diseño de IGUs. El objetivo es que el sujeto tiene que dibujar en papel IGUs de una manera subjetiva sin tener conocimiento de nuestras reglas de transformación propuestas. De esta forma podemos comprobar si las IGUs diseñadas por los sujetos coinciden con las alternativas de diseño de IGUs que se generan con nuestras reglas propuestas.

Este tratamiento se convierte en variable independiente y es el causante de los efectos producidos en las variables respuesta que pretendemos medir en el experimento.

Variables respuesta y métricas

Para este experimento se usan 7 variables respuesta, 4 variables evalúan la validación de las reglas de transformación (RQ1 – RQ4) y 3 variables para evaluar la validación de las recomendaciones de usabilidad (RQ5 – RQ7).

La RQ1 está relacionada con la variable respuesta: *Correctitud de las reglas de transformación*. De acuerdo con IEEE [63], la correctitud se define como el *grado en que un sistema o componente está libre de fallos en su especificación, diseño e implementación*. Debemos tener en cuenta que los problemas experimentales cuentan con un conjunto de pasos, donde cada paso tiene que generar una alternativa de diseño de IGU, cada IGU que dibujan los sujetos se comparan con las IGUs de nuestras reglas de transformación propuestas. Los sujetos no conocen nuestras reglas de transformación, aplican sus reglas particulares de forma intuitiva. De esta manera la correctitud de las reglas de transformación puede ser entendida como el porcentaje de reglas de transformación que un sujeto usaría de nuestra propuesta sin saberlo (Eq. 1). Por ejemplo, si un sujeto usó las reglas de transformación R1, R2, R3 mientras nuestra propuesta usó R2 y R4, la correctitud de las reglas para ese sujeto es $1/3 \times 100\% = 33\%$. El resultado más cercano al 100% significaría que el sujeto aplicó casi las mismas reglas que nuestra propuesta.

$$\text{Correctitud de Reglas} = \frac{\text{Número de reglas usadas por un sujeto de las reglas de transformación}}{\text{Número total de reglas utilizadas por un sujeto}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

La RQ2 está relacionada con la variable respuesta: *Complejidad de las reglas de transformación*. De acuerdo con IEEE, la completitud se define como el *grado en que un modelo especifica todas las declaraciones relevantes de un dominio*. De esta manera la completitud de las reglas puede ser entendida como el porcentaje de todas las reglas que utiliza el sujeto del conjunto de reglas sin saberlo (Eq. 2). Por ejemplo, si un sujeto usó las reglas R1, R2 y R3 mientras que nuestra solución usó R2 y R4 la completitud de las reglas para ese sujeto es $1/2 \times 100\% = 50\%$. El resultado más cercano al 100% significa que las reglas utilizadas de nuestra propuesta son casi las mismas que las utilizadas por el sujeto.

$$\text{Complejidad de Reglas} = \frac{\text{Número de reglas usadas por un sujeto de las reglas de transformación}}{\text{Número total de las reglas de transformación}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 2})$$

La RQ3 está relacionada con la variable respuesta: *Utilidad percibida de las reglas*. De acuerdo a [64], la utilidad percibida se define como *la probabilidad participativa de una persona en el uso de un sistema en particular mejoraría su desempeño laboral*. De esta manera la utilidad percibida de las reglas puede ser entendida como la suma de los valores numéricos asignados a las 8 declaraciones del marco de Moody's [65] (basado en el trabajo de Lindland [66]), un marco ampliamente utilizado y validado. Cada declaración se captura con una escala Likert de 5 puntos [67] como sigue (ver Apéndice 1): 1=

Totalmente en desacuerdo, 2 = Bastante en desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = Bastante de acuerdo, y 5 = Totalmente de acuerdo. El resultado de la adición se clasifica en un rango con 5 opciones posibles: 1 – 8 = Totalmente en desacuerdo, 9 – 16 = Bastante en desacuerdo, 17 – 24 = Neutro, 25 – 32 = Bastante de acuerdo, 33 – 40 = Totalmente de acuerdo. Dado que los sujetos no conocían nuestras reglas de transformación, esta medida es la utilidad percibida de que una posible existencia de estas reglas suscitará en los sujetos. No estamos midiendo la utilidad percibida de nuestras reglas de transformación propuestas, sino la utilidad percibida del concepto general de usar tales reglas de transformación. Esto es así porque si les enseñamos las reglas no podemos medir si son o no intuitivas. Por ejemplo, un sujeto que responde 6 preguntas con 5 = Totalmente de acuerdo y 2 preguntas con = Neutral obtiene un total de $(6 \times 5) + (2 \times 3) = 36$ (Totalmente de acuerdo).

La RQ4 está relacionada con la variable respuesta: *Intención de uso de las reglas*. De acuerdo a [64] se define como *la medida en que una persona tiene la intención de usar un sistema particular*. De esta manera la intención de uso de las reglas puede ser entendida como la suma de los valores numéricos asignados a las 2 declaraciones del marco de Moody's [65] para capturar la intención de uso. De manera similar a la utilidad percibida, cada declaración se captura por una escala Likert de 5 puntos [66] como sigue (ver Apéndice 2): 1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = Bastante en desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = Bastante de acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo, pero el rango final difiere: 1 – 2 = Totalmente en desacuerdo, 3 – 4 = Bastante en desacuerdo, 5 – 6 = Neutral, 7 – 8 = Bastante de acuerdo, 9 – 10 = Totalmente de acuerdo. La intención de usar la medida es genérica para cualquier regla de transformación, no solo para las de nuestras reglas de transformación propuestas. Los sujetos no conocían nuestras reglas de transformación propuestas, por lo que el cuestionario se basó en el concepto genérico de reglas de la existencia de reglas de transformación.

La RQ5 está relacionada con la variable respuesta: *Correctitud de las recomendaciones de usabilidad*. Esta variable puede ser entendida como el porcentaje de las preferencias del sujeto por alternativas que coincidan con nuestras recomendaciones de usabilidad (Eq. 3). Para este propósito se crea un cuestionario de 14 preguntas (ver Apéndice 3), cada pregunta trata con una recomendación de usabilidad para una regla de transformación. Cada pregunta tiene 4 respuestas posibles, entre las cuales una coincide con nuestra recomendación de usabilidad. Todas las respuestas se representan gráficamente como alternativas de diseño de IGU, donde el sujeto debe elegir la alternativa que cree que mejora la usabilidad tanto como sea posible. Luego, estas preferencias se comparan con nuestras recomendaciones de usabilidad. El resultado más cercano al 100% significaría que las preferencias de alternativas de diseño de IGUs de los sujetos son las mismas que nuestras recomendaciones de usabilidad.

$$\text{Correctitud de recomendaciones de usabilidad} = \frac{\text{Número de sujetos que eligieron nuestra recomendación}}{\text{Número total de sujetos}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 3})$$

La RQ6 está relacionada con la variable respuesta: *Utilidad percibida de las recomendaciones de usabilidad*. Esta variable puede ser entendida como la suma de los valores numéricos asignados a las 8 declaraciones del marco de Moody's [65] para capturar la utilidad percibida (ver Apéndice 4), de manera similar a RQ3. Como los sujetos no conocen nuestras recomendaciones de usabilidad, la utilidad

percibida se midió con respecto a la idea general de usar recomendaciones de usabilidad, no particularmente las que pertenecen a nuestras recomendaciones de usabilidad propuestas.

La RQ7 está relacionada con la variable respuesta: *Intención de uso de las recomendaciones de usabilidad*. Esta variable puede ser entendida como la suma de valores numéricos asignados a las 2 declaraciones del marco de trabajo de Moody's [65] para capturar la intención de uso (ver Apéndice 5), de manera similar a RQ4. El cuestionario se centra en la intención de utilizar cualquier recomendación de usabilidad como en RQ6, no solo en nuestras recomendaciones de usabilidad propuestas.

La Tabla 3 resume las variables respuesta, las métricas para medirlas y cómo se relacionan con cada RQ y la hipótesis.

Tabla 3 Resumen de las preguntas de Investigación, hipótesis, variables respuesta y métricas.

RQ	Hipótesis	Variables respuesta	Métrica	Comentarios
RQ1	H1	Correctitud de las reglas de transformación	$\frac{NRS}{NTRS} \times 100\%$	NRS = Número de reglas usadas por un sujeto de las reglas de transformación. NTRS = Número total de reglas utilizadas por un sujeto.
RQ2	H2	Compleitud de las reglas de transformación	$\frac{NRS}{NTRT} \times 100\%$	NRS = Número de reglas usadas por un sujeto de las reglas de transformación. NTRT = Número total de las reglas de transformación.
RQ3	H3	Utilidad percibida de las reglas	Cuestionario de utilidad percibida de las reglas	
RQ4	H4	Intención de uso de las reglas	Cuestionario de intención de uso de las reglas	
RQ5	H5	Correctitud de las recomendaciones de usabilidad	$\frac{NSR}{NTS} \times 100\%$	NSR = Número de sujetos que eligieron nuestra recomendación. NTS = Número total de sujetos.
RQ6	H6	Utilidad percibida de recomendaciones de usabilidad	Cuestionario de utilidad percibida de las recomendaciones de usabilidad	
RQ7	H7	Intención de uso de recomendaciones de usabilidad	Cuestionario de intención de uso de las recomendaciones de usabilidad	

Sujetos experimentales

La familia de experimentos consta de 2 réplicas. En ambas réplicas los sujetos son estudiantes del Grado de Ingeniería Informática de la Universidad de Valencia (España), que se consideran usuarios finales. La muestra está formada por 90 sujetos entre las 2 réplicas: la primera réplica de 43 sujetos (41 hombres y 2 mujeres, 29 de edades comprendidas entre 17 – 20, 9 en el rango de 21 – 25 años, 1 en el rango de 26 – 30 años, 3 en el rango de 31 – 35 años, y 1 por encima de los 35 años, M = 26.20, SD = 6.71), y la segunda con 47 sujetos (40 hombres y 7 mujeres, 30 en el rango de 17-20 años de edad, 13 en el rango de 21-25 años, 1 en el rango de 26-30 años, 2 en el rango de 31-35

años, y 1 por encima de los 35 años, $M = 21.31$, $SD = 4.55$). Los sujetos se reclutaron en 2 años académicos: Curso 2018/2019 la primera réplica, y el Curso 2019/2020 la segunda réplica. La Tabla 4 muestra que los sujetos tienen un bajo conocimiento de modelos BPMN pero con un conocimiento razonable del diseño de las IGUs. Todos ellos participaron voluntariamente en el experimento y tuvieron el mismo tratamiento. El reclutamiento de sujetos no profesionales se ha utilizado en otros trabajos en el campo de HCI como [68] que valida interfaces ecológicas con sujetos no expertos, otro ejemplo es de [69] que valida la usabilidad a través de estudiantes de ciencias de computación, y otro trabajo de [70] que valida las técnicas de visualización de HCI con sujetos con y sin conocimiento.

Tabla 4 Conocimiento de modelo BPMN, diagrama de clases UML e IGUs.

Conocimiento de	Curso 2018/2019				Curso 2019/2020			
	Nada	Bajo	Intermedio	Alto	Nada	Bajo	Intermedio	Alto
Modelo BPMN	53%	35%	10%	2%	57%	36%	7%	0%
Diagrama de Clases UML	23%	40%	35%	2%	36%	38%	26%	0%
Interfaces Gráficas de Usuario	7%	42%	42%	9%	6%	41%	46%	7%

Problemas experimentales

La familia de experimentos se ejecutó con 2 problemas de diseño experimental de una complejidad similar divididos en varios pasos. Esta división es necesaria para calcular las medidas de correctitud (RQ1) y la completitud (RQ2). Estos 2 problemas se seleccionaron por las siguientes razones: (1) los modelos BPMN no cuentan con requisitos previos, (2) los modelos BPMN son claros y concisos para que los sujetos los puedan entender, (3) la exposición de familiaridad de ambos modelos BPMN es comparable. Ambos problemas experimentales incluyen un modelo BPMN, junto con una descripción textual, y su diagrama de clases UML correspondiente para describir los procesos de negocios y la persistencia de datos respectivamente, mitigando la amenaza de un bajo conocimiento previo de BPMN.

Primer Problema: Contratación e integración de personal. Este problema tiene como finalidad registrar nuevos empleados en una empresa. La Imagen 63 muestra el modelo BPMN con los pasos de todo el proceso empresarial. El proceso comienza cuando (Paso 1) el Área de Recursos Humanos verifica si el nuevo empleado proviene de la selección y reclutamiento, si es sí, ya no se realiza el Paso 2, por lo tanto los datos del nuevo empleado no se registran. Si el nuevo empleado no proviene de la selección y reclutamiento, el Área de Recursos Humanos registra la información del nuevo empleado (Paso 2) con IdEmpleado, Nombres, Apellidos, Teléfono, Teléfono móvil, Correo electrónico, Género, NIE (Número Internacional), Salario, Fecha de inicio del contrato, Fecha de finalización del contrato, y Departamento. A continuación (Paso 3) el Área de Recursos Humanos registra los documentos y el contrato en el sistema con el Libro de familia, DNI, Antecedentes penales y Curriculum Vitae. Luego (Paso 4), el Jefe del empleado registra el material del nuevo empleado (Mesa de trabajo, Ordenador, Teléfono, Teléfono móvil, y Tarjeta de identificación), y

(Paso 5) el Administrador del Área de tecnologías crea el usuario y autoriza el material para el empleado. La Imagen 64 muestra el diagrama de clases UML de este proceso.

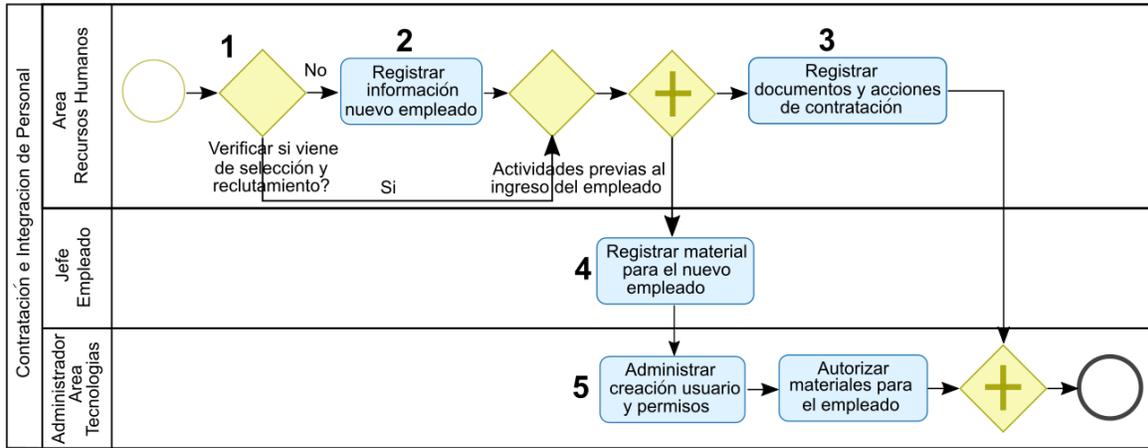


Imagen 63 Modelo BPMN del primer problema.

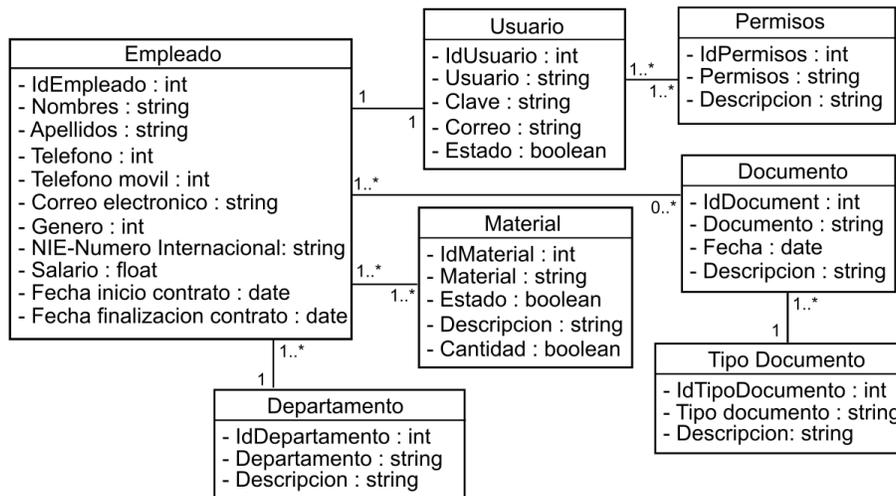


Imagen 64 Diagrama de clases UML del primer problema.

Segundo problema: Solicitar crédito. Este problema tiene como finalidad registrar una solicitud de crédito emitida por un cliente. La Imagen 65 muestra el modelo BPMN con los pasos de todo el proceso empresarial. El proceso comienza cuando (Paso 1) el Administrador del banco registra una solicitud de crédito (IdCredito, Fecha de crédito, Estado, Administrador de banco, Cliente, Fecha de desembolso, Monto, y Tipo de crédito). A continuación (Paso 2) el Administrador del banco verifica la información del crédito solicitado. Si el resultado de la verificación es un rechazo, el proceso finaliza. Si el resultado de la verificación es una aprobación, podrían ocurrir 2 eventos: (1) (Paso 3) el Administrador del banco recibe la documentación, selecciona el IdCredito de una lista y proporciona los siguientes documentos: Nómina, Copia de NIE, Factura de agua o electricidad y otros documentos. A continuación (Paso 4), el Administrador del banco analiza los documentos recibidos. Si se aprueba la solicitud de crédito (Paso 5), el Administrador del banco registra el desembolso del crédito, si se rechaza la solicitud de crédito (Paso 6), se informa al cliente del rechazo del crédito. (2)

(Paso 7) se activa un temporizador interno (no visible) para comenzar el siguiente paso en 2 días. El Administrador del banco hace un seguimiento del cliente y de los documentos presentados (Paso 8). Luego, (Paso 9) si el cliente presenta documentos él /ella va al evento 1, si el cliente no presenta documentos, el proceso finaliza. La Imagen 66 muestra el diagrama de clases UML de este proceso.

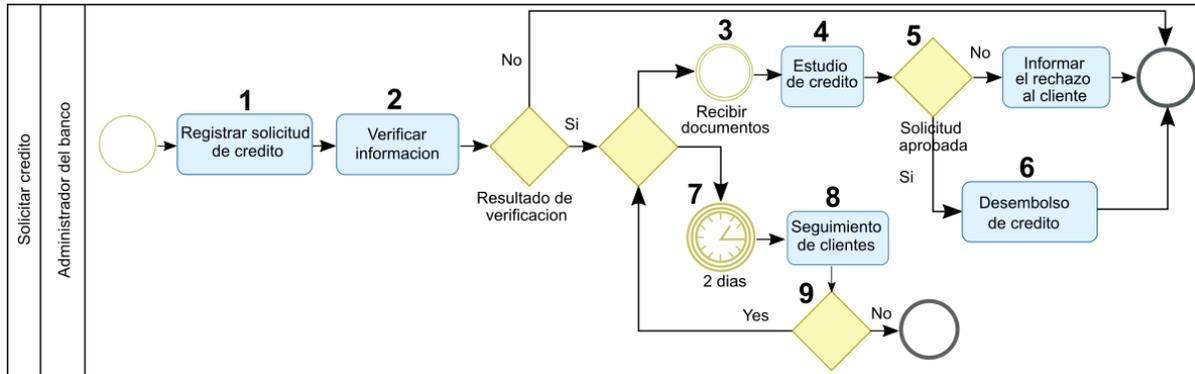


Imagen 65 Modelo BPMN del segundo problema.

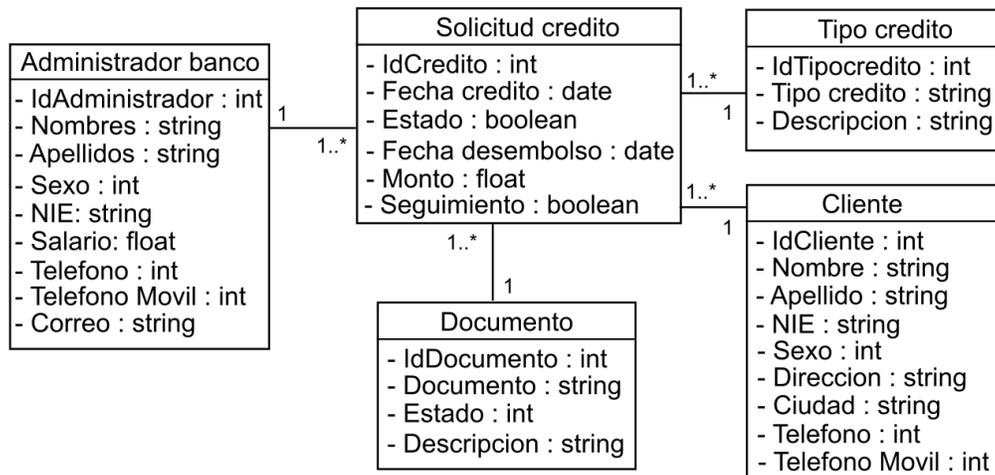


Imagen 66 Diagrama de clases UML del segundo problema.

Procedimiento del experimento

El procedimiento para el experimento fue estructurado en una sesión de 2 horas:

Introducción a BPMN, antes de participar en el experimento, los sujetos tuvieron que leer una descripción de todos los elementos que componen un modelo BPMN como tarea. La descripción consistió en un documento con los conceptos básicos de BPMN, tanto sintaxis como semántica. Este documento fue entregado a los sujetos 2 semanas antes del experimento. Un experimentador explicó una introducción de BPMN en 15 minutos.

Rellenar un examen de entrada, después del entrenamiento y la breve introducción a BPMN por parte del experimentador, los sujetos tuvieron que pasar una prueba con preguntas relacionadas con BPMN. El examen consistió en 10 preguntas sobre BPMN, cada pregunta tenía 4 alternativas con

una sola respuesta correcta posible. Cada respuesta correcta se calculó como un punto, por lo que los posibles puntos estaban entre 0 (sin respuestas correctas) y 10 (todas las respuestas son correctas). Consideramos que los sujetos que obtuvieron más de 5 puntos fueron capaces de participar en el experimento. En caso de que tuviéramos sujetos con una puntuación entre 0 y 5, estos fueron eliminados del experimento, aunque no tuvimos ningún sujeto en este caso. La Tabla 5 muestra el puntaje de las 2 réplicas. Todos los sujetos pasaron la prueba.

Tabla 5 Resultados del examen de entrada.

Puntaje	Curso 2018/2019	Curso 2019/2020
6	0	1
7	5	5
8	4	6
9	8	15
10	26	20
Total	43	47

Rellenar el cuestionario demográfico, antes de iniciar el experimento, se dio la bienvenida a los sujetos, se les explicó el proceso, firmaron un documento de consentimiento y completaron un cuestionario para identificar sus antecedentes.

Resolviendo los problemas experimentales, los sujetos tuvieron que resolver ambos problemas experimentales diseñando y dibujando IGUs tomando como entrada modelos BPMN y diagrama de Clases UML. No se proporcionó ninguna orientación particular ni se impuso ninguna restricción. Se instruyó a los sujetos para que se comportaran de manera natural y dibujaran IGUs libremente a partir de los modelos BPMN y Diagrama de Clases UML. En general, el proceso de dibujar interfaces ocupó 60 minutos en total, 30 minutos para cada problema experimental.

Rellenar los cuestionarios posteriores a la prueba, una vez completada la tarea experimental, los sujetos completaron el cuestionario de utilidad percibida de las reglas y el cuestionario de intención de uso de las reglas genéricas durante 10 minutos. Después, los sujetos completaron en línea el cuestionario de correctitud de las recomendaciones de usabilidad (20 minutos), el cuestionario de utilidad percibida de las recomendaciones de usabilidad y el cuestionario de intención de uso (10 minutos).

Tras la finalización del experimento, un experimentador analizó las IGUs extraídas de ambos problemas experimentales para calcular la correctitud y completitud de nuestras reglas de transformación propuestas comparando las IGUs propuestas por los sujetos.

Evaluación de amenazas

Esta sección discute las amenazas a la validez que podrían afectar las reglas de transformación y las recomendaciones de usabilidad. Nos hemos centrado en las amenazas que podrían afectar el diseño y la ejecución del experimento. A continuación, describimos las amenazas según la clasificación de Wohlin [16]. Para cada grupo de amenazas, se ha hecho una distinción entre las amenazas que no pudimos abordar, las amenazas cuyo efecto logramos minimizar y las amenazas que resolvimos. Clasificamos las amenazas en 4 tipos:

Validez de la conclusión: este tipo de amenazas se refiere a la capacidad de sacar la conclusión correcta sobre las relaciones entre el tratamiento y el resultado. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Pesca”, que significa que los experimentadores están buscando un resultado específico. Para evitar esta amenaza, los experimentadores no proporcionaron guías para dibujar interfaces. Otra amenaza que aparece es la “Fiabilidad de las medidas”, que significa que las medidas utilizadas en el análisis estadístico pueden incluir errores. Para minimizar esta amenaza, todas las métricas las aplica un mismo experimentador (no los sujetos). Otra amenaza que aparece es la “Confiabilidad de la implementación del tratamiento”, que significa que el tratamiento podría operacionalizarse incorrectamente. Con el fin de minimizar esta amenaza, se entregó un documento breve que describe BPMN a los sujetos una semana antes del experimento para resolver la falta de conocimiento previo de BPMN. Además, el modelo BPMN se transcribió en texto para que los sujetos sin conocimiento de BPMN pudieran entender su significado. Además, fueron evaluados con un examen de entrada, para que solo participen los sujetos con conocimientos en BPMN. Otra amenaza que aparece es la “Heterogeneidad aleatoria de los sujetos”, que significa que cuando hay heterogeneidad en un grupo de estudio, existe el riesgo de que la variación debida a diferencias individuales sea mayor que debida al tratamiento. Para minimizar esta amenaza, reclutamos sujetos con perfiles similares (los estudiantes son sujetos de grado que están cursando una asignatura de Interacción Persona-Ordenador (HCI), con conocimiento de programación de interfaces y de usabilidad. Además, utilizamos cuestionarios demográficos para detectar diferencias entre los perfiles de los sujetos.

Validez interna: este tipo de amenaza trata con influencias que pueden afectar el factor de causalidad. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Experiencia de sujetos”, que significa que la experiencia de los sujetos no es suficiente para realizar el experimento. Nuestros sujetos tenían 2 años de experiencia en la codificación de IGUs. Para mitigar la falta de experiencia en BPMN, los capacitamos a través de un tutorial y tuvieron que pasar un examen de entrada antes de participar. Cabe resaltar que los sujetos solo tenían que dibujar IGUs, no necesitaban una gran experiencia en modelado BPMN. “Historial”, que significa que pueden surgir diferencias cuando los tratamientos se aplican en diferentes momentos. Para evitar esta amenaza, realizamos el experimento en una sesión de 2 horas. Otra amenaza que aparece es la “Instrumentación”, que significa que los artefactos utilizados en el experimento podrían afectar los resultados. Para evitar esta amenaza, verificamos las hojas de cálculo utilizadas para recopilar todos los datos. Seleccionamos 2 sujetos al azar para realizar una prueba piloto para garantizar que las métricas se apliquen correctamente a través de la hoja de cálculo. Otra amenaza que aparece son las “Interacciones con la selección”, que significa que cuando hay diferentes grupos de sujetos, pueden aparecer diferentes comportamientos con los instrumentos. Para evitar esta amenaza, utilizamos uniformemente los mismos instrumentos para todos los sujetos del experimento. Otra amenaza que aparece es la “Desmoralización resentida”, que significa que algunos tratamientos pueden ser más motivadores que otros. Para minimizar esta amenaza, motivamos a los sujetos con puntos extra en la asignatura donde se ejecutó el experimento. Otra amenaza que aparece es la “Validez ecológica” [71], que significa que el contexto de uso en el que se realizó el experimento puede afectar los resultados. Para minimizar esta amenaza, los sujetos realizaron el experimento en un entorno controlado (es decir, un laboratorio de

usabilidad) y no en un entorno real, como un entorno corporativo donde analistas y diseñadores reales trabajan en colaboración.

Validez del constructo: este tipo de amenaza se refiere a generalizar el resultado del experimento al concepto o teoría detrás del experimento. El experimento podría sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Aprehensión de evaluación”, que significa que algunas personas tienen miedo de ser evaluadas. Para evitar esta amenaza, comunicamos a los sujetos que estas tareas experimentales son ejercicios que forman parte del curso, sin mencionar el término “experimento” o “prueba”. Otra amenaza que aparece es la “Suposición de hipótesis”, que significa que cuando las personas participan en un experimento, pueden tratar de descubrir cuál es el propósito y el resultado previsto del experimento. Para evitar esta amenaza, no hablamos de las preguntas de investigación con los sujetos.

Validez externa: este tipo de amenaza se refiere a condiciones que limitan nuestra capacidad de generalizar los resultados de nuestros experimentos a la práctica industrial. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Interacción de selección y tratamiento”, que significa el efecto de tener una población participante no representativa de la población que queremos generalizar. En nuestro experimento, no podemos garantizar que los resultados puedan generalizarse a los sujetos con diferentes perfiles de nuestra muestra. Otra amenaza que aparece es la “Interacción de los entornos y el tratamiento”, que significa el efecto de no tener el entorno experimental o material representativo de la práctica industrial. Para evitar esta amenaza, debemos resaltar que el contexto de nuestro experimento es solo un entorno académico.

8.2.3 Análisis de Datos e Interpretación de Resultados

Correctitud de las reglas de transformación

En esta sección, tratamos la pregunta de investigación RQ1 y **H1**: *Las reglas de transformación utilizadas por los sujetos son similares a las reglas propuestas en EduBPMN*. La Tabla 6 muestra el porcentaje de correctitud de las reglas de los Cursos 2018/2019 y 2019/2020 de los 5 pasos del problema 1, así como los 9 pasos del problema 2 calculados de acuerdo con la ecuación 1. Los pasos 1 – 4 del problema 1 y los pasos 1, 5, 6, 8, 9 del problema 2 producen una proporción del 100% de correctitud. Esto sugiere que los sujetos han aplicado de forma inconsciente en estos pasos las mismas reglas que proponemos. Las reglas de transformación R0, R1, R4, R5 y R6 son ampliamente utilizadas por los sujetos. El paso 5 del problema 1 muestra un valor del 67%, significa que los sujetos están de acuerdo en 2 reglas para las 3 reglas propuestas. Los pasos 2, 3, 4 y 7 del problema 2 no tienen correctitud, significa que los sujetos en estos casos usan reglas de transformación que son diferentes de las propuestas. Las reglas de transformación R2, R3, R7 y R8 no las utilizaron los sujetos. Mientras R3 transforma un report o un data grid, los sujetos prefieren un message box que de momento no hemos contemplado para esta regla. Mientras R7 asigna un hyperlink o un menu bar, los sujetos nuevamente prefirieron un formulario. R8 asigna un temporizador o un message box, pero los sujetos prefirieron no usar ninguna alternativa de diseño de IGU para representar la hora. Hemos calculado el porcentaje promedio (que es la suma de los porcentajes de los pasos entre el número total de pasos por cada problema) para el Problema 1 ($M = 93.40\%$) es significativamente

más alto que para el Problema 2 ($M = 55.55\%$). El promedio global de los dos problemas es de 74.47% , lo que respalda *H1*.

Tabla 6 Porcentaje de Correctitud de las reglas de los Cursos 2018/2019 y 2019/2020.

Problema 1	% Correctitud	Problema 2	% Correctitud
Paso 1	100%	Paso 1	100%
Paso 2	100%	Paso 2	0%
Paso 3	100%	Paso 3	0%
Paso 4	100%	Paso 4	0%
Paso 5	67%	Paso 5	100%
		Paso 6	100%
		Paso 7	0%
		Paso 8	100%
		Paso 9	100%
Promedio	93.40%	Promedio	55.55%
		Promedio global	74.47%

La Tabla 7 muestra la frecuencia de la correctitud de las reglas seleccionadas por los sujetos para los 5 pasos del Problema 1 y nuestras reglas de transformación propuestas. Los Cursos 2018/2019 y 2019/2020 cuentan con 43 y 47 sujetos respectivamente, por lo tanto aquellas cantidades de la Tabla 7 que se acercan al número total de sujetos de cada curso indican mayor frecuencia. Por ejemplo, en el Curso 2018/2019 en el paso 1, 36 sujetos usaron la regla R4 estando cerca al total de sujetos de este curso. “OR” expresa Otra Regla que no sea una de nuestras reglas propuestas. R0 y R1 son los más frecuentes en la mayoría de los pasos (2, 3 y 4), ya que manipulan elementos gráficos básicos de uso común, como formulario, text box, combo box, y radio button; todos ellos coinciden con nuestras reglas propuestas. En el Paso 1, la mayoría de los sujetos usaron R4 (label) y R5 (radio button o push button), que también coinciden con nuestra propuesta. Solo 4 sujetos usaron reglas diferentes en el Curso 2018/2019, y sólo 1 en el Curso 2019/2020. En el Paso 5, R6 (wizard o tabbed dialog box o group box) y R1 (formulario) comparten la misma cantidad de sujetos en el Curso 2018/2019, y las reglas R0 y R6 fueron más usadas que R1 en el Curso 2019/2020.

Tabla 7 Frecuencia de las reglas utilizadas por los sujetos en Problema 1.

Pasos	Reglas utilizadas por los sujetos (Cantidad)						Nuestras reglas propuestas	
	Curso 2018/2019			Curso 2019/2020				
Paso 1	R4 (36)	R5 (39)	OR (4)	R4 (44)	R5 (46)	OR (1)	R4	R5
Paso 2	R0 (43)	R1 (43)		R0 (47)	R1 (47)		R0	R1
Paso 3	R0 (42)	R1 (42)	OR (1)	R0 (47)	R1 (47)		R0	R1
Paso 4	R0 (43)	R1 (43)		R0 (47)	R1 (47)		R0	R1
Paso 5	R0 (40)	R6 (20)	R1 (20) OR (3)	R0 (47)	R6 (38)	R1 (9)	R0	R6

La Tabla 8 muestra la frecuencia de las reglas aplicadas de forma inconsciente por el sujeto para los 9 pasos del Problema 2 y nuestras reglas propuestas. “OR” expresa otra regla y “NWD” significa que no se dibuja ninguna alternativa de diseño (el sujeto no dibuja nada, porque es una funcionalidad que no tiene representación gráfica). En los Pasos 1, 6 y 8, todos los sujetos utilizaron R0 y R1 en ambos Cursos 2018/2019 y 2019/2020, que coinciden con nuestra propuesta. En los Pasos 2 y 4, la

mayoría de los sujetos usaron diferentes reglas, ya que éstas involucran componentes gráficos muy específicos, como un formulario, message box y un label. En el Paso 7, la mayoría de los sujetos no dibujan ningún componente gráfico en ambos cursos, considerando simplemente el código de implementación para validar la condición del temporizador del evento. Un gran número de sujetos prefirió R8 (temporizador o message box) como propusimos. En los Pasos 2 - 4, los sujetos usaron otra regla “OR” porque tienden a confiar en otros componentes gráficos en el Curso 2018/2019, pero en el Curso 2019/2020 hay un número alto de sujeto que no dibujaron ningún componentes gráfico. Por ejemplo, en el Paso 2, lo preferido era un message box, en el Paso 3 un formulario, y en el Paso 4 nuevamente un message box en ambos cursos. Con respecto a estos resultados se sugiere que algunas reglas no se aplicaron de la misma manera que nuestra propuesta porque los sujetos sienten que otras opciones son más intuitivas.

Tabla 8 Frecuencia de las reglas utilizadas por los sujetos en Problema 2.

Pasos	Reglas utilizadas por los sujetos (Cantidad)		Nuestras reglas propuestas
	Curso 2018/2019	Curso 2019/2020	
Paso 1	R1 (43) R0 (43)	R1 (47) R0 (47)	R1 R0 R2
Paso 2	R1 (1) R3 (4) R4 (1) OR (35) NWD (2)	R1 (1) OR (24) NWD (22)	R3
Paso 3	OR (43)	OR (47)	R7
Paso 4	R0 (2) R1 (2) R3 (4) R4 (1) R5 (1) OR (35) NWD (1)	R1 (2) R5 (2) OR (30) NWD (13)	R3
Paso 5	R4 (37) R5 (37) OR (2) NWD (4)	R4 (36) R5 (40) OR (2) NWD (5)	R4 R5
Paso 6	R0 (43) R1 (43)	R0 (47) R1 (47)	R1 R0
Paso 7	R8 (20) NWD (21) OR (2)	R8 (9) NWD (37) OR (1)	R8
Paso 8	R1 (43) R0 (43)	R1 (47) R0 (47)	R1 R0
Paso 9	R4 (35) R5 (35) OR (1) NWD (7)	R4 (35) R5 (44) OR (1) NWD (2)	R4 R5

Complejidad de las reglas de transformación

En esta sección tratamos la pregunta de investigación RQ2 y **H2**: *Las reglas de transformación propuestas en EduBPMN son utilizadas por los sujetos*. La Tabla 9 muestra el porcentaje de completitud de las reglas de los Cursos 2018/2019 y 2019/2020 de los 5 pasos del problema 1, así como los 9 pasos del problema 2 calculados de acuerdo a la ecuación 2. Todos los pasos del problema 1 y los pasos 5, 6, 8, 9 del problema 2 producen una proporción del 100%. Esto sugiere que las reglas de transformación propuestas fueron aplicadas por los sujetos. Las reglas de transformación R0, R1, R4, R5 y R6 pertenecen a IGUs de uso común y frecuente. Sin embargo, el Paso 1 en el problema 2 muestra un valor del 67%, que significa que de 3 reglas propuestas, sólo 2 coinciden con las preferencias de los sujetos. Los pasos 2, 3, 4 y 7 del problema 2 están incompletos, que significa que los sujetos no los consideran apropiados en el contexto del paso, ya que optaron por otras reglas. El porcentaje promedio para el Problema 1 (M = 100%) es significativamente mayor que para el Problema 2 (M = 51.88%), pero aun así da un promedio global de 75.94%, lo que respalda **H2**.

Tabla 9 Porcentaje de Completitud de las reglas de los Cursos 2018/2019 y 2019/2020.

Problema 1	% Completitud	Problema 2	% Completitud
Paso 1	100%	Paso 1	67%
Paso 2	100%	Paso 2	0%
Paso 3	100%	Paso 3	0%
Paso 4	100%	Paso 4	0%
Paso 5	100%	Paso 5	100%
		Paso 6	100%
		Paso 7	0%
		Paso 8	100%
		Paso 9	100%
Promedio	100.00%	Promedio	51.88%
		Promedio global	75.94%

Utilidad Percibida de las reglas de transformación

En esta sección, tratamos la pregunta de investigación RQ3 y **H3**: *Los sujetos perciben como útil el uso de cualquier regla de transformación*. La Imagen 67(a) muestra una barra apilada divergente de las respuestas del cuestionario de la utilidad percibida de las reglas de transformación proporcionadas por los sujetos del Curso 2018/2019 y 2019/2020. Aproximadamente el 30% de los sujetos está totalmente de acuerdo y el 64% bastante de acuerdo (más del 90% en total). Estos resultados sugieren que la mayoría de los sujetos estimaron que la existencia de reglas podría ser útil. Una minoría de sujetos está indecisa y no perciben la existencia de reglas como útiles. Por tanto, los resultados indican que podemos aceptar **H3**.

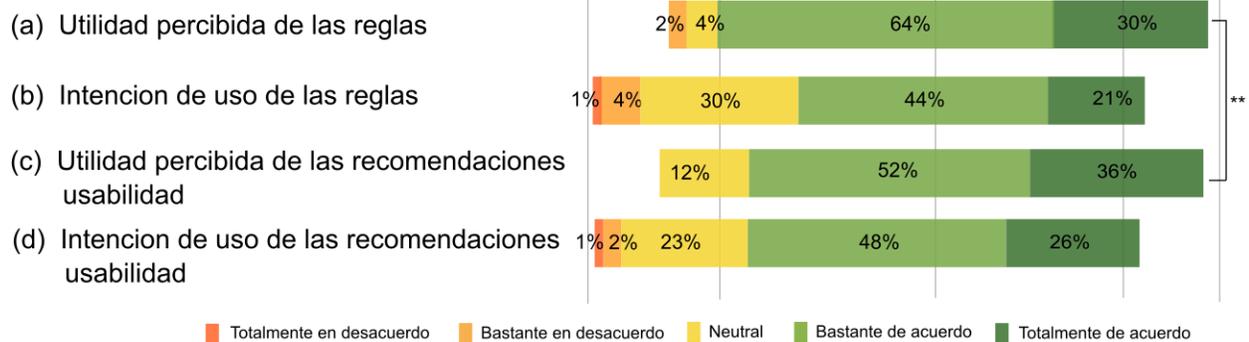


Imagen 67 Distribución de respuestas a los cuestionarios (a) utilidad percibida de las reglas, (b) intención de uso de las reglas, (c) utilidad percibida de recomendaciones de usabilidad, (d) intención de uso de recomendaciones de usabilidad.

Intención de uso de las reglas de transformación

En esta sección, tratamos la pregunta de investigación RQ4 y **H4**: *Los sujetos tienen intención de usar cualquier regla de transformación*. La Imagen 67(b) muestra una barra divergente apilada de las respuestas del cuestionario de la intención de uso de las reglas de transformación proporcionadas por los sujetos del Curso 2018/2019 y 2019/2020. Aproximadamente el 21% de los sujetos está totalmente de acuerdo y el 44% bastante de acuerdo (más del 65% en total). Estos resultados muestran que la mayoría de los sujetos tienen la intención de usar reglas de transformación en el futuro. Una minoría

de los sujetos están indecisos y no planean usar reglas de transformación, por tanto podemos concluir que aceptamos **H4**.

Correctitud de las recomendaciones de usabilidad

En esta sección tratamos la pregunta de investigación RQ5 y **H5**: *Las preferencias de los sujetos para las alternativas de diseño coinciden con las recomendaciones de usabilidad propuestas*. La Imagen 68 muestra el diagrama de frecuencia del porcentaje de correctitud de las recomendaciones de usabilidad de los cursos 2018/2019 y 2019/2020, las alternativas de diseño de IGUs relacionadas con las preguntas 2, 4, 5, 7, 10, 11, 12 y 13 reciben los mejores valores de correctitud (la mayoría con un porcentaje superior al 50%), mientras que las relacionadas con las preguntas 1, 3, 6, 8, 9 y 14 reciben los peores valores, sugiere que la mayoría de los sujetos tienden a preferir IGUs alternativas que los recomendados en nuestras recomendaciones de usabilidad. Las IGUs preferidas son las siguientes:

Pregunta 1 y 3: un tabbed dialog box, mientras que se recomienda un wizard.

Pregunta 6: un combo box, mientras que se recomienda un list box.

Pregunta 8: un group box, mientras que se recomienda un tabbed dialog box.

Pregunta 9: un wizard, mientras que se recomienda un group box.

Pregunta 14: un push button en lugar de un radio button.

Como resultado de las recomendaciones de usabilidad se obtienen 8 preguntas con mejores resultados, y 6 preguntas con peores resultados, podemos concluir que aceptamos **H5**.

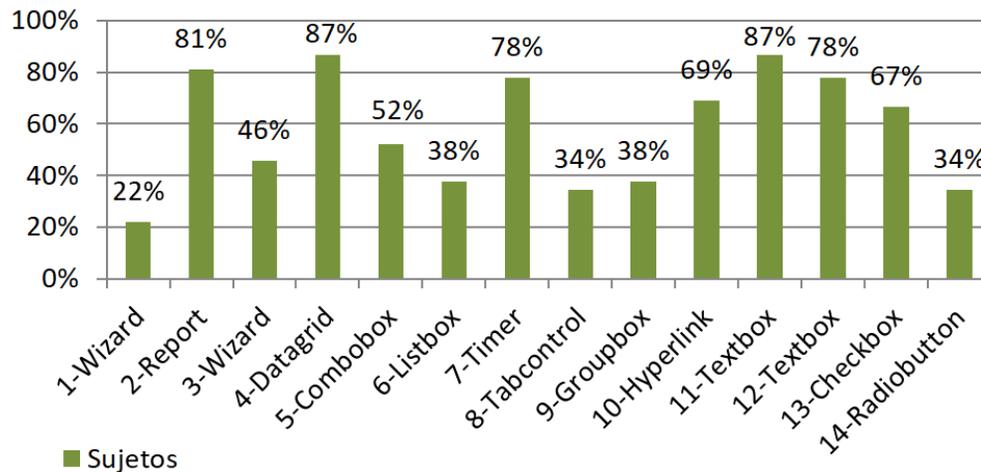


Imagen 68 Porcentaje de correctitud de las recomendaciones de usabilidad.

Utilidad Percibida de las recomendaciones de usabilidad

En esta sección tratamos la pregunta de investigación RQ6 y **H6**: *Los sujetos perciben como útil el uso de cualquier recomendación de usabilidad*. La Imagen 67(c) muestra una barra apilada divergente de las respuestas del cuestionario de la utilidad percibida de las recomendaciones de usabilidad proporcionadas por los sujetos del Curso 2018/2019 y 2019/2020. Aproximadamente el 36% de los sujetos está totalmente de acuerdo y el 52% bastante de acuerdo (88% en total), lo que sugiere que la

mayoría de los sujetos tienen la intención de usar recomendaciones de usabilidad en el futuro. Una minoría de sujetos (12%) está indecisa y no planea usar recomendaciones de usabilidad, podemos concluir que aceptamos **H6**.

Intención de uso de las recomendaciones de usabilidad

En esta sección tratamos la pregunta de investigación RQ7 y **H7**: *Los sujetos tienen intención de utilizar cualquier recomendación de usabilidad*. La Imagen 67(d) muestra una barra apilada divergente de las respuestas del cuestionario de la intención de uso de las recomendaciones de usabilidad proporcionadas por los sujetos del Curso 2018/2019 y 2019/2020. Aproximadamente el 26% de los sujetos está totalmente de acuerdo y el 48% bastante de acuerdo (74% en total). Esto sugiere que la mayoría de los sujetos tienen la intención de usar recomendaciones de usabilidad en el futuro. Un tercio de los sujetos (23%) está indeciso y no planea usar recomendaciones de usabilidad. Con estos resultados podemos concluir que aceptamos la **H7**.

Discusión

Esta sección revisa todos los resultados del experimento. Para cada variable respuesta, discutimos la siguiente información: interpretación de resultados y recomendaciones derivadas de los resultados.

El resultado relacionado con la **correctitud de las reglas de transformación** muestra que la mayoría de los sujetos usaron las mismas reglas de transformación que hemos propuesto. Las reglas propuestas que producen los mejores valores son las Reglas R0, R1, R4, R5 y R6. Esto se debe a que estas reglas son las más directas. Para R0 y R1, la mayoría de los sujetos piensan que las tareas de tipo usuario deben transformarse en formularios; mientras que text box, list box, combo box, radio button, check box se extraen del diagrama de clases UML. Esto sugiere que los sujetos aplican inconscientemente R0 y R1 como proponemos. Los resultados para R4 y R5 muestran que la mayoría de los sujetos piensan que una compuerta exclusiva debe transformarse en un label que muestre una pregunta de dos alternativas: Sí / No en el radio button o en push button, que está de acuerdo con nuestra propuesta. Para R1 y R6, la mayoría de los sujetos transforman las tareas de la compuerta paralela en el mismo carril en un wizard, group box, tabbed dialog box y un formulario, que también coincide con nuestra propuesta. Ambas reglas pueden usarse indistintamente de acuerdo con las preferencias de los sujetos. Nuestra solución propuesta optó por R6 en lugar de R1 porque a primera vista, un wizard, group box, o tabbed dialog box (R6) es más conveniente que un simple formulario para representar un patrón de sincronización (R1). Las reglas propuestas que producen los peores valores (Reglas R2, R3, R7 y R8) se deben a que son ambiguas y conducen a una interpretación libre para una amplia variedad de alternativas de IGUs. Para R3, la mayoría de los sujetos transforman una tarea de tipo servicio en un message box, mientras que proponemos un report o un data grid. Esto podría ser porque un message box es más frecuente en cualquier sistema de información en lugar de report o data grid. Para R7, la mayoría de los sujetos piensan que cuando un tipo de evento es simple, un formulario único que contiene toda la información es la mejor opción. La navegación de uno a otro se puede hacer a través de un hyperlink o un menu bar. Esta discrepancia podría deberse al hecho de que usar un solo formulario es más fácil de diseñar para el diseñador, a pesar de que los usuarios finales tendrán demasiada información en la misma interfaz. Para R8, la mayoría de los sujetos piensan que cuando un tipo de evento es temporizador,

no usan ningún widget en la interfaz. Tenga en cuenta que el uso de un temporizador no es tan frecuente en las interfaces existentes como el uso de un formulario, un group box o radio button, entre otros, por lo que dibujar un temporizador para los sujetos no es tan intuitivo.

El resultado relacionado con la **Completitud de las reglas de transformación** muestra que la mayoría de las reglas propuestas fueron utilizadas inconscientemente por los sujetos. Las reglas propuestas que fueron ampliamente utilizadas por los sujetos en los problemas experimentales son R0, R1 R4, R5, R6. Las reglas R4 y R5 se usan en patrones de decisión exclusiva y R6 se usa en el patrón de sincronización como proponemos. Estas reglas se usan con frecuencia en sistemas comunes, por lo que los sujetos las conocían de antemano. R0 se usa para dibujar widgets en formularios del diagrama de clases UML y R1 se usa en la tarea de tipo usuario para generar un formulario. Las reglas propuestas que no fueron utilizadas por los sujetos son: R2, R3, R7 y R8. R2 y R3, que pertenecen a un patrón de secuencia, pero los sujetos prefirieron usar otros widgets. Por ejemplo, R2 propone usar un wizard, un group box o tabbed dialog box, pero los sujetos prefirieron usar solo formularios. Otro ejemplo es R3, donde se usa un report o un datagrid, pero los sujetos prefirieron usar un message box. Tal vez porque ven este widget con más frecuencia en las IGUs existentes. R7 y R8 pertenecen a un patrón avanzado (patrón basado en eventos) que no era muy intuitivo para los sujetos. En ambas reglas, la mayoría de los sujetos prefirieron dibujar widgets diferentes de nuestra propuesta. Por ejemplo, las navegaciones en R7 (hyperlink o menú bar) no fueron elegidas por los sujetos, quienes optaron por un formulario único que reúne toda la información sin ninguna navegación.

Tenga en cuenta que los resultados obtenidos para la corrección y completitud de las reglas de transformación son muy similares. Esto se debe a que usamos pocas reglas en nuestro experimento (9 reglas), por lo que la diferencia entre el número de reglas que coinciden con nuestras reglas propuestas (correctitud) y el número de reglas que coinciden con las reglas utilizadas por los sujetos (completitud) no es tan grande. La Tabla 10 muestra un resumen de las reglas de transformación y sus resultados en correctitud y completitud. Las reglas R0, R1, R4, R5 y R6 obtuvieron los mejores valores en correctitud y completitud.

Tabla 10 Resumen de las reglas de transformación en correctitud y completitud

<i>Rules</i>	<i>Correctitud</i>	<i>Completitud</i>
R0	100%	100%
R1	100%	100%
R2	0%	0%
R3	0%	0%
R4	100%	100%
R5	100%	100%
R6	100%	67%
R7	0%	0%
R8	0%	0%

Los resultados relacionados con la **utilidad percibida de las reglas** muestran que la mayoría de los sujetos aceptaron la idea de usar reglas para generar alternativas de diseño de IGUs, aunque todavía

no las conocen. Los resultados arrojan que la mayoría de los sujetos optaron por “Bastante de acuerdo” o “Totalmente de acuerdo”, significa que piensan que el uso de reglas de transformación facilitaría las IGUs a partir de los modelos BPMN. Esto refuerza la idea de automatizar la aplicación de reglas tanto como sea posible para generar interfaces a partir de modelos BPMN a través de la generación de Modelo a Código (M2C).

Los resultados relacionados con la **intención de usar las reglas** muestran que la mayoría de los sujetos están interesados en usar reglas para generar alternativas de diseño de IGUs. La mayoría de los sujetos marcaron la opción “Bastante de acuerdo” o “Totalmente de acuerdo” ya que tienen la intención de usarlos. Hay un pequeño número de sujetos indecisos en la intención de usar las reglas.

Tal vez, si hubieran conocido las reglas con mayor precisión, habrían tenido una respuesta más clara (positiva o negativa). Tenga en cuenta que la idea de automatizar la aplicación de reglas también podría cambiar la intención de usar a un nivel más positivo. Este resultado sugiere el desarrollo de una herramienta para aplicar las reglas de transformación de forma asistida para automatizar el proceso tanto como sea posible.

El resultado relacionado con la **correctitud de las recomendaciones de usabilidad** muestra que la mayoría de los sujetos han preferido nuestras recomendaciones de usabilidad. Las preguntas y las alternativas de diseño de IGUs con el valor más alto exceden el 50% de correctitud (Preguntas 2-report, 4-data grid, 5-list box, 7-timer, 10-hyperlink, 11-text box, 12-text box, 13-check box) fueron los más intuitivos y claros para los sujetos. Las preguntas 2, 4 y 11 superan el 80% de correctitud, lo que sugiere que la mayoría de los sujetos están de acuerdo con nuestras recomendaciones porque consideran que estos widgets son los más adecuados. Las preguntas 5, 7, 10, 12 y 13 tenían entre 50% y 80% de correctitud, esto significa que un gran número de sujetos están de acuerdo con nuestras recomendaciones, pero hay un número menor de ellos que prefieren otros widgets. Por ejemplo, en la pregunta 5, el 48% de los sujetos prefirió un list box (que no es nuestra recomendación) y en la pregunta 10, el 31% de los sujetos prefirió un combo box en lugar de nuestra recomendación (hyperlink). Las preguntas con los peores valores están por debajo del 50% de correctitud (Preguntas 1-wizard, 3-wizard, 6-list box, 8-tabbed dialog box, 9-group box, 14-radio button), estos resultados pueden deberse a la comprensibilidad de las preguntas. En algunos casos, los sujetos consideraron otros widgets diferentes de nuestra propuesta para obtener interfaces usables. Por ejemplo, en la pregunta 1, la mayoría de los sujetos prefirieron usar el tabbed dialog box, en la pregunta 3 un tabbed dialog box, en la pregunta 6 un combo box, en la pregunta 8 un group box, en la pregunta 9 un wizard, y en la pregunta 14 un push button, que son diferentes widgets de nuestra propuesta para apoyar la usabilidad.

El resultado relacionado con la **utilidad percibida de las recomendaciones de usabilidad** muestra que los sujetos consideran útil la idea de trabajar con las recomendaciones de usabilidad. Aunque los sujetos no conocían las recomendaciones de usabilidad explícitamente, la mayoría de ellos marcó la opción “Bastante de acuerdo” o “Totalmente de acuerdo” porque estas recomendaciones podrían ayudarlos a mejorar la usabilidad de la interfaz sin ser un experto en usabilidad. Este resultado significa que los sujetos usarían estas recomendaciones de usabilidad si fueran claras, comprensibles y sin ambigüedades.

El resultado relacionado con la **intención de usar la recomendación de usabilidad** muestra que la mayoría de los sujetos tienen la intención de usar las recomendaciones de usabilidad aunque no las conozcan explícitamente. La mayoría de los sujetos marcaron “Bastante de acuerdo” o “Totalmente de acuerdo”, y una pequeña parte de los sujetos se mostró indecisa. Este resultado lleva a pensar que debemos facilitar el uso de estas recomendaciones de una manera simple y comprensible, como una herramienta.

Capítulo 9

Experimento para Validar Método EduBPMN

9.1 Validación del método EduBPMN

En este estudio se realiza una familia de experimentos con 2 réplicas donde se validan el método EduBPMN versus un método sin reglas. Además, se analizarán las posibles diferencias en los resultados dependiendo del género del desarrollador y del género de quien describe los requisitos.

9.1.1. Objetivo y preguntas de investigación

A partir del objetivo de investigación, se definen 3 preguntas de investigación (RQ').

RQ'1: ¿El esfuerzo del sujeto depende del método utilizado para generar alternativas de diseño de IGUs a partir de modelos BPMN? ¿el esfuerzo se ve afectado por el género del desarrollador y el género de quien describe los requisitos? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H01: El esfuerzo para generar alternativas de diseño de IGUs utilizando el método sin reglas es similar al esfuerzo utilizando el método EduBPMN, y el esfuerzo es independiente del género del desarrollador y del género quien describe los requisitos.

RQ'2: ¿La exactitud de las alternativas de diseño de IGUs se ve afectada por el método utilizado para generar IGUs a partir de modelos BPMN? ¿La exactitud se ve afectada por el género del desarrollador y el género de quien describe los requisitos? Para abordar esta pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H02: La exactitud de las alternativas de diseño de IGUs generadas con el método sin reglas es similar a la exactitud con el método EduBPMN, y la exactitud es independiente del género del desarrollador y del género quien describe los requisitos.

RQ'3: ¿La satisfacción del sujeto se ve afectada por el método utilizado para generar alternativas de diseño de IGUs a partir de modelos BPMN? ¿La satisfacción se ve afectada por el género del desarrollador y el género de quien describe los requisitos? Para la abordar la pregunta de investigación, estudiamos la hipótesis:

H03: La satisfacción del sujeto para generar alternativas de diseño de IGUs utilizando el método sin reglas es similar a la satisfacción utilizando el método EduBPMN, y la satisfacción es independiente del género del desarrollador y del género quien describe los requisitos.

9.1.2 Planeamiento de la validación

Factores y tratamientos

En esta sección definimos factores y tratamientos para operacionalizar nuestro experimento. Los factores son variables independientes con un efecto en las variables de respuesta que queremos entender [72]. Los tratamientos son alternativas (niveles) de un factor. En nuestro experimento tenemos 3 factores: **Método para generar alternativas de diseño de IGUs a partir de modelos BPMN**, el **Género del desarrollador**, y el **Género de quien describe los requisitos**. El

tratamiento de control es el método sin reglas, mientras que el tratamiento que queremos comparar es el método EduBPMN. Con respecto al tratamiento de control, los sujetos tuvieron que usar un método sin reglas que consiste en generar alternativas de diseño de IGUs a partir de modelos BPMN de forma manual, sin ninguna regla o guía, solo de forma intuitiva. A continuación, describimos los pasos del método:

- A partir de una lista de requisitos, el analista tiene que dibujar el modelo BPMN con los procesos que el sistema debe soportar.
- Tomando como entrada el modelo BPMN elaborado en el paso anterior y la lista de requisitos, el analista tiene que diseñar las alternativas de diseño de IGUs del sistema. Es importante resaltar que BPMN solo representa procesos, por lo que el analista debe complementar el modelo BPMN con la lista de requisitos para saber cómo diseñar la interfaz de usuario. En este método, nos enfocamos en las alternativas de diseño de IGUs no funcionales, por lo que, cómo incluir funcionalidad en el sistema a partir de modelos BPMN está fuera de este método.

Al final del método sin reglas, tenemos las alternativas de diseño de IGUs. Cabe destacar que el uso de este método solo tiene sentido en sistemas con un número elevado de procesos, cuya complejidad requiere el uso de un modelo BPMN. En otros casos, la generación de IGUs se puede hacer directamente a partir de los requisitos sin construir el modelo BPMN.

Este tratamiento de control comienza cuando los sujetos miran 2 videos que describen un conjunto de requisitos a tener en cuenta en el sistema. Los videos constan de 4 diapositivas con imágenes y descripción textual sobre los requisitos. Los detalles de los requisitos se describieron en una voz en off de uno de los experimentadores a largo de las diapositivas, un video con voz de hombre, y el otro video con voz de mujer. Teniendo en cuenta estos requisitos, los sujetos deben construir un modelo BPMN en Visual Paradigm v. 15.0. Una vez que el modelo BPMN está terminado, los sujetos tienen que dibujar las alternativas de diseño de IGUs manualmente en un papel. Estas IGUs tienen que representar los procesos expresados en el modelo BPMN. En este tratamiento, las reglas aplicadas para transformar los modelos BPMN en IGUs son subjetivas y dependen exclusivamente en la decisión del sujeto. Los experimentadores no proporcionan ninguna guía para saber cómo transformar primitivas BPMN en IGUs.

Con respecto al nivel del tratamiento, los sujetos tuvieron que usar el método EduBPMN para generar alternativas de diseño de IGUs. Se utilizan los mismos videos cortos con diapositivas y una voz en off que describe los requisitos del sistema usados en el tratamiento de control. Después de ver los videos, los sujetos tienen que construir los modelos BPMN con los estereotipos a través de Visual Paradigm v. 15.0. En este caso, Visual Paradigm se ha ampliado con un complemento que admite el uso de todos los estereotipos (ver Capítulo 6, Sección 6.1). Una vez que el modelo está terminado, los sujetos tienen que exportar el modelo a un archivo XML. Este archivo XML es la entrada para un modelo de transformador de código que genera automáticamente las IGUs en HTML5 (ver Capítulo 6, Sección 6.2). En este tratamiento, los sujetos solo tienen que centrar sus

esfuerzos en construir el modelo EduBPMN, mientras que las reglas para generar las IGUs se aplican automáticamente.

Como variable de bloque, tenemos el Problema. Hemos bloqueado esta variable porque no estamos interesados en estudiar qué problema produce el mejor valor. Estudiamos 2 problemas diferentes para evitar la amenaza de capacidad de aprendizaje entre tratamientos y para justificar mejor la generalización de los resultados independientemente de un problema específico. Como variable moderadora tenemos el Curso para agregar los datos de ambas réplicas. Tenemos 2 cursos 2018/2019 y 2019/2020.

Variables respuesta y métricas

Las variables respuesta son los efectos estudiados en el experimento causado por la manipulación de factores. Nuestro experimento tiene un diseño dentro de los sujetos (todos los sujetos están expuestos a cada tratamiento), con 3 variables respuesta.

La RQ'1 está relacionada con la variable respuesta: *Esfuerzo*. De acuerdo con IEEE [63], el esfuerzo se define como el *número de unidades de trabajo requeridas para completar una actividad de cronograma o componente de estructura de desglose del trabajo y generalmente se expresa en horas-persona, días-persona o semanas-persona*. De esta manera el esfuerzo se puede medir como el tiempo en minutos que necesitó cada sujeto desde que comenzaron a ver el video con los requisitos hasta que generaron alternativas de diseño de IGUs (incluida la construcción del modelo BPMN). Cada sujeto tiene que escribir por su cuenta en un documento cuando comienza el problema (viendo el video) y cuando termina (se han dibujado las IGUs).

La RQ'2 está relacionada con la variable respuesta: *Exactitud*. De acuerdo con ISO 25000 [73], se define como el *grado en que los datos tienen atributos que representan correctamente el verdadero valor del atributo deseado de un concepto o evento en un contexto específico de uso*. Debemos tener en cuenta que los problemas experimentales cuentan con un conjunto de secciones, donde cada sección tiene que generar una alternativa de diseño de IGU. La exactitud se mide como el porcentaje de secciones de la interfaz generada que cumplen con los requisitos. Esta métrica se calcula comparando las alternativas de diseño de IGUs generadas por los sujetos con las IGUs generadas por los experimentadores (IGUs de solución). La solución de las alternativas de diseño de IGUs la realizaron los experimentadores, asegurando que cumple con todos los requisitos. Los experimentadores primero construyeron el modelo BPMN para expresar los requisitos en notación de procesos. Luego, aplicando las reglas de transformación (ver Capítulo 5, Sección 5.3) generaron la solución de las alternativas de diseño de IGUs. La solución de las IGUs se divide en varias secciones, cada sección es la porción de las IGUs que se ha generado con una regla de transformación específica. Esta división la realizan los experimentadores y permite mantener la trazabilidad entre los requisitos y la generación de las interfaces.

El modelo BMN se ha creado a partir de los requisitos y las IGUs se han diseñado a partir del modelo BPMN. El resultado de comparar una sección de la IGU de un sujeto con la sección correspondiente de la solución de las IGUs puede ser 1 o 0. 1 significa que ambas secciones tienen una combinación de IGUs que podrían generarse a través de la misma regla de transformación, 0

significa lo contrario. Tenga en cuenta que cada regla de transformación puede tener varias alternativas de diseño de IGUs (ver Capítulo 5, Tabla 1) y todas deben considerarse para la comparación, ya que todas ellas implican un buen valor de exactitud según nuestra propuesta. Por ejemplo, en una sección de la solución de las alternativas de diseño de IGUs podemos tener un wizard, mientras que los sujetos, para la misma sección, pueden tener un tabbed dialog box. Aunque las 2 secciones serían diferentes, la regla de transformación detrás de ellas es la misma (R2 cuenta con las alternativas wizard, tabbed dialog box, y group box). Entonces, la exactitud para esta parte de la IGU sería 1 tanto si se elige wizard como tabbed dialog. La exactitud de todo el sistema es el promedio de exactitud obtenida en todas sus secciones. Eq. 1 muestra la fórmula utilizada para calcular la exactitud. Por ejemplo, si la alternativa de diseño de IGU generada por el sujeto tiene 3 secciones y solo hay 2 secciones que están de acuerdo con las alternativas de nuestras reglas de transformación, la exactitud es: $2 / 3 \times 100\% = 66\%$, esto significa que la alternativa de diseño de IGU generada por el sujeto cumple con los requisitos de obtención en 66%.

$$\text{Exactitud} = \frac{\text{Número de secciones completadas con éxito}}{\text{Número de secciones del problema experimental}} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

La RQ'3 está relacionada con la variable respuesta: *Satisfacción*. De acuerdo con IEEE [63], la satisfacción se define como cuánto de *contento y las actitudes positivas hacia el uso de un producto*. De esta manera la satisfacción se mide en base a los cómodos que se sienten los desarrolladores. La satisfacción se mide en línea utilizando un cuestionario de escala Likert de 5 puntos basado en el marco desarrollado por Moody [65] (que presenta un marco basado en el trabajo de Lindland [66]) para evaluar la satisfacción en términos de Facilidad de Uso Percibida (PEOU), Utilidad Percibida (PU) e Intención de Uso (ITU). Este marco ha sido validado previamente y es ampliamente utilizado [65]. Las posibles respuestas para cada enunciado en el cuestionario de PEOU, PU e ITU son: Totalmente en desacuerdo, Bastante en desacuerdo, Neutral, Bastante de acuerdo, Totalmente de acuerdo. Proporcionamos un valor numérico a cada declaración de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de acuerdo) [74]. Definimos 6 preguntas para medir PEOU, la métrica se calculó agregando los valores numéricos de las respuestas y clasificándolas en un rango de 5 valores posibles: 1 – 6: Totalmente en desacuerdo, 7 – 12: Bastante en desacuerdo, 13 – 18: Neutral, 19 – 24 Bastante de acuerdo, 25 – 30: Totalmente de acuerdo. Por ejemplo, si un sujeto responde 5 preguntas con Totalmente de acuerdo y 1 pregunta con Neutral en PU, el resultado de esta métrica será 28 (Totalmente de acuerdo). Definimos 8 preguntas para medir PU, la métrica se calculó agregando los valores numéricos de las respuestas que cada sujeto completó a través de las 8 preguntas. El resultado de esta agregación se clasifica en un rango con las 5 opciones posibles: 1 – 8 Totalmente en desacuerdo, 9 – 16: Bastante en desacuerdo, 17 – 24: Neutral, 25 – 32: Bastante de acuerdo, 33 – 40: Totalmente de acuerdo. Definimos 2 preguntas para medir la ITU, la métrica se calculó agregando valores numéricos de las respuestas y clasificando el resultado en un rango de 2 valores posibles: 1 – 2 Totalmente en desacuerdo, 3 – 4: Bastante en desacuerdo, 5 – 6: Neutral, 7 – 8 Bastante de acuerdo, 9 – 10: Totalmente de acuerdo. El cuestionario se muestra en el Apéndice 7 (Satisfacción para el método sin reglas) y el Apéndice 8 (Satisfacción para el método EduBPMN).

La Tabla 11 muestra un resumen de las preguntas de investigación, hipótesis, variables respuesta y métricas utilizadas para estudiar las hipótesis nulas

Tabla 11 Resumen preguntas de investigación, hipótesis, variables respuesta y métricas.

RQ'	Hipótesis	Variables respuesta	Métricas	Comentarios
RQ'1	H01	Esfuerzo	Tiempo	
RQ'2	H02	Exactitud	$\frac{NSC}{NSPE} \times 100\%$	NSC = Número de secciones completadas con éxito. NSPE = Número de secciones del problema experimental.
RQ'3	H03	Satisfacción	PEOU, PU and ITU	

Diseño del experimento

Esta sección describe el diseño de la familia de experimentos, que es un diseño con 3 factores: crossover intra-sujetos (un mismo sujeto recibe los 2 tratamientos) para el factor método de desarrollo y el género de quien describe los requisitos (a partir de ahora lo llamaremos género del video). El factor género del desarrollador (a partir de ahora lo llamaremos género del sujeto) es entre-sujetos (un mismo sujeto solo recibe un tratamiento). Dependiendo de la combinación de tratamientos para el factor método de desarrollo y la variable de bloque, tenemos 4 perfiles diferentes para los sujetos. Cada sujeto se asigna a cada perfil al azar, asegurando que el tamaño de la muestra en cada perfil esté equilibrado. Asignamos un perfil a un sujeto dependiendo de cómo se ubicaron en el aula. A continuación, describimos las características de cada perfil:

Perfil 1: los sujetos comienzan a desarrollar el problema experimental 1 (video con voz de hombre) con el método sin reglas. Después, los sujetos desarrollan el problema experimental 2 (video con voz de mujer) con el método EduBPMN.

Perfil 2: los sujetos comienzan a desarrollar el problema experimental 2 (video con voz de hombre) con el método sin reglas. Después los sujetos desarrollan el problema experimental 1 (video con voz de mujer) con el método EduBPMN.

Perfil 3: los sujetos comienzan a desarrollar el problema experimental 1 (video con voz de mujer) con el método EduBPMN. Después, los sujetos desarrollan el problema experimental 2 (video con voz de hombre) con el método sin reglas.

Perfil 4: los sujetos comienzan a desarrollar el problema experimental 2 (video con voz de mujer) con el método EduBPMN. Después, los sujetos desarrollan el problema experimental 1 (video con voz de hombre) con el método sin reglas.

La Tabla 12 muestra el diseño utilizado en el experimento considerando los diferentes perfiles.

Tabla 12 Diseño usado en el experimento.

	Método sin reglas	Método EduBPMN
Perfil 1	Problema Experimental 1 (video voz de hombre)	Problema Experimental 2 (video voz de mujer)
Perfil 2	Problema Experimental 2 (video voz de hombre)	Problema Experimental 1 (video voz de mujer)
	Método EduBPMN	Método sin reglas
Perfil 3	Problema Experimental 1 (video voz de mujer)	Problema Experimental 2 (video voz de hombre)
Perfil 4	Problema Experimental 2 (video voz de mujer)	Problema Experimental 1 (video voz de hombre)

Sujetos experimentales

La familia de experimentos consta de 2 réplicas. En ambas réplicas los sujetos son estudiantes del Grado de Ingeniería Informática de la Universidad de Valencia (España), que se consideran usuarios finales. La muestra está formada por 54 sujetos entre las 2 réplicas: la primera réplica de 23 sujetos (18 hombres y 5 mujeres, 16 de edades comprendidas entre 17 - 20, 3 en el rango de 21 - 25 años, 3 en el rango de 26 - 30 años y 1 en el rango de 31- 35 años, $M = 21,13$, $SD = 3,92$) y la segunda con 31 sujetos (29 hombres y 2 mujeres, 8 de edades comprendidas entre 17-20, 21 en el rango de 21-25 años y 2 en el rango de 26-30 años, $M = 22,97$, $SD = 2.53$). Los sujetos fueron reclutados en 2 años académicos: Curso 2018/2019 la primera réplica, y el Curso 2019/2020 la segunda réplica. Tal y como refleja la Tabla 13, ambos grupos tienen conocimientos en programación de interfaces y modelado conceptual. La mayoría de los sujetos no tenían un conocimiento alto de BPMN antes de recibir el curso, a pesar de que un gran número de sujetos tenían un conocimiento medio del diagrama de clases UML y las IGUs. Para asegurarse de que todos los sujetos tuvieran los conocimientos suficientes para participar en el experimento, los sujetos debían diseñar un pequeño modelo BPMN como tarea de entrenamiento antes del experimento y enviarlo a los experimentadores, quienes lo evaluaron. Además, antes del experimento, los sujetos tenían que pasar una prueba sobre el método sin reglas y el método EduBPMN. Tuvieron que estudiar BPMN en casa a través de un breve documento BPMN de una página preparado por los experimentadores que resumía los elementos utilizados en el experimento. Solo los sujetos que presentaron los modelos de entrenamiento de BPMN y que aprobaron el examen fueron reclutados como sujetos. Todos participaron voluntariamente en el experimento y a todos les aplicamos ambos métodos.

Tabla 13 Conocimiento de modelo BPMN, diagrama de clases UML e IGUs.

Conocimiento de	Curso 2018/2019				Curso 2019/2020			
	Nada	Bajo	Intermedio	Alto	Nada	Bajo	Intermedio	Alto
Modelo BPMN	13%	48%	30%	9%	39%	58%	3%	0%
Diagrama de clases UML	0%	30%	57%	13%	10%	22%	65%	3%
Interfaces Gráficas de Usuario	0%	17%	52%	31%	6%	42%	52%	0%

Problemas experimentales

La familia de experimentos se realizó con 2 problemas experimentales de complejidad similar, ambos problemas experimentales tienen el mismo número de tareas (4 tareas en ambos problemas) y compuertas (1 y 2 respectivamente), también similar número de alternativas de diseño de IGUs (4 interfaces en ambos problemas). Estos problemas fueron pequeños para evitar la fatiga de los sujetos. Estos problemas fueron divididos en varias secciones. Esta división de secciones es necesaria para calcular la medida de exactitud (RQ'2). Los problemas experimentales fueron mostrados a los sujetos a través de videos, ambos problemas con una voz de hombre y una voz de mujer, cada uno de ellos describieron cada problema tal como lo consideraron, sin guiones. Los presentadores se guiaron de un conjunto de diapositivas para respaldar la descripción de las secciones. Las diapositivas contienen ideas muy resumidas para asegurar que hablan sobre todas las secciones de los problemas, pero cada uno describió cada sección con sus propias palabras. Aunque ambos videos comparten el mismo esquema, existen ligeras diferencias entre ellos. Los videos realizados por el hombre eran más cortos: 1:30 minutos en el problema 1 y 2:48 minutos en el problema 2. Los videos realizados por la mujer tienen 2:32 minutos en el problema 1 y 4:00 minutos en el problema 2. Entonces, cada paso descrito por la mujer tenía más detalles que el mismo paso descrito por el hombre. El uso del video para describir las secciones asegura que todos los sujetos tengan la misma información para realizar el experimento, lo que evita la amenaza de diferentes contextos para varios sujetos. A continuación, describimos los problemas:

Problema experimental 1: Un sistema para **presentar un trabajo académico**. Este problema es un sistema para enviar trabajos académicos a los docentes. El proceso comienza con la Sección 1, donde el estudiante inicia sesión para ingresar al aula virtual a través de un usuario y clave. Después, en la Sección 2, el estudiante presenta un trabajo académico, donde registra los siguientes datos: Título del trabajo, carga de archivo, y comentarios. Finalmente, en la sección 3, el docente revisa los trabajos académicos presentados. Si se aprueba el trabajo académico, el docente registrará la nota del trabajo. Si el trabajo se suspende, el docente registra las correcciones para mejorar el trabajo.

Problema experimental 2: Un sistema para **comprar un producto en línea**. Este problema tiene como objetivo un sistema para registrar la compra online de un producto. El proceso comienza con la Sección 1, donde el usuario ingresa los siguientes datos: correo electrónico, nombres, apellidos, seleccionar producto (solo uno) y cantidad. Después, en la Sección 2, el usuario debe realizar 3 tareas en cualquier orden: (1) ingresar la dirección de envío proporcionando los siguientes datos: dirección, ciudad, país, código postal y teléfono móvil; (2) elegir la opción de envío (entre 3 opciones): gratis una semana, gratis en tres días y ahora. (3) proporcionar datos de la tarjeta de crédito: tipo de tarjeta (entre 3 opciones): Visa, Mastercard, y American Express, número de tarjeta y CVV. La cantidad a pagar se muestra finalmente.

A continuación, mostramos la solución de los experimentadores para las alternativas de diseño de IGUs de cada problema experimental. La Imagen 69 muestra el modelo BPMN obtenido con el método sin reglas para el problema experimental 1 con las 3 secciones que lo componen. En el carril Estudiante, la Sección 1 muestra la tarea de tipo usuario: Inicio de sesión de usuario. A continuación,

la Sección 2 muestra la tarea de tipo usuario: enviar un trabajo académico. Finalmente, en el carril Docente, la Sección 3 muestra una compuerta exclusiva: revisar el trabajo académico, con 2 opciones: Aprobado y Suspendido, y 2 tareas de tipo usuario. Cada sección de la Imagen 69 debería generar alternativas de diseño de IGUs similar a las alternativas de diseño de IGUs de la Imagen 71 (solución de los experimentadores).

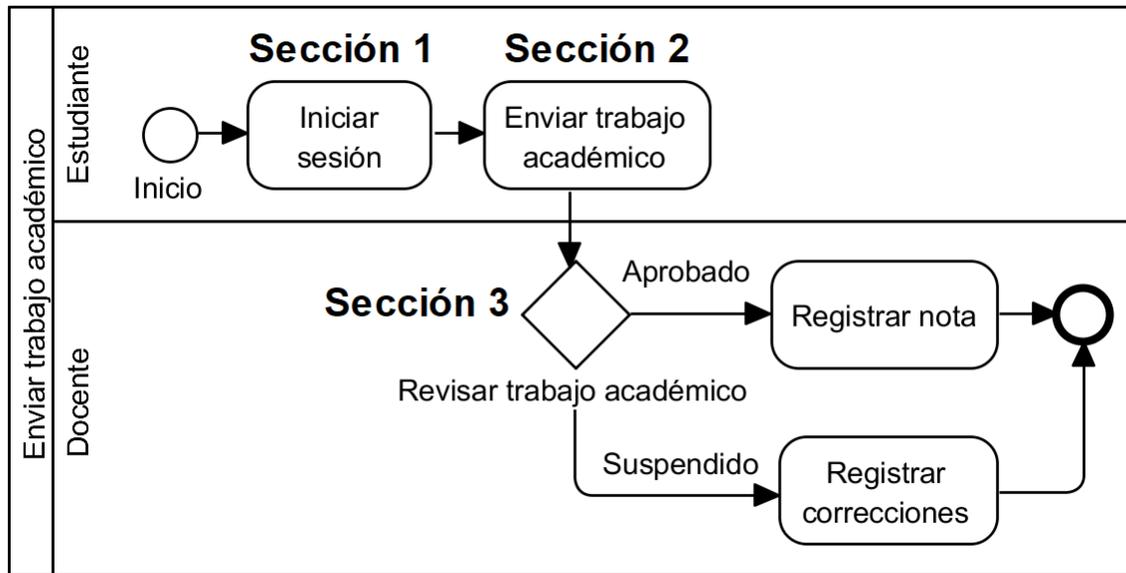


Imagen 69 Modelo BPMN para problema experimental 1 obtenido con el método sin reglas.

La Imagen 70 muestra el mismo modelo BPMN de la Imagen 69 pero incluye los estereotipos (utilizados en el método EduBPMN). En el carril Estudiante, la Sección 1 muestra el estereotipo << U >> para generar un formulario con los atributos de la clase Usuario. Estos atributos se mostrarán en un text box ya que están definidos con el estereotipo << T >>. A continuación, la Sección 2 muestra el estereotipo << U >>, que significa que necesitamos un formulario para completar los atributos de la clase Trabajo, cuyos atributos están anotados con el estereotipo << T >>. En el carril Docente, la Sección 3 muestra el estereotipo << EDL >> para generar 2 radio buttons (Aprobado y Suspendido). Si se aprueba el trabajo, el flujo continúa a través de la tarea de tipo usuario (Registrar nota) para generar un formulario con atributos de la clase Trabajo con estereotipo << T >>. Si se suspende el trabajo, el flujo continúa a través de una tarea de tipo usuario (Registrar correcciones) para generar un formulario con atributos de la clase Correcciones, cuyos atributos tienen el estereotipo << T >>. En la Sección 3 se usa el estereotipo << EDB >> para generar un push button de acuerdo con la regla R6. Cada sección de la Imagen 70 debería generar alternativas de diseño de IGUs similar a las alternativas de diseño de IGUs de la Imagen 71 (solución de los experimentadores).

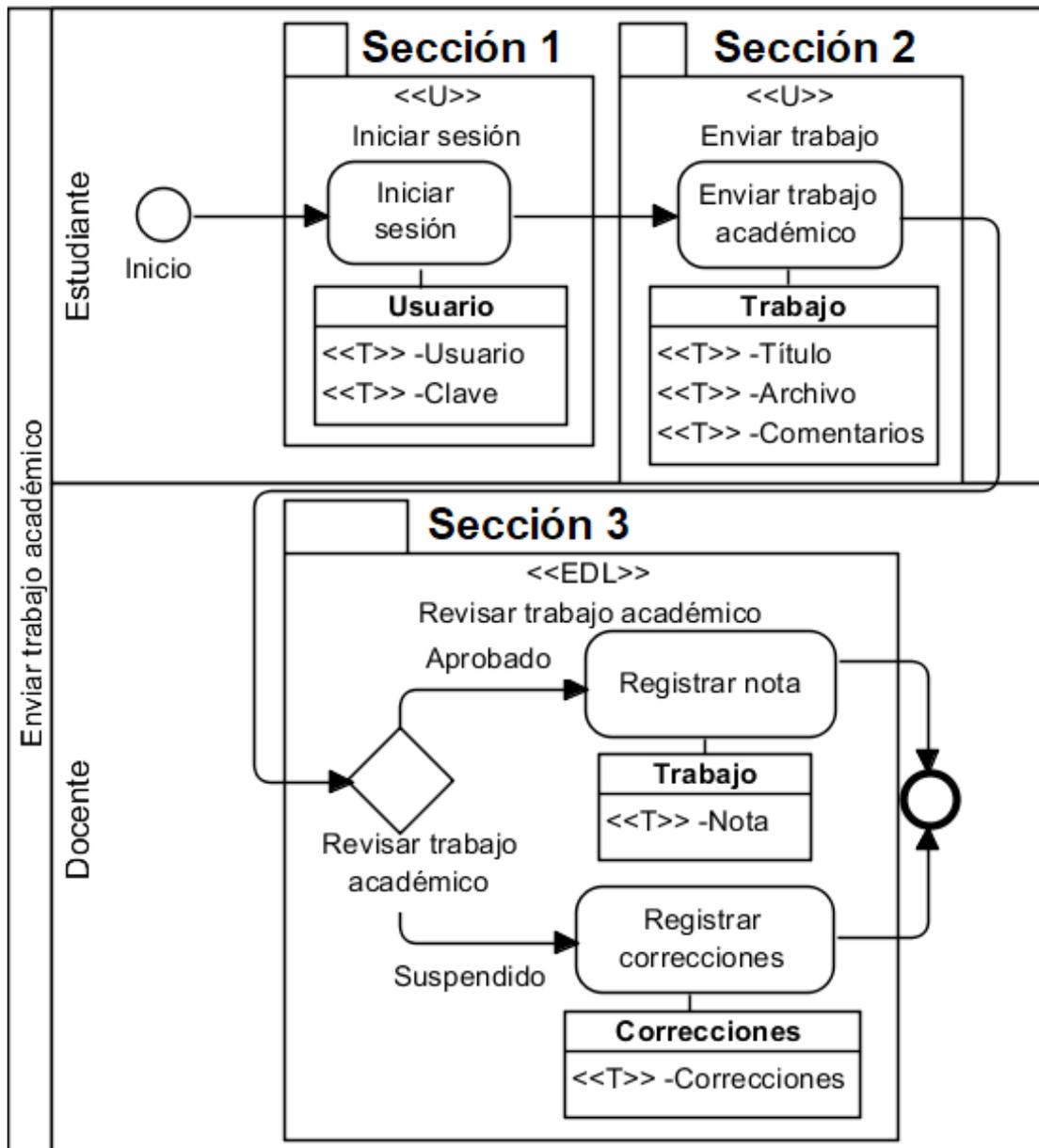


Imagen 70 Modelo BPMN para problema experimental 1 obtenido con el método EduBPMN.

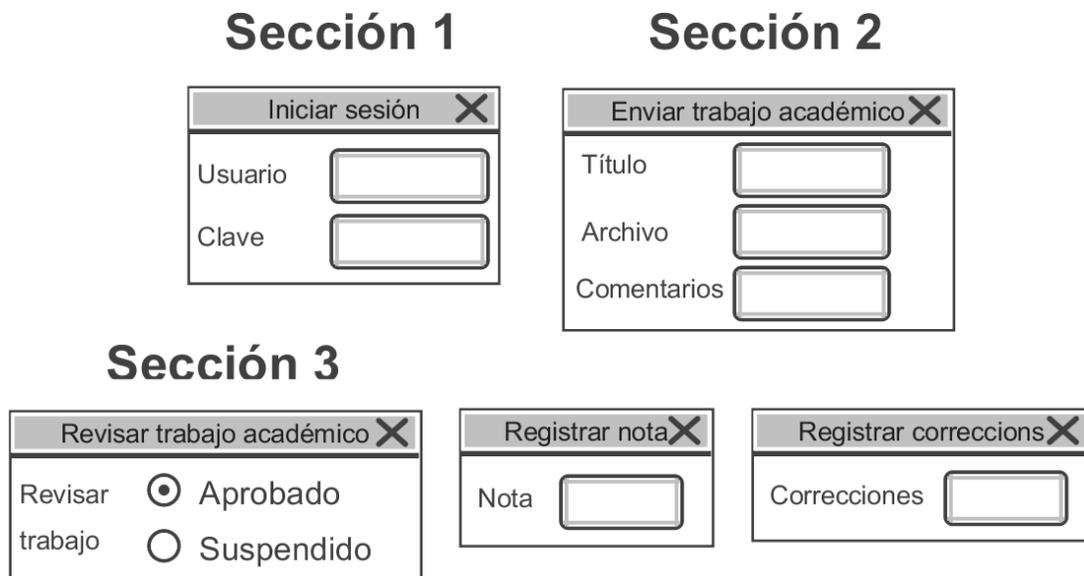


Imagen 71 Solución de las IGUs de los experimentadores del problema experimental 1.

La Imagen 72 muestra el modelo BPMN obtenido con el método sin reglas para el problema experimental 2. El modelo incluye 2 secciones. En el carril del Usuario, la Sección 1 muestra una tarea de tipo usuario (Ingresar datos de clientes y producto). Finalmente, la Sección 2 muestra una compuerta paralela, con 3 tareas (Registrar dirección de envío, Elegir opción de envío y Elegir método de pago). Cada sección del modelo en la Imagen 72 debería generar alternativas de diseño de IGUs similar a las alternativas de diseño de IGUs de la Imagen 74 (solución de los experimentadores).

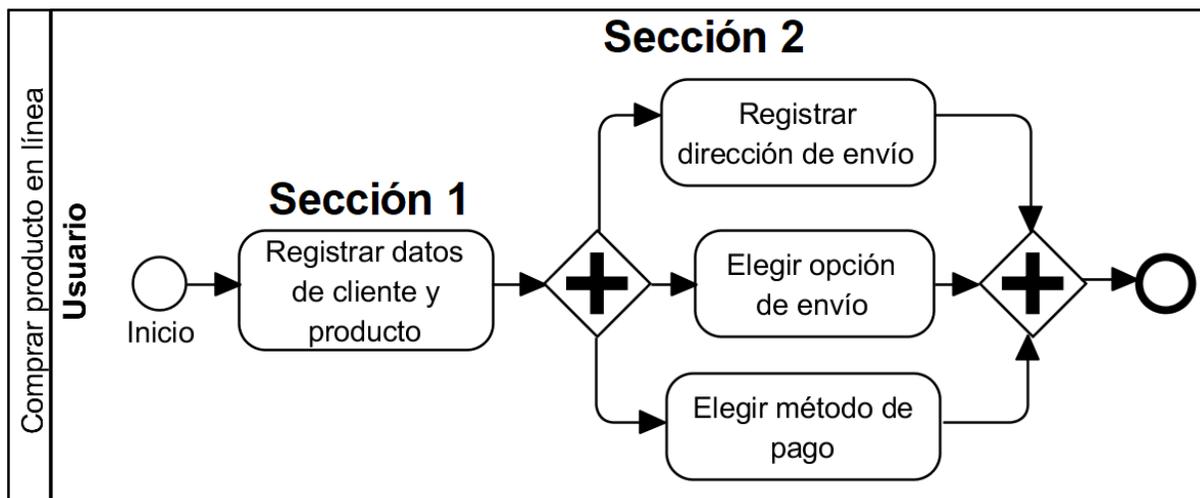


Imagen 72 Modelo BPMN para problema experimental 2 obtenido con el método sin reglas.

La Imagen 73 muestra el modelo BPMN obtenido para el problema experimental 2 usando el método EduBPMN. En el carril Usuario, la Sección 1 muestra el estereotipo << U >> para generar un formulario con atributos de la clase Ordenar con los estereotipos << T >> para generar un text box, y un estereotipo << C >> para generar un combo box para seleccionar una de las posibles opciones de producto. A continuación, la Sección 2 muestra el estereotipo << RW >> para generar

un wizard. Este wizard incluye 3 formularios: (i) primer formulario con atributos de la clase Dirección con estereotipos << T >>; (ii) segundo formulario con atributos de la clase Envío en la que se usa el estereotipo << C >> para generar un combo box para seleccionar una de las posibles opciones de envío; (iii) tercer formulario con atributos de la clase Pago con estereotipo << C >> y << T >>. En la Sección 2 se pueden usar los estereotipos << RG >> para generar un group box o << RT >> para generar un tabbed dialog box de acuerdo con la regla R9. Cada sección de la Imagen 73 debería generar alternativas de diseño de IGUs similar a las alternativas de diseño de IGUs de la Imagen 74 (solución de los experimentadores).

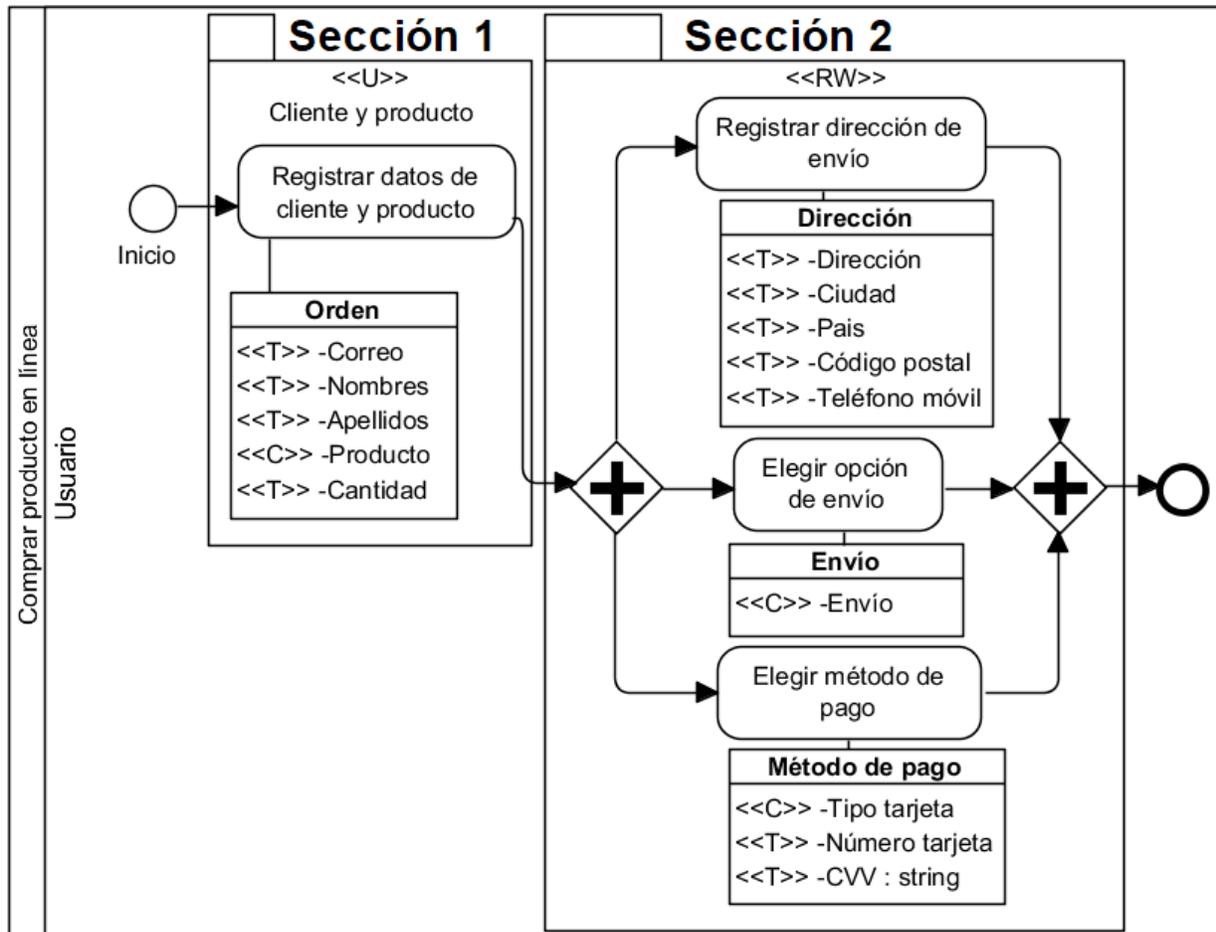


Imagen 73 Modelo BPMN para problema experimental 2 obtenido con el método EduBPMN.

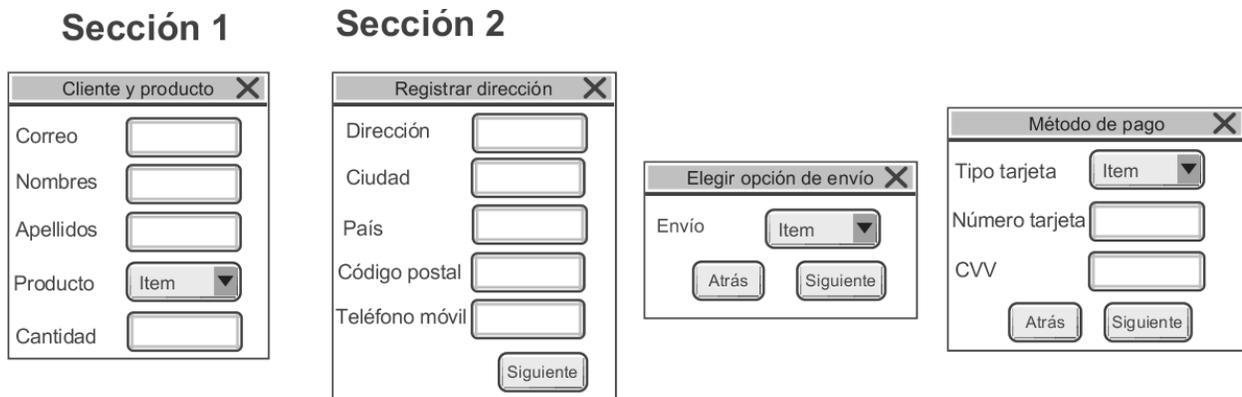


Imagen 74 Solución de las IGUs de los experimentadores del problema experimental 2.

La Tabla 14 muestra un resumen de las alternativas de diseño de IGUs que componen la solución de los experimentadores y los estereotipos utilizados en el modelo BPMN para el método EduBPMN en los 2 problemas experimentales. Para cada problema resumimos: el método, las secciones, los estereotipos y las alternativas de diseño de IGUs de la solución de los experimentadores. Cabe resaltar que las alternativas de diseño de IGUs del mismo problema son las mismas independientemente del tratamiento, las diferencias entre los tratamientos se centran en cómo se diseñan las alternativas de diseño de IGUs (con reglas o sin ellas), pero las IGUs finales deben ser las mismas.

Tabla 14 Resumen de nuestra solución.

Problema experimental	Método	Sección	Estereotipos	Alternativas de diseño de IGUs	Reglas
1	Sin reglas	1	-	Formulario	-
		2	-	Formulario	-
		3	-	Radio button or Push button, Text box	-
	EduBPMN	1	<<U>>	Formulario	R1
		2	<<U>>	Formulario	R1
		3	<<EDL>> or <<EDB>>, <<T>>	Radio button or Push button, Text box	R6, R0
2	Sin reglas	1	-	Formulario	-
		2	-	Wizard or Group box or Tabbed dialog box, Text box, Combo box	-
	EduBPMN	1	<<U>>	Formulario	R1
		2	<<RW>> or <<RG>>	Wizard or Group box or	R9, R0
			or <<RT>>, <<T>>, <<C>>	Tabbed dialog box, Text box, Combo box	

Procedimiento experimental

Antes de comenzar el experimento, utilizamos una actividad de aprendizaje para capacitar a los sujetos y asegurarnos de que su conocimiento fuera suficiente para participar en el experimento:

Introducción al método sin reglas y EduBPMN, los sujetos tuvieron que seguir un tutorial sobre el método sin reglas y EduBPMN. El tutorial consta de un documento que ilustra los elementos de BPMN, método sin reglas y el método EduBPMN, así como un breve video que explica cómo dibujar los modelos BPMN (tanto estereotipados como no estereotipados) en Visual Paradigm v. 15.0. El tutorial se entregó a los sujetos una semana antes del experimento, para que pudieran aprender y entrenar antes de su ejecución. Como resultado del entrenamiento, los sujetos tuvieron que construir un pequeño modelo BPMN tanto como el método sin reglas como con el método EduBPMN. La elaboración de estos modelos de capacitación era un requisito previo para participar como sujeto. Solo los sujetos cuyos modelos de entrenamiento se realizaron correctamente fueron reclutados como sujetos para el experimento.

Rellenar un examen de entrada, además de los modelos de capacitación explicados anteriormente, el conocimiento del sujeto sobre BPMN se evaluó mediante un examen antes de realizar el experimento. El examen consistió en 10 preguntas (5 preguntas sobre el método sin reglas y 5 preguntas sobre el método EduBPMN). Cada pregunta tenía 4 alternativas, que se mostraban por medio de imágenes. Solo había una respuesta correcta posible y cada respuesta correcta se calculaba como un punto, por lo que los puntos posibles estaban entre 0 (sin respuestas correctas) y 10 (todas las respuestas son correctas). Consideramos que los sujetos que obtuvieron más de 5 puntos fueron capaces de participar en el experimento. En caso de que tuviéramos sujetos con una puntuación entre 0 y 5, éstos se eliminarían del experimento. La Tabla 15 muestra los puntajes de los 59 sujetos evaluados (28 sujetos en el curso 2018/2019 y 31 sujetos en el curso 2019/2020). Sólo 5 fueron eliminados del curso 2018/2019. Por lo tanto, en el experimento participaron 54 sujetos. La Tabla 15 muestra el puntaje de los sujetos del examen de entrada.

Tabla 15 Puntaje de los sujetos del examen de entrada.

Puntaje	# sujetos para el curso 2018/2019	# sujetos para el curso 2019/2020
<=5	5 (eliminados)	0
6	0	0
7	1	3
8	2	7
9	4	9
10	16	12
TOTAL	23	31

Rellenar el cuestionario demográfico, los sujetos completaron un cuestionario demográfico (se incluyeron campos como correo electrónico, nombres, apellidos, sexo, edad, conocimiento del modelo BPMN, diagrama de clases UML, e IGUs).

Resolviendo los problemas experimentales. Los sujetos tuvieron que resolver ambos problemas experimentales, cada uno con un tratamiento de método de desarrollo y de género de la persona que describe los requisitos. Los sujetos recibieron instrucciones para construir modelos BPMN y generar las alternativas de diseño de IGUs de acuerdo con el tratamiento. Aplicamos un tratamiento a cada problema por sujeto. El proceso de dibujar alternativas de diseño de IGUs duró 60 minutos en total,

30 minutos para cada problema experimental, un problema experimental fue presentado con la voz de hombre y el otro problema experimental con la voz de mujer. Los supervisores del experimentador fueron los que proporcionaron la voz a los problemas experimentales.

Completar cuestionarios de satisfacción, después de terminar cada problema experimental, los sujetos completaron un cuestionario en línea sobre la satisfacción en términos de PEOU, PU e ITU basado en el tratamiento utilizado con dicho problema.

Después de realizar el experimento, el experimentador analizó los datos. Comparó las secciones de las alternativas de diseño de IGUs propuestas por cada sujeto versus la solución de los experimentadores (solución IGUs) para calcular la exactitud. El experimentador también extrajo el tiempo por tratamiento leyendo los documentos donde cada sujeto escribió sus tiempos de inicio y tiempo de fin. Los resultados de satisfacción se extrajeron directamente de los cuestionarios.

Evaluación de amenazas

Esta sección discute las amenazas a la validez de nuestro experimento. A continuación, describimos las amenazas según la clasificación de Wohlin [16]. Para cada grupo de amenazas, hicimos una distinción entre las amenazas que no pudimos abordar, las amenazas cuyo efecto logramos minimizar y las amenazas que resolvimos. Clasificamos las amenazas en 4 grupos: validez de conclusión, validez interna, validez de constructo y validez externa.

Validez de la conclusión: este tipo de amenaza se refiere a la capacidad de obtener la conclusión correcta sobre las relaciones entre el tratamiento y el resultado. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Poder estadístico bajo”, que significa que el número de sujetos no es suficiente para revelar un verdadero patrón en los datos. Esta amenaza se resuelve con la muestra de 54 sujetos, lo que implica un alto poder estadístico para nuestro experimento. Otra amenaza que aparece son los “sujetos de heterogeneidad aleatoria”, que significa que siempre hay heterogeneidad en un grupo de estudio. El riesgo aparece cuando la variación debida a diferencias individuales es mayor que la debida al tratamiento. Para minimizar esta amenaza, reclutamos sujetos con perfiles similares (los sujetos son estudiantes universitarios que previamente han cursado cursos de Ingeniería de Software, con conocimiento en programación de interfaces gráficas de usuario). Además, utilizamos un cuestionario demográfico para detectar diferencias entre los perfiles de los sujetos. Otra amenaza que aparece es la “pesca”, que significa que los experimentadores están buscando resultados específicos. Esta amenaza se resuelve de la siguiente manera, el experimento se realizó sin mostrar el objetivo a los sujetos. Otra amenaza que aparece es la “fiabilidad de las medidas”, que significa que la validez de un experimento depende en gran medida de la fiabilidad de las medidas. Para minimizar esta amenaza, las métricas las aplica un experimentador. Además, el esfuerzo y la satisfacción se calculan automáticamente (con los tiempos de entrada y finalización y mediante un cuestionario respectivamente), lo que reduce los posibles errores.

Validez interna: este tipo de amenaza trata con influencias que pueden afectar el factor de causalidad. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Historial”, que significa que pueden surgir diferencias cuando los tratamientos se aplican en diferentes momentos. Resolvimos esta amenaza realizando el experimento sólo en una sesión de 2 horas. Otra amenaza que puede aparecer es “Experiencia de los sujetos”, que significa que la experiencia de los sujetos no es

suficiente para realizar el experimento. Nuestros sujetos tenían 2 años de experiencia en la codificación de IGUs. Para mitigar la falta de experiencia en BPMN, los capacitamos a través de un tutorial y tuvieron que pasar una prueba antes de participar. Cabe resaltar que los sujetos en el método sin reglas solo tenían que dibujar el modelo BPMN e IGUs, y en el método EduBPMN no necesitaban una gran experiencia en el modelado BPMN. Otra amenaza que puede aparecer es la “Maduración”, que significa el efecto de reaccionar de manera diferente a medida que pasa el tiempo. Para evitar esta amenaza, el experimento tiene 2 problemas experimentales para cada tratamiento, esto es para evitar el aprendizaje entre tratamientos. Otra amenaza que aparece es la “instrumentación”, que significa que los artefactos utilizados en el experimento podrían afectar los resultados. Para minimizar esta amenaza para medir el esfuerzo, utilizamos una plataforma en línea para que los sujetos registraran el momento en que comenzaron a desarrollar el problema experimental y el momento en que terminaron el problema. La satisfacción se midió a través de cuestionarios en línea que guardan los datos automáticamente. El experimentador usó una hoja de cálculo como ayuda para aplicar la fórmula de la exactitud. Otra amenaza que aparece es la “Selección”, que significa el efecto de la variación natural en el rendimiento humano. Dependiendo de cómo se seleccionen los sujetos de un grupo más grande, los efectos de la selección pueden variar. Para evitar esta amenaza, hemos reclutado a todos los sujetos voluntariamente. Otra amenaza que aparece es la “desmoralización resentida”, que significa que algunos tratamientos pueden ser más motivadores que otros. Para evitar esta amenaza, motivamos a los sujetos con calificaciones adicionales en el curso de Ingeniería de Software. Otra amenaza que aparece es la “validez ecológica” [71], que significa que el contexto de uso en el que se realizó el experimento puede afectar los resultados. Para minimizar esta amenaza, los sujetos realizaron el experimento en un entorno controlado y no en un entorno real, como entornos corporativos donde analistas y diseñadores reales trabajan en colaboración.

Validez del constructo: este tipo de amenaza se refiere a generalizar el resultado del experimento al concepto o teoría detrás del experimento. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Aprehensión de evaluación”, que significa que algunas personas temen ser evaluadas. Esta amenaza se resuelve de la siguiente manera, comunicamos a los sujetos que estos problemas experimentales son ejercicios que permiten los objetivos de aprendizaje del curso, sin mencionar el término “experimento” o “prueba”. Además, cada sujeto firmó un formulario de consentimiento. Otra amenaza que aparece es la “suposición de hipótesis”, que significa que cuando las personas participan en un experimento, podrían tratar de descubrir el propósito del experimento. Para evitar esta amenaza, no hablamos de preguntas de investigación en el experimento. Otra amenaza que aparece es la “interacción de las pruebas y el tratamiento”, que aparece cuando el tratamiento forma parte de una prueba en el curso. Esta amenaza se resuelve de la siguiente manera, los sujetos fueron reclutados voluntariamente y los sujetos obtuvieron puntos adicionales para aprobar el curso.

Validez externa: este tipo de amenaza se refiere a condiciones que limitan nuestra capacidad de generalizar los resultados de nuestros experimentos en la práctica industrial. El experimento puede sufrir las siguientes amenazas de este tipo: “Interacción de selección y tratamiento”, que significa el efecto de tener una población de sujetos no representativa de la población que queremos generalizar. En nuestro experimento, no podemos garantizar que los resultados puedan generalizarse a sujetos

con perfiles diferentes a los de nuestra muestra. Otra amenaza de este tipo que aparece es la “interacción del entorno y el tratamiento”, que significa el efecto de no tener el entorno experimental o material representativo de la práctica industrial. Esta amenaza no se ha podido evitar. Debemos resaltar que el contexto de nuestro experimento es solo un entorno académico, los sujetos son estudiantes pero con buena experiencia en IGUs.

9.1.3 Modelo y Conceptos Estadísticos

El análisis estadístico de los datos recopilados con el experimento se realizó aplicando la prueba estadística de modelo mixto [17]. La variable de bloque, Problema, se introduce como una covariable en la prueba del modelo mixto. Además, usamos Curso como una variable moderadora que se introduce para agregar ambas réplicas para realizar el análisis. El supuesto para aplicar el modelo mixto es la normalidad de los residuos. La normalidad de los residuos puede comprobarse con la prueba de Saphiro-Wilk aplicada a los residuos calculados automáticamente durante la aplicación de la prueba del modelo mixto [75]. El *p-valor* del modelo mixto muestra si existe o no una diferencia significativa entre los tratamientos de cada factor. Si el *p-valor* es menor que 0,05, asumimos que existen diferencias significativas entre tratamientos. Para aquellas variables con diferencias significativas entre tratamientos, usamos la prueba no paramétrica llamada Cohen’s [76] para calcular el tamaño del efecto; este cálculo arroja la magnitud de la diferencia. El valor de Cohen’s se define como la diferencia entre 2 medias divididas por una desviación estándar de los datos. Según Cohen’s, el significado del tamaño del efecto es el siguiente: valores superiores a 0,8 indican un efecto grande; los valores de 0,79 a 0,5 indican un efecto moderado; los valores de 0,49 a 0,2 indican un efecto pequeño. Utilizamos esta técnica para las 3 variables de respuesta: Esfuerzo, Exactitud y Satisfacción.

El poder de cualquier prueba estadística se define como la probabilidad de rechazar una hipótesis nula falsa. El poder estadístico está inversamente relacionado con beta o la probabilidad de cometer un error de Tipo II. En resumen, poder = $1 - \beta$. El poder en los experimentos de ingeniería de software tiende a ser bajo. Dyba et al. [77] informan de valores de 0,39 para poder medio y 0,63 para poder grande. Valores bajos de poder suponen que los resultados no significativos pueden implicar la aceptación de hipótesis nulas cuando son falsas. Según G*Power [78], para un tamaño de efecto moderado (0,5) en un diseño intra individual, necesitamos un tamaño de muestra de más de 16 sujetos para obtener buenos valores de potencia (0,96). En nuestro experimento, tenemos 23 sujetos en el curso 2018/2019 y 31 sujetos en el curso 2019/2020, por lo que tenemos suficiente poder en cada réplica. Sin embargo, sumando ambas réplicas, tenemos 54 sujetos, lo que implica un alto poder estadístico en la agregación. Esto quiere decir que tenemos suficiente tamaño de la muestra para rechazar hipótesis nulas en caso de que existan posibles diferencias entre tratamientos, tanto en cada replicación, de forma independiente y especialmente en la agregación de las replicaciones. La Tabla 16 muestra un resumen de los métodos estadísticos y rangos.

Tabla 16 Resumen de métodos estadísticos y rangos

Conceptos	Rango	El significado es:
Modelo Mixto	P -valor es menor que 0.05	Existe diferencia significativa entre los tratamientos
Tamaño de efecto	Cohen's > 0.8	Efecto grande
	Cohen's entre 0.79 y 0.5	Efecto moderado
	Cohen's entre 0.49 y 0.2	Efecto pequeño

9.1.4 Análisis de Datos e Interpretación de Resultados

Esta sección describe los resultados de la familia de experimentos para abordar las preguntas de investigación (los datos originales se pueden ver en el Apéndice 6). Todos los análisis se han realizado utilizando IBM SPSS v. 20. Primero, analizamos los resultados para el curso 2018/2019 y el curso 2019/2020 de forma independiente y luego la agregación de ambos cursos. Imagen 75 muestra el diagrama de caja y bigotes para la variable significativa del curso 2018/2019, y la Imagen 76 muestra los diagramas de caja y bigotes para las variables significativas del curso 2019/2020. La línea entre ambos cuadros significa el promedio en cada cuadro. Podemos apreciar que el primer cuartil es peor para el método sin reglas en las 3 variables Esfuerzo, Exactitud, e ITU. Las medianas entre tratamientos son similares en los 3 diagramas, lo que significa que las diferencias significativas existentes no son muy grandes. El método EduBPMN produce mejores resultados en comparación con el método sin reglas. La Tabla 17 muestra los p -valores de cada variable respuesta en cada réplica de forma independiente. Los p -valores muestran diferencias significativas en el curso 2018/2019 para el esfuerzo con un p -valor de 0.007, estas diferencias son moderadas con un tamaño de efecto de 0.68. En el curso 2019/2020 para el esfuerzo con un p -valor de 0.030, estas diferencias son moderadas con un tamaño de efecto de 0.54, exactitud con un p -valor de 0.017, estas diferencias son moderadas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.65. ITU tiene un p -valor de 0.035 con diferencias moderadas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.52.

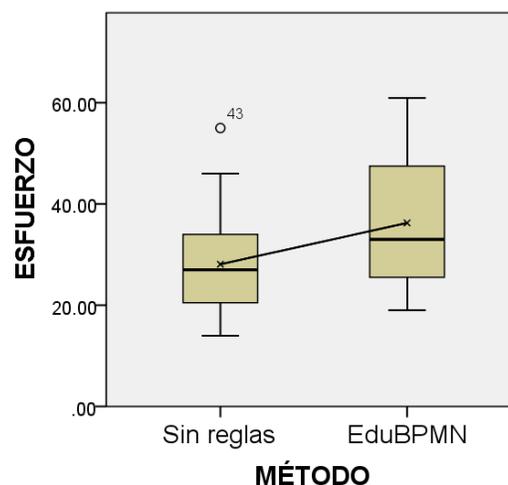


Imagen 75 Diagrama de caja y bigotes para esfuerzo 2018/2019

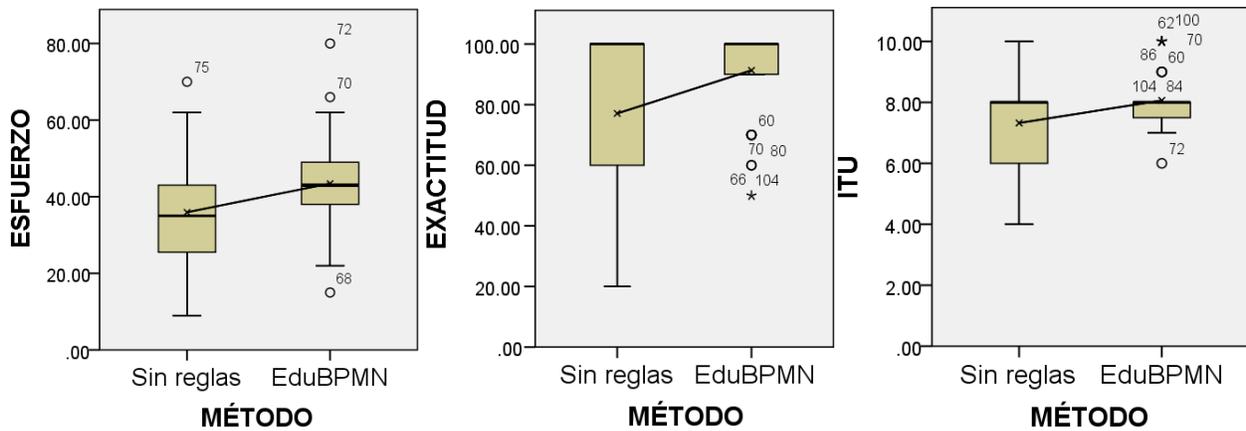


Imagen 76(a) Diagrama de caja y bigotes para esfuerzo 2019/2020 (b) Diagrama de caja y bigotes para exactitud 2019/2020 (c) Diagrama de caja y bigotes para la ITU 2019/2020.

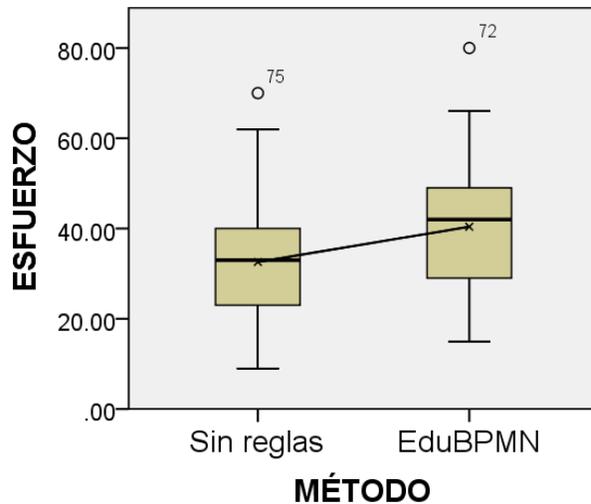
Tabla 17 P-valores para el método EduBPMN en comparación con el método sin reglas.

	Esfuerzo	Exactitud	Satisfacción		
			PEOU	PU	ITU
Curso 2018/2019	0.007 Tamaño efecto: 0.68	0.598	0.0262	0.982	0.773
Curso 2019/2020	0.030 Tamaño efecto: 0.54	0.017 Tamaño efecto: 0.65	0.970	0.074	0.035 Tamaño efecto: 0.52

Concluimos que solo tenemos diferencias significativas en la réplica Curso 2018/2019 para Esfuerzo, y diferencias significativas en la réplica Curso 2019/2020 para Esfuerzo, Exactitud e ITU, aunque que estas diferencias no son tan grandes. Por lo tanto, para mejorar el poder estadístico y evitar aceptar la hipótesis nula cuando deben rechazarse, optamos por agregar los datos de ambas réplicas a través de la variable moderadora “Curso”. A continuación, analizamos en detalle cada variable respuesta después de la agregación de ambos cursos (2018/2019 y 2019/2020).

Esfuerzo

En esta sección tratamos la pregunta de investigación RQ’1 y *Hor.* *El esfuerzo para generar alternativas de diseño de IGUs utilizando el método sin reglas es similar al esfuerzo utilizando el método EduBPMN, y el esfuerzo es independiente del género del desarrollador y del género de quien describe los requisitos.* La Imagen 77(a) muestra el diagrama de caja y bigotes comparando el esfuerzo (en minutos). El primer cuartil y las medianas son similares, pero hay una pequeña diferencia en el tercer cuartil, donde el método sin reglas produce mejores resultados. La mediana de esfuerzo utilizando el método sin reglas es menor que para el método EduBPMN, que significa que el tiempo de trabajo con el método EduBPMN es mayor que con el método sin reglas.



Origen	<i>P-valor</i>	Tamaño efecto
Método	0.001	0.575
Método*Problema	0.405	-
Curso	0.001	0.558
Curso*Método	0.624	-
Género Sujeto	0.053	-
Género Video	0.056	-
Método*Genero Sujeto	0.036	-
Método*Genero Video	0.766	-
Problema*Género Sujeto	0.000	-
Problema*Género Video	0.993	-

Imagen 77(a) Diagrama de caja y bigotes para esfuerzo (b) Salida de prueba de modelo mixto para esfuerzo.

La Imagen 77(b) muestra el *p-valor* para el método para generar alternativas de diseño de IGUs a partir de modelos BPMN es 0.001, que significa que hay diferencias significativas entre los 2 métodos (sin reglas y EduBPMN). Estas diferencias son moderadas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.575. La interacción método*problema no es significativa con un *p-valor* de 0.405, que significa que la combinación de problema y método no influye en el esfuerzo. También identificamos diferencias significativas en la variable moderadora curso con un *p-valor* de 0.001. Estas diferencias son moderadas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.558. El curso 2018/2019 arroja mejores resultados que el curso 2019/2020 comparando promedios.

La Imagen 78(a) muestra diagrama de caja y bigotes que compara el esfuerzo (en minutos) del género del sujeto (sujetos hombres y sujetos mujeres) considerando el método (sin reglas y EduBPMN). Vemos que con el método sin reglas, la mediana independientemente del género es menor que con el método EduBPMN. Con el método EduBPMN los sujetos hombres requieren menos esfuerzo. La Imagen 78(b) muestra el diagrama de caja y bigotes para el esfuerzo que combina el género del sujeto y el género del video. Vemos que cuando el video donde la entrevistadora es mujer, la mediana de los sujetos hombres es menor que la de sujetos mujeres. Cuando el video donde el entrevistador es hombre, los sujetos hombres requieren menos esfuerzo. En general, la mediana de sujetos hombres es ligeramente mejor que la de sujetos mujeres independientemente del género del video. También podemos apreciar que el tiempo necesario para los sujetos que vieron el video de la mujer pasó más tiempo que los sujetos que trabajaron con el video del hombre. El objetivo de nuestra investigación experimental es identificar si el esfuerzo del sujeto con método y considerando el género del sujeto y del video tienen diferencias (*H₀₁*). La Imagen 77(b) El *p-valor* para el género del sujeto es 0.053. El *p-valor* para el género del video es 0,056, por lo que en este caso no hay diferencias significativas entre los géneros. La interacción método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.036, que muestra diferencias entre el género del sujeto usando el método. La interacción método*genero del video tiene un *p-valor* de 0.766, indicando que no hay diferencia significativa. La interacción del problema*género del sujeto es significativa con un *p-valor* de 0,000. Esto significa que cuando los sujetos hombres resuelven el problema 2, obtenemos

el menor esfuerzo. La interacción del problema* género del video no es significativa con un *p-valor* de 0.993.

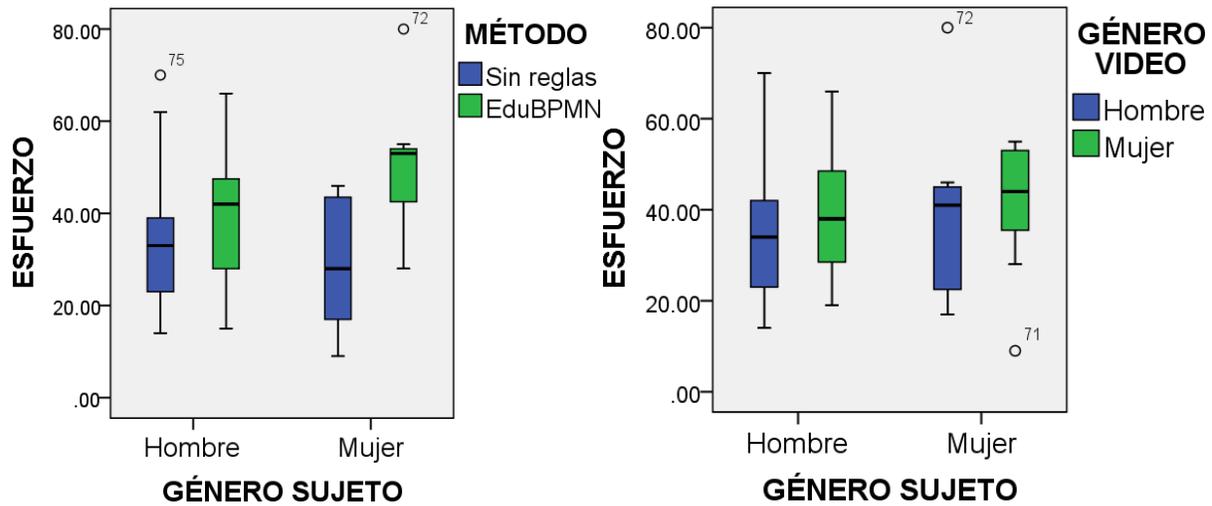


Imagen 78(a) Diagrama de caja y bigotes para el esfuerzo que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para el esfuerzo considerando el género del video.

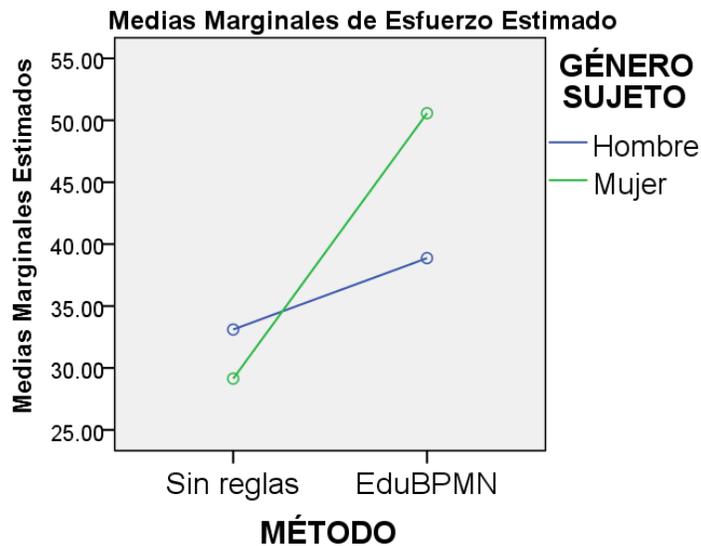


Imagen 79 Diagrama de Perfil del método y el género del sujeto en el esfuerzo.

La Imagen 79 muestra el diagrama de perfil del método y el género del sujeto. En el método sin reglas entre los sujetos no hay diferencias, y en el método EduBPMN existe diferencias significativas.

Llegamos a la conclusión de que podemos rechazar H_0 , ya que existen diferencias significativas entre el esfuerzo que utiliza el método sin reglas y EduBPMN. El esfuerzo con un método sin reglas es menor que con el método EduBPMN. Además el género del sujeto cuando es hombre requiere menos esfuerzo, y en el género del video no existen diferencias significativas.

Exactitud

En esta sección, tratamos la pregunta de investigación RQ'2 y **H02**. *La exactitud de las alternativas de diseño de IGUs generadas con el método sin reglas es similar a la exactitud con el método EduBPMN, y la exactitud es independiente del género del desarrollador y del género quien describe los requisitos.* La Imagen 80(a) muestra el diagrama de caja y bigotes con el porcentaje de exactitud por tratamiento. El primer cuartil es diferente entre tratamientos. La mediana y el tercer cuartil para la exactitud utilizando el método sin reglas es el mismo que para el método EduBPMN, que significa que ambos métodos generan alternativas de diseño de IGUs similares que cumplen con los requisitos. Además, podemos ver que los resultados obtenidos con el método sin reglas están más dispersos que los obtenidos con el método EduBPMN.

Aplicando el modelo mixto para buscar diferencias significativas entre el método sin reglas y el EduBPMN, la Imagen 80(b) muestra un *p-valor* de 0.019, que indica diferencias significativas. Estas diferencias son pequeñas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.462. Podemos afirmar que el método EduBPMN produce una mayor exactitud. La interacción método*problema y la variable moderadora curso no presentan diferencias significativas con *p-valor* 0.424 y 0.913 respectivamente.

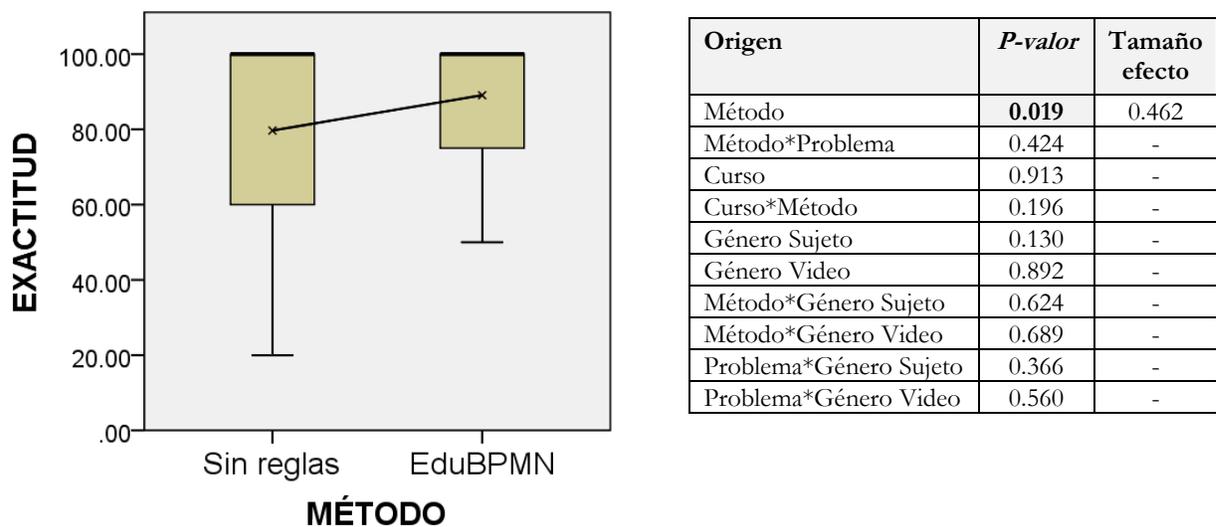


Imagen 80(a) Diagrama de caja y bigotes para exactitud (b) Salida de prueba de modelo mixto para exactitud.

La Imagen 81(a) muestra el diagrama de caja y bigotes que compara la exactitud del género del sujeto (sujetos hombres y sujetos mujeres) considerando el método (sin reglas y EduBPMN). Vemos que con el método sin reglas, la mediana es igual en el género de los sujetos. Cuando el método es EduBPMN, los sujetos que son mujeres tienen una alta exactitud de las alternativas de diseño de IGUs a diferencia de los sujetos que son hombres. La Imagen 81(b) muestra diagrama de caja y bigotes para la exactitud de las alternativas de diseño de IGUs considerando tanto el género del sujeto como el género del video. Observamos que para el video donde la entrevistadora es mujer, la mediana de los sujetos hombres es igual que la de sujetos mujeres, pero los sujetos hombres tienen datos más dispersos. Para el video donde el entrevistado es hombre, la mediana de sujetos mujeres es mayor que la de los sujetos hombres. En general, la mediana de sujetos mujeres es ligeramente mejor que la mediana de los sujetos hombres, independientemente del género de quien está

entrevistado en el video. Esto significa que las alternativas de diseño de IGUs creadas por sujetos mujeres generan más requisitos que los creados por sujetos hombres. También podemos apreciar que los sujetos que vieron el video de un hombre desarrollaron mejores alternativas de diseño de IGUs que los sujetos que vieron el video de una mujer.

El objetivo de nuestra investigación experimental es identificar si la exactitud del sujeto con método y considerando en el diseño de las IGUs es independiente del género del sujeto y del género del video (H_{02}). La Imagen 80(b) muestra que el p -valor para el género del sujeto es 0,130, mientras que para el género del video es 0,892, por lo que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un p -valor de 0.624 y la interacción método*genero del video tiene un p -valor de 0.689, indicando que no hay diferencia significativa. El problema*género del sujeto y las interacciones del problema*género del video no son significativas con un valor p -valor de 0,366 y 0,560 respectivamente.

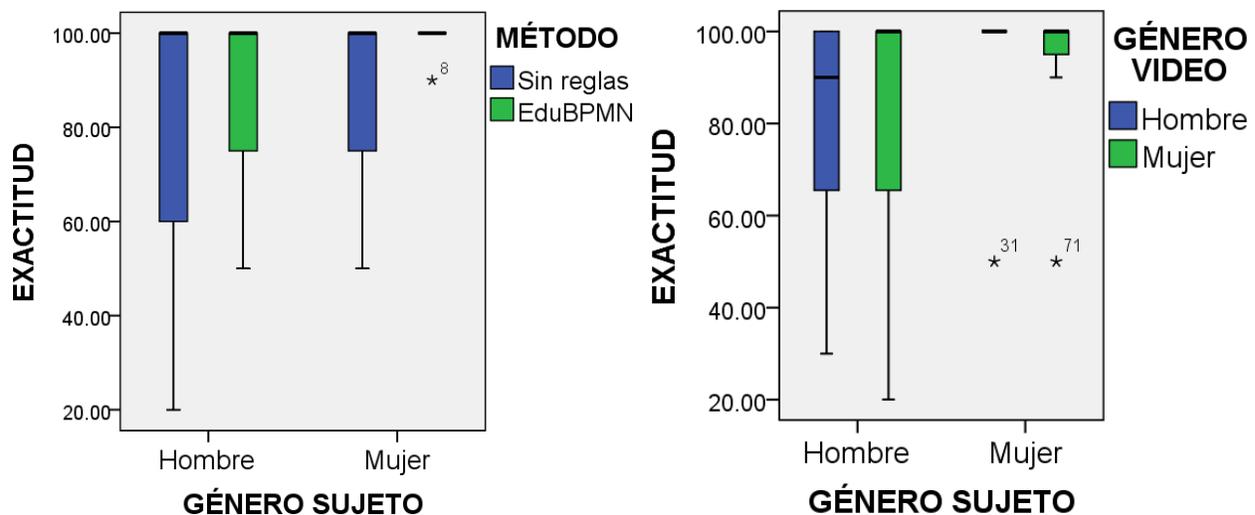


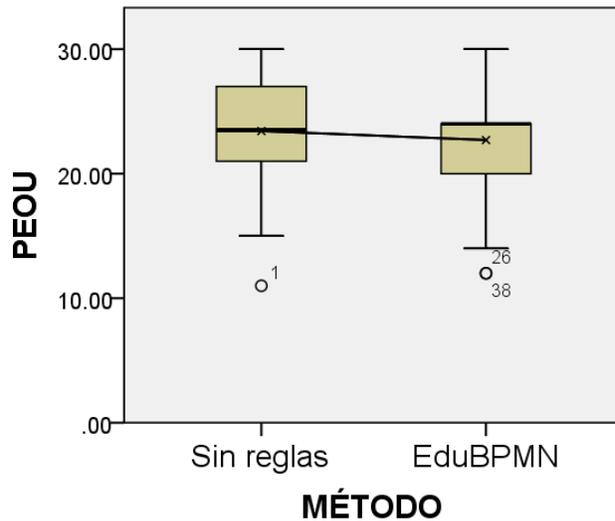
Imagen 81(a) Diagrama de caja y bigotes para la exactitud que compara los sujetos hombres con los sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para exactitud considerando el género del video.

Concluimos que podemos rechazar H_{02} para exactitud, ya que existen diferencias significativas entre la exactitud del método sin reglas y el método EduBPMN, obteniendo el mejor valor el método EduBPMN. Además, no podemos rechazar la hipótesis H_{02} para el género del sujeto ni para el género del video. Por lo tanto, no hay diferencias de género para la exactitud en el diseño de las alternativas de diseño de IGUs.

Satisfacción

En esta sección, tratamos la pregunta de investigación RQ3 y H_{03} . La satisfacción del sujeto para generar alternativas de diseño de IGUs utilizando el método sin reglas es similar a la satisfacción utilizando el método EduBPMN, y la satisfacción es independiente del género del desarrollador y del género quien describe los requisitos. La satisfacción se mide en términos de PEOU, PU e ITU en una escala Likert de 5 puntos (la nota más alta en la escala es la mejor satisfacción). Dado que cada métrica se mide a través de varias

preguntas (6 para PEOU, 8 para PU y 2 para ITU), hemos agregado las preguntas sumando las respuestas por métrica.



Origen	<i>P-valor</i>	Tamaño efecto
Método	0.383	-
Método*Problema	0.803	-
Curso	0.191	-
Curso*Método	0.295	-
Género Sujeto	0.163	-
Género Video	0.964	-
Método*Género Sujeto	0.450	-
Método*Género Video	0.149	-
Problema*Género Sujeto	0.488	-
Problema*Género Video	0.442	-

Imagen 82(a) Diagrama de caja y bigotes para PEOU (b) Salida de prueba de modelo mixto para PEOU.

La Imagen 82(a) muestra diagrama de caja y bigotes que compara PEOU (suma de respuestas de una escala Likert de 5 puntos). La mediana es la misma entre ambos tratamientos, pero hay una diferencia en el primer y tercer cuartil, donde el método sin reglas produce la mejor satisfacción. La Imagen 82(b) muestra que el *p-valor* para el método para generar IGUs a partir de modelos BPMN es 0.383, que indica que no hay diferencias significativas entre el método sin reglas y el método EduBPMN. La interacción método*problema y la variable moderadora curso no son significativos con *p-valor* 0.803 y 0.191 respectivamente.

La Imagen 83(a) muestra un diagrama de caja y bigotes que compara el PEOU del género del sujeto (sujetos hombres y sujetos mujeres) considerando el método (sin reglas y EduBPMN). Vemos que con el método sin reglas, la mediana en los sujetos hombres es mayor que en la de sujetos mujeres. Cuando el método es EduBPMN, los sujetos hombres tienen un alto PEOU a diferencia de los sujetos mujeres. Podemos concluir que los sujetos hombres tienen altos valores en PEOU independientemente del método. La Imagen 83(b) muestra el diagrama de caja y bigotes para PEOU considerando tanto el género del sujeto como el género del video. Observamos que para el video donde la entrevistadora es mujer, la mediana de los sujetos hombres es mayor que la de sujetos mujeres. Para el video donde el entrevistador es hombre, la mediana de sujetos hombres es mayor que la de los sujetos mujeres. En general, la mediana de sujetos hombres es ligeramente mejor que la de sujetos mujeres, independientemente del género del video. Esto significa que PEOU en sujetos hombres han tenido mejores valores que en sujetos mujeres.

El objetivo de nuestra investigación experimental es identificar si el PEOU del sujeto en el método es independiente del género del sujeto y del género del video (**H03**). La Imagen 82 (b) El *p-valor* para el género del sujeto es 0,163 y 0,964 para el género del video, por lo que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.450 y la interacción método*genero del video tiene un *p-valor* de 0.149, indicando que no hay diferencias significativas. El

problema*género del sujeto y las interacciones del problema*género del video no son significativas con un *p-valor* de 0,488 y 0,442 respectivamente.

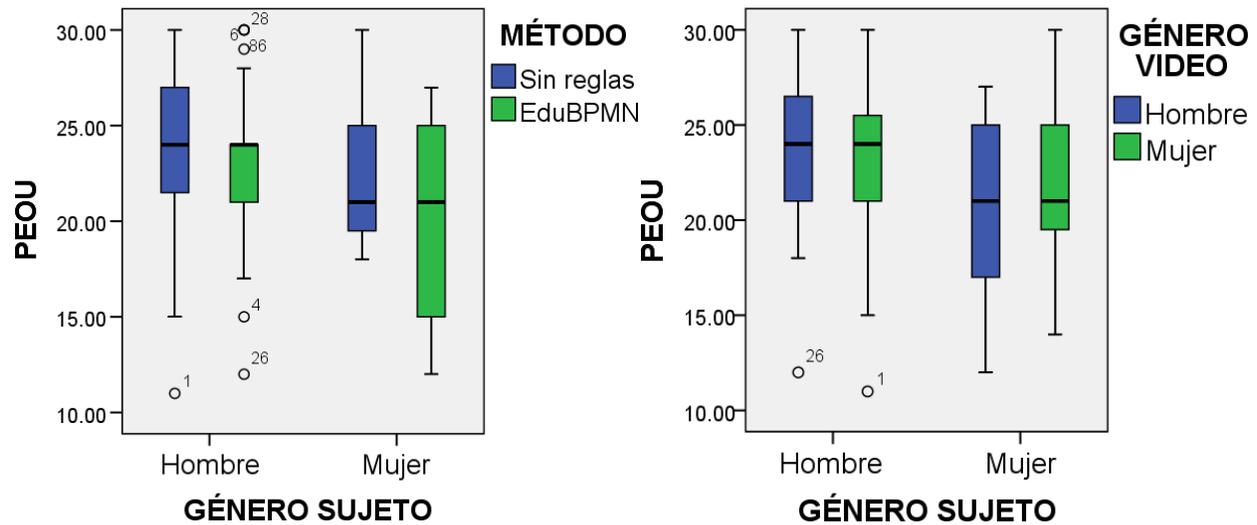
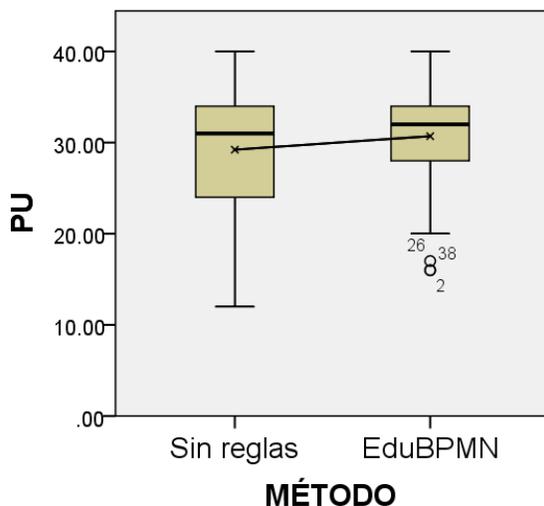


Imagen 83(a) Diagrama de caja y bigotes para PEOU que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para PEOU considerando el género del video.

La Imagen 84(a) muestra el diagrama de caja y bigotes que analiza PU (suma de respuestas de PU en una escala Likert de 5 puntos). El primer cuartil es diferente, mientras que la mediana y el tercer cuartil son similares. La mediana de PU usando el método EduBPMN es ligeramente más alta que usando el método sin reglas, lo que significa una mejor PU para el método EduBPMN.

La Imagen 84(b) muestra que el *p-valor* del método para generar IGUs a partir de modelos BPMN es 0.221, por lo que no hay diferencias significativas entre ambos métodos. La interacción del método*problema y la variable moderadora curso no producen diferencias significativas (*p-valor* de 0.460 y 0.224 respectivamente).



Origen	<i>P-valor</i>	Tamaño efecto
Método	0.221	-
Método*Problema	0.460	-
Curso	0.224	-
Curso*Método	0.273	-
Género Sujeto	0.169	-
Género Video	0.903	-
Método*Género Sujeto	0.890	-
Método*Género Video	0.038	-
Problema*Género Sujeto	0.438	-
Problema*Género Video	0.885	-

Imagen 84(a) Diagrama de caja y bigotes para PU (b) Salida de prueba de modelo mixto para PU.

La Imagen 85(a) muestra el diagrama de caja y bigotes que analiza el PU del género del sujeto (sujetos hombres y sujetos mujeres) considerando el método (sin reglas y EduBPMN). Vemos que

con el método sin reglas, la mediana en los sujetos hombres es mayor que en la de sujetos mujeres. Cuando el método usado es EduBPMN, los sujetos hombres tienen un alto PU a diferencia de los sujetos mujeres. Podemos concluir que los sujetos hombres tienen altos valores en PU independientemente del método. La Imagen 85(b) muestra el diagrama de caja y bigotes para PU considerando tanto el género del sujeto como el género del video. Observamos que para el video donde la entrevistadora es mujer, la mediana de los sujetos hombres es mayor que la de los sujetos mujeres. Para el video donde el entrevistador es hombre, la mediana de sujetos hombre es mayor que la de los sujetos mujeres. En general, la mediana de los sujetos hombres es ligeramente mejor que la de los sujetos mujeres, independientemente del género del video. Esto significa que PU en sujetos hombres tuvieron mejores valores que en sujetos mujeres.

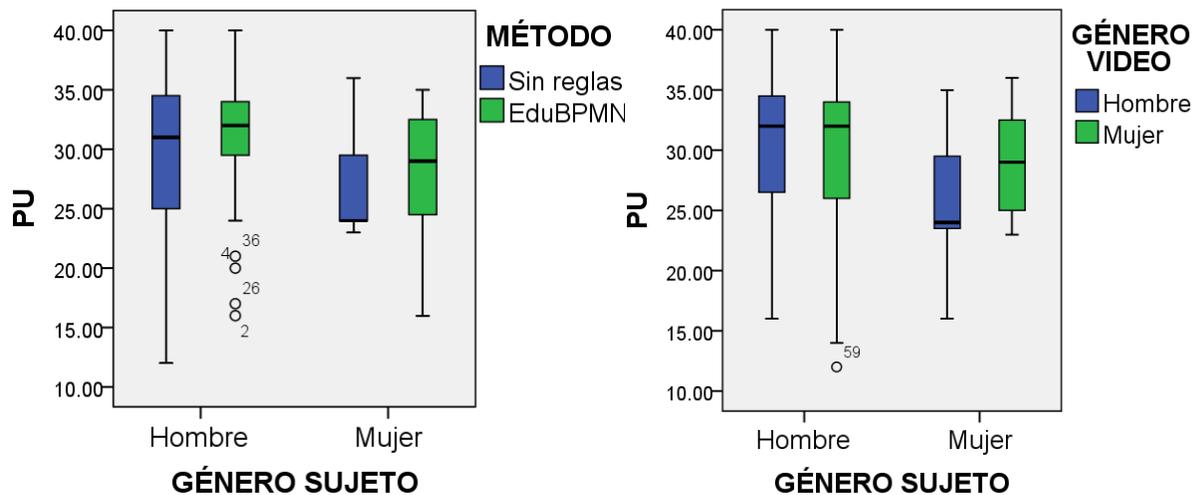


Imagen 85(a) Diagrama de caja y bigotes para PU que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método (b) Diagrama de caja y bigotes para PU considerando el género del video.

El objetivo de nuestra investigación experimental es identificar si el PU de los sujetos con el método es independiente del género del sujeto y del género del video (H_03). La Imagen 84(b) muestra que el p -valor para el género del sujeto es 0,169 y para el género del video es 0,903, por lo que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un p -valor de 0.890 y la interacción método*genero del video tiene un p -valor de 0.038, que muestra diferencias entre el género del video con el método. El problema*género del sujeto y las interacciones del problema*género del video no son significativas con un p -valor de 0,438 y 0,885 respectivamente.

La Imagen 86 muestra el diagrama de Perfil de la Interacción entre el método con el género del video. Vemos que cuando el video muestra una entrevistadora mujer, el método sin reglas obtiene un valor de PU menor. Sin embargo con el método EduBPMN, muestra valores altos en PU. Cuando el video muestra un entrevistador hombre, el método sin reglas muestra valores altos para PU, sin embargo con el método EduBPMN el valor de PU es menor.

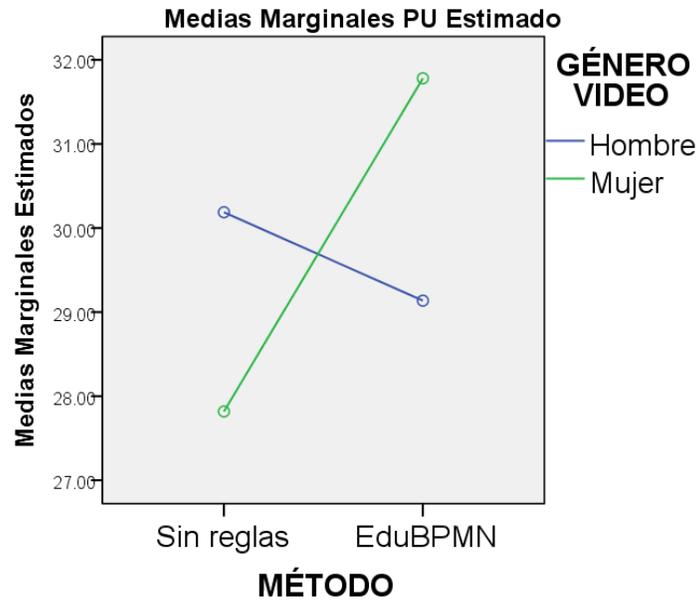
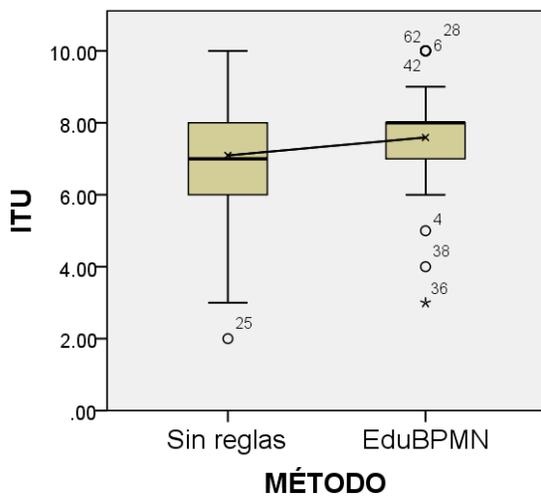


Imagen 86 Diagrama de Perfil entre el método con el género del video en PU

La Imagen 87(a) muestra el diagrama de caja y bigotes para la ITU (suma de respuestas de la ITU en una escala Likert de 5 puntos). Las medianas y los primeros cuartiles son diferentes. El método EduBPMN produce mejores resultados. No apreciamos diferencias en el tercer cuartil. Esto significa que la mayoría de los sujetos tienen la intención de utilizar el método EduBPMN. La Imagen 87(b) muestra que el *p-valor* del método para generar alternativas de diseño de IGUs a partir de modelos BPMN es 0.130, lo que indica que no hay diferencias significativas entre ambos métodos. La interacción del método*problema tiene un *p-valor* de 0.208, lo que indica que no hay diferencias significativas entre el problema y el método. La variable moderadora curso tiene un *p-valor* de 0.014, lo que indica que existe diferencias significativas. Estas diferencias son pequeñas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.474.



Origen	<i>P-valor</i>	Tamaño efecto
Método	0.130	-
Método*Problema	0.208	-
Curso	0.014	0.474
Curso*Método	0.353	-
Género Sujeto	0.550	
Género Video	0.832	
Método*Género Sujeto	0.674	
Método*Genero Video	0.073	
Problema*Género Sujeto	0.715	
Problema*Género Video	0.677	

Imagen 87(a) Diagrama de caja y bigotes para ITU (b) Salida de prueba de modelo mixto para ITU.

La Imagen 88(a) muestra el diagrama de caja y bigotes que analiza el ITU del género del sujeto (sujetos hombres y sujetos mujeres) considerando el método (sin reglas y EduBPMN). Vemos que

con el método sin reglas, la mediana en los sujetos hombres es mayor que en la de los sujetos mujeres. Cuando el método es EduBPMN los sujetos hombres tienen un alto ITU a diferencia de los sujetos mujeres. Podemos concluir que los sujetos hombres tienen altos valores en ITU independientemente del método. La Imagen 88(b) muestra el diagrama de caja y bigotes para ITU, considerando tanto el género del sujeto como el género del video. Observamos que para el video donde la entrevistadora es mujer, la mediana de los sujetos hombres es mayor que la de sujetos mujeres. Para el video donde el entrevistador es hombre, la mediana de sujetos hombre es mayor que la de sujetos mujeres. En general, la mediana de sujetos hombres es ligeramente mejor que la de sujetos mujeres, independientemente del género del video. Esto significa que ITU ha tenido mejores valores en los sujetos hombres que en los sujetos mujeres.

El objetivo de nuestra investigación experimental es identificar si el ITU de los sujetos con el método es independiente del género del sujeto y del género del video (H_{03}). La Imagen 87(b) muestra que el p -valor para el género del sujeto es 0,550 y para el género del video es 0,832, por lo que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un p -valor de 0.674 y la interacción método*género del video tiene un p -valor de 0.073, indicando que no hay diferencias entre el género del video con el método. El problema*género del sujeto y las interacciones del problema*género del video no son significativas con un valor p -valor de 0,715 y 0,677 respectivamente.

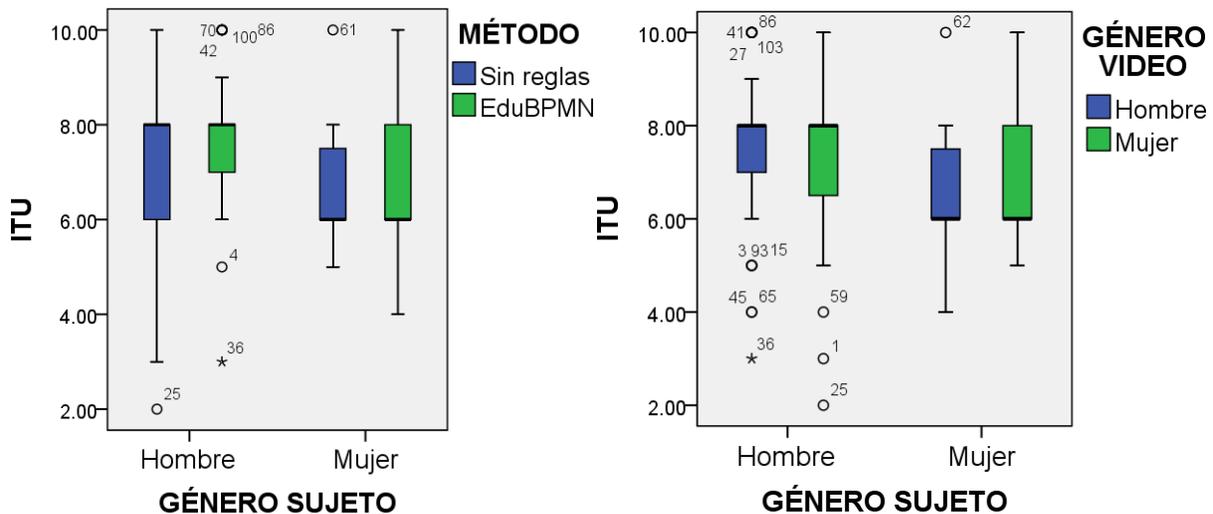


Imagen 88(a) Diagrama de caja y bigotes para ITU que compara los sujetos hombres con sujetos mujeres considerando el método. (b) Diagrama de caja y bigotes para ITU considerando el género del video.

Concluimos que H_{03} se rechaza solo en términos de ITU. El método EduBPMN se percibe con más intención de usar por los sujetos que el método sin reglas. Se debe tener en cuenta que la dificultad de trabajar con estereotipos es grande, pero con el entrenamiento la dificultad tiende a mitigarse.

Discusión

Esta sección revisa todos los resultados de la familia de experimentos. Discutimos los resultados para cada variable respuesta. Los resultados muestran que el **esfuerzo** para trabajar con el método sin reglas es significativamente mayor que el esfuerzo para trabajar con el método EduBPMN,

aunque el tamaño del efecto es moderado. Este resultado tiene sentido ya que trabajar con demasiados elementos conceptuales (es decir, elementos de BPMN y nuestros estereotipos) requiere más tiempo que trabajar con un conjunto más pequeño de elementos conceptuales (solo elementos BPMN). Se debe tener en cuenta que el método EduBPMN requiere que todos los elementos se especifiquen sin errores y con todos los detalles; de lo contrario, las reglas de transformación automática de BPMN a IGUs no se pueden aplicar. Este modelado de alta exactitud necesita un tiempo mayor que el tiempo para dibujar un modelo BPMN simple que no contenga toda la información requerida para derivar IGUs (como en el método sin reglas).

Para extraer conclusiones de estos resultados, también debemos considerar que los sujetos no eran expertos en trabajar con el método EduBPMN. Habían realizado una pequeña tarea de modelado como entrenamiento previo a la tarea experimental, y un examen de entrada, pero no un sistema de software completo. Los sujetos ya están acostumbrados a trabajar con modelos conceptuales como el BPMN simple pero no con extensiones basadas en estereotipos; el 19% de los sujetos tienen un conocimiento medio y alto en modelos BPMN, el 68% tiene un conocimiento medio y alto en UML diagrama de clases, y el 65% tiene un conocimiento medio y alto en IGUs. Teniendo en cuenta estas diferencias en el contexto de cada método, habríamos esperado más diferencias en el tiempo dedicado a cada método. Tal vez, si hubiéramos reclutado sujetos con una amplia experiencia en el uso de los estereotipos BPMN, los resultados para el esfuerzo habrían sido mejores para el método EduBPMN.

Los resultados relacionados con el esfuerzo muestran que existen diferencias significativas entre el método y el género de los sujetos; los sujetos hombres requerían menos esfuerzo que la de sujetos mujeres. Esto significa que la mayoría de los sujetos mujeres dedicaron más tiempo a especificar los modelos y diseñar las IGUs, y vieron el video con la descripción de los requisitos más veces que los sujetos hombres. Este resultado es similar al trabajo realizado por Nguyen-Duc et al. [79]. Según Nguyen-Duc et al, en general, las mujeres son más activas en la ingeniería de requisitos e intentan ser más precisas cuando obtienen requisitos. Esto justificaría que las mujeres vieran los videos varias veces solo para ser más precisas al especificar los requisitos. Es importante destacar que nuestro cuestionario demográfico reveló que los sujetos hombres tienen más experiencia con modelos BPMN, lo que reduce el esfuerzo en la construcción de modelos BPMN. A pesar de que no existen diferencias significativas, el video donde el entrevistador es hombre provoca mejores valores de esfuerzo para los sujetos hombres de acuerdo con los datos descriptivos de la Imagen 78(b). Schina et al. [80] describió que las mujeres son más emocionales y entusiastas, mientras que los hombres se centran más en un objetivo específico. Dado que nuestra investigación involucra videos de sujetos hombres y mujeres que presentan información equivalente para especificar requisitos, es relevante investigar hasta qué punto los sujetos hombres y mujeres pueden proporcionar la misma información pero con diferentes niveles de abstracción y granularidad. Las diferencias significativas en el problema*género de los sujetos pueden deberse al hecho de que el problema 1 tiene más secciones (tres) que el problema 2 (dos). Sin embargo, los 2 problemas tienen similar complejidad.

Los resultados muestran que la *exactitud* con el método EduBPMN es significativamente mejor que con el método sin reglas. Este resultado significa que, aunque los sujetos requieren más esfuerzo

para construir modelos estereotipados, la exactitud es mejor que con uno no estereotipado. Esto relaciona las conclusiones de esfuerzo y exactitud: un mayor esfuerzo implica una mejor precisión. Se debe resaltar que con un breve entrenamiento, los sujetos fueron capaces de construir alternativas de diseño de IGUs más precisas a través del método EduBPMN. Si replicamos el experimento con expertos en el uso de estereotipos, quizás el efecto entre tratamientos podría ser mayor.

Los resultados para exactitud no proporcionan una diferencia significativa entre el género de los sujetos. Los datos recopilados evidencian que los sujetos mujeres especificaron modelos de IGUs con un alto nivel de exactitud. Esto está alineado con los resultados de la exactitud del modelo BPMN. Un modelo BPMN más preciso para obtener los requisitos conduce a un diseño de IGUs más preciso. Estos resultados están alineados con el trabajo de Huang et al. [81], afirmando que las mujeres obtienen mejores resultados en diseño visual (como el diseño de IGUs).

Es importante tener en cuenta el porcentaje de sujetos mujeres que participaron en este experimento es de 12,96%. Esto puede explicarse por el hecho de que el número de mujeres estudiantes es considerablemente más bajo que el de hombres en las carreras de informática. Este problema también aparece en varios trabajos, como de Ridley et al. [82] Fernandez-Sanz et al. [83], Schina et al. [80] o Tiwari et al. [84]. Estas muestras desequilibradas implican que pequeñas variaciones en los datos de las mujeres tienen más impacto en los resultados que en el caso de los hombres.

Al analizar en detalle los resultados de cada problema, vemos que en el Problema experimental 1, los sujetos mujeres obtienen la mayor exactitud independientemente del género del video. En general, los sujetos hombres obtienen la exactitud más baja en la sección 3 del problema, ya que utilizaron otros componentes gráficos diferentes de la solución de los experimentadores. Vemos que en el Problema experimental 2, la combinación de los sujetos hombre con el video donde el entrevistador es hombre obtiene una mejor exactitud de las IGUs que para los sujetos mujeres. Esto podría explicarse por la escasa cantidad de secciones, lo que facilita su interpretación.

Los resultados de la exactitud de las IGUs para el género del video no muestran diferencias significativas. El video donde el entrevistador es hombre obtiene una mayor exactitud en el diseño de las IGUs, que cumple con el resultado de exactitud en el modelo BPMN. Los modelos con más exactitud también involucran diseños de IGUs con más precisión.

En cuanto a la **satisfacción**, solo la ITU presenta mejores resultados entre los métodos en los datos descriptivos. Esto significa que aunque el método EduBPMN requiere más esfuerzo, a los sujetos les gustaría usar este método en el futuro en lugar del método sin reglas. Es curioso que los sujetos no apreciaron las diferencias en la utilidad percibida de ambos métodos, consideran que ambos son útiles. El método sin reglas se considera más fácil de usar, tal vez porque este es el método que todos los sujetos conocían anteriormente.

La exactitud se midió comparando la solución de las IGUs de los experimentadores frente a las alternativas de diseño de IGUs generadas por cada sujeto. Esto significa que estamos enfocando nuestra validación solo en las alternativas de diseño de IGUs finales, ignorando la exactitud en la construcción de los modelos BPMN. Es probable que los sujetos que trabajan con el método sin reglas se centren solo en dibujar buenas IGUs, reduciendo la calidad de sus modelos BPMN. Esto

llevaría a obtener menos esfuerzo en el proceso de desarrollo (los modelos BPMN se harían rápidamente) y una mayor exactitud en las alternativas de diseño de IGUs (aunque la exactitud en el modelo BPMN sería deficiente). Los modelos precisos de BPMN son importantes ya que llevan información sobre el comportamiento del sistema, no solo sus IGUs, y como tales son importantes para desarrollar y documentar el sistema. Se debe considerar que el método EduBPMN se basa en la creación de modelos BPMN que modelan con exactitud y precisión todos los requisitos del sistema. Entonces, el BPMN es esencial en el uso del método EduBPMN. Para tener en cuenta la exactitud de los modelos BPMN, vamos a repetir el análisis de datos solo con sujetos cuyos modelos BPMN se especificaron correctamente en ambos métodos. Para este objetivo, hemos comparado la solución del experimentador de los modelos BPMN versus la solución del modelo BPMN de cada sujeto. Como resultado, hemos eliminado sujetos cuya exactitud en los modelos BPMN estaba por debajo de un umbral. Primero, vamos a analizar los datos de sujetos cuya exactitud de los modelos BPMN utilizados en ambos tratamientos fue superior al 75%. En segundo lugar, repetimos el análisis de datos solo con sujetos cuya exactitud de los modelos BPMN fue del 100%.

9.1.5 Filtro de 75% de la exactitud en la construcción del modelo BPMN

Considerando solo los sujetos cuya exactitud en la construcción de modelos BPMN en ambos tratamientos es superior al 75%, reducimos el tamaño de la muestra de 54 sujetos a 30 sujetos. Después de este filtrado, el análisis del esfuerzo arroja un *p-valor* del método de 0.012 y un tamaño del efecto de 0.551, por lo que existen diferencias significativas con un efecto moderado, pero hay una reducción del efecto con respecto al tamaño de la muestra antes del filtrado (0.575). Esto significa que las diferencias de esfuerzo entre tratamientos se reducen cuando la exactitud en los modelos BPMN es similar. La interacción método*problema tiene un *p-valor* de 0.478, por lo que no hay diferencias significativas. El curso tiene un *p-valor* de 0.010 que indica que hay diferencias significativas, estas diferencias son moderadas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.616. El curso 2018/2019 arroja mejores resultados. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.072 y 0.759 para género del video, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción del método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.882 y un 0.480 la interacción del método*género del video, indicando que no hay diferencias significativas. Vemos en la Imagen 89(a) cómo las diferencias entre las medianas se reducen considerablemente con respecto a la Imagen 77(a), donde no se aplicó ningún filtro sobre la exactitud de los modelos BPMN. La exactitud en las alternativas de diseño de IGUs produce un *p-valor* para el método de 0.005 y un tamaño de efecto de 0.792, mayor que el obtenido antes del filtrado (0.462). Esto significa que las diferencias de exactitud en las alternativas de diseño de IGUs cuando los modelos BPMN son precisos son más evidentes, obteniendo el método EduBPMN un mejor resultado. Para la interacción método*problema y curso tenemos un *p-valor* de 0.628 y 0.934 respectivamente, por lo que no hay diferencias significativas. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.967 y 0.786 para género del video, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción del método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.918 y un 0.479 la interacción del método*género del video, indicando que no hay diferencias significativas. Vemos en la Imagen 89(b) que después del filtrado, la exactitud de las alternativas de diseño de IGUs de todos los sujetos que utilizan el método EduBPMN es cercana al 100%.

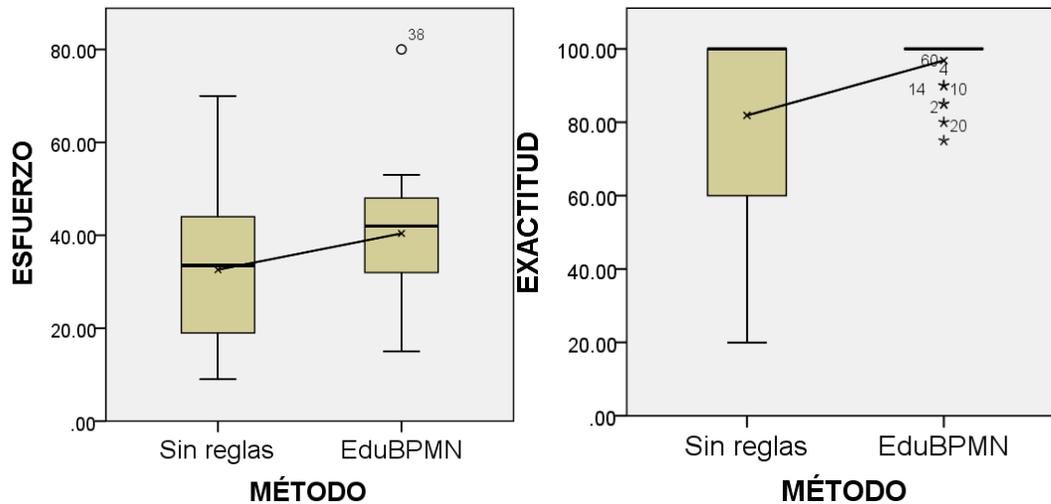


Imagen 89(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el esfuerzo en un 75% de la exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de exactitud en un 75% de la exactitud del modelo BPMN.

El *p-valor* del método en PEOU es 0.453, por lo que no hay diferencias significativas entre el método sin reglas y EduBPMN. La interacción método*problema y el curso arrojan un *p-valor* de 0.576 y 0.084 respectivamente, lo que significa que no hay diferencias significativas. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.371 y 0.877 para el género del video, lo que indica que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.780 y 0.369 en la interacción de método*género del video, indicando que no hay diferencias significativas. Vemos en la Imagen 90(a) que no hay muchas diferencias entre el uso de todos los sujetos o la aplicación del filtro del 75% en la exactitud del modelo BPMN. El *p-valor* del método en PU es 0.554, para método*problema es 0.750 y para curso es 0.026, estas diferencias son moderadas de acuerdo con el tamaño del efecto de 0.648. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.816 y 0.917 para género del video, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción del método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.935 y 0.510 la interacción método*género del video, indicando que no hay diferencias significativas. Por lo tanto, no encontramos ninguna diferencia significativa entre los tratamientos. En la Imagen 90(b) vemos que las diferencias entre el análisis de todos los sujetos (Imagen 84(a)) o el filtrado por 75% de exactitud en el modelo BPMN no tienen diferencias importantes. El *p-valor* del método en ITU es 0.093, lo que muestra que no hay diferencia significativa. La interacción del método*problema tiene un *p-valor* de 0.951, lo que no muestra diferencias significativas. El curso tiene un *p-valor* de 0.000 con un tamaño de efecto de 1.03 (grande), por lo que el curso 2019/2020 arroja resultados significativamente mejores para la ITU. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.231 y 0.431 para el género del video, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción del método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.347 y en la interacción método*género del video de 0.458, indicando que no hay diferencias significativas. La Tabla 18 muestra el resumen de los *p-valores* del esfuerzo, exactitud, PEOU, PU e ITU filtrando el 75% de la exactitud del modelo BPMN.

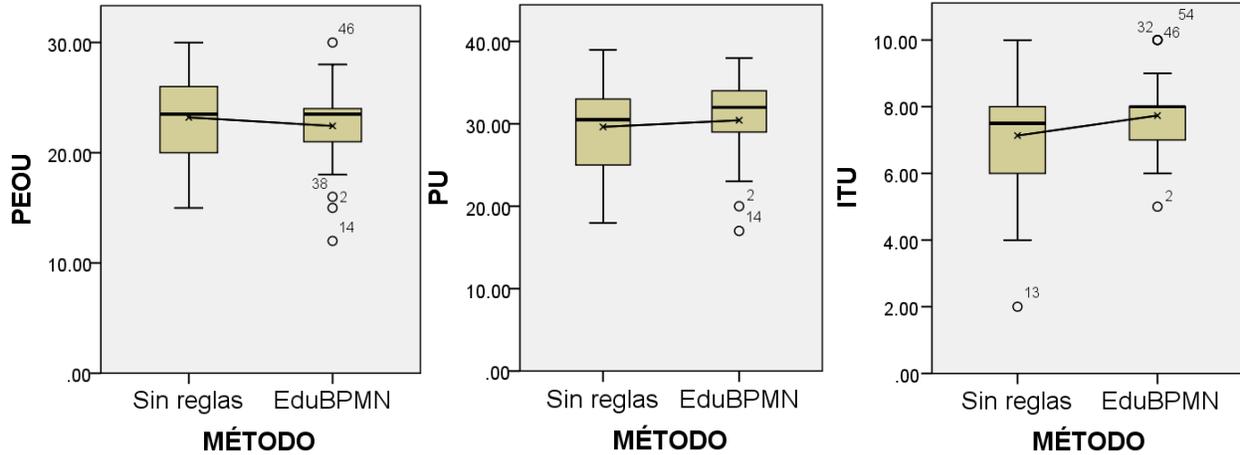


Imagen 90(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el PEOU en un 75% de la exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de PU en un 75% de la exactitud del modelo BPMN (c) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de ITU en un 75% de la exactitud del modelo BPMN.

Tabla 18 Resumen de los P-valores de Esfuerzo, Exactitud, PEOU, PU, ITU filtrando el 75% de la exactitud del modelo BPMN.

	Esfuerzo		Exactitud		PEOU		PU		ITU	
Origen	<i>P-valor</i>	Tamaño efecto								
Método	0.012	0.551	0.005	0.792	0.453	-	0.554	-	0.093	-
Método*Problema	0.478	-	0.628	-	0.576	-	0.750	-	0.951	-
Curso	0.010	0.616	0.934	-	0.084	-	0.026	0.648	0.000	1.03
Género Sujeto	0.072	-	0.967	-	0.371	-	0.816	-	0.231	-
Género Video	0.759	-	0.786	-	0.877	-	0.917	-	0.431	-
Método*Género Sujeto	0.882	-	0.918	-	0.780	-	0.935	-	0.347	-
Método*Género Video	0.480	-	0.479	-	0.369	-	0.510	-	0.458	-

Como conclusión, después de filtrar los sujetos cuya exactitud del modelo BPMN es superior al 75% en ambos tratamientos, afirmamos que las diferencias en el esfuerzo se reducen, mientras que las diferencias en la exactitud de las alternativas de diseño de IGUs son más evidentes. Esto significa que cuando los modelos BPMN se realizan correctamente con ambos métodos, el tiempo dedicado al desarrollo es similar, pero el método EduBPMN implica una mayor exactitud en las IGUs generadas.

9.1.6 Filtro de 100% de la exactitud en la construcción del modelo BPMN.

Después del filtrado del 75% en la exactitud del modelo BPMN, hemos reducido el poder estadístico, pero nos gustaría analizar si estas tendencias se mantienen cuando los modelos BPMN son aún más precisos. Para este objetivo, a continuación, aplicamos un nuevo filtro considerando solo sujetos cuya exactitud en los modelos BPMN de ambos tratamientos es del 100%. De esta manera, reducimos el tamaño de la muestra de 54 sujetos a 23 sujetos. Después de este filtrado, las

diferencias en el esfuerzo son significativas con un p -valor de 0.034 y un tamaño de efecto de 0.544 (menor que con el filtro de 75%, que fue 0.551). Este resultado refuerza la idea de que cuando los modelos BPMN son precisos, las diferencias en el esfuerzo tienden a disminuir. La interacción del método*problema tiene un p -valor de 0.543, por lo que no hay diferencias significativas. El curso tiene un p -valor de 0.036 y un tamaño de efecto de 0.657, el curso 2018/2019 produce mejores resultados. El p -valor para el género del sujeto es 0.111 y 0.456 para el género del video, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción del método*género sujeto tiene un p -valor de 0.000, la interacción del método*género del video tiene un p -valor de 0.597 indicando que no hay diferencias significativas. Vemos en la Imagen 91(a) que las diferencias entre los tratamientos son similares al filtrado del 75% de exactitud en los modelos BPMN (Imagen 89(a)). Con respecto a la exactitud en las alternativas de diseño de IGUs, el p -valor para el método es 0.001, esto significa que hay diferencias significativas. La interacción método*problema y curso no son significativos con un p -valor de 0.527 y 0.885 respectivamente. El p -valor para el género del sujeto es 0.767 y para el género del video es 0.958, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción del método*género del sujeto tiene un p -valor de 0.000. La interacción del método*género del video tiene un p -valor de 0.436 indicando que no hay diferencias significativas. Vemos en la Imagen 91(b) que el método EduBPMN produce mejores resultados, esto significa que cuando los modelos se construyen correctamente, obtenemos alternativas de diseño de IGUs que satisfacen los requisitos.

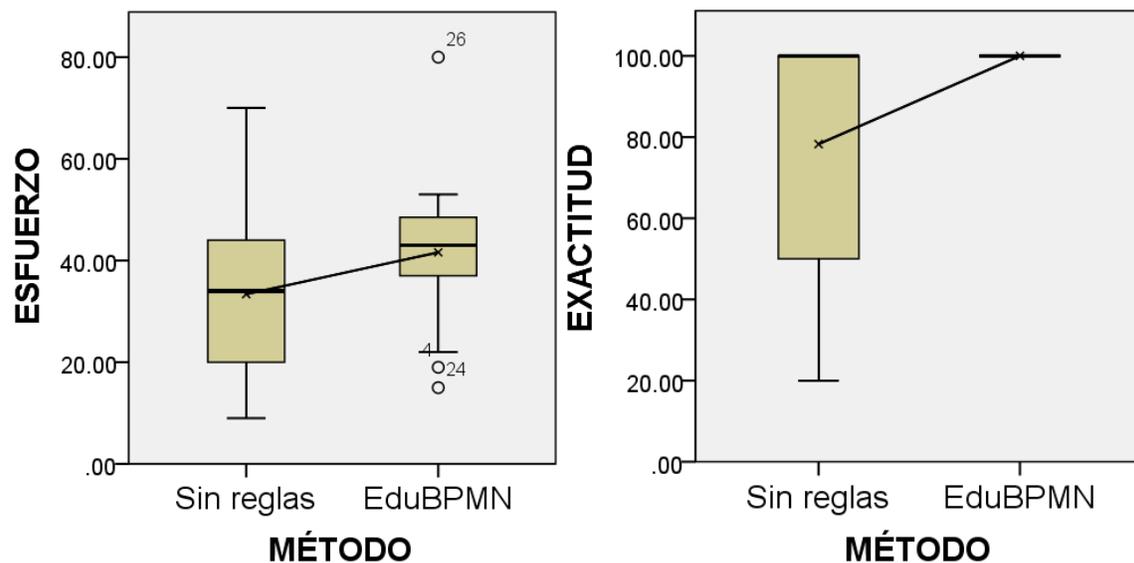


Imagen 91(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el esfuerzo en un 100% de exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos filtrando la exactitud en un 100% de exactitud del modelo BPMN.

En la Imagen 91(b) en el método EduBPMN, tenemos un 100% de exactitud en las IGUs. Esto se debe a que, según el paradigma MDD, el modelo es el código en el método EduBPMN (las alternativas de diseño de IGUs se generan automáticamente a partir de modelos BPMN). Entonces, si el modelo BPMN es perfecto (100% de exactitud en el modelo BPMN), las alternativas de diseño de IGUs también es perfecta (100% de exactitud en las alternativas de diseño de IGUs). Esta relación no aparece en el método sin reglas, ya que el modelo es solo una

documentación y la generación de IGUs se realiza manualmente, que implica posibles errores en esta transformación, lo que reduce la exactitud de las alternativas de diseño de IGUs.

En PEOU, el *p-valor* para el método es 0.543, para la interacción del método*problema es 0.828 y para el curso es 0.976. Entonces, no hay diferencias significativas. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.655 y para el género del video es 0.562, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.000, y la interacción método*género del video tiene un *p-valor* de 0.444, indicando que no hay diferencia significativa. Además, la Imagen 92(a) es similar a la Imagen 90(a), por lo que no hay diferencias entre el filtrado en un 75% y en un 100%. Este patrón es el mismo para PU, donde el *p-valor* para el método es 0.632, para la interacción método*problema es 0.543, y para el curso es 0.634. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.166 y para el género del video es 0.439, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.000, y la interacción método*género del video tiene un *p-valor* de 0.317, indicando que no hay diferencias significativas. Las diferencias significativas que tuvimos para la ITU en el filtrado del 75% de exactitud en el modelo BPMN desaparecen si filtramos en un 100%. El *p-valor* para el método es 0.461, para la interacción método*problema es 0.939 y para el curso es 0.035 y un tamaño de efecto grande de 0.840. El *p-valor* para el género del sujeto es 0.605 y para el género del video 0.696, indicando que no hay diferencias significativas. La interacción método*género del sujeto tiene un *p-valor* de 0.000. La interacción método*género del video tiene un *p-valor* de 0.240, indicando que no hay diferencias significativas.

Sin embargo, si comparamos los diagramas de caja y bigotes de ambos filtros Imagen 92(c) y la Imagen 90(c)), vemos que cuando filtramos por el 100% de exactitud en el modelo BPMN, los valores se concentran más alrededor de las medianas. Por lo tanto, los sujetos tienen la intención de utilizar ambos métodos indistintamente. La Tabla 19 muestra el resumen de los *p-valores* del esfuerzo, exactitud, PEOU, PU e ITU filtrando el 100% de la exactitud del modelo BPMN.

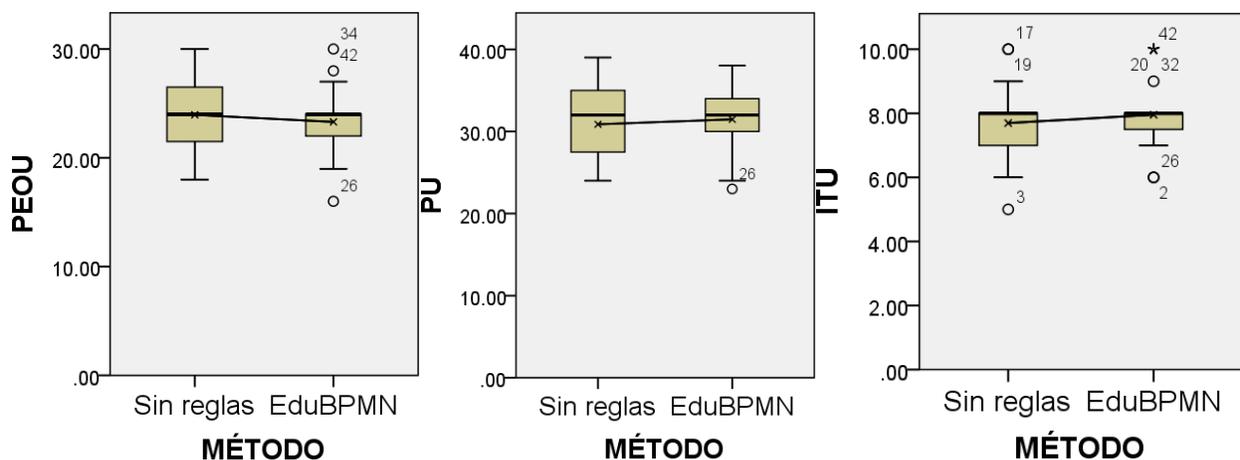


Imagen 92(a) Diagrama de caja y bigotes para los sujetos filtrando el PEOU en un 100% de la exactitud del modelo BPMN (b) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de PU en un 100% de la exactitud del modelo BPMN (c) Diagrama de caja y bigotes para sujetos de filtrado de ITU en un 100% de la exactitud del modelo BPMN.

Tabla 19 Resumen de los P-valores de Esfuerzo, Exactitud, PEOU, PU, ITU filtrando el 100% de la exactitud del modelo BPMN.

Origen	Esfuerzo		Exactitud		PEOU		PU		ITU	
	<i>P-valor</i>	Tamaño efecto								
Método	0.034	0.544	0.001	-	0.543	-	0.632	-	0.461	-
Método*Problema	0.543	-	0.527	-	0.828	-	0.543	-	0.939	-
Curso	0.036	0.657	0.885	-	0.976	-	0.634	-	0.035	0.840
Género Sujeto	0.111	-	0.767	-	0.655	-	0.166	-	0.605	-
Género Video	0.456	-	0.958	-	0.562	-	0.439	-	0.696	-
Método*Género Sujeto	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-
Método*Género Video	0.597	-	0.436	-	0.444	-	0.317	-	0.240	-

Como conclusión, no podemos afirmar que si solo analizamos modelos BPMN perfectos, las diferencias en ambos métodos son significativamente más importantes para la exactitud. Se debe considerar también que el filtrado implica una reducción de poder estadístico que puede llevarnos a evitar rechazar hipótesis nulas debido a pocos sujetos.

Capítulo 10

Conclusiones y Trabajos Futuros

Este capítulo aborda las conclusiones obtenidas en este trabajo de investigación. El objetivo principal de la tesis es obtener un método basado en reglas de transformación para generar interfaces gráficas de usuario a partir de modelos de procesos de negocio (BPMN). La propuesta está especialmente enfocada en MDD realizando transformaciones de modelos a código. Primero se debe complementar un método BPMN con el diagrama de clases UML, además de extender el modelo BPMN a través de estereotipos. Este modelo extendido se puede desarrollar en Visual Paradigm v .15.0. Luego a través de un compilador de modelos es posible importar el modelo extendido en formato XML para finalmente generar alternativas de diseño de IGUs en HTML5 no funcionales. El método propuesto se ha llamado EduBPMN. A continuación se dará respuesta a los objetivos planteados en el Capítulo 2, Sección 2.1.

10.1 Contribuciones

Esta tesis presenta las siguientes contribuciones que surgen directamente de los principales objetivos de la Tesis.

- **RQ1:** ¿Es posible generar interfaces gráficas de usuario a partir de un modelo BPMN?

El modelo BPMN es un estándar que permite describir gráficamente los procesos empresariales desarrollado por la OMG. Este modelo permite visualizar las actividades de las organizaciones pero no permite capturar el comportamiento funcional del sistema y la persistencia de datos. La contribución de este trabajo es la definición del método EduBPMN que permite extender el modelo BPMN complementado con el diagrama de clases UML que contiene la persistencia de datos a través de un conjunto de reglas de transformación extraídas del análisis de 5 patrones BPMN en 14 proyectos BPMN, donde cada regla de transformación tiene una alternativa de diseño de IGUs. Se ha definido un estereotipo para cada IGU, donde estos estereotipos permiten extender el modelo BPMN.

- **RQ1.1:** ¿Qué reglas de transformación pueden generar alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN?

En el Capítulo 5, Sección 5.3 se definen las reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs, hemos definido 14 reglas de transformación. Éstas se encuentran distribuidas en los 5 patrones BPMN analizados. Las reglas R0 y R1 aplican en los 5 patrones. Las reglas R2, R3 y R4 aplican en el patrón de secuencia, dando como resultado alternativas de diseño como formularios, wizard, tabbed dialog, group box, report y data grid. Las reglas R5, R6, R7 y R8 aplican en el patrón de decisión exclusiva, dando como resultado alternativas de diseño como formularios, label, radio button, push button, report y data grid. Las reglas R9 y R10 aplican en el patrón de sincronización, dando como resultado alternativas de diseño como formulario, wizard, tabbed dialog box y group box. Las reglas R11 y R12 aplican en el patrón de decisión implícita, dando como resultado alternativas de diseño como hyperlink, menú bar, timer y message box. La regla R13 aplica en el patrón de estructura de unión sincronizada, dando como resultados alternativas de diseño como combo box e hyperlink.

- **RQ1.2:** ¿Qué estereotipos harían falta en BPMN para generar interfaces gráficas de usuario?

En el Capítulo 5, Sección 5.4 se definen los estereotipos para cada componente gráfico. Cada estereotipo genera un componente gráfico. Los estereotipos se han definido de acuerdo a patrones BPMN y de los atributos del diagrama de clases UML que podemos extraer los campos del formulario. Hemos definido 19 estereotipos en total. Para los campos de entrada que aceptan cualquier tipo de cadena texto, usamos el estereotipo << T >> para generar un text box, para los campos de entrada que son una lista cerrada donde el usuario debe seleccionar un elemento, usamos el estereotipo << C >> para generar un combo box o << R >> para generar un radio button. Para los campos de entrada que representan un valor booleano, usamos el estereotipo << L >> para generar un List box o << CH >> para generar un check box., estos estereotipos son aplicados en los atributos del diagrama de clases. Para una tarea de tipo usuario usamos el estereotipo << U >> para generar un formulario. Para un conjunto de tareas de tipo usuario o con la compuerta paralela usamos el estereotipo << RW >> para generar un wizard, << RT >> para generar un tabbed dialog box, << RG >> para generar un group box. Para la tarea de tipo servicio usamos el estereotipo << SR >> para generar un report o << SD >> para generar un data grid. Para la compuerta exclusiva usamos el estereotipo << EDL >> para generar un radio button, o << EDB >> para generar un push button. Para el evento tipo simple usamos el estereotipo << ES >> para generar un hyperlink, o << EB >> para generar un menu bar. Para el evento tipo temporizador usamos el estereotipo << ETT >> para generar un Timer, o << ETC >> para generar un message box. Para la compuerta inclusiva usamos el estereotipo << EIC >> para generar un combo box o << EIH >> para generar un hyperlink.

- **RQ1.3:** ¿De todas las posibles alternativas de diseño de interfaces gráficas de usuario, cuáles mejoran la usabilidad de las interfaces?

En el Capítulo 7, Sección 7.1 se definen las recomendaciones de usabilidad. Cada regla de transformación cuenta con un conjunto de alternativas de diseño de IGUs. Para cada componente gráfico se propone una recomendación de usabilidad a la hora de diseñar IGUs de acuerdo a un contexto específico. Hemos definido 28 recomendaciones de usabilidad.

- **RQ2:** ¿Qué impacto produce el método EduBPMN en la generación de interfaces gráficas de usuario?

En el Capítulo 8 se realizó el experimento para validar las reglas de transformación y sus recomendaciones de usabilidad acerca de las reglas de transformación para generar alternativas de diseño de IGUs y de las recomendaciones de usabilidad en una familia de experimentos con 2 réplicas. En el Capítulo 9 se realizó el experimento para validar EduBPMN para comparar el método EduBPMN con un método sin reglas en una familia de experimentos con 2 réplicas.

- **RQ2.1** ¿Cuál es el impacto de las reglas de transformación?

En el Capítulo 8 se validaron las reglas R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 y R8. Vemos que las reglas R0, R1, R4, R5 y R6 muestran mejores valores, los sujetos consideran que estas reglas son más intuitivas. Las reglas R2, R3, R7 y R8 muestran peores valores. Cabe resaltar que los sujetos también utilizaron otras alternativas de diseño de IGUs que nosotros no hemos propuesto por lo que serán consideradas para futuras reglas de transformación.

- **RQ2.2** ¿Cuál es el impacto de la aplicación del método EduBPMN en un contexto académico?

En el Capítulo 9 se compara el método EduBPMN con un método sin reglas. Esta es una de las principales contribuciones de tesis y consiste en un experimento que fue desarrollado con estudiantes de la Universidad de Valencia. Este experimento tiene 3 variables: esfuerzo, exactitud y satisfacción. Vemos que existe diferencia significativa en el esfuerzo, teniendo mejores resultados el método sin reglas. Esto se podría justificar por el hecho de que los sujetos requieren más esfuerzo con el método EduBPMN. Además, existen diferencias significativas con la variable exactitud, lo que indica que el método EduBPMN obtiene mejores resultados. Con la variable satisfacción en la intención de uso vemos que el método EduBPMN obtiene mejores resultados. Podemos afirmar que el método EduBPMN obtiene mejores resultados en comparación con el método sin reglas en un contexto académico.

- **RQ2.3** ¿Cuál es el impacto de las recomendaciones de usabilidad?

En el Capítulo 8 se validaron 14 de 28 recomendaciones de usabilidad definidas en el Capítulo 7, los sujetos rellenaron un cuestionario con 14 preguntas, donde tuvieron que elegir alternativas de diseño de IGUs a partir de un contexto de uso recomendado para la alternativa de diseño en cada pregunta. Las preguntas y sus alternativas de diseño de IGUs con mejores valores son las preguntas 2-report, 4-data grid, 5-list box, 7-timer, 10-hyperlink, 11-text box, 12-text box, 13-check box) fueron los más intuitivos y claros para los sujetos. Las preguntas y alternativas de diseño de IGUs con los peores valores son las preguntas 1-wizard, 3-wizard, 6-list box, 8-tabbed dialog box, 9-group box, 14-radio button), estos resultados pueden deberse a la comprensibilidad de las preguntas. En algunos casos, los sujetos consideraron otras alternativas de diseño de IGUs diferentes de nuestra propuesta para obtener interfaces usables. Estas otras alternativas consideradas por los sujetos se tomarán en cuenta para agregar a las recomendaciones de usabilidad propuestas.

10.2 Limitaciones

Existen varias limitaciones del trabajo presentado que son resumidas a continuación:

- **Elementos de BPMN:** En este trabajo hemos usado las primitivas conceptuales de BPMN básicas y más frecuentemente usadas que se muestran en los proyectos BPMN. El modelo BPMN cuenta con una gran variedad de primitivas conceptuales, por lo que este método no puede abordar todas ellas. Por lo tanto, será importante utilizar más primitivas BPMN como trabajo futuro para ampliar nuestro enfoque.
- **Patrones BPMN:** Los patrones usados en este trabajo son: patrón de secuencia, patrón de decisión exclusiva, patrón de sincronización, patrón de decisión implícita, y patrón de estructura de unión sincronizada. Estos patrones son los más comunes pero en la actualidad existen más patrones. Por lo tanto, como trabajo futuro será importante analizar más patrones BPMN para poder abordar un mayor porcentaje de generación de IGUs.
- **Modelo BPMN y diagrama de clases UML:** El trabajo cuenta con una fuerte dependencia entre el modelo BPMN y diagramas de clases UML. No todos los modelos de BPMN tienen un diagrama de clase UML para representar su persistencia de datos, lo que reduce la aplicabilidad de nuestro enfoque.
- **Validación del método EduBPMN:** En este trabajo se ha podido comparar el método EduBPMN con un método sin reglas, con estudiantes del Grado de Ingeniería Informática de la Universidad de Valencia (España), obteniendo buenos resultados para el método EduBPMN. Sin embargo, no hemos podido realizar validaciones con personas que trabajan en la industria de temas en modelado de BPMN. Por lo tanto, sería importante como trabajo futuro realizar validaciones con personas con altos conocimientos en modelos de BPMN para verificar si nuestro método puede ser mejorado.

10.3 Trabajos futuros

Si bien se ha cumplido con los objetivos de la tesis, se han identificado varias mejoras que podría desarrollarse en el futuro.

- En primer lugar, planeamos extraer más reglas de transformación de patrones más complejos, para poder definir más estereotipos. Además hay otros componentes gráficos de las IGUs que no se pudieron evaluar debido a limitaciones de tiempo en los experimentos; el trabajo actual se centra en los componentes gráficos más relevantes.
- En segundo lugar, planeamos incrementar más recomendaciones de usabilidad para optimizar la usabilidad de las IGUs generadas. De esta forma, el desarrollador podrá seguir las recomendaciones para generar IGUs utilizables a partir de modelos BPMN.

- En tercer lugar, planeamos validar el método EduBPMN con más experimentos empíricos cambiando algunos elementos del diseño, como reclutar sujetos con una amplia experiencia de trabajo con modelos BPMN o con estereotipos.
- En cuarto lugar, a largo plazo pretendemos obtener un método holístico de desarrollo de software a partir de modelos BPMN. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este trabajo solo se centra en la generación de alternativas de diseño de IGUs no funcionales. La forma en que la interfaz desencadena las funciones y cómo estas funciones se extraen de los modelos es parte del trabajo futuro.

Capítulo 11

Publicaciones

11.1 Resumen de publicaciones

Este trabajo de Tesis Doctoral ha generado resultados variados, importantes, originales, que se presentan a continuaciones estructuradas en publicaciones, presentadas en conferencias internacionales y revistas de alto impacto de primer nivel.

11.1.1 Publicaciones

La Tabla 20 muestra el resumen de un total de 7 contribuciones desarrolladas como primer autor y publicadas en revistas de impacto y en congresos nacionales e internacionales puntuados según el CORE Ranking Portal y la indexación JCR.

Tabla 20 Resumen de publicaciones.

Primer autor			
	Cantidad	Referencia	TOTAL
Revistas			
JCR Q1	1	(B)	1
JCR Q2	1	(A)	1
JCR Q3	1	(C)	1
Congresos			
CORE B	1	(D)	1
Sin CORE*	2	(E) (F)	2
Revistas			
Sin JCR	1	(G)	1
TOTAL	7		7

*Publicaciones no registradas en CORE

(A) Según el índice SJR (Scimago Journal & Country Rank) indica que es Q1.

Revistas JCR

- A. E. Díaz, J. I. Panach, S. Rueda, Jean Vanderdonckt. An Empirical Study of Rules for Mapping BPMN Models to Graphical User Interfaces. *Journal of Multimedia Tools and Applications*, Agosto 2020. DOI: 10.1007/s11042-020-09651-6

Esta publicación presenta las contribuciones descritas en el Capítulo 8 de esta tesis, relacionado con las reglas de transformación y las recomendaciones de usabilidad.

- B. E. Díaz, J. I. Panach, S. Rueda, Damiano Distanto. A Family of Experiments to generate Graphical User Interfaces from BPMN Models with Stereotypes. *The Journal of Systems and Software*, Octubre 2020. (En segunda ronda de revisión).

Esta publicación presenta las contribuciones descritas en el Capítulo 9 de esta tesis, relacionado con el método EduBPMN.

- C. E. Díaz, J. I. Panach, S. Rueda, Marcela Ruiz, Oscar Pastor. Are Requirements Elicitation Sessions Influenced by Subjects' Gender? An Empirical Experiment. *Journal Science of Computer Programming*, Octubre 2020 (En segunda ronda de revisión).

Esta publicación elabora las diferencias del género del desarrollador al elaborar alternativas de diseños de IGUs, como se describe en el Capítulo 9.

Conferencias

- D. E. Díaz, J. I. Panach, S. Rueda, and O. Pastor, "Towards a method to generate GUI prototypes from BPMN," in 2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), 2018, pp. 1-12.

Esta publicación presenta las contribuciones descritas en el Capítulo 5 de esta tesis, relacionado con las reglas de transformación y estereotipos.

- E. E. Díaz, J. I. Panach, S. Rueda, and O. Pastor, "Generación de Interfaces de Usuario a partir de Modelos BPMN con Estereotipos," presentado a la Jornada de la Sociedad de Ingeniería de Software y Tecnologías de Desarrollo de Software (JISBD), 2018.

Esta publicación presenta las contribuciones descritas en el Capítulo 5 de esta tesis, relacionado con las reglas de transformación y estereotipos.

- F. E. Díaz and S. Rueda, "Generation of user interfaces from business process model notation (BPMN)," in Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, EICS 2019, p. 21.

Esta publicación describe el marco metodológico de la generación de alternativas de diseño de IGUs a partir de un modelo BPMN en el Capítulo 2 de esta tesis,

Revista sin JCR

- G. E. Díaz, J. I. Panach, S. Rueda, and O. Pastor, "Una familia de experimentos para analizar las preferencias de los usuarios en el diseño de IGUs a partir de modelos BPMN," *Revista de la Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)*, vol. 1, pp. 7-22, 2020.

Esta publicación presenta las contribuciones descritas en el Capítulo 7 de esta tesis, relacionado con las recomendaciones de usabilidad de las alternativas de diseño de IGUs.

11.1.2 Participación en proyectos de investigación

- “DATAME - Desarrollo de aplicaciones Big Data” Financiado por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Fecha de inicio: 01/09/2016. Duración 1 año. Ref: TIN 2016-80811-P. Importe: 18.800 €.

- “IDEO - Innovative services for Digital Enterprise with ORCA (Servicios Innovadores para Empresas Digitales con ORCA)” (PROMETEO/2014/039) Financiado por la Generalitat Valenciana. Fecha de inicio: 01/06/2014. Duración 3 años y 6 meses. Importe: 143.180 €

11.1.3 Organización de congresos

- “SIMBig 2020 The 7th International Conference on Information Management and Big Data”, del 1 al 3 de octubre de 2020, Lima, Perú. Miembro organizador de Track Data-Driven Software Engineering.
- “The 11th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems” del 18 al 21 de junio de 2019 en Valencia, España. Technical and Accessibility chair

Apéndice

APÉNDICE 1: CUESTIONARIO DE UTILIDAD PERCIBIDA DE LAS REGLAS

Una vez finalizado el problema, imagina que te damos un conjunto de reglas para diseñar interfaces gráficas de usuario a partir de los modelos BPMN. Con estas reglas, cada elemento del diagrama BPMN daría como resultado un único elemento de la interfaz gráfica de usuario de forma inequívoca y precisa. Los valores posibles de la puntuación son: 1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = Bastante en desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = Bastante de acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo. Utilice estos valores para evaluar las siguientes afirmaciones.

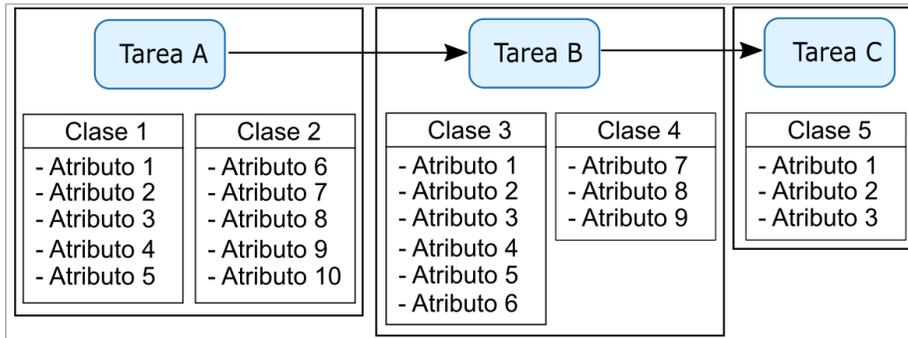
Preguntas	1	2	3	4	5
1. Las reglas para generar interfaces de usuario reducirían el esfuerzo requerido para desarrollar interfaces gráficas de usuario.					
2. Las reglas de generación de interfaces gráficas de usuario facilitarían el desarrollo de software					
3. Creo que las reglas de generación de interfaces gráficas de usuario serían una mejora con respecto a otros métodos de desarrollo de interfaces de usuario.					
4. El uso de estas reglas de generación de interfaces gráficas de usuario también podría usarse con modelos BPMN grandes.					
5. En general, creo que las reglas de generación de interfaces gráficas de usuario proporcionarían una solución eficaz al desarrollar software.					
6. El uso de estas reglas de generación de interfaces gráficas de usuario sería fácilmente comprensible y modificable para otros desarrolladores.					
7. En general, las reglas para generar interfaces gráficas de usuario serían útiles					
8. Las reglas de generación de interfaces gráficas de usuario serían prácticas para implementar las necesidades de los usuarios de software.					

APÉNDICE 2: CUESTIONARIO DE INTENCIÓN DE USO DE LAS REGLAS.

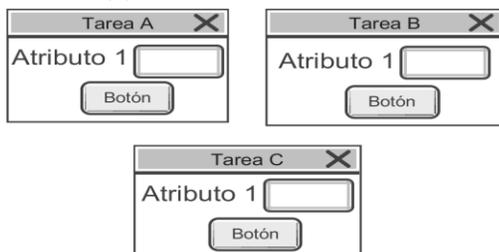
Preguntas	1	2	3	4	5
1. Definitivamente usaría las reglas para desarrollar interfaces gráficas de usuario.					
2. Intentaré utilizar las reglas de generación de interfaces gráficas de usuario ya que es un método fácil de usar para el desarrollo de software.					

APÉNDICE 3: CUESTIONARIO DE RECOMENDACIONES DE USABILIDAD.

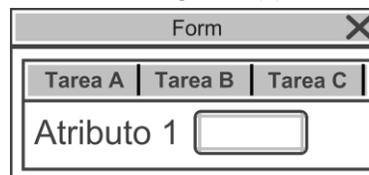
Pregunta 1: Si cada Tarea de tipo usuario cuenta con más de ocho atributos.



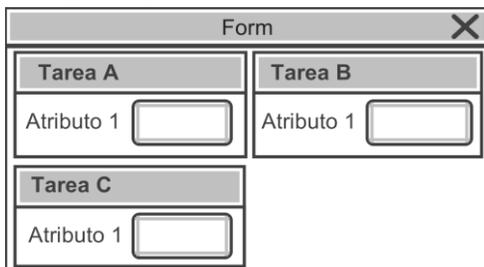
Wizard ()



Tabbed dialog box ()

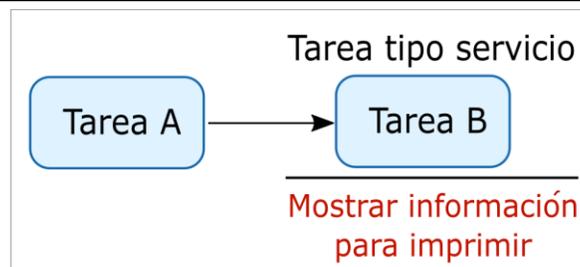


Group box ()

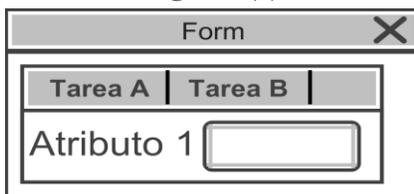


Otro ()

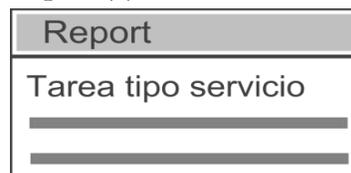
Pregunta 2: Si la Tarea B de tipo servicio debe mostrar información para imprimir.



Tabbed dialog box ()



Report ()



<p>Data grid ()</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">Column</th> <th style="background-color: #cccccc;">Column</th> <th style="background-color: #cccccc;">Column</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Column	Column	Column										<p>Otro ()</p>
Column	Column	Column											

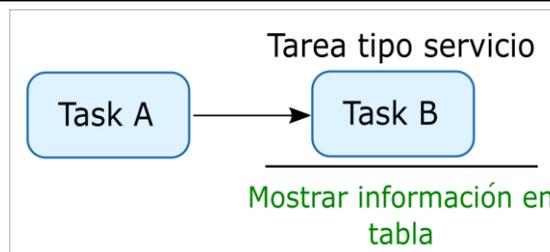
Pregunta 3: Si las Tareas A, B y C de tipo usuario existe dependencia en más de 3 tareas, y se deben usar para una navegación de forma secuencial.



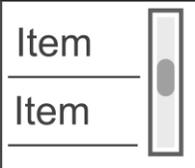
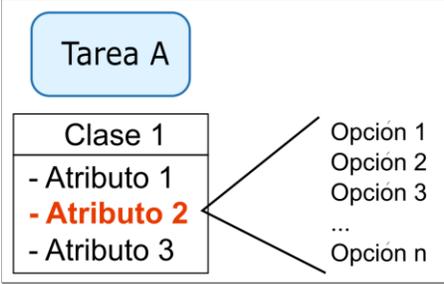
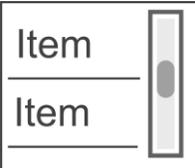
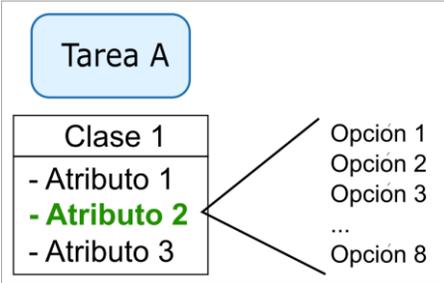
<p>Wizard ()</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;">Tarea A</p> <p>Atributo 1 <input style="width: 80%;" type="text"/></p> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">Botón</p> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;">Tarea B</p> <p>Atributo 1 <input style="width: 80%;" type="text"/></p> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">Botón</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%; margin-left: auto;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;">Tarea C</p> <p>Atributo 1 <input style="width: 80%;" type="text"/></p> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">Botón</p> </div>	<p>Tabbed dialog box ()</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 100%;"> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;">Form</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> Tarea A Tarea B Tarea C </div> <p>Atributo 1 <input style="width: 80%;" type="text"/></p> <p>Atributo 2 <input style="width: 80%;" type="text"/></p> <p>Atributo 3 <input style="width: 80%;" type="text" value="Item"/></p> </div>
---	---

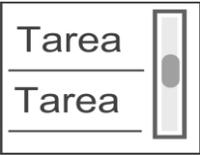
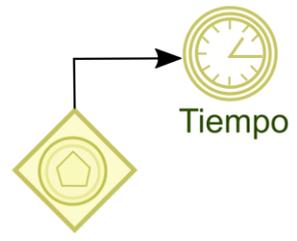
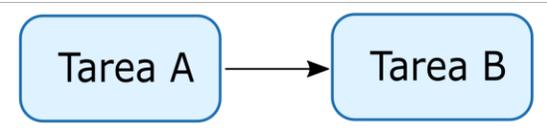
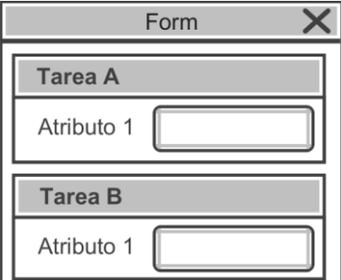
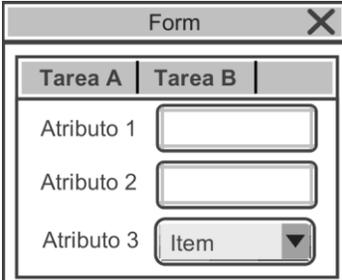
<p>Report ()</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 100%;"> <p style="background-color: #cccccc; padding: 2px; margin: 0;">Report</p> <p style="margin: 5px 0 0 0;">Tarea tipo servicio</p> <hr style="border: 1px solid gray; margin: 5px 0 0 0;"/> <hr style="border: 1px solid gray; margin: 5px 0 0 0;"/> </div>	<p>Otro ()</p>
--	------------------------

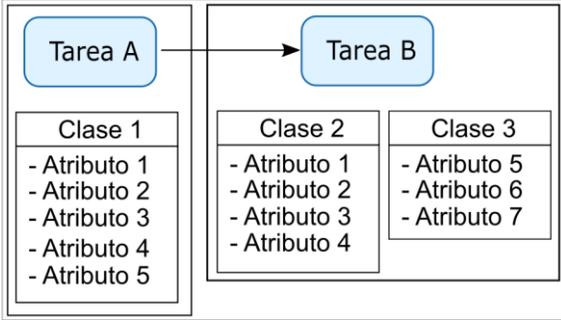
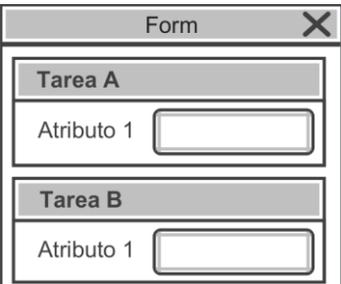
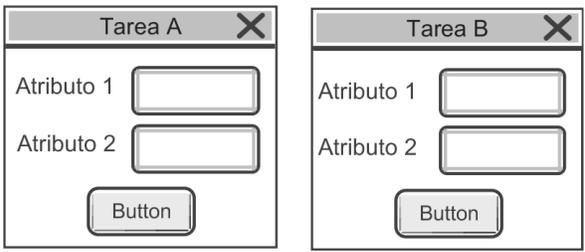
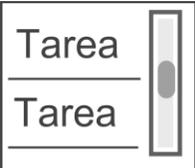
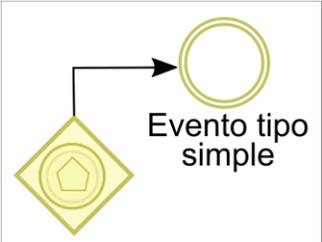
Pregunta 4: Si la Tarea B de tipo servicio debe mostrar información en tablas organizadas.

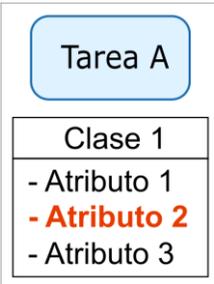
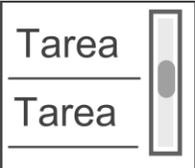
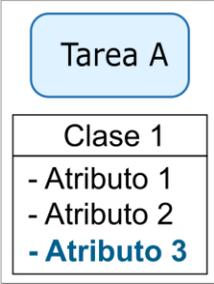


<p>Report ()</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 100%;"> <p style="background-color: #cccccc; padding: 2px; margin: 0;">Report</p> <p style="margin: 5px 0 0 0;">Tarea tipo servicio</p> <hr style="border: 1px solid gray; margin: 5px 0 0 0;"/> <hr style="border: 1px solid gray; margin: 5px 0 0 0;"/> </div>	<p>Data grid ()</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">Column</th> <th style="background-color: #cccccc;">Column</th> <th style="background-color: #cccccc;">Column</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Column	Column	Column									
Column	Column	Column											

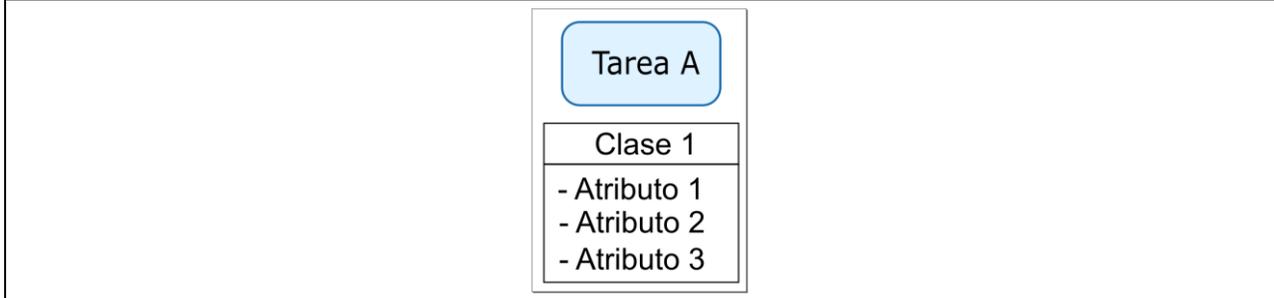
<p>List box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 5: Si el valor del Atributo 2 de la tarea de tipo usuario debe ser seleccionado de una lista de más de 13 opciones.</p>	
	
<p>Check box ()</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Item</p> <p><input type="checkbox"/> Item</p>	<p>Combo box ()</p> 
<p>List box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 6: El valor del Atributo 2 de la Tarea A de tipo usuario debe mostrarse en una lista de valores visibles en un componente gráfico, y contar con menos o igual a 8 opciones.</p>	
	
<p>Radio button ()</p> <p><input checked="" type="radio"/> Item</p> <p><input type="radio"/> Item</p>	<p>Combo box ()</p> 

<p>List box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 7: Si el evento tiene un Tiempo máximo de ejecución, ese tiempo máximo lo representamos en un:</p>	
	
<p>Message box ()</p> 	<p>Combo box ()</p> 
<p>Timer ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 8: Si las Tareas A y B de tipo usuario tienen dependencia y deben mostrarse en páginas clasificadas por separado.</p>	
	
<p>Group box ()</p> 	<p>Tabbed dialog box ()</p> 

<p>Radio button ()</p> <p><input checked="" type="radio"/> Item</p> <p><input type="radio"/> Item</p>	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 9: Si cada Tarea de tipo usuario cuenta con menos de 8 atributos y todas las tareas deben mostrarse en un solo formulario.</p>	
	
<p>Group box ()</p> 	<p>Wizard ()</p> 
<p>List box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 10: Cuando el usuario necesita una navegación entre interfaces con el evento tipo simple.</p>	
	
<p>Text box ()</p> 	<p>Hyperlink ()</p> <p><u>Evento tipo simple</u></p>

<p>Combo box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 11: El Atributo 2 de la Tarea tipo usuario necesita introducir una cadena o un número corto en una sola línea.</p>	
	
<p>Check box ()</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Item</p> <p><input type="checkbox"/> Item</p>	<p>Text box ()</p> 
<p>List box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
<p>Pregunta 12: Si el Atributo 3 de la Tarea tipo usuario puede ser cualquier valor que el sistema no pueda predecir.</p>	
	
<p>Combo box ()</p> 	<p>Radio button ()</p> <p><input checked="" type="radio"/> Item</p> <p><input type="radio"/> Item</p>
<p>Text box ()</p> 	<p>Otro ()</p>

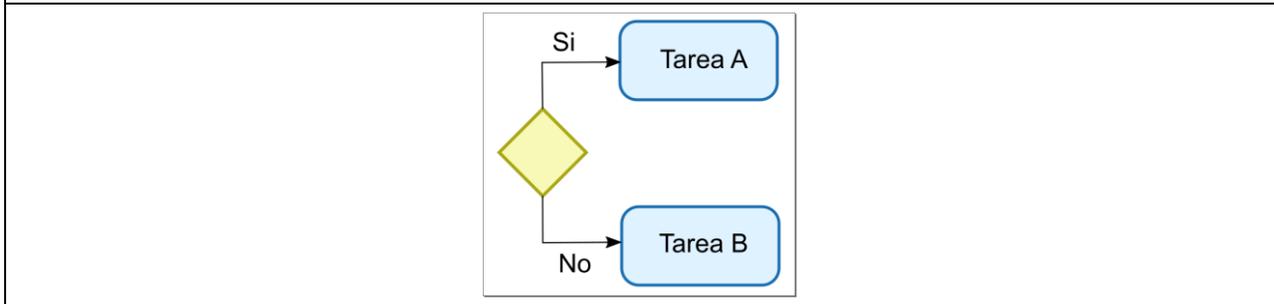
Pregunta 13: Los valores de los atributos de la Tarea tipo usuario, se deben mostrar en una lista de opciones. De esta lista de opciones, el usuario debe poder elegir cuantos quiera (desde ninguno a todos ellos).

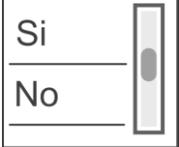


<p>Radio button ()</p> <p><input checked="" type="radio"/> Item</p> <p><input type="radio"/> Item</p>	<p>Check box ()</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Item</p> <p><input type="checkbox"/> Item</p>
---	--

<p>Combo box ()</p> 	<p>Otro ()</p>
---	------------------------

Pregunta 14: Si la compuerta de decisión exclusiva tiene dos opciones “Si” y “No”, sólo se puede elegir una opción.



<p>Button ()</p> 	<p>List box ()</p> 
--	---

<p>Radio button ()</p> <p><input checked="" type="radio"/> Si</p> <p><input type="radio"/> No</p>	<p>Otro ()</p>
---	------------------------

APÉNDICE 4: CUESTIONARIO DE UTILIDAD PERCIBIDA DE LAS RECOMENDACIONES DE USABILIDAD.

Una vez finalizada el problema, imagina que cuando tuvieras más de una alternativa para dibujar la interfaz de usuario del modelo BPMN, te daríamos una recomendación que indicaría cuál de todas las alternativas es más utilizable. Los posibles valores de la puntuación son: 1: Totalmente en desacuerdo, 2: Bastante en desacuerdo, 3: Neutral, 4: Bastante de acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo.

Preguntas	1	2	3	4	5
1. Las recomendaciones de usabilidad reducirían el esfuerzo requerido para desarrollar interfaces de usuario.					
2. Las recomendaciones de usabilidad facilitarían el desarrollo de software.					
3. Creo que las guías de usabilidad serían una mejora con respecto a otros métodos de desarrollo de interfaces de usuario.					
4. El uso de recomendaciones de usabilidad también podría usarse con modelos BPMN grandes.					
5. En general, creo que las recomendaciones de usabilidad proporcionarían una solución eficaz al desarrollar software.					
6. Creo que las recomendaciones de usabilidad serían fácilmente comprensibles y modificables para otros desarrolladores.					
7. En general, las recomendaciones de usabilidad serían útiles.					
8. Las recomendaciones de usabilidad serían prácticas para implementar las necesidades de los usuarios de software.					

APÉNDICE 5: CUESTIONARIO DE INTENCIÓN DE USO DE LAS RECOMENDACIONES DE USABILIDAD.

Los posibles valores de la puntuación son: 1: Totalmente en desacuerdo, 2: Bastante en desacuerdo, 3: Neutral, 4: Bastante de acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo.

Preguntas	1	2	3	4	5
1. Definitivamente usaría recomendaciones de usabilidad para desarrollar interfaces de usuario.					
2. Intentaré utilizar las recomendaciones de usabilidad ya que es un método fácil de usar para el desarrollo de software.					

APÉNDICE 6: DATOS DEL EXPERIMENTO 2

N	Sujeto	Curso	Género sujeto	Género video	Método	Problema	Esfuerzo	Exactitud	PEOU	PU	ITU
1	1	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	32	65	11	14	3
2	1	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	19	90	18	16	6
3	2	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	23	100	22	23	5
4	2	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	51	80	15	20	5
5	3	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	24	100	30	40	10
6	3	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	23	100	29	40	10
7	4	2018/2019	Mujer	Hombre	Sin reglas	Problema 1	46	100	25	32	8
8	4	2018/2019	Mujer	Mujer	EduBPMN	Problema 2	28	90	23	30	8
9	5	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	36	50	30	40	10
10	5	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	20	100	28	32	6
11	6	2018/2019	Mujer	Hombre	Sin reglas	Problema 2	17	100	25	24	6
12	6	2018/2019	Mujer	Mujer	EduBPMN	Problema 1	53	100	27	35	6
13	7	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	35	66	24	32	8
14	7	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	36	75	24	32	8
15	8	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	18	100	22	25	5
16	8	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	19	100	20	35	7
17	9	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	35	100	18	24	6
18	9	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	24	85	18	24	6
19	10	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	23	84	30	35	8
20	10	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	27	100	22	32	8
21	13	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	26	100	24	32	8
22	13	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	40	75	28	30	7
23	14	2018/2019	Mujer	Hombre	Sin reglas	Problema 1	17	100	18	24	6
24	14	2018/2019	Mujer	Mujer	EduBPMN	Problema 2	55	100	14	26	6

25	15	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	33	100	15	18	2
26	15	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	33	85	12	17	7
27	16	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	23	66	30	40	10
28	16	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	53	65	30	40	10
29	18	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	16	66	24	32	8
30	18	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	44	100	24	32	8
31	19	2018/2019	Mujer	Hombre	Sin reglas	Problema 2	28	50	21	27	7
32	19	2018/2019	Mujer	Mujer	EduBPMN	Problema 1	53	100	21	29	8
33	20	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	27	50	24	31	8
34	20	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	31	65	21	35	7
35	21	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	33	100	22	25	5
36	21	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	29	65	24	21	3
37	22	2018/2019	Mujer	Mujer	Sin reglas	Problema 1	43	100	21	23	5
38	22	2018/2019	Mujer	Hombre	EduBPMN	Problema 2	41	100	12	16	4
39	23	2018/2019	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	28	100	22	26	7
40	23	2018/2019	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	42	100	19	26	7
41	25	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	14	100	29	38	10
42	25	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	61	50	30	40	10
43	26	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	55	50	22	31	7
44	26	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	20	80	17	32	6
45	27	2018/2019	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	14	66	27	33	4
46	27	2018/2019	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	32	75	20	30	7
47	50	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	34	100	19	24	7
48	50	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	48	100	24	32	8
49	51	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	38	100	23	33	8
50	51	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	39	100	22	31	8

APÉNDICE 6 DATOS DEL EXPERIMENTO 2

51	53	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	40	90	19	25	7
52	53	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	42	100	25	33	8
53	54	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	18	40	22	28	7
54	54	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	47	100	22	28	7
55	55	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	28	60	18	24	6
56	55	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	62	100	21	31	7
57	56	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	62	20	26	36	10
58	56	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	42	100	24	34	8
59	57	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	35	100	22	12	4
60	57	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	27	70	26	34	9
61	58	2019/2020	Mujer	Mujer	Sin reglas	Problema 2	44	100	30	36	10
62	58	2019/2020	Mujer	Hombre	EduBPMN	Problema 1	44	100	27	35	10
63	59	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	44	50	19	26	6
64	59	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	51	100	23	32	8
65	60	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	40	60	28	23	4
66	60	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	49	60	24	32	7
67	63	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	62	100	21	29	7
68	63	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	15	100	19	29	7
69	64	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	19	100	28	35	8
70	64	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	66	70	28	35	10
71	65	2019/2020	Mujer	Mujer	Sin reglas	Problema 2	9	50	18	24	6
72	65	2019/2020	Mujer	Hombre	EduBPMN	Problema 1	80	100	16	23	6
73	66	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	30	60	26	26	6
74	66	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	42	90	20	34	8
75	68	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	70	100	24	32	8
76	68	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	52	100	24	32	8

77	69	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	23	100	28	35	8
78	69	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	49	100	24	32	8
79	70	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	42	60	22	31	5
80	70	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	46	60	24	28	7
81	71	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	36	60	18	16	6
82	71	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	37	100	23	27	8
83	72	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	22	100	25	32	8
84	72	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	42	100	24	31	9
85	73	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	38	100	30	39	9
86	73	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	27	100	30	38	10
87	74	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	44	50	20	28	8
88	74	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	35	100	21	24	7
89	75	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	58	100	26	34	8
90	75	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	23	70	25	35	8
91	76	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 2	25	100	30	40	10
92	76	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 1	56	70	24	32	8
93	77	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	42	60	21	18	5
94	77	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	62	100	20	31	7
95	78	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	26	60	22	29	7
96	78	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	44	100	22	25	8
97	79	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	34	100	24	32	8
98	79	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	39	100	24	32	8
99	80	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	46	30	27	37	9
100	80	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	22	100	28	37	10
101	81	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 1	17	100	24	32	8
102	81	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 2	43	100	24	32	8

APÉNDICE 6 DATOS DEL EXPERIMENTO 2

103	82	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	34	40	23	34	10
104	82	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	29	50	24	40	9
105	83	2019/2020	Hombre	Hombre	Sin reglas	Problema 2	35	100	27	35	9
106	83	2019/2020	Hombre	Mujer	EduBPMN	Problema 1	42	100	24	34	8
107	84	2019/2020	Hombre	Mujer	Sin reglas	Problema 1	19	100	19	24	5
108	84	2019/2020	Hombre	Hombre	EduBPMN	Problema 2	45	90	24	35	8

APÉNDICE 7 CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DEL MÉTODO SIN REGLAS:

Cuestionario utilizado para medir la facilidad de uso percibida - PEOU (preguntas de la 1 a la 6), la utilidad percibida - PU (preguntas de la 7 a la 14) y la intención de uso - UIT (preguntas 15 y 16) para el método no estereotipado. Para cada pregunta, los valores posibles de la puntuación son: 1: Totalmente en desacuerdo, 2: Bastante en desacuerdo, 3: Neutral, 4: Bastante de acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo.

Preguntas	1	2	3	4	5
1. Encontré que el procedimiento para aplicar el “método sin reglas” es simple y fácil de seguir					
2. En general, encuentro que el “método sin reglas” es fácil de usar.					
3. Podría explicar fácilmente el “método sin reglas” a otra persona que no lo supiera.					
4. En mi opinión, es fácil utilizar el “método sin reglas” para generar interfaces de usuario que he desarrollado.					
5. El “método sin reglas” parecía claro y fácil de entender.					
6. Estoy seguro de que ahora tengo las habilidades necesarias para aplicar el “método sin reglas” en la práctica.					
7. Creo que el “método sin reglas” reduce el esfuerzo requerido para generar interfaces de usuario.					
8. La generación de interfaces de usuario desarrolladas en “método sin reglas” son fácilmente comprensibles y modificables por otros desarrolladores.					
9. El “método sin reglas” facilita al desarrollador la corrección de errores en la aplicación web.					
10. En general, encontré útil el “método sin reglas”.					
11. En general, el “método sin reglas” es práctico para implementar las necesidades del usuario de la generación de interfaces de usuario.					
12. En general, creo que el “método sin reglas” proporciona una solución eficaz para la generación de interfaces de usuario.					
13. Con el “método sin reglas” puede crear grandes interfaces de usuario de manera eficiente.					
14. En general, creo que el “método sin reglas” es una mejora con respecto a otros métodos de desarrollo.					
15. Definitivamente, usaría un “método sin reglas” para generar interfaces de usuario.					
16. Preferiblemente intentaré utilizar el “método sin reglas” con respecto a otros métodos de desarrollo si tengo que desarrollar otras aplicaciones de generación de interfaz de usuario en el futuro.					

APÉNDICE 8 CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN DEL MÉTODO EduBPMN:

Cuestionario utilizado para medir la facilidad de uso percibida - PEOU (preguntas de la 1 a la 6), la utilidad percibida - PU (preguntas de la 7 a la 14) y la intención de uso - UIT (preguntas 15 y 16) para el método EduBPMN. Para cada pregunta, los valores posibles de la puntuación son: 1: Totalmente en desacuerdo, 2: Bastante en desacuerdo, 3: Neutral, 4: Bastante de acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo.

Preguntas	1	2	3	4	5
1. Encontré el procedimiento para aplicar el “método EduBPMN” simple y fácil de seguir.					
2. En general, encuentro que el “método EduBPMN” es fácil de usar.					
3. Podría explicar fácilmente el “método EduBPMN” a otra persona que no lo supiera.					
4. En mi opinión, es fácil usar el “método EduBPMN” para generar interfaces de usuario que he desarrollado.					
5. El “método EduBPMN” parecía claro y sencillo de entender.					
6. Estoy seguro de que ahora tengo las habilidades necesarias para aplicar el “método EduBPMN” en la práctica.					
7. Creo que el “método EduBPMN” reduce el esfuerzo requerido para generar interfaces de usuario.					
8. La generación de interfaces de usuario desarrolladas en “Método EduBPMN” son fácilmente comprensibles y modificables por otros desarrolladores.					
9 El “método EduBPMN” facilita al desarrollador la corrección de errores en la aplicación web.					
10. En general, encontré útil el “método EduBPMN”.					
11. En general, el “método EduBPMN” es práctico para implementar las necesidades del usuario de la generación de interfaces de usuario.					
12. En general, creo que el “método EduBPMN” proporciona una solución eficaz para la generación de interfaces de usuario.					
13. El uso de un “método EduBPMN” puede crear grandes interfaces de usuario de manera eficiente.					
14. En general, creo que el “método EduBPMN” es una mejora con respecto a otros métodos de desarrollo.					
15. Definitivamente, usaría un “método EduBPMN” para generar interfaces de usuario.					
16. Trataré de utilizar preferentemente el “método EduBPMN” con respecto a otros métodos de desarrollo si tengo que desarrollar otras aplicaciones de generación de interfaz de usuario en el futuro.					

Bibliografía

- [1] OMG. *Object Management Group*: <http://www.omg.org/>.
- [2] M. Brambilla, P. Fraternali, and C. Vaca, "BPMN and design patterns for engineering social BPM solutions," in *International Conference on Business Process Management*, 2011, pp. 219-230.
- [3] K. Sousa, H. Mendonça, and J. Vanderdonckt, "User Interface Derivation from Business Processes: A Model-Driven Approach for Organizational Engineering," in *TAMODIA*, Toulouse (France), 2007, pp. 112-125.
- [4] E. F. Cruz and A. M. R. da Cruz, "Deriving Integrated Software Design Models from BPMN Business Process Models," in *ICSOFT*, 2018, pp. 605-616.
- [5] S. Yongchareon, C. Liu, X. Zhao, J. Yu, K. Ngamakeur, and J. Xu, "Deriving user interface flow models for artifact-centric business processes," *Computers in Industry*, vol. 96, pp. 66-85, 2018/04/01/ 2018.
- [6] T. Gonsalves and K. Itoh, "Multi-objective optimization for software development projects," in *Lecture Notes in Engineering and Computer Science: International Multiconference of Engineers and Computer Scientist 2010*, 2010, pp. 1-6.
- [7] Bizagi. (2002). *Bizagi*. Available: <https://www.bizagi.com/es>
- [8] IBM. (2017). *Auraportal*. Available: <https://www.auraportal.com/es/>
- [9] BonitaSoft, "Bonita Open Solution," 2009.
- [10] S. E-citiz, "E-citiz," 2019.
- [11] M. Brambilla, S. Butti, and P. Fraternali, "Webratio bpm: a tool for designing and deploying business processes on the web," in *International Conference on Web Engineering*, 2010, pp. 415-429.
- [12] S. Beydeda, M. Book, and V. Gruhn, *Model-driven software development* vol. 15: Springer, 2005.
- [13] B. BPMN. (2017). *Business model patterns*. Available: http://resources.bizagi.com/docs/Workflow_Patterns_using_BizAgi_Process_Modeler_Esp.pdf
- [14] OMG. (January 2005). "*MDA. Model Driven Architecture*". Available: <http://www.omg.org/mda/>
- [15] R. Wieringa, "Design science methodology: principles and practice," presented at the Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering - Volume 2, Cape Town, South Africa, 2010.
- [16] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*: Springer, 2012.
- [17] B. T. West, K. B. Welch, and A. T. Galecki, *Linear mixed models: a practical guide using statistical software*: CRC Press, 2014.
- [18] BPMN. (2013). *Business Process Modeling Notation*. Available: <http://www.bpmn.org>

- [19] B. Laurel and S. J. Mountford, *The art of human-computer interface design*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1990.
- [20] M. Urbietta, L. Antonelli, G. Rossi, and J. C. S. do Prado Leite, "The impact of using a Domain Language for an Agile Requirement Management," *Information and Software Technology*, p. 106375, 2020.
- [21] W. Wysocki, C. Orłowski, A. Ziółkowski, and G. Bocewicz, "Model of RUP processes maturity assessment in IT organizations," in *Software Engineering: Challenges and Solutions*, ed: Springer, 2017, pp. 187-199.
- [22] S. J. Mellor, T. Clark, and T. Futagami, "Model-driven development: guest editors' introduction," *IEEE software*, vol. 20, pp. 14-18, 2003.
- [23] ISO/IEC, "ISO/IEC 9126-1, Software engineering - Product quality - 1: Quality model," ed, 2001.
- [24] E. Diaz, J. I. Panach, S. Rueda, and O. Pastor, "Towards a method to generate GUI prototypes from BPMN," in *2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*, 2018, pp. 1-12.
- [25] L. Han, W. Zhao, and J. Yang, "An approach towards user interface derivation from business process model," *Communications in Computer and Information Science*, vol. 602, pp. 19-28, 2016.
- [26] K. S. Sousa, H. Mendonça, and J. Vanderdonck, "A Model-Driven Approach to Align Business Processes with User Interfaces," *J. UCS*, vol. 14, pp. 3236-3249, 2008.
- [27] S. Yongchareon, C. Liu, X. Zhao, and J. Xu, "An artifact-centric approach to generating web-based business process driven user interfaces," in *International Conference on Web Information Systems Engineering*, 2010, pp. 419-427.
- [28] W. Bouchelligua, A. Mahfoudhi, N. Mezhoudi, O. Daassi, and M. Abed, "User interfaces modelling of workflow information systems," in *Lecture Notes in Business Information Processing* vol. 63 LNBIP, ed, 2010, pp. 143-163.
- [29] I. Abouzid and R. Saidi, "Proposal of BPMN extensions for modelling manufacturing processes," in *2019 5th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)*, 2019, pp. 1-6.
- [30] G. Decker and F. Puhlmann, "Extending BPMN for modeling complex choreographies," in *OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems"*, 2007, pp. 24-40.
- [31] A. Barros, M. Dumas, and A. H. Ter Hofstede, "Service interaction patterns," in *International Conference on Business Process Management*, 2005, pp. 302-318.
- [32] A. Rodríguez, E. Fernández-Medina, and M. Piattini, "A BPMN extension for the modeling of security requirements in business processes," *IEICE transactions on information and systems*, vol. 90, pp. 745-752, 2007.
- [33] L. J. R. Stroppi, O. Chiotti, and P. D. Villarreal, "A BPMN 2.0 extension to define the resource perspective of business process models," in *XIV Congreso Iberoamericano en Software Engineering*, 2011.
- [34] M. Zur Muehlen, "Organizational management in workflow applications—issues and perspectives," *Information Technology and Management*, vol. 5, pp. 271-291, 2004.
- [35] R. Braun and H. Schlieter, "Requirements-based development of bpmn extensions: The case of clinical pathways," in *2014 IEEE 1st International Workshop on the Interrelations between Requirements Engineering and Business Process Management (REBPM)*, 2014, pp. 39-44.
- [36] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, "Design science in information systems research," *MIS quarterly*, pp. 75-105, 2004.
- [37] M. B. Juric, B. Mathew, and P. G. Sarang, *Business process execution language for web services: an architect and developer's guide to orchestrating web services using BPEL4WS*: Packt Publishing Ltd, 2006.

- [38] K. Zarour, D. Benmerzoug, N. Guermouche, and K. Drira, "A BPMN extension for business process outsourcing to the cloud," in *World Conference on Information Systems and Technologies*, 2019, pp. 833-843.
- [39] D. Brdjanin, G. Banjac, D. Banjac, and S. Maric, "An experiment in model-driven conceptual database design," *Software & Systems Modeling*, vol. 18, pp. 1859-1883, 2019.
- [40] W. Khlif, N. E. Ben Ayed, and H. Ben-Abdallah, "From a BPMN model to an aligned UML analysis model," in *ICSOFT 2018 - Proceedings of the 13th International Conference on Software Technologies*, 2019, pp. 623-631.
- [41] W. Khlif, N. E. B. Ayed, and H. Ben-Abdallah, "From a BPMN Model to an Aligned UML Analysis Model," in *ICSOFT*, 2018, pp. 657-665.
- [42] F. Radeke and P. Forbrig, "Patterns in task-based modeling of user interfaces," in *International Workshop on Task Models and Diagrams for User Interface Design*, 2007, pp. 184-197.
- [43] Q. Limbourg, J. Vanderdonckt, B. Michotte, L. Bouillon, M. Florins, and D. Trevisan, "Usixml: A user interface description language for context-sensitive user interfaces," in *Proceedings of the ACM AVI'2004 Workshop "Developing User Interfaces with XML: Advances on User Interface Description Languages"(Gallipoli)*, 2004, pp. 55-62.
- [44] J. G. García, C. Lemaigre, J. M. González-Calleros, and J. Vanderdonckt, "Model-driven approach to design user interfaces for workflow information systems," *J. UCS*, vol. 14, pp. 3160-3173, 2008.
- [45] C. Ouyang, M. Dumas, W. M. P. V. D. Aalst, A. H. M. T. Hofstede, and J. Mendling, "From business process models to process-oriented software systems," *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 19, pp. 1-37, 2009.
- [46] P. Giner, V. Torres, and V. Pelechano, "Bridging the Gap between BPMN and WS-BPEL. M2M Transformations in Practice," *MDWE*, vol. 261, 2007.
- [47] V. Torres and V. Pelechano, "Building business process driven web applications," in *International Conference on Business Process Management*, 2006, pp. 322-337.
- [48] S. Yongchareon, C. Liu, and X. Zhao, "UniFlexView: A unified framework for consistent construction of BPMN and BPEL process views," *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, p. e5646, 2019.
- [49] R. Molich, R. Jeffries, and J. S. Dumas, "Making usability recommendations useful and usable," *Journal of Usability Studies*, vol. 2, pp. 162-179, 2007.
- [50] K. Kous, M. Pušnik, M. Heričko, and G. Polančič, "Usability evaluation of a library website with different end user groups," *Journal of Librarianship and Information Science*, vol. 52, pp. 75-90, 2020.
- [51] K. Osada, P. Z. Muke, M. Piwowarczyk, Z. Telec, and B. Trawiński, "Comparative Usability Analysis of Selected Data Entry Methods for Web Systems," *Cybernetics and Systems*, pp. 1-22, 2020.
- [52] K. Park, M. Jeong, and K. Kim, "Usability evaluation of menu interfaces for smartwatches," *Journal of Computer Information Systems*, pp. 1-10, 2018.
- [53] Bizagi. (2017). *Examples of BPMN Projects*. Available: <https://www.bizagi.com/es/comunidad/process-xchange>
- [54] V. Paradigm, "Visual Paradigm," 2019.
- [55] W. O. Galitz, *The essential guide to user interface design: an introduction to GUI design principles and techniques*: John Wiley & Sons, 2007.
- [56] J. Johnson, "Common user interface design don'ts and Dos," ed: Morgan Kaufmann, 2008.
- [57] M. Microsoft, "Common UI Controls and Text Guidelines " 2018.
- [58] S. Fiori. (2018). *Fiori Design Guidelines*. Available: <https://experience.sap.com/fiori-design-web/>

- [59] U. S. W. Design. (2018). *UI Components*. Available: <https://designsystem.digital.gov/components/>
- [60] M. Design. (2018). *Design*. Available: <https://material.io/design/>
- [61] M. v. Welie and H. Traetteberg, "Interaction Patterns in User Interfaces," in *7th. Pattern Languages of Programs Conference*, Illinois, USA, 2000.
- [62] V. R. Basili and F. Lanubile, "Building Knowledge through Families of Experiments," *IEEE Transaction on Software Engineering*, vol. 25, pp. 456-473, 1999.
- [63] IEEE, "Systems and software engineering -- Vocabulary," ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E), Ed., ed, 2010, pp. 1-418,.
- [64] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, and P. R. Warshaw, "User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models," *Management science*, vol. 35, pp. 982-1003, 1989.
- [65] D. L. Moody, "The method evaluation model: a theoretical model for validating information systems design methods," presented at the European Conference on Information Systems (ECIS 03), Naples, Italy 2003.
- [66] O. I. Lindland, G. Sindre, and A. Solvberg, "Understanding quality in conceptual modeling," *IEEE Software*, vol. 11, pp. 42-49, 1994.
- [67] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes," *Archives of psychology*, 1932.
- [68] C. Borst, R. M. Visser, M. M. Van Paassen, and M. Mulder, "Exploring short-term training effects of ecological interfaces: A case study in air traffic control," *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 49, pp. 623-632, 2019.
- [69] C. Rusu, V. Rusu, D. Quiñones, S. Roncagliolo, and V. Z. Rusu, "Evaluating Online Travel Agencies' Usability: What Heuristics Should We Use?," in *International Conference on Social Computing and Social Media*, 2018, pp. 121-130.
- [70] A. Shamim, V. Balakrishnan, M. Tahir, and M. Ahsan Qureshi, "Age and domain specific usability analysis of opinion visualisation techniques," *Behaviour & Information Technology*, vol. 35, pp. 680-689, 2016.
- [71] S. Kieffer, "ECOVAL: Ecological validity of cues and representative design in user experience evaluations," *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, vol. 9, pp. 149-172, 2017.
- [72] N. Juristo and A. Moreno, *Basics of Software Engineering Experimentation*: Springer, 2001.
- [73] Iso/iec, "ISO/IEC 25000 - Software engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Guide to SQuaRE," 2005.
- [74] S. Jamieson, "Likert scales: how to (ab)use them," *Medical Education*, vol. 38, pp. 1217-1218, 2004.
- [75] L. S. Meyers, *Applied multivariate research : design and interpretation / Lawrence S. Meyers, Glenn Gamst, A.J. Guarino*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2006.
- [76] L. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd. Edition ed.: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.
- [77] T. Dybå, V. B. Kampenes, and D. I. K. Sjøberg, "A systematic review of statistical power in software engineering experiments," *Information and Software Technology*, vol. 48, pp. 745-755, 2006.
- [78] F. Faul, E. Erdfelder, A.-G. Lang, and A. Buchner, "G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences," *Behavior Research Methods*, vol. 39, pp. 175-191, 2007/05/01 2007.
- [79] A. Nguyen-Duc, L. Jaccheri, and P. Abrahamsson, "An empirical study on female participation in software project courses," in *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion)*, 2019, pp. 240-241.

- [80] D. Schina, M. Usart, and V. Esteve-Gonzalez, "Participants' Perceptions About Their Learning with FIRST LEGO® League Competition—a Gender Study," in *International Conference on Robotics and Education RiE 2017*, 2019, pp. 313-324.
- [81] F.-H. Huang, "An experimental study of home page design on green electronic products web site," in *International Conference on Human Centered Design*, 2011, pp. 509-518.
- [82] G. Ridley and J. Young, "Theoretical approaches to gender and IT: examining some Australian evidence," *Information Systems Journal*, vol. 22, pp. 355-373, 2012.
- [83] L. Fernandez-Sanz and S. Misra, "Analysis of cultural and gender influences on teamwork performance for software requirements analysis in multinational environments," *IET software*, vol. 6, pp. 167-175, 2012.
- [84] S. Tiwari, D. Ameta, P. Singh, and A. Sureka, "Teaching requirements engineering concepts using case-based learning," in *2018 IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering Education for Millennials (SEEM)*, 2018, pp. 8-15.