



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN**

**DISEÑO DE UNA GUÍA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL  
PROCESO DE ELECCIÓN DE UN SISTEMA DE  
ADMINISTRACIÓN DE FLUJOS DE TRABAJO**

**T E S I S**  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

**P R E S E N T A:**  
MIQUEAS ESLI ALDAMA SÁNCHEZ

Director de Tesis:  
M. EN C. GUSTAVO ARTURO MÁRQUEZ FLORES  
Facultad de Ciencias, UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Noviembre, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# Agradecimientos

## Agradezco a:

    Mi familia, por todo su apoyo en todo sentido y, además, por sus consejos a lo largo de todo este tiempo.

    Mi tutor de tesis, por su guía, su tiempo, sus sugerencias y su compromiso con el desarrollo de este trabajo.

    Los sinodales asignados para la revisión de este trabajo, por sus observaciones y su tiempo.

    Los profesores del Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional Autónoma de México, por sus enseñanzas, sus consejos y su disposición.

    La Universidad Nacional Autónoma de México, por su acogimiento durante el curso de mis estudios de posgrado.

    El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico recibido durante mis estudios de maestría.



# Contenido

<b>Agradecimientos.....</b>	<b>3</b>
<b>Contenido.....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivos .....	9
1.2 Problemática.....	9
1.3 Contribución.....	10
1.4 Alcance.....	10
1.5 Organización .....	10
<b>Capítulo 2. Marco Teórico de los Flujos de Trabajo .....</b>	<b>13</b>
2.1 Conceptos básicos .....	13
2.1.1 Procesos.....	13
2.1.2 Flujos de Trabajo.....	13
2.1.3 BPMN .....	14
2.1.3.1 Actividades.....	15
2.1.3.2 Eventos .....	15
2.1.3.3 Compuertas.....	18
2.1.3.4 Pools y Carriles .....	19
2.1.3.5 Artefactos .....	20
2.1.3.6 Conectores.....	21
2.2 Ámbitos de aplicación de flujos de trabajo .....	22
2.2.1 Flujos de trabajo de procesos administrativos.....	22
2.2.2 Flujos de trabajo de procesos industriales.....	22
2.2.3 Flujos de trabajo de procesos comerciales .....	23
2.2.4 Flujos de trabajo científicos .....	23
<b>Capítulo 3. Sistemas para Administración de Flujos de Trabajo .....</b>	<b>25</b>
3.1 Características generales de los sistemas para administración de flujos de trabajo .....	25
3.1.1 Motor de flujos de trabajo .....	25
3.1.2 Herramienta de definición de procesos .....	26
3.1.3 Herramienta de análisis .....	26

3.1.4 Aplicaciones cliente .....	27
3.1.5 Aplicaciones invocadas .....	27
3.1.6 Herramienta de monitoreo.....	27
3.1.7 Tipos de usuarios en un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo.....	28
3.2 Sistemas comerciales para administración de flujos de trabajo .....	28
3.3 Tecnología Windows Workflow Foundation.....	29
<b>Capítulo 4. Diseño de la Guía para toma de decisiones .....</b>	<b>33</b>
4.1 Consideraciones sobre selección e implementación de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo.....	33
4.2 Estructura de la guía propuesta .....	34
4.2.1 Criterios de selección .....	35
4.2.1.1 Criterios de costo.....	35
4.2.1.2 Criterios de eficiencia.....	35
4.2.1.3 Criterios de confiabilidad .....	36
4.2.1.4 Criterios de usabilidad de la solución.....	36
4.2.2 Lista de requerimientos .....	37
4.2.3 Lista de productos .....	38
4.2.4 Cuestionario complementario.....	40
4.2.4.1 Información de criterios de costo .....	40
4.2.4.2 Información de criterios de eficiencia .....	41
4.2.4.3 Información de criterios de confiabilidad .....	41
4.2.4.4 Información de criterios de usabilidad de la solución .....	42
4.2.4.5 Ponderación de criterios de selección .....	42
4.2.5 Análisis cuantitativo de indicadores.....	42
4.2.5.1 Indicadores de costo .....	42
4.2.5.2 Indicadores de eficiencia.....	44
4.2.5.3 Indicadores de confiabilidad .....	46
4.2.5.4 Indicadores de usabilidad.....	48
4.2.5.5 Ponderación de indicadores de selección .....	48
4.2.5.6 Peso final del sistema .....	49
4.2.6 Lista de alternativas.....	49
<b>Capítulo 5. Ejemplos de aplicación.....</b>	<b>51</b>
5.1 Criterios de selección con la misma importancia.....	51
5.1.1 Cuestionario complementario para Bizagi Modeler.....	54
5.1.2 Cuestionario complementario para AuraPortal Helium Modeler.....	55

5.1.3 Cuestionario complementario para Visual Paradigm .....	57
5.1.4 Ponderación de criterios de selección .....	58
5.1.5 Resultados del análisis cuantitativo de indicadores de selección .....	59
5.2 Criterios de selección con distintos niveles de importancia .....	60
5.2.1 Ponderación de criterios de selección .....	60
5.2.2 Resultados del análisis cuantitativo de indicadores de selección .....	61
<b>Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro .....</b>	<b>63</b>
6.1 Conclusiones .....	63
6.2 Trabajo futuro .....	64
<b>Referencias .....</b>	<b>65</b>





# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Objetivos

Se pretende elaborar una guía para la toma de decisiones que pueda ayudar a empresas y a organizaciones en la elección de herramientas de análisis de flujos de trabajo.

Se busca realizar un análisis de las características más importantes de diferentes herramientas de software para el diseño y construcción de flujos de trabajo, con el fin de identificar los elementos a considerar en su implementación y adaptación a un entorno productivo determinado.

### 1.2 Problemática

En la actualidad, uno de los grandes retos que afronta una organización tiene que ver con lograr mejoras en sus procesos para poder ser más competitiva y productiva, ofreciendo productos y servicios de alta calidad. El tener éxito al afrontar este desafío depende directamente del tiempo que la organización invierta en perfeccionar la forma en la que se desempeña. Mientras más tiempo invierta, sus procesos se vuelven cada vez más maduros y sus operaciones son más repetibles y escalables, sin mencionar que se obtienen mayores beneficios para las partes involucradas como los accionistas [5]. Sin embargo, algunas de las principales consideraciones que se requiere abordar tienen que ver, por ejemplo, con los siguientes aspectos:

- Minimizar tiempos
- Minimizar costos
- Minimizar desperdicio de materiales
- Optimizar uso de recursos humanos
- Control en la producción
- Seguimiento de procesos

Para llevar a cabo esos aspectos, se requiere de la capacidad de modelar los procesos en cuestión y sus correspondientes flujos de trabajo, a partir de los cuales se pueda realizar un análisis de dichos procesos con el objetivo de identificar sus deficiencias y mejorarlos. Una solución que permite realizar este tipo de análisis tiene que ver con una clase de sistemas de información conocidos como Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo, los cuales se vinculan con las actividades y el trabajo de los elementos, humanos y no humanos, involucrados [14]. Aunque actualmente existen diversas herramientas de software que pueden ayudar a organizaciones de diferentes tipos en la gestión de sus procesos, la selección de una herramienta de este tipo puede resultar difícil, ya que no siempre se cuenta con los criterios que permitan determinar si ésta es adecuada para el tipo de organización en la que se desea utilizar. Adicionalmente, existen otros factores a tomar en cuenta,

como la inversión económica que se debe hacer para el uso de estas herramientas, el soporte que ofrecen y su flexibilidad en cuanto a la definición de procesos particulares.

Por otra parte, actualmente no existe una cultura de documentación de procesos tan extendida en las empresas y organizaciones, específicamente, en México. Esto limita de forma importante su posibilidad de ser más eficientes en el control y administración de sus procesos, además de la dificultad que conlleva el darles seguimiento, en el caso de procesos ya existentes y en funcionamiento, y proporcionar la respectiva capacitación a su personal, de ser necesario.

## **1.3 Contribución**

Aunque actualmente existe una gran variedad de soluciones de software que sirven como herramienta para la administración de flujos de trabajo de procesos en distintos ámbitos, la selección y adaptación de estas soluciones a un entorno productivo específico puede resultar difícil debido a que no siempre se cuenta con un modelo de decisión que ayude a identificar los elementos más importantes que intervienen en la implementación y adaptación de este tipo de herramientas, por lo que resulta relevante el desarrollo de este tipo de investigaciones.

Por lo tanto, la contribución de este trabajo de tesis consiste en diseñar una guía que ayude a las empresas y organizaciones, particularmente en los ámbitos administrativos e industriales, en el proceso de elección de un sistema de análisis de flujos de trabajo.

## **1.4 Alcance**

Existen diversos tipos de procesos en los que los sistemas de administración de flujos de trabajo pueden aplicarse. Todos estos procesos se agrupan, en este trabajo, en los denominados ámbitos de aplicación: administrativo, industrial, científico y comercial. Sin embargo, este estudio se basa sólo en los primeros dos ámbitos, ya que se pretende que los procesos a los que vaya orientada esta guía resulten ser ampliamente conocidos por los miembros pertenecientes a una población económicamente activa como la de México y, principalmente, por las empresas y organizaciones de los sectores relacionados, es decir, el sector industrial y de servicios.

## **1.5 Organización**

El presente trabajo está dividido en 6 capítulos, además de una sección de referencias. El Capítulo 1 consiste en la introducción de dicho trabajo, cubriendo sus objetivos, problemática, contribución y alcance. Por su parte, el Capítulo 2 describe el marco teórico de los flujos de trabajo, cubriendo tanto los conceptos básicos como sus ámbitos de aplicación.

En el Capítulo 3, se describen las características más importantes de los sistemas de administración de flujos de trabajo, además de mencionar algunos ejemplos de herramientas de software, actuales y ampliamente usadas, de este tipo.

El Capítulo 4 presenta el diseño de la guía propuesta para toma de decisiones. Este diseño abarca tanto los factores más importantes a tener en cuenta en la elección de un sistema de software para flujos de trabajo particular, de acuerdo con los dos capítulos anteriores, como la forma en la que

esta guía se puede aplicar en una empresa u organización que desea adquirir un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo.

Los ejemplos de aplicación de la guía diseñada se muestran en el Capítulo 5. Se proporciona, para cada ejemplo, una breve explicación del contexto en el que se busca aplicar esta guía, el proceso o conjunto de procesos para los que se requiere un sistema de administración de flujos de trabajo y, finalmente, los resultados de la elección del tipo de herramienta a utilizar.

El Capítulo 6 reúne las conclusiones obtenidas de este trabajo, además de recomendaciones sobre posibles mejoras a incorporar y trabajos futuros relacionados con este tipo de ayudas para toma de decisiones en el campo de los flujos de trabajo.



# Capítulo 2

## Marco Teórico de los Flujos de Trabajo

### 2.1 Conceptos básicos

#### 2.1.1 Procesos

Un proceso es un conjunto de tareas y condiciones necesarias para llevar a cabo un determinado trabajo u objetivo, entendiéndose como *tarea* a una unidad lógica de trabajo que es atendida por un recurso, es decir, una persona, una máquina o un grupo de personas o máquinas que son responsables de dicha tarea [14]. Las condiciones mencionadas al inicio del párrafo tienen que ver básicamente con el orden en el que las tareas que componen al proceso en cuestión son ejecutadas.

En el contexto de una organización o una empresa, independientemente del sector productivo al que pertenezca, una forma de tener un control documental sobre los procesos es por medio de su modelado. Existen diferentes estándares y notaciones que permiten modelar un proceso, siempre y cuando se identifiquen de forma precisa cada una de las tareas que lo componen, así como los recursos involucrados. Una de estas notaciones es conocida como BPMN, la cual se describe más adelante. El modelado de procesos también ayuda a la comunicación entre los miembros de una organización, sobre todo si ésta es grande [5].

En ocasiones, se suelen usar de forma indistinta los términos *proceso* y *proceso de negocio*. Sin embargo, conviene establecer cierta diferencia: en el primer caso, el término se usa de forma genérica, mientras que, en el segundo caso, se resalta un objetivo organizacional concreto, como la generación de un producto, o la prestación de un servicio a un cliente [21, 22].

#### 2.1.2 Flujos de Trabajo

Se puede definir un flujo de trabajo como un conjunto de elementos básicos relacionados con cada una de las etapas de un proceso de negocio. Entre estos elementos básicos se pueden mencionar: tareas, procedimientos, personas y organizaciones, información de entrada y salida, políticas y reglas, así como herramientas adicionales necesarias [10]. Los flujos de trabajo permiten describir el orden de ejecución de las actividades que componen un determinado proceso, así como las dependencias entre sus elementos.

En las últimas décadas, se han desarrollado herramientas que ofrecen una solución al problema que supone controlar y analizar los flujos de trabajo de los procesos de negocio en distintos ámbitos. Estas herramientas se conocen como Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo, los cuales se vinculan directamente con las actividades y el trabajo de los elementos, humanos y no humanos, involucrados [14]. Originalmente, estos sistemas estaban orientados a la asignación de

tareas a elementos humanos. Actualmente, se toma en cuenta la intervención de otros elementos o sistemas automatizados o robotizados [19].

Es importante mencionar que la administración de procesos de negocio, o BPM por sus siglas en inglés (Business Process Management), es una disciplina que tiende a centrarse en el cómputo de transacciones rápidas, además de que su optimización depende principalmente de la automatización de dichos procesos. Por su parte, la idea de los flujos de trabajo busca incorporar aquellos aspectos que requieran del juicio o procesamiento humano, en particular, en situaciones donde se cuenta con un gran número de personas y los tiempos de los procesos son relativamente largos, siendo susceptibles a interrupciones [19, 20]. Así, ambos enfoques de administración se complementan y se adoptan, dependiendo de las características y necesidades de las organizaciones que requieran implantarlos.

En la literatura se pueden encontrar diversas formas de abordar el modelado de flujos de trabajo. Sin embargo, las que más destacan son las que se mencionan a continuación.

**Diagramas de flujo.** Este tipo de representaciones suele adoptarse por algunas tecnologías, como la de Windows Workflow Foundation [9, 10]. Su uso es menos formal y, dado que no son tan rigurosos como otras notaciones, pueden servir en aquellos casos en los que el proceso está descrito en términos muy generales. También, son más frecuentes cuando se trabaja con procesos con una alta automatización.

**Redes de Petri.** Estos modelos tienen un fuerte fundamento matemático, exigiendo una definición muy precisa del proceso que se requiere representar. Fueron definidas en 1960 por Carl Adam Petri y no sólo se utiliza para modelar procesos, sino también para analizarlos, siguiendo una notación gráfica y un conjunto de reglas específicas [14]. Las Redes de Petri son ampliamente usadas por herramientas de simulación de procesos, tanto sencillos como complejos, en diversos ámbitos. Por ejemplo, en [23] se presenta una aplicación de esta técnica a un proceso logístico.

**Lenguajes de modelado.** Un enfoque más frecuente para abordar el modelado de procesos de negocio consiste en usar lenguajes de modelado como UML (Unified Modeling Language), el cual ofrece representaciones, como los diagramas de secuencia o de actividad, que se adaptan a este contexto [14]. Otro lenguaje de modelado ampliamente utilizado para este mismo fin es el denominado como BPMN que, como se verá más adelante, cobra especial atención en este trabajo.

### 2.1.3 BPMN

BPMN es la abreviación usada para referirse a la Notación de Modelado de Procesos de Negocio, por sus siglas en inglés (Business Process Modeling Notation). Es una notación gráfica que permite modelar los procesos de una organización y, consecuentemente, documentarlos de forma estandarizada. Actualmente, su desarrollo está a cargo del Object Management Group (OMG) y la versión que se maneja es la 2.0 [15].

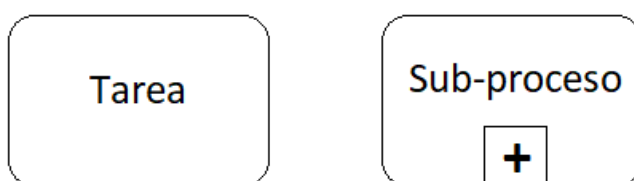
Esta notación permite definir procesos de negocio con distintos niveles de detalle. Los denominados *Modelos de Procesos* [5], es decir, las representaciones más detalladas de los procesos, son de particular interés para este trabajo, ya que incorporan la información suficiente para analizarlos y simularlos.

Actualmente, la mayoría de los sistemas para administración de flujos de trabajo hacen uso de la notación BPMN, o bien, usan variaciones de ésta, pero conservando sus aspectos básicos. Por

lo tanto, resulta conveniente conocerla y tomarla como referencia para el modelado y análisis de procesos. A continuación, se describen brevemente los elementos principales que integran esta notación [5].

### 2.1.3.1 Actividades

Una actividad, en términos generales, se refiere a todo aquello que se hace en un proceso, requiriendo cierto tiempo para su ejecución, además de recursos, entradas y salidas. Se pueden distinguir dos tipos de actividades: 1) tareas, es decir, actividades atómicas que poseen el nivel más bajo de detalle; 2) sub-procesos, que son actividades compuestas y, por tanto, contienen un nivel adicional de detalle. Su representación se muestra en la Figura 2.1.



**Figura 2.1.** Representación de actividades con BPMN: tarea (izquierda); sub-proceso (derecha).

En el caso de aquellas tareas que requieran realizarse más de una vez, se usa la notación que aparece en la Figura 2.2.



**Figura 2.2.** Tarea con un ciclo interno.

### 2.1.3.2 Eventos

Representan sucesos que afectan el flujo del proceso, ya sea que lo inicien, retrasen, interrumpen o lo finalicen. Se representan por un círculo y los hay de tres tipos:

- 1) **Eventos de inicio.** Indican dónde inicia un proceso. Se representa por un círculo con una línea fina y, dependiendo del modelador, son opcionales.
- 2) **Eventos intermedios.** Eventos que ocurre después de iniciar un proceso y antes de que termine, es decir, ocurren durante su flujo. Este tipo de eventos se representan por medio de un círculo con línea doble.
- 3) **Eventos de fin.** Indican el final de un hilo de ejecución dentro de un proceso. Se representan por un círculo con línea gruesa.

En la Figura 2.3 se observa la representación de los eventos de inicio, intermedios y de fin.





**Figura 2.3.** Eventos básicos de inicio, intermedios y de fin.

Existen, además, eventos más específicos que son recurrentes en el modelado de la mayoría de los procesos y pueden ser de inicio, intermedios o de fin. Algunos de los más importantes se mencionan a continuación.

**Temporizador.** Es un evento que condiciona la ejecución de un determinado camino dentro de un proceso, con base en una fecha u hora específicos, o bien, un intervalo de tiempo, por ejemplo, un día de la semana. Puede ser de inicio o intermedio y sus representaciones se pueden ver en la Figura 2.4.



**Figura 2.4.** Temporizador de inicio (izquierda) e intermedio (derecha).

**Mensaje.** Este evento indica una solicitud o respuesta efectuada desde una entidad del proceso hacia otra. Un ejemplo podría ser una solicitud de verificación de la compra de un determinado producto. Estos eventos pueden ser de inicio, intermedios o de fin y sus respectivas representaciones se muestran en la Figura 2.5.



**Figura 2.5.** Mensaje de inicio (izquierda), intermedio (centro) y de fin (derecha).

**Señal.** Un evento de señal, como su nombre lo indica, se utiliza para identificar una señal que es emitida por otro proceso y difundida en el propio proceso de negocio. Pueden marcar el inicio de uno o varios procesos subsecuentes y, por tanto, permiten modelar la comunicación entre procesos y dentro de los mismos. Pueden ser de inicio, intermedias o de fin, representadas como se muestra en la Figura 2.6.



**Figura 2.6.** Señal de inicio (izquierda), intermedia (centro) y de fin (derecha).

**Condicional.** Un evento condicional indica una condición o regla predefinida que debe satisfacerse para que se inicie o se continúe con el proceso. Así, estos eventos pueden ser de inicio o intermedios. En la Figura 2.7 se observa su representación.



**Figura 2.7.** Eventos condicionales de inicio (izquierda) e intermedios (derecha).

**Error.** Este evento define una situación que interrumpe el flujo del proceso modelado, o bien, que demanda realizar una corrección en alguna actividad. Los eventos de error generalmente se utilizan dentro del proceso o al final de éste, es decir, pueden ser intermedios o de fin. La Figura 2.8 muestra su representación en cada caso.



**Figura 2.8.** Evento de error intermedio (izquierda) y de fin (derecha).

**Cancelación.** El evento de cancelación permite definir situaciones en las que una transacción, representada por un sub-proceso, se cancela. Estos eventos, al igual que los eventos de error, se pueden usar como eventos intermedios o de fin. En la Figura 2.9 se pueden ver sus representaciones.



**Figura 2.9.** Evento de cancelación intermedio (izquierda) y de fin (derecha).

**Terminador.** Este evento simplemente define el fin de la ejecución de la instancia del proceso actual, así como de todos sus sub-procesos, aún cuando éstos estén activos. Indica el término del hilo de ejecución actual del proceso y provoca la finalización de todos los otros hilos de ejecución activos, independientemente de sus estados. Su representación se muestra en la Figura 2.10.

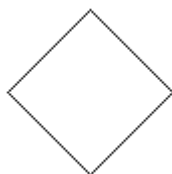


**Figura 2.10.** Evento Terminador.

### 2.1.3.3 Compuertas

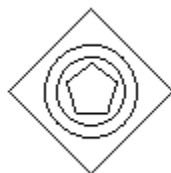
Las compuertas son elementos de control de flujo que permiten establecer puntos de división o unificación del flujo del proceso modelado. Se usan en situaciones donde se presentan decisiones sobre el camino a seguir, o en aquellos casos donde se requiere esperar a que se alcance cierto punto para que el proceso pueda continuar. Una compuerta puede tener múltiples flujos de secuencia, tanto entrantes como salientes. En cuanto a su representación, su forma básica es la de un diamante. Los principales tipos de compuertas de la notación BPMN se tratan a continuación.

**Exclusiva.** Este tipo de compuerta permite dirigir el flujo saliente hacia un sólo camino, además de recibir y hacer pasar por ella todos los flujos entrantes, evaluando una determinada condición sobre estos últimos. Su representación se presenta en la Figura 2.11.



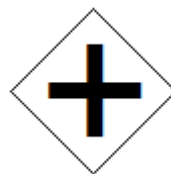
**Figura 2.11.** Compuerta exclusiva.

**Evento.** La compuerta evento funciona de forma similar a la compuerta exclusiva, con la excepción de que el flujo saliente depende de la ocurrencia de un determinado evento, por ejemplo, un mensaje de confirmación. Su modelado es como se indica en la Figura 2.12.



**Figura 2.12.** Compuerta Evento.

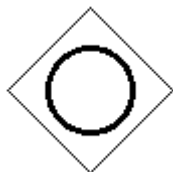
**Paralela.** Esta compuerta permite dirigir de forma paralela el flujo saliente del proceso hacia todos los caminos que estén indicados. Se representa por medio del símbolo que aparece en la Figura 13. En el caso de los flujos entrantes, espera a recibirlos por todos los caminos marcados por el modelo para continuar con la ejecución del proceso.



**Figura 2.13.** Compuerta paralela.

**Inclusiva.** Una compuerta inclusiva, cuya representación aparece en la Figura 2.14, permite dirigir el flujo saliente hacia alguno de los caminos marcados, dependiendo de las condiciones definidas sobre éstos. Esto quiere decir que se consideran aquellas situaciones en las que es posible

más de un resultado o alternativa. Cuando se usa para unificar los flujos entrantes, la compuerta inclusiva sincroniza estos flujos.



**Figura 2.14.** Compuerta inclusiva.

**Compleja.** Este tipo de compuertas se incluyen en la notación BPMN con el fin de cubrir aquellas situaciones que no cubren las compuertas anteriores, debido a especificaciones particulares del proceso de negocio, permitiendo al modelador definir el comportamiento deseado. Se representan por un diamante con un símbolo de asterisco en su interior, como el de Figura 2.15.

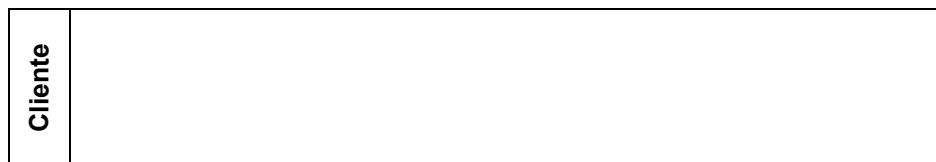


**Figura 2.15.** Compuerta compleja.

#### 2.1.3.4 Pools y Carriles

Los denominados *pools* y *carriles* son elementos de BPMN que ayudan a organizar y dividir las actividades del proceso a modelar. En seguida se mencionan las características de cada uno de estos elementos.

**Pools.** Los pools son contenedores que representan a los participantes en un diagrama de procesos de negocio colaborativo, entendiendo como participante a un rol de negocio, por ejemplo, un vendedor o un cliente, o bien, una entidad de negocio específica, como una compañía de mensajería o de transporte. Por lo tanto, los pools permiten modelar la coordinación de cada participante en un proceso de negocio colaborativo. Se identifican con una caja rectangular, como en la Figura 2.16.



**Figura 2.16.** Ejemplo de un pool representando al participante *Cliente*.

**Carriles.** Se les llama carriles a las sub-particiones que se pueden crear dentro de un pool, permitiendo agrupar los elementos del proceso que correspondan al rol que representan. Pueden usarse para diferenciar participantes dentro de una misma organización (como gerente o asistente), aunque su uso también puede extenderse a entidades más abstractas (como departamentos, productos o sistemas informáticos). En la Figura 2.17, se muestra un ejemplo de carriles dividiendo un pool.

Atención a clientes	
Gerencia	
Sistema de Ventas	

**Figura 2.17.** Ejemplo de carriles en un pool.

### 2.1.3.5 Artefactos

Los artefactos hacen referencia a aquellos elementos que contienen información adicional del proceso modelado, complementando su estructura y la información respectiva sobre su flujo de ejecución, sin afectarlo directamente. Los tipos de artefactos estándar de BPMN se mencionan a continuación.

**Objetos de datos.** Representan los documentos y datos generados o utilizados como entradas por las actividades del proceso. Los objetos de datos también pueden tener estados asociados (ver Figura 2.18), para detallar más su situación dentro del proceso, y pueden aparecer en distintas partes del diagrama correspondiente, con el propósito de documentar todos sus cambios.



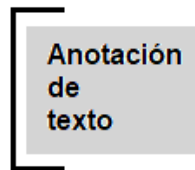
**Figura 2.18.** Representación de un objeto de datos.

**Grupos.** Los grupos se incluyen para resaltar, clasificar o agrupar un conjunto de objetos o secciones específicas de un proceso, por medio de un rectángulo redondeado como el de la Figura 2.19, siendo simplemente ayudas gráficas adicionales.



**Figura 2.19.** Representación de un grupo.

**Anotaciones de texto.** Permiten incluir descripciones complementarias sobre un proceso o sobre cualquiera de sus elementos, lo que ayuda al modelador a esclarecer y facilitar la comprensión del diagrama asociado. Se suelen representar como aparece en la Figura 2.20.



**Figura 2.20.** Anotación de texto.

Los artefactos mencionados se pueden extender, dependiendo de las necesidades del modelador, siempre y cuando la notación elegida no entre en conflicto con la notación estándar de BPMN.

### 2.1.3.6 Conectores

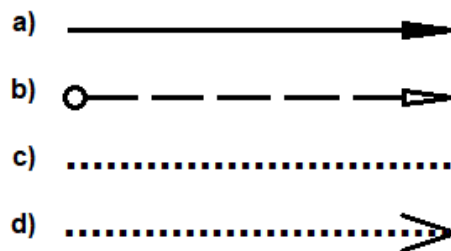
Los conectores sirven para unir dos objetos dentro del diagrama de un proceso. Básicamente, existen tres tipos de conectores en BPMN, los cuales se describen a continuación.

**Flujo de secuencia.** Utilizado para definir el orden de los objetos de flujo de un proceso, este tipo de conectores indica los caminos que debe seguir dicho proceso durante su ejecución. Sólo pueden usarse para conectar actividades, eventos y compuertas, sin cruzar los límites del sub-proceso o pool en el que se encuentren.

**Flujo de mensaje.** Permiten definir el flujo de comunicación entre dos participantes o entidades de negocio dentro de un proceso, con el fin de transmitir un mensaje. Esto quiere decir que este tipo de conectores modelan colaboraciones y, por tanto, sólo se pueden aplicarse entre pools, no entre los objetos de éstos.

**Asociación.** Los conectores de asociación relacionan artefactos con objetos del diagrama de un proceso determinado. Frecuentemente, también se emplean para marcar el origen y el destino de los objetos de datos, es decir, para representar el flujo de datos.

La representación de estos conectores se muestra en la Figura 2.21.



**Figura 2.21.** Conectores: a) flujo de secuencia; b) flujo de mensaje; c) asociación entre artefactos y objetos; d) asociación de flujo de datos.

Los objetivos de este trabajo no contemplan ahondar en notaciones de modelado de procesos de negocio como BPMN, por lo que, para una revisión más detallada de esta última, se sugiere consultar las referencias [5, 15]. En las secciones y capítulos posteriores de este trabajo, se darán ejemplos más concretos de procesos de negocio modelados con esta notación.

## 2.2 Ámbitos de aplicación de flujos de trabajo

Independientemente del sector productivo al que pertenezca una determinada organización y de su tamaño, puede existir una gran variedad de procesos que se llevan a cabo dentro de ella. Por lo tanto, también se generan diferentes ámbitos de aplicación en los que se presentan flujos de trabajo asociados con dichos procesos. Aquí, los tipos de flujos de trabajo se han englobado en cuatro ámbitos de aplicación: 1) administrativo; 2) industrial; 3) comercial; 4) científico. En las siguientes secciones, se tratan cada uno de estos ámbitos.

### 2.2.1 Flujos de trabajo de procesos administrativos

En este ámbito, se consideran aquellos procesos que involucran, en mayor medida, la interacción de recursos humanos con otros participantes o entidades de negocio. Ejemplos comunes de recursos en este ámbito son: el personal de una oficina, un doctor, una impresora o un portero [14], por mencionar algunos.

Adicionalmente, algunos ejemplos de procesos administrativos recurrentes y representativos, en particular, en el caso de las PyMEs, son los siguientes [11, 12]:

- Manejo de información de clientes
- Contacto con proveedores
- Contratación de personal
- Contabilidad y finanzas de la organización
- Obtención de equipo y maquinaria
- Control de inventarios
- Planeación de la producción

### 2.2.2 Flujos de trabajo de procesos industriales

Los procesos industriales se caracterizan por la transformación de materias primas en materiales, herramientas, sustancias o productos que cubren una necesidad particular [24]. Una forma de clasificar a las industrias es, precisamente, por el tipo de materias primas que utilizan, encontrando así a industrias como la textil, la pesquera, la del petróleo, la metalúrgica o la manufacturera, por mencionar sólo algunas. Consecuentemente, en cada una de estas industrias, se encontrarán los respectivos procesos que se requieren para su funcionamiento, por ejemplo, procesos de armado de automóviles, fabricación de equipos electrónicos, embotellado de bebidas, empaque de alimentos, etc. [25].

**Ejemplo: Fabricación de muebles de madera.** En la industria manufacturera, un proceso muy conocido es el de la fabricación de muebles de madera. Este tipo de procesos lo realizan desde micro-empresas hasta grandes empresas, en las cuales se incrementa el nivel de

automatización de sus actividades, lo cual mejora la calidad y permite un mayor volumen de producción. En términos generales, en el caso de una micro-empresa, se pueden considerar las actividades que se listan a continuación [26]:

1. Recepción de material. Se recibe la madera y se verifica que cumpla con las especificaciones. De lo contrario se deberá corregir la situación, por ejemplo, notificando a los proveedores.
2. Selección de la madera a trabajar.
3. Transporte al área de trazado.
4. Elaboración de patrones para el trazado.
5. Trazado sobre la madera.
6. Transporte al área de corte.
7. Corte. Se realizan, en primer lugar, cortes preliminares de las piezas y, posteriormente, se hacen los cortes de mayor precisión.
8. Se hacen los preacabados necesarios para el ensamble.
9. Lijado de las piezas.
10. Transporte al área de ensamble.
11. Ensamble de piezas.
12. Transporte al área de acabado.
13. Lijado final, de ser necesario, y barnizado.
14. Transporte al almacén de producto terminado.
15. Protección de los muebles, por ejemplo, con cartón y plástico.
16. Almacenamiento del producto terminado y listo para su distribución.

En la Figura 2.22 se muestra este proceso, modelado con BPMN con la ayuda del modelador Bizagi, el cual es un sistema comercial para modelar procesos de negocio [1].

### **2.2.3 Flujos de trabajo de procesos comerciales**

Como su nombre lo indica, este tipo de procesos tienen que ver con las actividades que implican el intercambio de mercancías o productos entre dos o más participantes o entidades de negocio, por medio de una forma de cambio (generalmente, dinero físico o electrónico). La mayoría de los procesos que pueden asociarse con este ámbito son los de compra y venta de bienes y servicios, por lo que algunos ejemplos de sus participantes y recursos pueden ser: clientes, vendedores o mercancías. En este ámbito, es más frecuente hablar de procesos de negocio que de flujos de trabajo, en especial, si se trata de actividades relacionadas con el comercio electrónico.

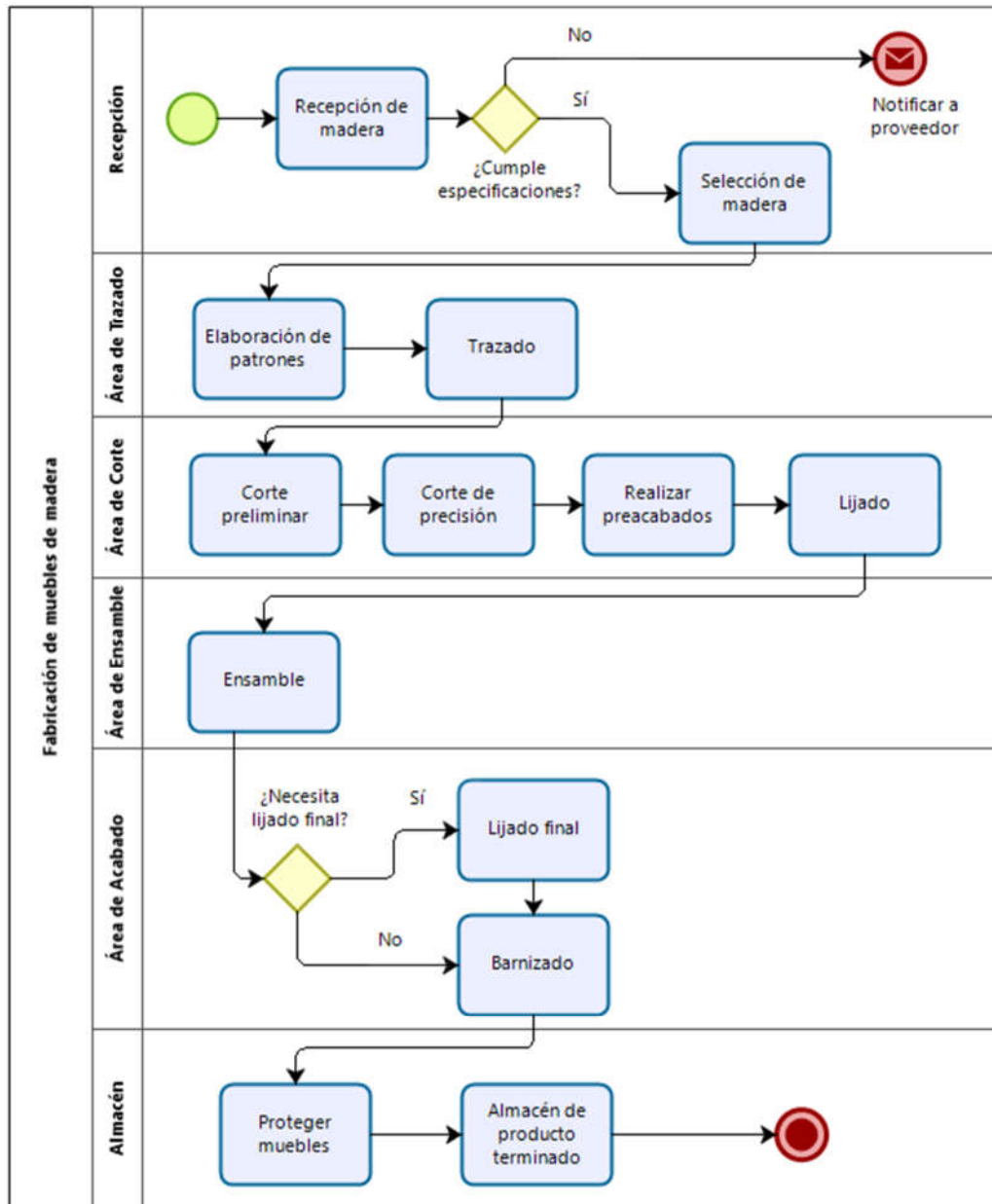
### **2.2.4 Flujos de trabajo científicos**

El modelado de procesos ha resultado ser de gran utilidad para las ciencias experimentales (por ejemplo, física experimental, biología molecular, geoprocesamiento), sobre todo, aquellas que se valen de sistemas de software u otros elementos automatizados y que, a su vez, requieren de una guía para un mejor manejo de tales tecnologías. Las aplicaciones de flujos de trabajo en este ámbito surgen de la necesidad de gestionar adecuadamente los experimentos realizados en laboratorios, así como la información consumida y producida por ellos [27]. Algunos ejemplos que se pueden mencionar de recursos y participantes de este tipo de procesos son: sensores, científicos, personal



técnico de un laboratorio o estación de investigación, datos experimentales (imágenes, archivos multimedia), sistemas de procesamiento de señales o dispositivos de análisis especializados.

En el siguiente capítulo, se exploran los aspectos generales que engloba el análisis de procesos de negocio por medio de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo.



Powered by  
**bizagi**  
Modeler

**Figura 2.22.** Proceso de Fabricación de muebles de madera.

# Capítulo 3

## Sistemas para Administración de Flujos de Trabajo

La administración de flujos de trabajo es un enfoque tecnológico que ha evolucionado a lo largo de las últimas décadas y se ha aplicado a diversos ámbitos, como los mencionados en el capítulo anterior, por medio de los denominados Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo. Estos sistemas permiten definir, ejecutar y analizar flujos de trabajo, mediante modelos computarizados de tales procesos que gobiernan el orden de ejecución que deben seguir [27]. La implementación de estos sistemas en un entorno productivo específico tiene como finalidad el control y la mejora de sus procesos de negocio, por lo que dicha implementación está estrechamente relacionada con la reingeniería de procesos de negocio o BPR, por sus siglas en inglés (Business Process Re-engineering), al identificar necesidades de cambio en cuanto a su diseño, adaptación, manejo de recursos y criterios de desempeño (tiempos, capacidades, niveles de servicio, flexibilidad) [14]. En las siguientes secciones, se abordan estos aspectos y se mencionan algunos ejemplos de sistemas y tecnologías para administración de flujos de trabajo.

### 3.1 Características generales de los sistemas para administración de flujos de trabajo

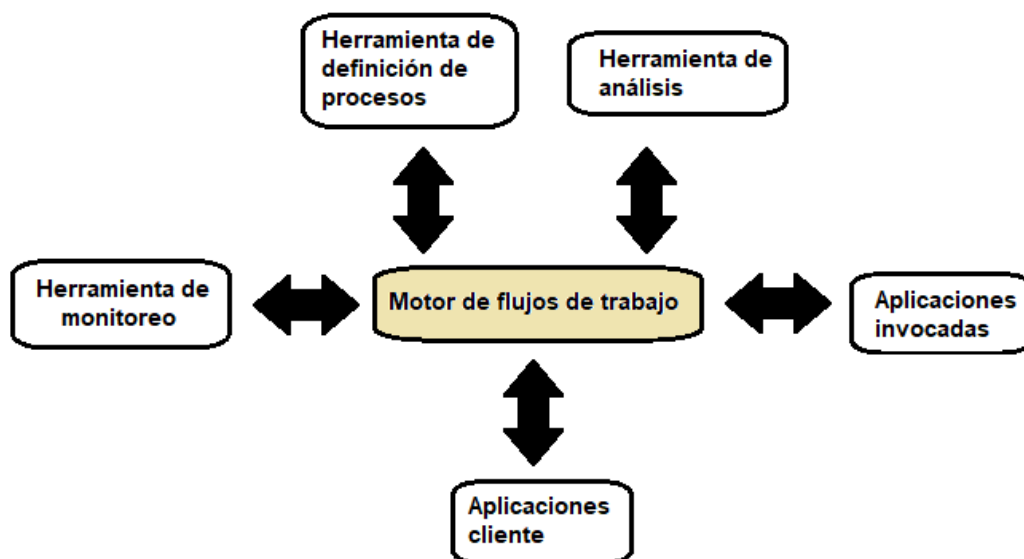
La finalidad de contar con un Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo es la de ayudar a identificar aspectos clave en el desempeño de un flujo de trabajo, como tiempos de inactividad, recursos materiales y humanos no empleados, o bien, detectar desperdicios de material en la elaboración de un producto, por ejemplo. A su vez, la identificación de esta clase de defectos conlleva a detectar maneras de hacer más eficiente un determinado flujo de trabajo.

En esta sección se describen las características y los elementos más importantes de un sistema para administración de flujos de trabajo, los cuales tienen que ver con la definición y el análisis de procesos de negocio, así como con la identificación de sus áreas de oportunidad, es decir, sus posibles mejoras. Los componentes que se han tomado en cuenta se basan en el modelo de referencia propuesto por la Workflow Management Coalition [14, 29]. Sin embargo, para este trabajo, la atención se ha centrado en aquellos componentes que definen al propio sistema y no en sus interfaces externas. En la Figura 3.1, se presenta un diagrama en el que se incluyen estos componentes.

#### 3.1.1 Motor de flujos de trabajo

Es la parte central de los sistemas para administración de flujos de trabajo. Entre sus principales tareas se encuentran la creación de nuevos flujos de trabajo y la remoción de aquellos que

ya se han completado, enrutamiento de los flujos en ejecución, asignación de recursos, manejo de eventos, recolección de datos históricos y monitoreo de la consistencia del flujo [14]. Dependiendo del proceso, puede haber uno o más motores de flujos trabajo en operación.



**Figura 3.1.** Componentes de un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo.

### 3.1.2 Herramienta de definición de procesos

Este tipo de herramienta permite definir y describir los componentes de cada proceso a considerar, así como modelarlos a través de notaciones gráficas, como las mencionadas en el capítulo anterior. Además, ofrece soporte para el manejo de versiones de procesos, revisión sintáctica de sus definiciones y especificación de tareas. Este último punto tiene que ver con la descripción de cada tarea, esto es, las condiciones y reglas de decisión impuestas para su ejecución, recursos requeridos e información necesaria para éstos (por, ejemplo, instrucciones dirigidas al empleado encargado de dicha tarea).

En cuanto a los recursos de un proceso, éstos suelen ser clasificados en roles generales, basados en funciones y habilidades, así como en unidades organizacionales (equipos de trabajo, departamentos, etc.). Esta clasificación permite una definición más genérica de cada proceso, tomando en cuenta las relaciones existentes entre las distintas clases de roles en una organización.

### 3.1.3 Herramienta de análisis

La parte de análisis que incorporan los sistemas de administración de flujos de trabajo permite verificar la correcta definición y ejecución de un proceso de negocio, antes de llevarlo a un ambiente de producción. En la mayoría de los casos, este análisis se basa en la capacidad de simular dicho proceso con el fin de obtener información relevante sobre su desempeño esperado en condiciones reales. A través de la simulación de procesos, se pueden incluir las incertidumbres asociadas a éstos en distintos escenarios de aplicación, antes de que sean llevados a la práctica, teniendo con ésto la ventaja de poderlos revisar y mejorar su desempeño.

Por otra parte, la información derivada de una etapa de análisis, con ayuda de simulaciones, es fundamental para establecer posibles cambios o mejoras a los procesos en cuestión, es decir, para lograr una re-ingeniería de procesos [28]. Algunos de los resultados que se pueden obtener del análisis de un proceso de negocio son: optimización de recursos (humanos, materiales, económicos); minimización de tiempos de espera; identificación de *cuellos de botella* y desperdicios; incremento del nivel de servicio.

Cabe señalar que, en términos generales, algunos sistemas disponibles para administración de flujos de trabajo aún presentan limitaciones en este aspecto, las cuales se espera que se cubran para ofrecer más posibilidades de análisis a los usuarios de estos sistemas.

### 3.1.4 Aplicaciones cliente

Las aplicaciones que le permiten a los empleados involucrados en un proceso de negocio establecer contacto con el sistema de administración de flujos de trabajo se denominan *aplicaciones cliente*. El motor de flujos de trabajo, a través de estas aplicaciones, comunica a los empleados la información requerida por cada tarea asignada, qué partes del proceso necesitan ser atendidas, en qué estado se encuentran determinadas tareas y cuáles ya han sido completadas.

### 3.1.5 Aplicaciones invocadas

Este tipo de aplicaciones no forman parte de la estructura interna de un sistema de administración de flujos de trabajo. Sin embargo, se incluyen dentro de los componentes de tal sistema ya que son las que permiten llevar a cabo tareas específicas que dependen de un control adicional. Al igual que en el caso de las aplicaciones cliente, el motor de flujos de trabajo gestiona la ejecución de las aplicaciones invocadas, proporcionando la información necesaria para un escenario particular de un proceso de negocio.

Se distinguen dos tipos de aplicaciones invocadas:

**Aplicaciones interactivas.** Son aquellas que se deben ejecutar dependiendo de la selección, por parte del empleado en turno, de las tareas pendientes por realizarse. Pueden ser, por ejemplo, aplicaciones estándar de oficina, o bien, programas desarrollados sólo para el proceso de negocio.

**Aplicaciones completamente automatizadas.** Son aquellas aplicaciones que no requieren de interacción con un usuario para poder completar una parte o la totalidad de la tarea asignada.

### 3.1.6 Herramienta de monitoreo

La herramienta de monitoreo es la encargada de supervisar y gestionar la operación de los flujos de trabajo, así como sus correspondientes recursos. Permite la implementación de nuevos flujos y la configuración de parámetros técnicos del sistema. Entre las funciones relacionadas con la información de los recursos, se encuentran la asignación y remoción de empleados, además de revisión de detalles como datos personales, rol, unidad organizacional de pertenencia, autorizaciones y disponibilidad. Por otro lado, las funciones relacionadas con la gestión operacional de un escenario particular de aplicación tienen que ver con la inspección y manipulación logística del proceso de negocio, dependiendo de las circunstancias y problemas que se presenten.

Otra característica de esta herramienta es que permite el registro y almacenamiento de todos los datos generados durante la ejecución de un flujo de trabajo, con los que se pueden obtener indicadores de desempeño como lo son el tiempo medio de proceso, tiempos medios por tarea, porcentaje de casos completados en un período fijo y nivel medio de utilización de recursos. Este tipo de indicadores es de especial interés en lo que respecta a la parte administrativa de los procesos de negocio, ya que, con base en dicha información, es posible identificar casos en los que se requiere una revisión de la definición de un proceso y, en ciertos casos, la modificación de ésta.

Algunos sistemas incorporan funcionalidades como la generación automática y periódica de reportes, los cuales se personalizan dependiendo de las necesidades e intereses de la organización. Otros sistemas también hacen uso de gestores de bases de datos para almacenar los datos generados por los flujos de trabajo definidos.

### **3.1.7 Tipos de usuarios en un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo**

De acuerdo con las características de los sistemas de administración de flujos de trabajo mencionadas hasta ahora, se pueden identificar diferentes tipos de usuarios que, a su vez, interactúan con los distintos componentes de estos sistemas [14], los cuales se describen a continuación:

**Diseñador del flujo de trabajo.** Es el usuario que define la estructura del flujo de trabajo y, por tanto, utiliza las herramientas de definición y análisis procesos.

**Administrador.** Es el encargado de implementar nuevos procesos, incorporar empleados, manejar autorizaciones, monitorear flujos de trabajo existentes y resolver conflictos, como los cuellos de botella. Por ello, los componentes que utiliza son las herramientas de monitoreo.

**Analista de procesos.** Utiliza los registros y reportes generados por las herramientas de monitoreo y análisis, con el fin de obtener información sobre el desempeño del flujo de trabajo en cuestión, además de poder dar sugerencias respecto a la operación del proceso de negocio modelado.

**Empleado.** Es un recurso humano, el cual ejecuta las tareas que le son asignadas y determina, en una parte importante, el nivel de producción y servicio de una organización.

Existen, además, otras personas involucrados en la implementación, diseño, estructuración y administración de flujos de trabajo. Entre éstas, se encuentran los diseñadores y programadores de bases de datos y de aplicaciones, así como los gerentes que tienen a su cargo a los usuarios mencionados anteriormente.

## **3.2 Sistemas comerciales para administración de flujos de trabajo**

Existen diversos sistemas que pueden apoyar en la modelación de los procesos de una empresa u organización, así como en la administración de sus flujos de trabajo. Algunos son gratuitos, como el modelador Bizagi [1] o la versión de escritorio de la herramienta ProcessMaker, y otros son de pago, por ejemplo, el que ofrece la plataforma de Aura Portal [3], o la herramienta BlueworksLive de IBM [2]. Para la modelación de procesos, las herramientas como las mencionadas anteriormente recurren a la notación BPMN, tratada en el capítulo anterior, o a variantes de ésta. En [13] se presenta

un listado de algunas de las aplicaciones mejor valoradas en el mercado para automatización de flujos de trabajo. Adicionalmente, en la Figura 3.2, se muestran algunos ejemplos de plataformas y sistemas de este tipo que actualmente están siendo utilizados por diversas empresas e instituciones.



Figura 3.2. Ejemplos de sistemas y plataformas para administración de flujos de trabajo.

### 3.3 Tecnología Windows Workflow Foundation

Es una tecnología desarrollada por Microsoft para crear flujos de trabajo humanos o de sistema en aplicaciones para sistemas operativos Windows (ver Figura 3.3) [9]. Su marco de trabajo se incluye en el de la plataforma .NET, a partir de la versión 3.0. La API de Windows Workflow Foundation proporciona compatibilidad para los lenguajes Visual Basic .NET y C#, además de contar con un compilador especializado y un diseñador gráfico como una alternativa a la programación de los flujos de trabajo. Su unidad básica de trabajo es la Actividad y considera los siguientes tipos de flujos de trabajo [10]:

**Secuenciales.** Las tareas se ejecutan de forma autónoma simplemente siguiendo el modelo del flujo definido. Es decir, es el mismo flujo de trabajo el que controla la ejecución de sus tareas.

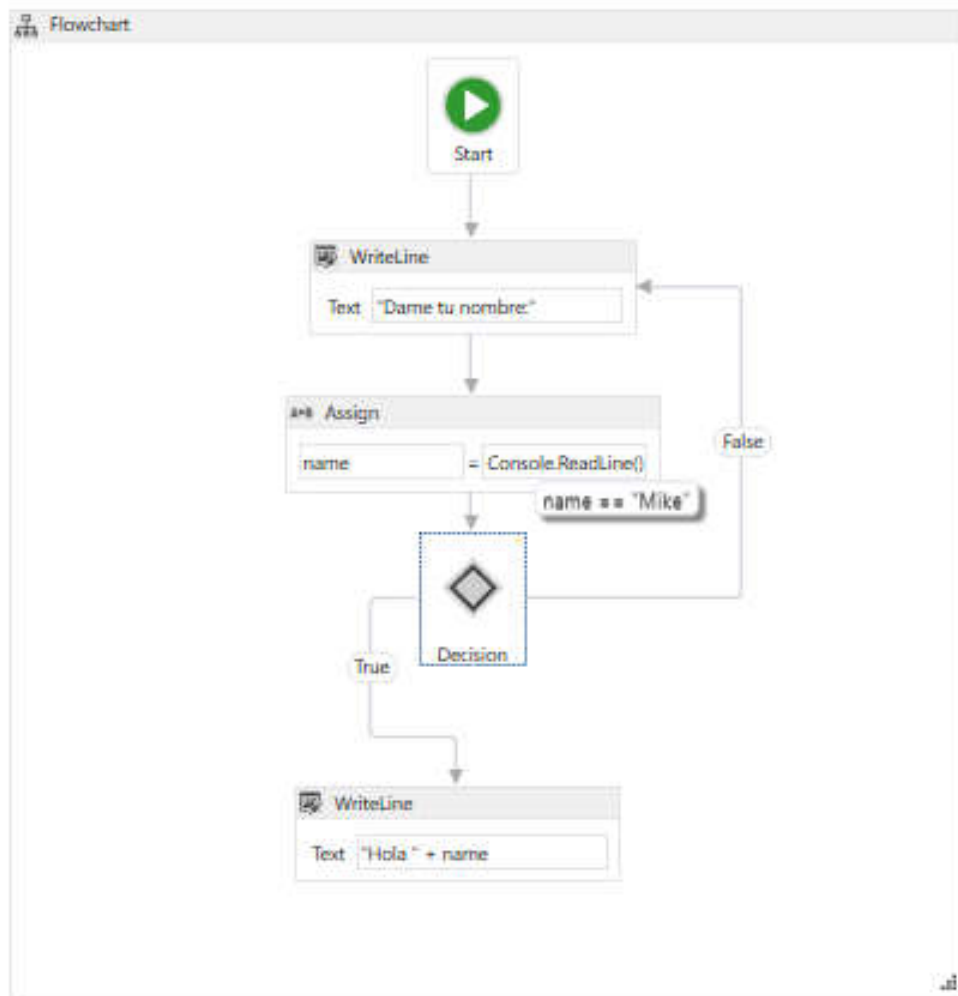
**Máquinas de Estados.** Las tareas del flujo de trabajo dependen fuertemente de un control externo para guiar su ejecución. Se considera una amplia interacción por parte del usuario o de otro agente de control externo.

**Basados en Reglas.** Se incorporan reglas de negocio a los flujos de trabajo secuenciales o de máquina de estados, con el fin de resolver decisiones complejas.

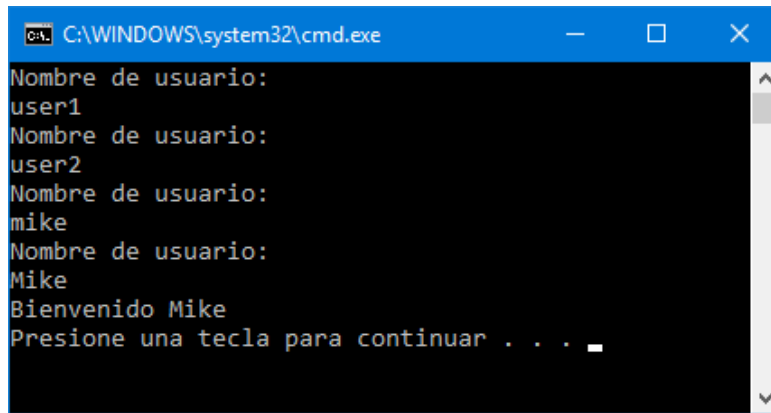


Figura 3.3. Logo de la tecnología Windows Workflow Foundation de Microsoft.

En lo que respecta a la definición de flujos de trabajo, el diseñador gráfico utiliza un conjunto de componentes con los que es posible establecer las actividades, propiedades y reglas de negocio de dichos flujos, permitiendo también programar los comportamientos que cada parte del flujo debe exhibir. Sin embargo, es importante señalar que Windows Workflow Foundation no adopta la notación BPMN, sino que posee su propia notación, además de mencionar que el diseñador gráfico utiliza enfoques como el de los diagramas de máquinas de estado y el de los diagramas de flujo para fines de modelación. En las Figura 3.4 y 3.5, se muestra un ejemplo ilustrativo sencillo de la definición de un flujo de trabajo para autenticación de un usuario, usando esta tecnología.



**Figura 3.4.** Ejemplo de flujo de trabajo, modelado con un diagrama de flujo usando la tecnología Windows Workflow Foundation.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Nombre de usuario:
user1
Nombre de usuario:
user2
Nombre de usuario:
mike
Nombre de usuario:
Mike
Bienvenido Mike
Presione una tecla para continuar . . .
```

**Figura 3.5.** Resultado de la ejecución del flujo de trabajo de la Figura 3.4.

Una de las características más importantes de Windows Workflow Foundation es que permite a los diseñadores y programadores de software para flujos de trabajo, simplificar muchos aspectos del desarrollo de este tipo de sistemas, ya que dicha tecnología incluye distintas clases y métodos para dar soporte a características clave, como la capacidad de ejecución multihilo de procesos y la posibilidad de consumir distintos tipos de servicios web, o bien, exponer un determinado flujo de trabajo como un servicio web [10].





# Capítulo 4

## Diseño de la Guía para toma de decisiones

En este capítulo, se presenta el diseño de la guía propuesta para apoyar a organizaciones y empresas en el proceso de elección de sistemas de administración de flujos de trabajo que cubran sus necesidades y expectativas. Se describe la estructura de la guía, así como los criterios empleados para elegir una solución acorde a los intereses y necesidades de una organización, además de mencionar los aspectos que se deben tener en cuenta en la implementación de esta guía y los elementos de los cuales depende esta labor de decisión.

### 4.1 Consideraciones sobre selección e implementación de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo

La selección de productos de software para una determinada organización o empresa no siempre es una tarea fácil, sobre todo si se trata de sistemas que tendrán un alto impacto en el desempeño de sus procesos, en su nivel de servicio y en la productividad de sus miembros, como es el caso de los sistemas de administración de flujos de trabajo.

En términos generales, cuando una organización decide implementar un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo, en primer lugar, se elabora una *lista de requerimientos* básicos que deberá cubrir la solución. Estos requerimientos pueden, a su vez, desglosarse hasta el grado de detalle que dicha organización lo establezca. Posteriormente, con base en esa lista de requerimientos, se elige un conjunto de sistemas que cubren los aspectos contenidos en dicha lista, formando lo que, en adelante, se llamará una *lista de productos*. Cada uno de los sistemas que conforman la lista de productos deben ser valorados, tomando en cuenta características como la confiabilidad del vendedor y las especificaciones técnicas que la solución demanda (sistema operativo, soporte de bases de datos, etc.). Se recomienda que la lista de productos contenga alrededor de cinco sistemas a elegir [14].

En cuanto a una valoración más detallada de este tipo de soluciones, una forma de proceder consiste en seleccionar un proceso de negocio representativo de la organización, es decir, un proceso bajo las condiciones correspondientes a un escenario recurrente, con los recursos y las reglas de negocio necesarias. Una vez hecha la selección de este proceso, se puede recurrir a los servicios de prueba que ofrezca el vendedor, con el fin de evaluar el desempeño de la solución, así como los requerimientos funcionales que debe satisfacer la solución. En este trabajo, se asume que las plataformas para Administración de Flujos de Trabajo a partir de las cuales el cliente (en este caso, una organización o empresa) debe elegir, ofrecen versiones de evaluación o servicios de pruebas.

Aunque en la literatura se habla de análisis de desempeño de cada sistema (tiempos de proceso, cuellos de botella, simulación de procesos), es importante señalar que, al tratarse de una labor de toma de decisiones, se deben incluir no sólo aspectos de funcionalidad, sino aquellos que tienen que ver con el contexto de la organización, como la madurez de sus procesos o el ámbito de

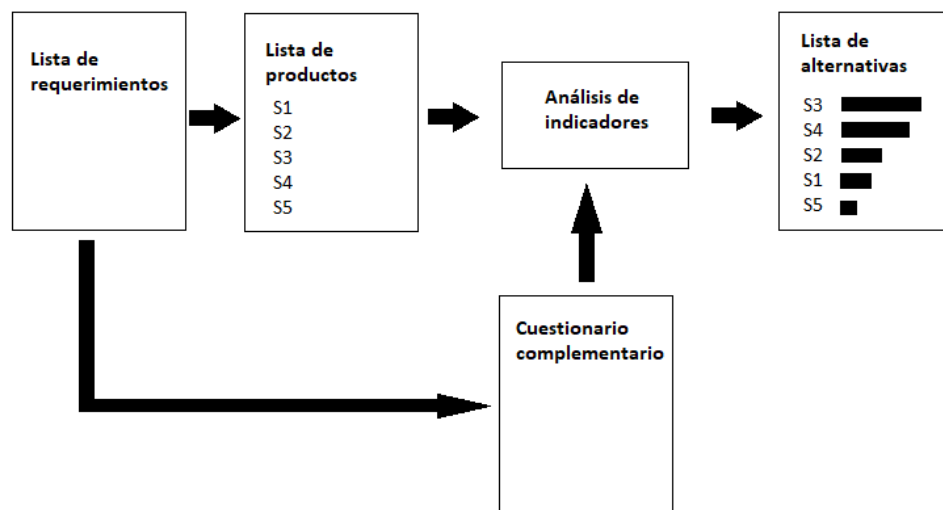
aplicación correspondiente, además de otros factores externos a la organización, como el perfil del vendedor y las facilidades que éste ofrece. Por lo tanto, se requiere cuantificar dichas características para ofrecer un resultado más preciso en el proceso de elección. También, se tiene que tomar en cuenta que la elección dependerá de los intereses y necesidades de la organización. Por ejemplo, una determinada empresa estaría más interesada en dar más peso al costo o a la robustez de la solución, mientras que otra preferiría dar el mismo peso a todos los criterios de selección. O bien, una organización podría elegir una solución con una interfaz más amigable y con mayor facilidad de aprendizaje, teniendo presente la necesidad de dar capacitación a sus empleados, así como el nivel técnico de éstos.

## 4.2 Estructura de la guía propuesta

La guía para la toma de decisiones sobre selección de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo consiste en los siguientes apartados:

- Lista de requerimientos
- Lista de productos
- Cuestionario complementario
- Análisis cuantitativo de indicadores
- Lista de alternativas

Se parte de una lista de requerimientos en la que la organización establece tanto las especificaciones técnicas y de funcionalidad, como los atributos de calidad que el producto debe cumplir. Tomando como referencia esta lista, la organización debe generar la lista de productos mencionada en la sección anterior. Teniendo presente la lista de requerimientos, se utiliza un cuestionario complementario para registrar los datos de cada producto correspondientes a los criterios de selección de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo, discutidos más adelante. Con la información extraída de este cuestionario, se realiza un análisis cuantitativo de indicadores asociados a cada criterio de selección, con el fin de obtener una valoración de todas las soluciones que aparecen en la lista de productos y, así, generar una lista de alternativas, ordenadas por un nivel de preferencia de elección. En la Figura 4.1, se ilustra el proceso de selección que considera esta guía.



**Figura 4.1.** Proceso de elección de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo.

En las siguientes secciones se explican con mayor detalle cada uno de estos apartados. Se agrega, en primer lugar, una sección sobre los criterios de selección que se toman como referencia en este trabajo, con base en estudios similares y en la frecuencia con que aparecen dichos criterios en procesos de selección de productos de software.

## 4.2.1 Criterios de selección

El proceso de selección de productos de software que se desean implementar en una determinada organización suele ser muy recurrente actualmente, debido al continuo crecimiento de la industria del software. Sin embargo, los criterios que se toman como referencia no siempre son los mismos, ya que dependen de los intereses y necesidades de la organización. No obstante, se pueden identificar aquellos criterios que pueden tomarse como referencia para un tipo de software específico. En el caso de los Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo, los criterios de selección que se toman en cuenta, con base en otros trabajos similares [16, 17, 18], se han englobado en los siguientes tipos:

- Criterios de costo
- Criterios de eficiencia
- Criterios de confiabilidad
- Criterios de usabilidad de la solución

En las siguientes secciones se tratan cada uno de los criterios que aquí se toman como base para el diseño de la guía propuesta para toma de decisiones.

### 4.2.1.1 Criterios de costo

**Costo del sistema.** Este criterio se refiere al precio que una empresa debe pagar al vendedor de un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo para adquirir la solución que ofrece, incluyendo las licencias requeridas.

**Costo de soporte.** Hace referencia al costo que el vendedor impone a los servicios de soporte técnico y mantenimiento del sistema que ofrece.

**Costo de actualizaciones.** Es el costo correspondiente a los servicios de actualización continua del sistema que ofrece el vendedor.

**Costo de entrenamiento.** Se refiere al costo que implica el servicio de capacitación, o entrenamiento, que el vendedor proporciona a sus clientes, a través de cursos (presenciales o en línea) o asesorías personalizadas.

### 4.2.1.2 Criterios de eficiencia

**Tiempo de terminación del proceso representativo.** Es el tiempo promedio que le toma a un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo terminar el proceso de negocio que la empresa u organización ha elegido para realizar las pruebas de desempeño y funcionalidad. Se obtiene a partir del número de simulaciones que se hayan efectuado para dicho proceso.

**Porcentaje de casos completados.** Representa el porcentaje de todas las pruebas del proceso representativo que se han completado con éxito, dadas las condiciones indicadas por la organización para este tipo de pruebas. Como en el criterio anterior, éste depende del análisis efectuado por medio de simulaciones.

**Utilización de recursos.** Este criterio engloba la cantidad de memoria RAM y el espacio libre en disco duro requeridos por la solución, además de la velocidad recomendada del procesador de las estaciones de trabajo donde se instalará el sistema.

#### 4.2.1.3 Criterios de confiabilidad

**Confiabilidad del sistema.** Este criterio indica la percepción que el cliente tiene con respecto al nivel de confiabilidad que exhibe el sistema. Nuevamente, en este caso, el cliente será la organización o empresa donde se implementará este tipo de sistemas. Este criterio estará dado por aspectos como su desempeño durante las pruebas de evaluación hechas, su respuesta precisa a las peticiones del usuario evaluador, las posibles fallas encontradas y la cobertura de la funcionalidad requerida.

**Confiabilidad del vendedor.** Hace referencia a la percepción que el cliente tiene con respecto a la confiabilidad del vendedor de la solución. Se basa en la seguridad que el vendedor da a la organización de tener una estrecha comunicación con ella y en la disponibilidad que le muestra para responder a sus inquietudes, además de las garantías relacionadas directamente con el producto de software. Este criterio también se puede basar en la reputación de dicho vendedor, la cual puede obtenerse de las valoraciones hechas por otros usuarios, en caso de tenerlas disponibles.

#### 4.2.1.4 Criterios de usabilidad de la solución

Para incluir este tipo de criterios en la guía para toma de decisiones, es importante tener presentes a los principales tipos de usuarios de los Sistemas para Administración de Flujos de Trabajo. A partir de la información presentada en el Capítulo 3 y a manera de recordatorio, en la Tabla 4.1, se muestran los tipos de usuarios y los componentes de un Sistema para Administración de Flujo de Trabajo asociados a éstos.

Tipo de usuario	Componente asociado
Diseñador del flujo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta de definición de procesos</li> <li>• Herramienta de análisis</li> </ul>
Administrador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta de monitoreo</li> </ul>
Analista de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta de monitoreo</li> <li>• Herramienta de análisis</li> </ul>
Empleado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones cliente</li> </ul>

**Tabla 4.1.** Tipos de usuarios y componentes asociados en la administración de flujos de trabajo.

Los criterios de usabilidad que se tomarán en cuenta para esta guía son los siguientes:

**Interfaz amigable.** Este criterio indica qué tan intuitiva, fácil de usar y práctica les resulta a los usuarios del sistema su interfaz gráfica.

**Flexibilidad.** El criterio de flexibilidad que aquí se considera tiene que ver con las prestaciones que el sistema ofrece para adaptarse al contexto organizacional en el que se requiere implantar. Se basa en la capacidad del sistema para ofrecer las herramientas adecuadas a cada tipo de usuario del sistema para realizar sus tareas, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la organización. Por ejemplo, un diseñador de flujos de trabajo deberá evaluar qué tan fácil es definir los procesos de negocio con la herramienta que ofrece un determinado sistema. Un usuario de tipo administrador, por su parte, deberá asegurarse de que las funcionalidades del sistema relacionadas con el monitoreo de flujos de trabajo son las adecuadas para él.

**Facilidad de aprendizaje.** Este criterio representa la rapidez y facilidad con la que las funcionalidades del sistema pueden aprenderse para su correcta operación. Como se puede apreciar, tanto éste como el criterio de flexibilidad dependerán de la percepción de cada uno de los tipos de usuario listados en la Tabla 4.1.

**Portabilidad.** La portabilidad se considerará en esta guía como el grado de independencia que exhibe un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo de la plataforma sobre la que se desea ejecutar.

## 4.2.2 Lista de requerimientos

Como se mencionó al introducir la estructura de la guía propuesta, la lista de requerimientos a la que aquí se hace referencia contiene todos los requerimientos funcionales y no funcionales que debe cumplir un Sistema de Administración de Flujos de Trabajo para ser implementado en la organización que lo requiere. En general, dicha organización necesita contar con un documento de requerimientos generales para fines de documentación. Entre los puntos que normalmente se contemplan en este documento, se incluyen los objetivos principales del sistema de software, el listado de requerimientos funcionales, el listado de requerimientos no funcionales y, de ser necesario, un glosario de términos.

El documento de requerimientos mencionado en el párrafo anterior es fundamental y particularmente útil cuando el cliente, es decir, la organización en cuestión, solicita los servicios de una empresa de desarrollo, en el caso de optar por un sistema hecho a la medida. Sin embargo, al tomar en consideración que la guía propuesta asume un proceso preliminar de selección de productos de software, realizado por la empresa u organización interesada en soluciones para administración de flujos de trabajo, la atención se centra en el listado de requerimientos extraídos del documento correspondiente, suponiendo su disponibilidad.

De acuerdo con los componentes de un Sistema para Administración de Flujos de Trabajo descritos en el Capítulo 3, en lo que respecta a los requerimientos funcionales, es de particular importancia incluir y especificar aquellos que se relacionan directamente con los tipos de herramientas que el sistema debe proveer a cada tipo de usuario. A continuación, se mencionan algunos puntos básicos a tener en cuenta para la especificación de requerimientos funcionales:

- Enfoque(s) de modelado de procesos de negocio utilizado(s) por la organización. En su defecto, especificar aquellos enfoques que resulten más familiares a el o los diseñadores de flujos de trabajo.
- Información requerida del análisis de flujos de trabajo, es decir, que datos y/o estadísticas debe proporcionar la herramienta de análisis.

- Capacidad para la simulación de procesos de negocio. En muchos casos, la simulación es la forma de análisis preferida para los analistas de procesos, por lo que se deberá especificar este tipo de funcionalidad para el sistema.
- Características del monitoreo de los flujos de trabajo. Los usuarios considerados como administradores y analistas de procesos deben especificar el alcance que debe tener la herramienta asociada con esta funcionalidad. Por ejemplo, que se pueda realizar un seguimiento de cada flujo de trabajo por actividad, o bien, que se pueda consultar de forma remota el estado de cada tarea, los tiempos de cada proceso y los recursos asignados.
- Tipo de funcionalidades que las aplicaciones cliente requieren, con base en el nivel técnico y la experiencia de los empleados.
- Especificaciones de integración con otros sistemas ya implantados en la organización.

En cuanto a los requerimientos no funcionales, se debe prestar especial atención a aquellos relacionados con los criterios de eficiencia, confiabilidad y usabilidad de la solución. La información necesaria que se sugiere identificar para la elaboración de la lista de requerimientos se presenta, a través de un formato genérico, en la Figura 4.2.

### 4.2.3 Lista de productos

Con base en los requerimientos que la empresa u organización ha establecido en la lista de requerimientos, se redacta una lista de aquellos productos que se desea incluir en el proceso de elección de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo. La Tabla 4.2 presenta el formato con los datos básicos que debe incluir dicha lista.

No. producto	Nombre completo del Sistema de Administración de Flujos de Trabajo	Vendedor
1	Sistema $S_1$	Vendedor $V_1$
2	Sistema $S_2$	Vendedor $V_2$
⋮	⋮	⋮
$Np$	Sistema $S_{Np}$	Vendedor $V_{Np}$

**Tabla 4.2.** Formato para la lista de productos.

**Lista de Requerimientos**  
**Sistema para Administración de Flujos de Trabajo**

<b>Datos de la empresa/organización</b>	
<b>Nombre</b>	
<b>[Sitio web]#</b>	
<b>Teléfono(s)</b>	
<b>Correo electrónico de contacto</b>	
<b>[Datos adicionales]#</b>	

<b>Descripción del software</b>	
<b>Descripción general</b>	
<b>Objetivo(s) del software</b>	

<b>Requerimientos Funcionales</b>		
<b>No. requerimiento</b>	<b>Nombre del requerimiento</b>	<b>Descripción del requerimiento</b>
1	$RF_1$	Descripción de $RF_1$
2	$RF_2$	Descripción de $RF_2$
⋮	⋮	⋮
$NRF$	$RF_{NRF}$	Descripción de $RF_{NRF}$

<b>Requerimientos No Funcionales</b>		
<b>No. requerimiento</b>	<b>Nombre del requerimiento</b>	<b>Descripción del requerimiento</b>
1	$RNF_1$	Descripción de $RNF_1$
2	$RNF_2$	Descripción de $RNF_2$
⋮	⋮	⋮
$NRNF$	$RNF_{NRNF}$	Descripción de $RNF_{NRNF}$

# Dato opcional.

**Figura 4.2.** Formato para la lista de requerimientos.



Adicionalmente, se debe recopilar la información correspondiente a cada vendedor, con el fin de poder identificar y contactar a la compañía y/o a los responsables del producto de software. En la Tabla 4.3, se presenta un formulario base para recabar los datos necesarios para este propósito.

<b>Nombre completo del vendedor <math>V_i</math></b>	
<b>Sitio web</b>	
<b>[Teléfono(s)]<sup>#</sup></b>	
<b>[Dirección]<sup>#</sup></b>	
<b>[Correo electrónico]<sup>#</sup></b>	
<b>[Responsable(s)]<sup>#</sup></b>	

<sup>#</sup> Dato opcional.

**Tabla 4.3.** Formulario de datos del vendedor  $i$ .

#### 4.2.4 Cuestionario complementario

El apartado de la guía para toma de decisiones correspondiente al cuestionario complementario es la parte de la guía que permite obtener la valoración de cada uno de los criterios de selección considerados en la sección 4.2.1 para aquellos sistemas registrados en la lista de productos. Este documento consiste en un conjunto de preguntas hechas a los miembros de la organización responsables del proceso de selección sobre el valor que han asignado a cada criterio de selección, incluyendo tanto los criterios cuantitativos, de costo y eficiencia, como los criterios cualitativos de confiabilidad y usabilidad. Además, se incluye una sección para determinar si se dará más importancia a ciertos criterios de selección sobre otros y, de ser así, definir el nivel de importancia que se desea dar a cada criterio. En las siguientes secciones se detalla cada una de las partes que conforman este cuestionario.

##### 4.2.4.1 Información de criterios de costo

Esta sección tiene como objetivo registrar los datos recabados por la organización correspondientes al costo de cada producto, incluyendo sus costos de soporte, actualizaciones y entrenamiento. Básicamente, se registrarán aquí cantidades monetarias en dólares estadounidenses, tomando como referencia el formato de la Tabla 4.4.

<b>Criterios de costo</b>	
<b>Costo total del sistema (USD)</b>	
<b>Costo del soporte técnico (USD)</b>	
<b>Costo del servicio de actualizaciones (USD)</b>	
<b>Costo de entrenamiento (USD)</b>	

**Tabla 4.4.** Sección de criterios de costo.

#### 4.2.4.2 Información de criterios de eficiencia

En esta sección se registran los datos que el vendedor especifica como requerimientos mínimos de hardware para poder ejecutar el Sistema de Administración de Flujos de Trabajo en cada una de las estaciones de trabajo donde se desea instalar. Además, con base en los resultados provenientes de las pruebas de simulación, se debe registrar el porcentaje de casos completados y el tiempo de terminación del proceso representativo, especificando las unidades de tiempo a usar. El formato para esta sección es el que se muestra en la Tabla 4.5.

Criterios de eficiencia	
Tiempo de terminación de proceso representativo (unidad de tiempo)	
Casos completados del proceso representativo (%)	
Utilización de recursos:	
Memoria RAM mínima (en GB)	
Espacio libre en disco duro (en GB)	
Velocidad de procesador (en GHz)	

Tabla 4.5. Sección de criterios de eficiencia.

#### 4.2.4.3 Información de criterios de confiabilidad

Para poder valorar la confiabilidad del sistema y del vendedor, en la sección de criterios de confiabilidad del cuestionario complementario se presenta un conjunto de valores lingüísticos con los que la organización puede calificar la percepción que ha tenido de un determinado sistema, y de su respectivo vendedor, en cuanto a estos criterios. El formato para esta sección se presenta en la Tabla 4.6.

Criterios de confiabilidad					
Indique qué opción describe mejor el valor que considera adecuado asignar a cada rubro:					
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nivel confiabilidad del sistema					
Nivel de confiabilidad del vendedor					
	Mala	Regular	Buena	Excelente	
[Reputación del vendedor] <sup>#</sup>					

<sup>#</sup> Dato opcional.

Tabla 4.6. Sección de criterios de confiabilidad.

#### 4.2.4.4 Información de criterios de usabilidad de la solución

Los criterios de usabilidad serán valorados por medio de una escala numérica con el fin de obtener una gama más amplia de opiniones de los usuarios que evalúan este tipo de criterios para cada sistema de la lista de productos. Dicha escala considera valores entre 1 y 10, donde 1 representa la peor valoración y 10 la mejor. En la Tabla 4.7, se muestra el formato correspondiente a esta sección del cuestionario complementario.

Criterios de usabilidad																		
Indique el valor numérico que mejor describe su percepción con respecto a cada rubro, de acuerdo con la siguiente escala:																		
← Valoración negativa																		
Valoración positiva →																		
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10
<b>Interfaz amigable</b>																		
<b>Flexibilidad</b>																		
<b>Facilidad de aprendizaje</b>																		
<b>Portabilidad</b>																		

**Tabla 4.7.** Sección de criterios de usabilidad.

#### 4.2.4.5 Ponderación de criterios de selección

Esta sección tiene por objetivo conocer el nivel de importancia que la organización o empresa decide dar a cada uno de los criterios de selección considerados en esta guía. De manera similar al caso anterior, esta valoración se hará por medio de una escala numérica que contempla valores de 1 a 10, donde los números 1 y 10 representan el menor y el mayor nivel de importancia, respectivamente. Esta parte del cuestionario complementario es particularmente útil para poder seleccionar un determinado producto de software, teniendo en cuenta los intereses y necesidades del cliente, a través de medidas cuantitativas. La Tabla 4.8 presenta el formato usado para recolectar esta información.

### 4.2.5 Análisis cuantitativo de indicadores

Para realizar un análisis cuantitativo de la información extraída del cuestionario complementario, se asignará un indicador a cada criterio de selección, con valores entre 0 y 1. En las siguientes secciones, se describen las características de cada uno de estos indicadores, así como la forma de obtenerlos a partir de la información del cuestionario presentado anteriormente.

#### 4.2.5.1 Indicadores de costo

**Indicador de costo total del sistema.** El valor de este indicador para el sistema  $S_i$ , denotado como  $I_{C1i}$ , se obtendrá por medio de la ecuación (4.1).

Ponderación de criterios de selección										
Indique el valor numérico que mejor describa el nivel de importancia que desea dar a cada criterio listado:										
	← Menor importancia					Mayor importancia →				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Costo del sistema									
2.	Costo de soporte									
3.	Costo de actualizaciones									
4.	Costo de entrenamiento									
5.	Tiempo de terminación del proceso representativo									
6.	Porcentaje de casos completados									
7.	Utilización de recursos									
8.	Confiabilidad del sistema									
9.	Confiabilidad del vendedor									
10.	Interfaz amigable									
11.	Flexibilidad									
12.	Facilidad de aprendizaje									
13.	Portabilidad									

Tabla 4.8. Sección de ponderación de criterios de selección.

$$I_{C1i} = 1 - \frac{CS_i}{CS_{max}} \quad (4.1)$$

En esta expresión,  $CS_i$  y  $CS_{max}$  representan el costo total del sistema  $S_i$  y el costo total máximo registrado, respectivamente.

**Indicador de costo de soporte.** Para el sistema  $S_i$ , este indicador se denotará como  $I_{C2i}$  y se obtendrá como se indica en la ecuación (4.2):

$$I_{C2i} = 1 - \frac{CSup_i}{CSup_{max}} \quad (4.2)$$

En la ecuación anterior,  $CSup_i$  y  $CSup_{max}$  representan el costo de soporte del sistema  $S_i$  y el costo de soporte máximo registrado, respectivamente.

**Indicador de costo de actualizaciones.** El indicador de costo de actualizaciones para el sistema  $S_i$ , estará dado por la ecuación (4.3):

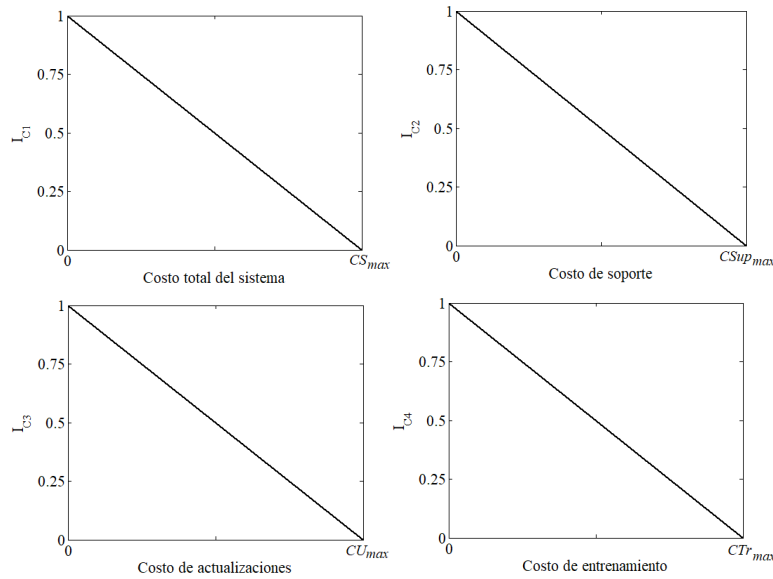
$$I_{C3i} = 1 - \frac{CU_i}{CU_{max}} \quad (4.3)$$

donde  $CU_i$  y  $CU_{max}$  denotan el costo de actualizaciones del sistema  $S_i$  y el costo máximo de actualizaciones de toda lista de productos.

**Indicador de costo de entrenamiento.** La forma de obtener el valor de este indicador es análoga a las anteriores. Para el sistema  $S_i$ , este indicador se define como en la ecuación (4.4):

$$I_{C4i} = 1 - \frac{CTr_i}{CTr_{max}} \quad (4.4)$$

donde  $CTr_i$  y  $CTr_{max}$  son el costo de entrenamiento para el sistema  $S_i$  y el costo de entrenamiento máximo de la lista de productos, respectivamente. En la Figura 4.3 se ilustra el comportamiento de estos indicadores.



**Figura 4.3.** Comportamiento de los indicadores de costo.

En caso de que el valor de alguno de los criterios de costo sea cero para todos los sistemas de la lista de productos, el indicador correspondiente será igual a 1 para todos estos sistemas.

#### 4.2.5.2 Indicadores de eficiencia

**Indicador de tiempo de terminación del proceso representativo.** El valor de este indicador, para el sistema  $S_i$ , se calculará por medio de la ecuación (4.5):

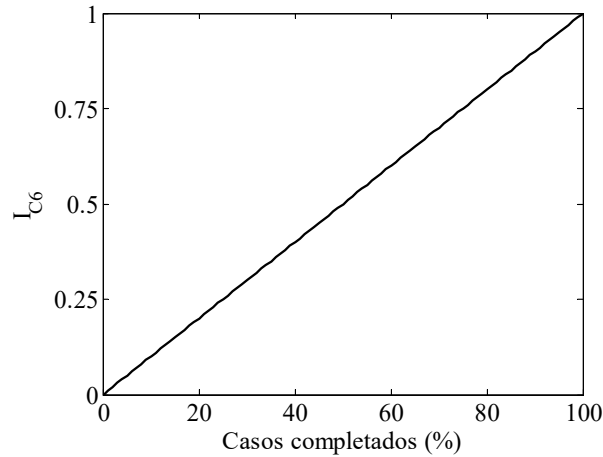
$$I_{C5i} = 1 - \frac{T_{pi}}{T_{pmax}} \quad (4.5)$$

donde  $T_{pi}$  es el tiempo de terminación del proceso representativo de la organización, obtenido a través de pruebas de simulación con el sistema  $S_i$ , y  $T_{pmax}$  es el máximo valor registrado de todos estos tiempos. El comportamiento de este indicador es similar al de los indicadores de costo.

**Indicador de casos completados.** El indicador del porcentaje de casos completados del sistema  $S_i$ , denotado como  $I_{C6i}$ , se obtiene de forma más directa que los anteriores, al tratarse de un valor de porcentaje, de acuerdo con la ecuación (4.6):

$$I_{C6i} = \frac{Comp_i}{100} \quad (4.6)$$

En la ecuación anterior,  $Comp_i$  es el porcentaje de casos completados obtenido con el sistema  $S_i$ . Adicionalmente, la Figura 4.4 muestra el comportamiento de este indicador que, básicamente, sigue una tendencia directamente proporcional al valor de  $Comp_i$ .



**Figura 4.4.** Comportamiento del indicador de casos completados.

**Indicador de utilización de recursos.** De acuerdo con la Tabla 4.5, la valoración del criterio de utilización de recursos depende de tres rubros: cantidad de memoria RAM mínima, espacio libre en disco duro y velocidad recomendada del procesador. Para determinar el valor asociado al indicador de utilización de recursos del sistema  $S_i$ , en primer lugar, se obtendrá el peso correspondiente a los recursos de cómputo que demanda dicho sistema como la magnitud de un vector  $\underline{R}_i$  cuyos componentes son los valores de memoria RAM en GB,  $M_i$ , espacio libre en disco duro en GB,  $D_i$ , y velocidad recomendada del procesador en GHz,  $P_i$ , esto es:

$$\underline{R}_i = (M_i, D_i, P_i) \quad (4.7)$$

Por tanto, si  $\rho_i$  denota la magnitud de  $\underline{R}_i$ , entonces, se tiene que:

$$\begin{aligned} \rho_i &= \|\underline{R}_i\|_2 \\ &= (\underline{R}_i^T \cdot \underline{R}_i)^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (4.8)$$

donde la notación  $\|\cdot\|_2$  hace referencia a la distancia Euclídea, adoptada aquí para el cálculo de dicha magnitud. Así, otra forma más explícita de expresar  $\rho_i$  es como sigue:

$$\rho_i = (M_i^2 + D_i^2 + P_i^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4.9)$$

Teniendo disponible, además, el valor máximo  $\rho_{max}$  de esta magnitud para todos los sistemas de la lista de productos, el indicador de utilización de recursos,  $I_{C7i}$ , se definirá como en la ecuación (4.10). Como se puede observar, el comportamiento de este indicador es similar al de los indicadores de costo, dado por un modelo lineal decreciente en función de  $\rho_i$  y con valores en un intervalo entre 0 y  $\rho_{max}$ .

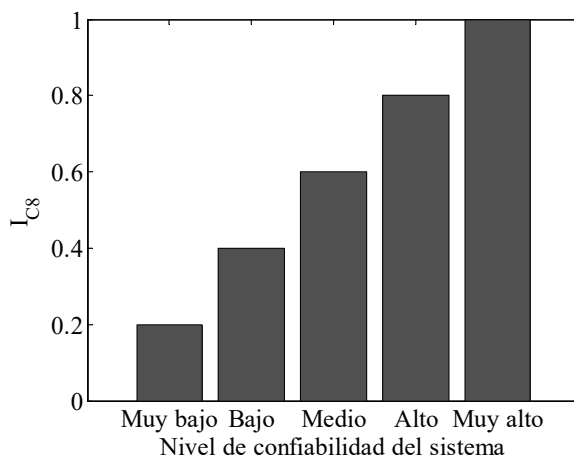
$$I_{C7i} = 1 - \frac{\rho_i}{\rho_{max}} \quad (4.10)$$

### 4.2.5.3 Indicadores de confiabilidad

**Indicador de confiabilidad del sistema.** A partir de los datos que aparecen la Tabla 4.6 (Sección de criterios de confiabilidad), se puede apreciar que el criterio asociado a este indicador es de carácter cualitativo, valorado a través de valores lingüísticos que representan el nivel de confiabilidad del sistema. Por tanto, se requiere una transformación de estos valores al dominio de los indicadores usados aquí, dado por valores reales en el intervalo de 0 a 1. En la Tabla 4.9, se presenta el mapeo de los valores lingüísticos a los valores asignados a este indicador, denotado como  $I_{C8i}$  para el sistema  $S_i$ . Adicionalmente, en la Figura 4.5, se muestra gráficamente dicha información.

Nivel de confiabilidad del sistema	Valor asignado al indicador $I_{C8}$
Muy bajo	0.2
Bajo	0.4
Medio	0.6
Alto	0.8
Muy alto	1.0

**Tabla 4.9.** Asignación de valores para el indicador de confiabilidad del sistema.

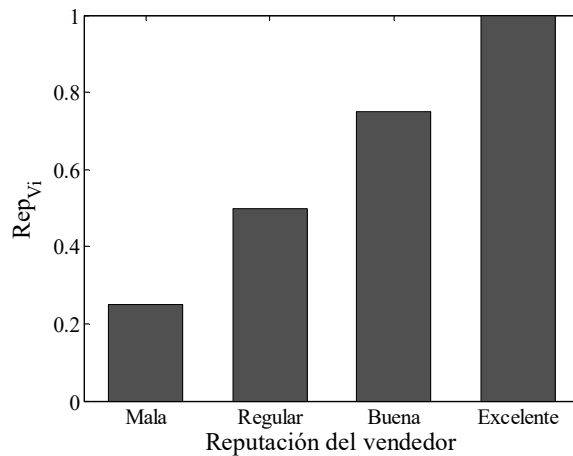


**Figura 4.5.** Indicador de confiabilidad del sistema.

**Indicador de confiabilidad del vendedor.** Para la definición de este indicador, se usarán los datos correspondientes a los campos de “Nivel de confiabilidad del vendedor” y “Reputación del vendedor” de la Tabla 4.6, cuyos indicadores para el sistema  $S_i$  se denotarán como  $R_{Vi}$  y  $Rep_{Vi}$ , respectivamente. La definición de  $R_{Vi}$  sigue un procedimiento análogo al del indicador anterior, usando los mismos valores que aparecen en la Tabla 4.9. Por su parte, en la Tabla 4.10 se muestran los valores lingüísticos usados para valorar la reputación del vendedor y sus valores correspondientes del indicador  $Rep_{Vi}$ , cuya representación gráfica aparece en la Figura 4.6.

Reputación del vendedor	Valor asignado al indicador $Rep_{Vi}$
Mala	0.25
Regular	0.5
Buena	0.75
Excelente	1.0

**Tabla 4.10.** Asignación de valores para el indicador de reputación del vendedor.



**Figura 4.6.** Indicador de reputación del vendedor.

Así, si no se proporciona el dato del campo “Reputación del vendedor”, el indicador  $I_{C9i}$  de confiabilidad del vendedor  $V_i$  estará dado únicamente por el valor de  $R_{Vi}$  ( $Rep_{Vi} = 0$ ). Por el contrario, si se cuenta con la valoración de dicha reputación ( $Rep_{Vi} \neq 0$ ),  $I_{C9i}$  se tomará como un promedio de los valores de  $R_{Vi}$  y  $Rep_{Vi}$ . Lo anterior se expresa por medio de la ecuación (4.11):

$$I_{C9i} = \begin{cases} R_{Vi}, & \text{si } Rep_{Vi} = 0 \\ \frac{R_{Vi} + Rep_{Vi}}{2}, & \text{si } Rep_{Vi} \neq 0 \end{cases} \quad (4.11)$$



#### 4.2.5.4 Indicadores de usabilidad

De acuerdo con la Tabla 4.7, la valoración de los criterios de usabilidad se realiza por medio de una escala numérica de 1 a 10. Por consiguiente, para obtener los indicadores de los criterios correspondientes, se recurre a las ecuaciones (4.12) a (4.15):

$$I_{C10i} = \frac{U_{Li}}{10} \quad (4.12)$$

$$I_{C11i} = \frac{U_{Fi}}{10} \quad (4.13)$$

$$I_{C12i} = \frac{U_{Li}}{10} \quad (4.14)$$

$$I_{C13i} = \frac{U_{Pi}}{10} \quad (4.15)$$

En las ecuaciones anteriores,  $I_{C10i}$ ,  $I_{C11i}$ ,  $I_{C12i}$  e  $I_{C13i}$  son los indicadores de los criterios de interfaz amigable, flexibilidad, facilidad de aprendizaje y portabilidad, respectivamente, para el sistema  $S_i$ . Por otro lado,  $U_{Li}$ ,  $U_{Fi}$ ,  $U_{Li}$  y  $U_{Pi}$  representan las valoraciones obtenidas para los mismos criterios. Como se mencionó en la sección 4.2.1.4, estos valores pueden depender de más de un usuario, por lo que se pueden tomar los valores promedio de cada uno de ellos. Esta medida se puede adoptar para los demás indicadores, de ser necesario. En la Figura 4.7, se representa de forma gráfica la definición de estos indicadores.

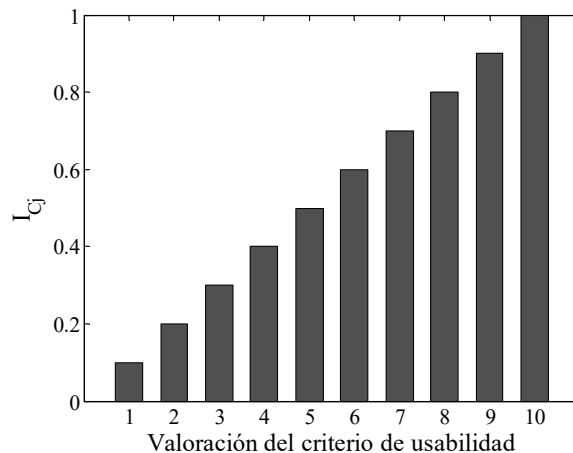


Figura 4.7. Indicadores de usabilidad ( $j = 10, 11, 12, 13$ ).

#### 4.2.5.5 Ponderación de indicadores de selección

Para tomar en cuenta la ponderación de los criterios de selección de la Tabla 4.8, se procede de manera similar al caso de los indicadores de usabilidad para definir valores de peso para cada uno

de los indicadores considerados en esta guía. Si  $W_{Cj}$  representa el nivel de importancia asignado al criterio de selección  $j$ , entonces, el peso del indicador asociado estará dado por la ecuación (4.16):

$$w_{Cj} = \frac{W_{Cj}}{\sum_{k=1}^{NI} W_{Ck}} \quad (4.16)$$

De esta forma, los pesos  $w_{Cj}$  cumplen la propiedad dada por la ecuación (4.17), la cual permitirá obtener el peso final de cada uno de los sistemas considerados en la lista de productos en un intervalo de 0 a 1.

$$\sum_{j=1}^{NI} w_{Cj} = 1 \quad (4.17)$$

#### 4.2.5.6 Peso final del sistema

Una vez obtenidos los valores de todos los indicadores y pesos definidos anteriormente, se procede a calcular el peso que se asignará a cada uno de los sistemas contenidos en la lista de productos, de acuerdo con la ecuación (4.18):

$$w_{Si} = \sum_{j=1}^{NI} I_{Cji} \cdot w_{Cj} \quad (4.18)$$

donde  $w_{Si}$  es el peso final asignado al sistema  $i$ ;  $I_{Cji}$  corresponde al valor del indicador asociado al criterio  $j$  para el mismo sistema;  $w_{Cj}$  es el peso que la organización dio al indicador  $j$ ;  $NI$  es el número de indicadores considerado en la guía que, en este caso, es igual a 13.

#### 4.2.6 Lista de alternativas

La lista de alternativas contiene el resumen de los resultados de la valoración de todos los sistemas dados por la lista de productos. Como su nombre lo indica, en ella se indican las alternativas de elección de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo para la organización, cuyo número puede variar. Aquí, se incluirán todos los sistemas de la lista de productos, con el fin de dar un panorama más amplio a los analistas de negocio sobre la ponderación hecha a cada sistema evaluado. Por lo tanto, los sistemas que conformen esta lista se ordenarán de mayor a menor nivel de preferencia, dado por sus respectivos pesos finales,  $w_{Si}$ , resultantes del análisis cuantitativo de indicadores, de tal forma que estos pesos cumplan con la expresión (4.19):

$$w_{A1} \geq w_{A2} \geq \dots \geq w_{ANa} \quad (4.19)$$

La Tabla 4.11 muestra el formato adoptado para esta lista.

No. alternativa	Nombre completo del Sistema de Administración de Flujos de Trabajo	Peso final
1	Sistema $S_{A1}$	$w_{A1}$
2	Sistema $S_{A2}$	$w_{A2}$
⋮	⋮	⋮
$Na$	Sistema $S_{ANa}$	$w_{ANa}$

**Tabla 4.11.** Formato para la lista de alternativas.

Como se puede apreciar, para este trabajo, al contemplar en esta lista todos los productos, se tiene que  $Na = Np$ , lo cual permite que, si la empresa u organización decide en un momento dado no implementar el sistema elegido, o simplemente, cambiar el sistema actual por otro, pueda hacerlo conforme a la valoración ya realizada, siguiendo el orden de preferencia obtenido. Lo anterior es válido siempre y cuando las condiciones de aplicación de la guía no hayan cambiado, de lo contrario, se deberán llevar a cabo las modificaciones que sean necesarias para volver a aplicar la guía.

# Capítulo 5

## Ejemplos de aplicación

En este capítulo, se presentan una serie de ejemplos sobre cómo se puede aplicar la guía diseñada en el capítulo anterior en una organización o empresa, con el fin de apoyarla en el proceso de elección de sistemas de administración de flujos de trabajo que cubran sus necesidades y expectativas. En cada uno de los ejemplos tratados, se describe tanto el contexto organizacional en el que se desea aplicar la guía, como los aspectos técnicos que caracterizan los procesos en cuestión. Se intenta, además, cubrir algunas variaciones en cuanto a los intereses que puede llegar a tener una organización: en algunos casos, se puede dar la misma importancia a todos los criterios, mientras que, en otros, la organización puede ser más selectiva y puede dar más peso a algunos criterios sobre otros. Dada la naturaleza de investigación de este trabajo, se recurrirá a ediciones gratuitas y de evaluación de los sistemas elegidos para los ejemplos.

### 5.1 Criterios de selección con la misma importancia

Para ejemplificar el caso más básico, en el que la organización asigna la misma importancia a todos los criterios de selección, se tomarán en cuenta los datos que a continuación se detallan y que corresponden a la lista de productos y las secciones que componen el cuestionario complementario de la guía para la toma de decisiones, explicadas en el Capítulo 4. Se asumirá que se trabaja con una empresa interesada en la aplicación de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo en el ámbito administrativo. El proceso representativo que se usará para las pruebas de desempeño será un proceso de contratación de personal [31]. También, se asumirá que la empresa cuenta con una lista de productos de tres sistemas a evaluar: Bizagi Modeler [1], AuraPortal Helium Modeler [3] y Visual Paradigm [30].

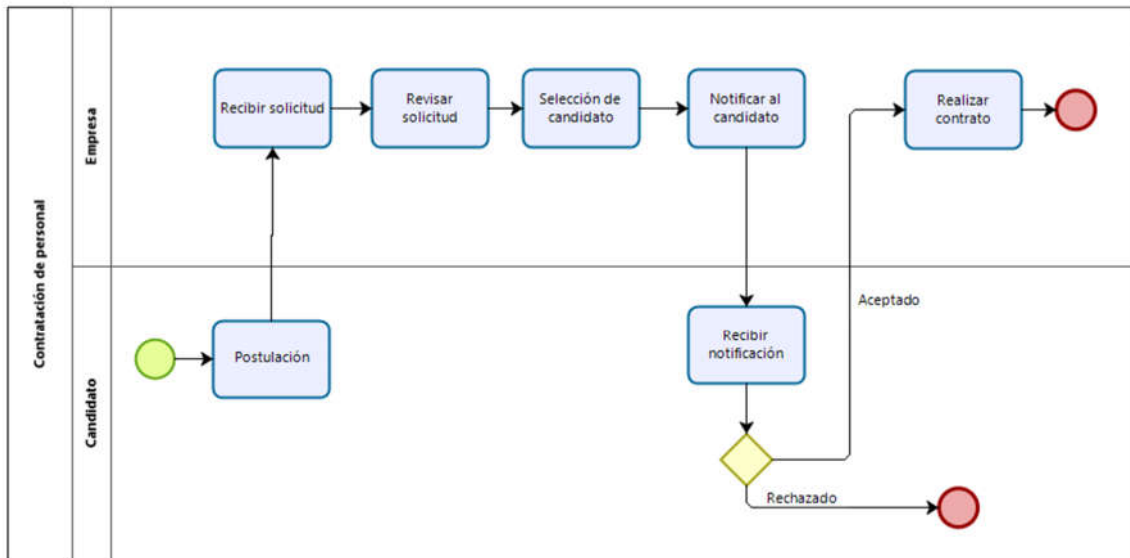
No. producto	Nombre completo del Sistema de Administración de Flujos de Trabajo	Vendedor
1	Bizagi Modeler (v3.2.6.094)	Bizagi
2	AuraPortal Helium Modeler (v1.6.038)	AuraPortal
3	Visual Paradigm (v15.1)	Visual Paradigm

**Tabla 5.1.** Lista de productos para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

#	Nombre	Sitio web	Teléfono(s)	E-mail
1	Bizagi	www.bizagi.com/es	-	-
2	AuraPortal	www.auraportal.com/es	Tel.: +1 857 239 0070	info@auraportal.com
3	Visual Paradigm	www.visual-paradigm.com	Tel.: +852 2744 8722 Fax: +852 2744 6722	info@visual-paradigm.com

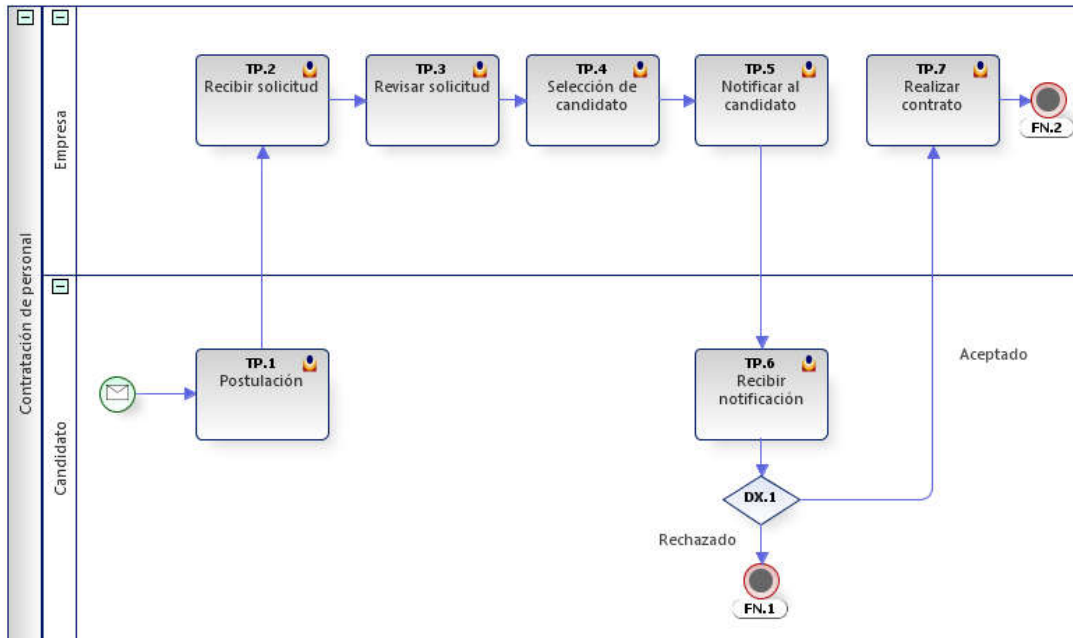
**Tabla 5.2.** Datos de los vendedores para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

La modelación del proceso representativo de referencia, utilizando el lenguaje de modelado de procesos de negocio BPMN, se puede ver en las Figuras 5.1 a 5.3, que corresponden a cada uno de los tres sistemas mencionados.

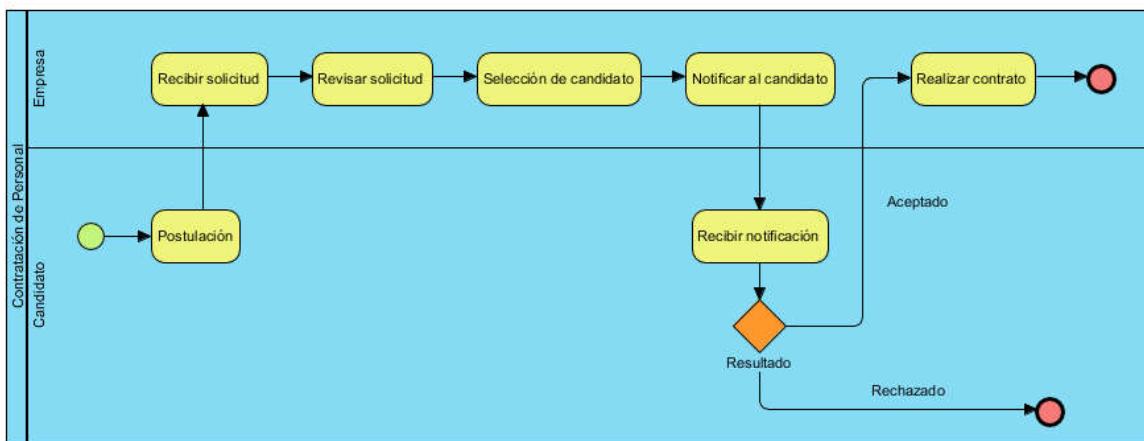


Powered by  
**bizagi**  
Modeler

**Figura 5.1.** Modelado del proceso para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia, utilizando Bizagi Modeler.



**Figura 5.2.** Modelado del proceso para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia, utilizando AuraPortal Helium Modeler.



**Figura 5.3.** Modelado del proceso para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia, utilizando Visual Paradigm.

Por otra parte, para la información relacionada con los criterios de eficiencia, principalmente, el tiempo de terminación y el porcentaje de casos completados del proceso representativo, se requiere de la simulación de éste. Los datos que se deben especificar son los tiempos promedio de cada una de las actividades que componen el proceso, así como el número de casos a simular. Además, ya que existen dos posibles escenarios en este proceso (candidato aceptado o rechazado), se debe indicar también la proporción de candidatos aceptados y rechazados por la empresa. Para este ejemplo, se simularon 10 casos con la información que aparece en las Tablas 5.3 y 5.4.

Actividad	Tiempo (min)
Postulación	1
Recibir solicitud	1
Revisar solicitud	5
Selección de candidato	60
Notificar al candidato	1
Recibir notificación	1
Realizar contrato	60

**Tabla 5.3.** Información de tiempos promedio por actividad para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

#	Escenario	Casos (%)
1	Candidato aceptado	60
2	Candidato rechazado	40

**Tabla 5.4.** Escenarios para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

### 5.1.1 Cuestionario complementario para Bizagi Modeler

En las Tablas 5.5 a 5.8, se presentan los datos correspondientes a las secciones del cuestionario complementario de la guía propuesta, aplicado al sistema Bizagi Modeler.

Criterios de costo	
Costo total del sistema (USD)	\$ 0.00
Costo del soporte técnico (USD)	\$ 0.00
Costo del servicio de actualizaciones (USD)	\$ 0.00
Costo de entrenamiento (USD)	\$ 0.00

**Tabla 5.5.** Información de los criterios de costo para el sistema Bizagi Modeler.

Criterios de eficiencia	
Tiempo de terminación de proceso representativo (min)	1050
Casos completados del proceso representativo (%)	100
Utilización de recursos:	
Memoria RAM mínima (en GB)	2
Espacio libre en disco duro (en GB)	0.05
Velocidad de procesador (en GHz)	1

**Tabla 5.6.** Información de los criterios de eficiencia para el sistema Bizagi Modeler.

Criterios de confiabilidad					
Indique qué opción describe mejor el valor que considera adecuado asignar a cada rubro:					
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nivel confiabilidad del sistema				X	
Nivel de confiabilidad del vendedor					X
	Mala	Regular	Buena	Excelente	
Reputación del vendedor			X		

**Tabla 5.7.** Información de los criterios de confiabilidad para el sistema Bizagi Modeler.

Criterios de usabilidad											
Indique el valor numérico que mejor describe su percepción con respecto a cada rubro, de acuerdo con la siguiente escala:											
← Valoración negativa						Valoración positiva →					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>Interfaz amigable</b>										9	
<b>Flexibilidad</b>										8	
<b>Facilidad de aprendizaje</b>										8	
<b>Portabilidad</b>										9	

**Tabla 5.8.** Información de los criterios de usabilidad para el sistema Bizagi Modeler.

### 5.1.2 Cuestionario complementario para AuraPortal Helium Modeler

En las Tablas 5.9 a 5.12, se muestran los datos correspondientes a las secciones del cuestionario complementario de la guía propuesta, aplicado al sistema AuraPortal Helium Modeler.

Criterios de costo	
<b>Costo total del sistema (USD)</b>	\$ 0.00
<b>Costo del soporte técnico (USD)</b>	\$ 0.00
<b>Costo del servicio de actualizaciones (USD)</b>	\$ 0.00
<b>Costo de entrenamiento (USD)</b>	\$ 0.00

**Tabla 5.9.** Información de los criterios de costo para el sistema AuraPortal Helium Modeler.





### 5.1.3 Cuestionario complementario para Visual Paradigm

Las Tablas 5.13 a 5.16 muestran los datos correspondientes a las secciones del cuestionario complementario de la guía propuesta, aplicado al sistema Visual Paradigm.

Criterios de costo	
Costo total del sistema (USD)	\$ 0.00
Costo del soporte técnico (USD)	\$ 0.00
Costo del servicio de actualizaciones (USD)	\$ 0.00
Costo de entrenamiento (USD)	\$ 0.00

**Tabla 5.13.** Información de los criterios de costo para el sistema Visual Paradigm.

Criterios de eficiencia	
Tiempo de terminación de proceso representativo (min)	1031
Casos completados del proceso representativo (%)	100
Utilización de recursos:	
Memoria RAM mínima (en GB)	4
Espacio libre en disco duro (en GB)	0.811
Velocidad de procesador (en GHz)	2

**Tabla 5.14.** Información de los criterios de eficiencia para el sistema Visual Paradigm.

Criterios de confiabilidad					
Indique qué opción describe mejor el valor que considera adecuado asignar a cada rubro:					
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nivel confiabilidad del sistema					X
Nivel de confiabilidad del vendedor					X
	Mala	Regular	Buena	Excelente	
Reputación del vendedor				X	

**Tabla 5.15.** Información de los criterios de confiabilidad para el sistema Visual Paradigm.

Criterios de usabilidad																		
Indique el valor numérico que mejor describe su percepción con respecto a cada rubro, de acuerdo con la siguiente escala:																		
		← Valoración negativa								Valoración positiva →								
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10
<b>Interfaz amigable</b>																8		
<b>Flexibilidad</b>																9		
<b>Facilidad de aprendizaje</b>																8		
<b>Portabilidad</b>																9		

**Tabla 5.16.** Información de los criterios de usabilidad para el sistema Visual Paradigm.

### 5.1.4 Ponderación de criterios de selección

En la Tabla 5.17, se presenta la sección del cuestionario complementario correspondiente a la ponderación de los criterios de selección para el caso en el que se da la misma importancia a todos ellos. Por tanto, la marca N/A en la Tabla 5.17 indica que no se asigna un nivel de importancia específico a ningún criterio de selección.

Ponderación de criterios de selección																		
Indique el valor numérico que mejor describa el nivel de importancia que desea dar a cada criterio listado:																		
		← Menor importancia								Mayor importancia →								
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10
<b>Costo del sistema</b>																N/A		
<b>Costo de soporte</b>																		
<b>Costo de actualizaciones</b>																		
<b>Costo de entrenamiento</b>																		
<b>Tiempo de terminación del proceso representativo</b>																		
<b>Porcentaje de casos completados</b>																		
<b>Utilización de recursos</b>																		
<b>Confiabilidad del sistema</b>																		
<b>Confiabilidad del vendedor</b>																		
<b>Interfaz amigable</b>																		
<b>Flexibilidad</b>																		
<b>Facilidad de aprendizaje</b>																		
<b>Portabilidad</b>																		

**Tabla 5.17.** Ponderación de los criterios de selección para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

### 5.1.5 Resultados del análisis cuantitativo de indicadores de selección

A partir de la información registrada en el cuestionario complementario para cada sistema, se procede a determinar los correspondientes indicadores, con base en las definiciones dadas en el Capítulo 4. En la Tabla 5.18, se presentan los valores resultantes de aplicar dichas definiciones para cada uno de los indicadores de los criterios de selección.

#	Criterio de selección	Valor del indicador asociado		
		$I_{Cj1}$	$I_{Cj2}$	$I_{Cj3}$
1	Costo del sistema	1.0	1.0	1.0
2	Costo de soporte	1.0	1.0	1.0
3	Costo de actualizaciones	1.0	1.0	1.0
4	Costo de entrenamiento	1.0	1.0	1.0
5	Tiempo de terminación del proceso representativo	0.0	0.0	0.018
6	Porcentaje de casos completados	1.0	1.0	1.0
7	Utilización de recursos	0.731	0.0	0.454
8	Confiabilidad del sistema	0.8	0.8	1.0
9	Confiabilidad del vendedor	1.0	0.8	1.0
10	Interfaz amigable	0.9	0.7	0.8
11	Flexibilidad	0.8	0.8	0.9
12	Facilidad de aprendizaje	0.8	0.7	0.8
13	Portabilidad	0.9	0.8	0.9

**Tabla 5.18.** Indicadores resultantes para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

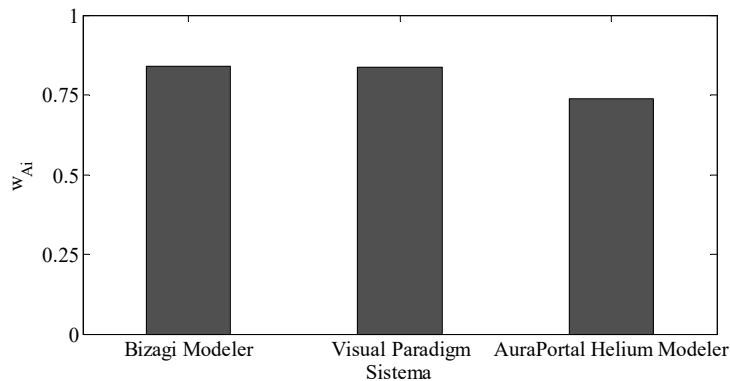
Ya que, en este caso, se ha dado el mismo nivel de importancia a todos los indicadores (la Tabla 5.17 indica que no aplica la ponderación de criterios de selección), la ecuación (4.18) para el cálculo de los pesos finales de cada sistema se reduce a la siguiente expresión:

$$w_{Si} = \frac{1}{NI} \sum_{j=1}^{NI} I_{Cji}; \quad i = 1,2,3 \quad (5.1)$$

De acuerdo a lo anterior, en la Tabla 5.19 se muestra la lista de alternativas resultante de ordenar de mayor a menor los pesos finales de los sistemas considerados en este ejemplo. Adicionalmente, en la Figura 5.4 se representan gráficamente los pesos finales obtenidos para cada sistema.

No. alternativa	Nombre completo del Sistema de Administración de Flujos de Trabajo	Peso final
1	Bizagi Modeler (v3.2.6.094)	0.841
2	Visual Paradigm (v15.1)	0.836
3	AuraPortal Helium Modeler (v1.6.038)	0.738

**Tabla 5.19.** Lista de alternativas para el ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.



**Figura 5.4.** Pesos finales del ejemplo de criterios de selección con la misma importancia.

## 5.2 Criterios de selección con distintos niveles de importancia

Un segundo escenario de aplicación de esta guía es cuando la empresa tiene más interés en ciertos criterios de selección sobre otros, por lo que define distintos niveles de importancia en la sección de *Ponderación de criterios de selección* del cuestionario complementario. Tomando como referencia la misma lista de productos del ejemplo anterior, así como sus valoraciones registradas en los respectivos cuestionarios complementarios, en las siguientes secciones se presentan los detalles y resultados obtenidos para este escenario de aplicación.

### 5.2.1 Ponderación de criterios de selección

En la Tabla 5.20, se presenta la ponderación usada para este ejemplo, usando la escala de 1 a 10 para establecer los niveles de importancia que se asignarán a cada criterio de selección.

Ponderación de criterios de selección	
Indique el valor numérico que mejor describa el nivel de importancia que desea dar a cada criterio listado:	
← Menor importancia	
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
Mayor importancia →	
<b>Costo del sistema</b>	9
<b>Costo de soporte</b>	8
<b>Costo de actualizaciones</b>	8
<b>Costo de entrenamiento</b>	8
<b>Tiempo de terminación del proceso representativo</b>	10
<b>Porcentaje de casos completados</b>	9
<b>Utilización de recursos</b>	8
<b>Confiabilidad del sistema</b>	10
<b>Confiabilidad del vendedor</b>	10
<b>Interfaz amigable</b>	9
<b>Flexibilidad</b>	10
<b>Facilidad de aprendizaje</b>	9
<b>Portabilidad</b>	9

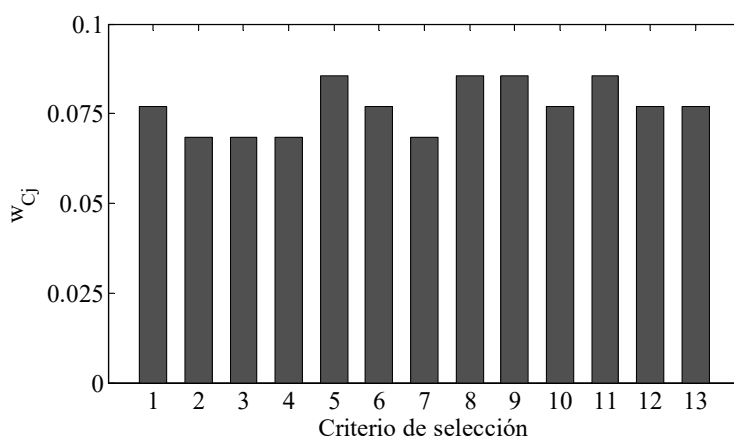
**Tabla 5.20.** Ponderación de los criterios de selección para el ejemplo de criterios de selección con distintos niveles de importancia.

## 5.2.2 Resultados del análisis cuantitativo de indicadores de selección

Al utilizar la información de los cuestionarios complementarios de la sección 5.1, los valores resultantes de cada uno de los indicadores de selección para los sistemas de la lista de productos de la Tabla 5.1 son los mismos que se muestran en la Tabla 5.18. Sin embargo, a diferencia del ejemplo anterior, para este caso, se tiene información disponible sobre la ponderación de cada criterio de selección. Por lo tanto, el peso final de cada sistema se calcula por medio de la ecuación (4.18), con  $NI = 13$  e  $i = 1,2,3$ . Los pesos resultantes para cada criterio de selección se muestran en la Tabla 5.21, mientras que la representación gráfica de estos datos aparece en la Figura 5.5. Por su parte, la lista de alternativas resultante para este ejemplo es la que se muestra en la Tabla 5.22 y la gráfica de los pesos finales se presenta en la Figura 5.6.

#	Criterio de selección	Peso $w_{Cj}$
1	Costo del sistema	0.0769
2	Costo de soporte	0.0684
3	Costo de actualizaciones	0.0684
4	Costo de entrenamiento	0.0684
5	Tiempo de terminación del proceso representativo	0.0855
6	Porcentaje de casos completados	0.0769
7	Utilización de recursos	0.0684
8	Confiabilidad del sistema	0.0855
9	Confiabilidad del vendedor	0.0855
10	Interfaz amigable	0.0769
11	Flexibilidad	0.0855
12	Facilidad de aprendizaje	0.0769
13	Portabilidad	0.0769

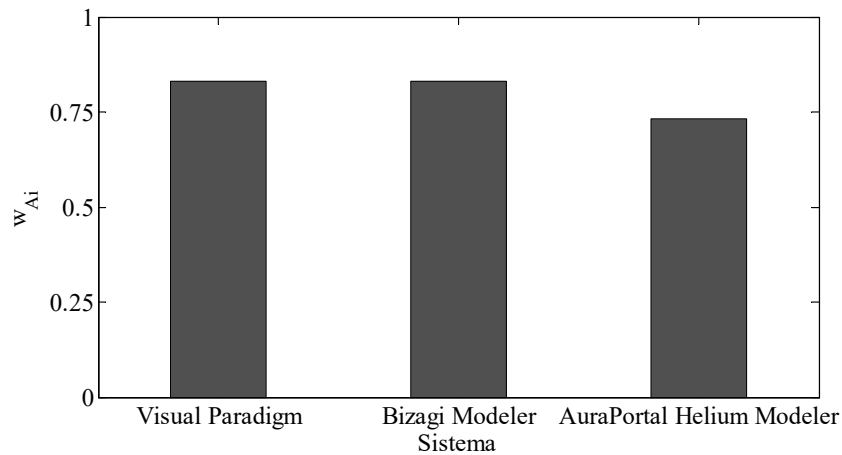
**Tabla 5.21.** Pesos asignados a los criterios de selección para el ejemplo de criterios de selección con distintos niveles de importancia.



**Figura 5.5.** Pesos para el ejemplo de criterios de selección con distintos niveles de importancia.

No. alternativa	Nombre completo del Sistema de Administración de Flujos de Trabajo	Peso final
1	Visual Paradigm (v15.1)	0.832
2	Bizagi Modeler (v3.2.6.094)	0.831
3	AuraPortal Helium Modeler (v1.6.038)	0.733

**Tabla 5.22.** Lista de alternativas para el ejemplo de criterios de selección con distintos niveles de importancia.



**Figura 5.6.** Pesos finales del ejemplo de criterios de selección con distintos niveles de importancia.

Como se puede observar, la inclusión de la sección de *Ponderación de criterios de selección* en el cuestionario complementario puede llegar a marcar una diferencia en el resultado final de la aplicación de la guía. En este último escenario de aplicación, los datos de la Tabla 5.20 reflejan una situación en la que la empresa en cuestión ha decidido dar más peso a los criterios que tienen que ver con el tiempo de terminación del proceso representativo, la confiabilidad del sistema y del vendedor, y la flexibilidad del sistema a implementar.

# Capítulo 6

## Conclusiones y trabajo futuro

A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de este trabajo, las cuales se basan en el diseño de la guía presentada en el Capítulo 4, así como en los ejemplos de aplicación tratados en el Capítulo 5. Se discuten, también, las aportaciones generadas por el presente estudio y los posibles trabajos futuros que se pueden desarrollar, como una ampliación a la metodología seguida aquí.

### 6.1 Conclusiones

Se presentó la estructura de una guía para la toma de decisiones en el proceso de elección de productos de software, en este caso, de sistemas de administración de flujos de trabajo. Se describieron las características que conforman cada uno de los apartados de dicha guía, cuya aplicación conduce a una elección fundamentada de este tipo de sistemas informáticos.

Se identificaron los criterios básicos que se deben tomar en cuenta al seleccionar un sistema de administración de flujos de trabajo, así como sus características y la información que se requiere conocer y tomar en cuenta para valorarlos. Uno de los aspectos más importantes de esta valoración, tiene que ver con la identificación de los distintos tipos de usuarios involucrados en este proceso, así como su relación con las funcionalidades que pueda ofrecer el producto de software en cuestión.

Se proporcionó una forma unificada de valorar la información relacionada con la adquisición de productos de software, como lo son los sistemas de administración de flujos de trabajo, por medio del uso de indicadores cuantitativos asociados directamente con cada uno de los criterios de selección de la guía diseñada. Es importante notar que se deben tomar en cuenta no sólo criterios cuantitativos, como los criterios de costo y eficiencia, sino también aquellos que impliquen una valoración cualitativa por parte de usuarios y analistas de procesos de la empresa u organización en la que se desee implementar dichos sistemas, con el fin de asegurar un proceso de selección más robusto.

De la aplicación de la guía presentada, se pueden derivar análisis comparativos más específicos de los sistemas de la lista de productos, identificando las fortalezas y debilidades de cada producto en distintos aspectos como, por ejemplo, económicos, técnicos o de eficiencia, además de aquellos aspectos cuya valoración resulta ser más subjetiva, como en el caso de los criterios de confiabilidad y usabilidad.

La ponderación de criterios de selección, incorporada a la guía desarrollada en este trabajo, permite un análisis cuantitativo más amplio de los indicadores de selección, ya que a través de ella se pueden reflejar los intereses y necesidades de la empresa u organización interesada en el uso de estos sistemas, cubriendo los escenarios de aplicación de la guía en los que se da el mismo peso a todos los



criterios de selección y en los que se hace una discriminación de dichos criterios en cuanto a su nivel de importancia.

En este trabajo, se ejemplificó el modelo de toma de decisiones propuesto utilizando tres productos a evaluar, pero la ventaja de este modelo es que se puede utilizar para evaluar un número indeterminado de Sistemas de Administración de Flujos de Trabajo.

## **6.2 Trabajo futuro**

La estructura de la guía diseñada en este trabajo puede ser ampliada, dependiendo de los requerimientos de la empresa u organización interesada en su aplicación. En general, esta ampliación podría consistir en incorporar más criterios de selección, junto con las correspondientes definiciones de indicadores cuantitativos. De ser necesario, los modelos empleados para estas definiciones, junto con los de los criterios originales, pueden modificarse o combinarse, sin alterar la estructura base de la guía.

En cuanto a los criterios relacionados con aspectos cualitativos, se pueden usar otro tipo de técnicas para valorarlos como, por ejemplo, aquellas basadas en lógica difusa para tratar con los valores lingüísticos que los califican, definiéndose que definir funciones de pertenencia para transformar éstos en valores numéricos y, finalmente, obtener los pesos correspondientes a cada sistema evaluado.

La tarea de aplicar la guía presentada aquí se ha dejado a los miembros de una organización productiva con interés en implantar en su entorno un Sistema para Administración de Flujos de Trabajo, principalmente, a los analistas de procesos de negocio y los administradores de dichos sistemas. Sin embargo, usar un sistema basado en el conocimiento como soporte adicional para el proceso de toma de decisiones puede resultar más eficiente. Además, se puede contemplar una base de conocimiento que incluya no sólo información de los modelos empleados para valorar cada criterio de selección, sino también una base de datos de sistemas actuales de este tipo, probados bajo condiciones similares y con algunas valoraciones por parte de otras organizaciones para retroalimentar el análisis de los indicadores asociados a los criterios elegidos.

Otra de las actividades pendientes de este trabajo es la de proponer un sistema web, que incluya los formularios del cuestionario complementario de la guía propuesta y que realice los cálculos correspondientes a los indicadores de selección de una manera ágil y automática, además de ser interactivo con el usuario.

# Referencias

- [1] Bizagi. <http://www.bizagi.com/es> (*Consultada en marzo de 2017*)
- [2] IBM Blueworks Live. <https://www.blueworkslive.com/home> (*Consultada en marzo de 2017*)
- [3] AuraPortal. <https://www.auraportal.com/es/> (*Consultada en marzo de 2017*)
- [4] ProcessMaker. Workflow Simplified. <https://www.processmaker.com/es> (*Consultada en abril de 2017*)
- [5] White, Stephen A.; Miers, Derek. BPMN. Guía de Referencia y Modelado. Future Strategies Inc. USA, 2009
- [6] Gunasekaran, A.; Kobu, B. Modelling and analysis of business process reengineering. International Journal of Production Research, Vol. 40, No. 11, pp. 2521 – 2546. 2002.
- [7] Capterra. Workflow Management Software. <http://www.capterra.com/workflow-management-software/> (*Consultada en mayo de 2017*)
- [8] SoftExpert Workflow. Automatización de Procesos de Negocio. <https://www.softexpert.es/produto/workflow/> (*Consultada en mayo de 2017*)
- [9] Microsoft Windows Workflow Foundation. [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd489441\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dd489441(v=vs.110).aspx) (*Consultada en mayo de 2017*)
- [10] Scribner, Kenn. Microsoft Windows Workflow Foundation Step by Step. Microsoft Press. USA, 2007.
- [11] Fillion, Louis Jacques; Cisneros, Luis Felipe; Mejía-Morelos, Jorge Humberto. Administración de PYMES. Pearson Educación. México, 2011.
- [12] Acesa. 8 problemas comunes de TI en las PyMES y cómo resolverlos. <http://www.acesa.com.mx/acesa-pymes-problemas-comunes.html> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [13] Technology Advice. 10 of the Best Options for Workflow Automation Software. <http://technologyadvice.com/blog/information-technology/top-10-workflow-automation-software/> (*Consultada en octubre de 2017*)
- [14] Wil Van Der Aalst, Kees Van Hee. Workflow Management: Models, Methods, and Systems. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 2002.

- [15] Object Management Group. About The Business Process Model and Notation Specification Version 2.0. <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> (*Consultada en abril de 2018*)
- [16] Dong-Hoon Yang; Seongcheol Kim; Changi Nam; Ja-Won Min. Developing a decision model for business process outsourcing. *Computers & Operations Research*, Vol. 34, No. 12, pp. 3769 – 3778. 2007.
- [17] Burak Efe. An integrated fuzzy multi criteria group decision making approach for ERP system selection. *Applied Soft Computing*, Vol. 38, pp. 106 – 117. 2016.
- [18] Noradachanon, Noraset; Senivongse, Twittie. Decision model for identity management product selection using fuzzy AHP. 18th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, pp. 269-275. 2017.
- [19] Fischer, Layna. *Workflow Handbook*. Published in association with the Workflow Management Coalition. Future Strategies Inc. USA, 2005.
- [20] Workflow Management Coalition. What is BPM? <http://www.wfmc.org/what-is-bpm> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [21] Appian. Business Process Definition. <https://www.appian.com/bpm/definition-of-a-business-process/> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [22] PNMSOFT. Business Process. <http://www.pnmsoft.com/technology/workflow-software/> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [23] De La Fuente, Marivi & Ros-McDonnell, Lorenzo. (2009). Aplicación de Redes de Petri para la modelización de procesos en Logística Inversa. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIII Congreso de Ingeniería de Organización. Barcelona-Terrassa, September 2nd-4th 2009.
- [24] OBS Business School. Project Management. ¿Qué características tiene un proceso industrial? <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/proyectos-de-ingenieria/que-caracteristicas-tiene-un-proceso-industrial> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [25] INEGI. Industria manufacturera. <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=E> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [26] Flujo del proceso productivo y escalas de producción (Muebles rústicos de madera). Guías Empresariales. Instituto Nacional del Emprendedor. Secretaría de Economía. <http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=119&giro=7&ins=821> (*Consultada en mayo de 2018*)
- [27] Dogac, Asuman & Özsu, M. Tamer & Kalinichenko, Leonid. (1998). *Workflow Management Systems and Interoperability*. Springer. New York, USA.

- [28] Mahmudi J, Tavakkoli V. Simulation: The best solution for BPR. Melbourne: International Congress on Modelling and Simulation: Advances and Applications for Management and Decision Making, Proceedings, 2005.
- [29] Workflow Management Coalition. Reference Model. [http://www.wfmc.org/2-uncategorised/53-reference-model#workflow\\_reference\\_model](http://www.wfmc.org/2-uncategorised/53-reference-model#workflow_reference_model) (*Consultada en mayo de 2018*)
- [30] Visual Paradigm. [www.visual-paradigm.com](http://www.visual-paradigm.com) (*Consultada en agosto de 2018*)
- [31] Web y empresas. ¿Cómo es el proceso de contratación en una empresa? <https://www.webyempresas.com/como-es-el-proceso-de-contratacion-en-una-empresa/> (*Consultada en agosto de 2018*)