

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

MINERÍA DE PROCESOS
FUNDAMENTOS Y METODOLOGÍA DE APLICACION

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

MINERÍA DE PROCESOS
FUNDAMENTOS Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

HUGO SANTIAGO AGUIRRE MAYORGA

Muestra sin valor comercial



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

COLECCIÓN
Laureata

e
editorial
Pontificia Universidad
JAVERIANA



RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

© Pontificia Universidad Javeriana
© Hugo Santiago Aguirre Mayorga

Primera edición: abril de 2016
Bogotá, D. C.
ISBN: 978-958-716-915-7
Número de ejemplares: 400
Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Editorial Pontificia Universidad Javeriana
Carrera 7 núm. 37-25, oficina 1301
Edificio Lutaima
Teléfono: 287 06 91
<http://www.javeriana.edu.co/editorial>
Bogotá, D. C.

CORRECCIÓN DE ESTILO:
Ella Suárez

DISEÑO DE PÁGINAS INTERIORES:
Magdalena Monsalve

DIAGRAMACIÓN:
Marcela Godoy

DISEÑO DE CUBIERTA:
Magdalena Monsalve

MONTAJE DE CUBIERTA:
Claudia Rodríguez

IMPRESIÓN:
Javegraf

Aguirre Mayorga, Hugo Santiago, autor

Minería de procesos : fundamentos y metodología de aplicación : libro de investigación / Hugo Santiago Aguirre Mayorga. ~ Primera edición. - Bogotá : Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2016. (Colección laureata)

150 páginas : ilustraciones, diagramas, gráficas y tablas ; 24 cm
Incluye referencias bibliográficas.
ISBN : 978-958-716-915-7

1. MINERÍA DE DATOS. 2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN. 3. MINERÍA DE DATOS - METODOLOGÍA. I. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales

CDD 005.74 edición 21

Catalogación en la publicación - Pontificia Universidad Javeriana. Biblioteca Alfonso Borrero Cabal, S.J.

inp

Marzo 14 / 2016

Prohibida la reproducción total o parcial de este material, sin autorización por escrito de la Pontificia Universidad Javeriana.

CONTENIDO

Parte 1

Fundamentos de la minería de procesos

Capítulo 1. Introducción	17
1.1. Problema de investigación	19
1.2. Metodología de investigación	22
1.3. Contenido del libro.....	24
Capítulo 2. Fundamentos de la minería de procesos.....	27
2.1. Concepto de minería de procesos	27
2.2. Breve historia de la minería de procesos.....	30
2.3. Relación y diferencia con otras disciplinas	31
2.4. Registro de eventos (<i>event logs</i>).....	33
2.5. Perspectivas, limitaciones y aplicaciones.....	36
2.6. Casos de aplicación de la minería de procesos.....	40

Parte 2

Diseño de la metodología de aplicación de la minería de procesos

Capítulo 3. Diseño de la metodología	47
3.1. Análisis de desarrollos previos.....	47
3.2. Metodologías de aplicación de minería de datos	52
3.3. Análisis comparativo de las metodologías	53
3.4. Análisis de requerimientos	56
3.5. Diseño conceptual	63
3.6. Diseño propuesto preliminar de la metodología.....	66
Capítulo 4. Validación y ajuste de la metodología: casos de estudio	69
4.1. Diseño de los casos de estudio.....	70
4.2. Análisis del caso de estudio 1: proyecto basado en preguntas.....	72

4.3. Análisis del caso de estudio 2: proyecto basado en objetivos	80
4.4. Análisis del caso de estudio 3: proyecto basado en datos	88
4.5. Evaluación de la metodología	93
4.6. Ajustes a la metodología	97

Parte 3

Metodología de la minería de procesos

Capítulo 5. Metodología de aplicación de la minería de procesos	101
5.1. Descripción de la metodología	101
5.2. Caso de estudio ejemplo para la aplicación de la metodología..	104
5.3. Etapa 1. Definición del proyecto	104
5.4. Etapa 2. Preparación de los datos	112
5.5. Etapa 3. Análisis del proceso	120
5.6. Rediseño del proceso.....	133

Parte 4

Factores críticos en la aplicación de la minería de procesos

Capítulo 6. Factores críticos en la minería de procesos.....	141
6.1. Contribuciones de la metodología	141
6.2. Factores críticos en la aplicación de la minería de procesos	142
6.3. Limitaciones de la metodología.....	144

Referencias	147
-------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Marco metodológico de la investigación	23
Figura 2. Contenido del libro.....	25
Figura 3. Esquema de la minería de procesos.....	29
Figura 4. Proceso detallado seguido para el diseño de la metodología.....	46
Figura 5. Análisis comparativo de los desarrollos previos.....	54
Figura 6. Importancia de las características de la metodología.....	59
Figura 7. Calificación de los aspectos que debe incluir la metodología.....	60
Figura 8. Árbol de funciones de la metodología.....	64
Figura 9. Matriz de funciones y componentes.....	65
Figura 10. Metodología propuesta preliminar	67
Figura 11. Pasos de la metodología aplicados caso de estudio 1	79
Figura 12. Pasos de la metodología aplicados caso de estudio 2.....	87
Figura 13. Pasos de la metodología aplicados caso de estudio 3.....	92
Figura 14. Percepción de los usuarios con respecto a la planeación, pasos y técnicas	95
Figura 15. Metodología para la aplicación de minería de procesos	103
Figura 16. Descripción del problema del caso de estudio ejemplo	105
Figura 17. Alcance del proceso del caso de estudio ejemplo.....	107
Figura 18. Flujo del proceso del caso de estudio ejemplo.....	108
Figura 19. Análisis de brechas del caso de estudio ejemplo.....	110
Figura 20. Objetivos del proyecto del caso de estudio ejemplo.....	111
Figura 21. Descripción del registro de eventos del caso de estudio ejemplo	116
Figura 22. Formato requerido para el análisis con minería de procesos	121
Figura 23. Descubrimiento del proceso para el caso de estudio ejemplo.....	123

Figura 24. Verificación de cumplimiento para el caso de estudio ejemplo	125
Figura 25. Análisis de desempeño del caso de estudio ejemplo	127
Figura 26. Análisis de la red social del caso de estudio ejemplo	129
Figura 27. Evaluación de alternativas en el caso de estudio ejemplo	136

Muestra sin valor comercial

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Ejemplo de un registro de eventos.....	34
Tabla 2. Grado de madurez de los registros de eventos	35
Tabla 3. Análisis comparativo de los desarrollos previos	53
Tabla 4. Relevancia de las tareas para la definición de requerimientos IEEE P1220*	57
Tabla 5. Definición del producto y de los usuarios	58
Tabla 6. Características de la metodología.....	59
Tabla 7. Preguntas que debe responder la metodología que se va a diseñar	61
Tabla 8. Requerimientos funcionales de la metodología	61
Tabla 9. Requerimientos de desempeño de la metodología	62
Tabla 10. Sistemas de los que se puede extraer la información	63
Tabla 11. Impacto de las variables para el diseño de los casos de estudio	70
Tabla 12. Descripción de los casos de estudio	72
Tabla 13. Definición del proyecto en el caso de estudio 1	73
Tabla 14. Preparación de los datos del caso de estudio 1	75
Tabla 15. Registro de eventos caso de estudio 1.....	75
Tabla 16. Análisis del proceso y hallazgos caso de estudio 1	76
Tabla 17. Definición del proyecto en el caso de estudio 2	81
Tabla 18. Preparación de los datos del caso de estudio 2.....	82
Tabla 19. Registro de eventos caso de estudio 2.....	83
Tabla 20. Análisis del proceso y hallazgos caso de estudio 2	84
Tabla 21. Preparación de los datos del caso de estudio 3	89
Tabla 22. Registro de eventos caso de estudio 3	89
Tabla 23. Análisis del proceso y hallazgos caso de estudio 3	90
Tabla 24. Resultados de la evaluación de la metodología por parte de los usuarios.....	93

Tabla 25. Evaluación de los usuarios de la metodología con respecto a los requerimientos	96
Tabla 26. Características de la metodología	102
Tabla 27. Características del caso de estudio ejemplo	105
Tabla 28. Descripción de datos principales y secundarios para el análisis con minería de procesos	113
Tabla 29. Aspectos que se consideran en la extracción de datos y su relación con el nivel de madurez del registro de eventos.....	115
Tabla 30. Factores a consideraren la extracción de los datos.....	117
Tabla 31. Estrategias para asegurar la calidad de los datos.....	119
Tabla 32. Registro de eventos del proceso del caso de estudio ejemplo	121
Tabla 33. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en el descubrimiento del proceso.....	122
Tabla 34. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en la verificación de cumplimiento.....	124
Tabla 35. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en el análisis de desempeño del proceso	126
Tabla 36. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en el análisis de la red social.....	128
Tabla 37. Resumen de los hallazgos del caso de estudio ejemplo.....	131
Tabla 38. Herramientas para la identificación de causas de los problemas.....	132
Tabla 39. Análisis de causas del caso de estudio ejemplo	133
Tabla 40. Posibles alternativas para el mejoramiento de procesos.....	134
Tabla 41. Determinación de alternativas de mejora en el caso de estudio ejemplo	135
Tabla 42. Criterios a considerar para evaluar las alternativas de mejora.....	135
Tabla 43. Aspectos que se consideran en la implantación de las soluciones de mejora	137

*A mis padres, Hugo y Bertha,
por su amor incondicional.*

*A mi esposa Alexandra y mis hijos Nicolás y David,
que son la razón de mi felicidad.*

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

PARTE 1
FUNDAMENTOS DE
LA MINERÍA DE PROCESOS

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información se han convertido en la columna vertebral de las organizaciones y sin ellos las compañías no podrían vender los productos o servicios, comprar los insumos, pagar a sus proveedores o presentar sus declaraciones de impuestos. Algunos estudios [1]-[3] coinciden en que las principales razones que motivaron a las organizaciones a la adopción de estos aplicativos son: la necesidad de estandarizar los procesos, mejorar la oportunidad de la información para la toma de decisiones, integrar las áreas de la organización y aumentar la productividad.

Los resultados de la implantación de los sistemas de información y de automatización han sido diversos, dado que algunas empresas consiguieron los objetivos esperados. Pese a esto, estudios como el de Rolland y Pakrash [4] revelan que en muchos casos estos sistemas no se aprovechan en su máximo potencial y se han limitado al registro de la parte transaccional de los procesos, por lo que esta información no ha servido para el mejoramiento de los procesos y como apoyo a la toma de decisiones.

Uno de los valores agregados de estos sistemas de información está relacionado con el aprovechamiento de toda la información histórica que se registra sobre la ejecución real de los procesos de negocio, donde se encuentran las actividades, sus ejecutores, los tiempos de inicio y finalización de cada paso y los datos asociados con cada caso. Esta información se extrae de los registros de eventos (*event logs*) del sistema y puede emplearse para analizarla con técnicas de minería de datos con el objetivo de generar conocimiento, para que las organizaciones puedan entender, descubrir, monitorear y mejorar sus procesos. Lo anterior se denomina minería de procesos (*process mining*) [5].

La minería de procesos está compuesta por herramientas y técnicas basadas en la minería de datos para analizar procesos de negocio cuyo

registro de eventos de ejecución real se encuentran disponibles en sistemas de información denominados *Process Aware Information Systems* (PAIS), como son los sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Customer Relationship Management* (CRM), *Workflow*, *Business Process Management Systems* (BPMS) o sistemas legados [6]. Por ejemplo, el sistema SAP ERP, aplicado en un proceso de compras, registra las actividades del proceso (solicitud, aprobación, envío orden de compra, etc.), cuando inicia y termina cada actividad, y la persona que ejecutó la actividad. De esta forma, se puede reconstruir la secuencia de los procesos basada en su ejecución real.

Las preguntas que se pueden responder de la minería de procesos son:

- ¿Cómo se ejecutan en la realidad los procesos?
- ¿Dónde están los cuellos de botella?
- ¿Se producen desviaciones con respecto a los procedimientos y reglas de negocio?
- ¿Cuáles son los tiempos de ejecución real de cada actividad, o cuáles son los tiempos de espera?
- ¿Cuál es la actividad o recurso de mayor duración?
- ¿Existen diferencias de productividad en el personal que ejecuta el proceso?

Parte de los beneficios de la minería de procesos es que se analiza basándose en datos reales y no en la percepción de las personas, que puede llegar a ser subjetiva. Estas técnicas, algoritmos y aplicaciones especializadas de *software* se empezaron a desarrollar en la academia a principios de la década pasada y, paulatinamente, se han transferido a las empresas mediante casos de estudio y proyectos de minería de procesos que han permitido a las organizaciones diagnosticar, analizar y mejorar los procesos, basándose en el análisis de los datos de ejecución real de los procesos.

Actualmente, se podría considerar que las técnicas y herramientas de la minería de procesos han madurado; sin embargo, en su desarrollo se han presentado retos como:

- Aspectos relacionados con los datos, como son ruido, concurrencia, procesos respaldados por múltiples aplicaciones y sistemas que no registran de forma secuencial los eventos del proceso [7].

- La mayoría de las aplicaciones se realizan sobre sistemas que poseen un motor de *workflow*, cuya serie de características facilitan la extracción de datos para aplicar minería de procesos [5]; pero existen pocos casos de estudio en otros sistemas como son los sistemas ERP o sistemas legados.
- No existe una propuesta metodológica sistemática y generalizada en la cual se especifiquen los pasos que se deben seguir para la aplicación de minería de procesos, desde la planeación del proyecto hasta la implantación de las alternativas de mejora.

La investigación descrita en este libro contribuye con este último reto, para lo cual se siguió un método de diseño de ingeniería que permitió desarrollar una metodología que facilita a las organizaciones la aplicación de la minería de procesos con el objetivo de descubrir, analizar y mejorar sus procesos de negocio.

I.I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el 2010, el autor encontró la necesidad de aplicar técnicas de minería de procesos en un proyecto de mejoramiento en una organización que respalda sus procesos en un sistema ERP. Al iniciar el proyecto se evidenció que era preciso contar con una aproximación metodológica para su desarrollo. A partir de esto se realizó una extensa revisión del estado del arte y se encontró que la mayor parte de publicaciones de aplicación de la minería de procesos se centran en el diagnóstico y análisis, pero no se especifica cómo se debe plantear el proyecto, la relación entre las preguntas que se van a responder y la extracción de los datos; tampoco llegan hasta el rediseño de procesos e implantación de los cambios, lo que cierra el ciclo de un proyecto de mejoramiento de procesos.

Esto se debe en parte a la etapa de desarrollo en que se encuentra la minería de procesos, dado que en la última década los esfuerzos de los investigadores han estado encaminados a desarrollar y probar algoritmos para superar las limitaciones y problemas técnicos encontrados en la minería de procesos, por lo que algunos autores [5], [8], [9] han hecho hincapié en la necesidad de tener más estudios prácticos para probar los beneficios de estas herramientas en casos reales.

En la literatura sobre el tema se encontraron seis aproximaciones metodológicas para la aplicación de minería de procesos, que se analizan en detalle y se comparan en el capítulo 3. Maruster y Van Beest [10] proponen una metodología en la cual se combina la simulación y la minería de procesos y se explican los pasos que se deben seguir a partir de tres casos de estudio. Si bien esta metodología es un avance, se centra en el análisis de los procesos (*as-is*) y en la combinación con técnicas de simulación para el rediseño (*to-be*). En esta no se especifican los pasos para iniciar un proyecto de rediseño basado en minería de procesos, como son establecimiento de los objetivos, alcance de los procesos, análisis de entradas y salidas, entre otros; tampoco se especifican los pasos para la extracción y limpieza de los registros de eventos.

Rebuge y Ferreira [11] plantean una aproximación metodológica para el análisis de procesos en procesos del sector de la salud. Esta es específica para el caso analizado y está centrada en la aplicación de técnicas de clúster para el análisis de procesos del servicio de urgencias de un hospital, por lo que la propuesta metodológica difícilmente se puede extrapolar para otros casos donde se requieran aplicar otras técnicas de análisis. En esta aproximación tampoco se especifican los pasos para el rediseño de los procesos basados en el análisis. Bozkaya, Gabriels y van der Werf [8] proponen un método para el diagnóstico de procesos con minería de procesos y lo aplican para un caso de estudio, pero se centran únicamente en el análisis y diagnóstico de los procesos.

Por otro lado, Van der Aalst, quien es el autor con mayor número de publicaciones en el área, propone en su libro *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Process* [12] un ciclo de vida de un proyecto con unas fases generales para la aplicación de minería de procesos, lo que constituye un punto de partida para este trabajo. Sin embargo, estas fases son generales y no llegan a definir, por ejemplo, el procedimiento para extraer los datos dependiendo del sistema de información. Tampoco define los pasos específicos que se deben seguir para ejecutar un proyecto de minería de procesos.

El desarrollo más cercano a una metodología de minería de procesos lo propone Van der Heijden [13] en su tesis de maestría que se publicó en el 2012. Heijden propone fases y pasos para un proyecto de minería de procesos, y a pesar de que tiene un mayor detalle respecto a lo propuesto

por Van der Aalst, no llega a profundizar en aspectos clave como son la planeación del proyecto y la preparación y extracción de los datos de los diferentes sistemas de información.

Recientemente, Weerdt *et al.* [9] propusieron un marco para la aplicación de la minería de procesos mediante un caso de estudio en una empresa del sector financiero. Esta metodología se centra en la preparación y exploración de los datos, pero no propone una fase inicial para definir el alcance del proceso o para plantear los objetivos de la minería de procesos. Tampoco hace hincapié en los métodos para la extracción de los datos. Un aspecto que se destaca es que separa la fase de análisis en descubrimiento del proceso y análisis profundo. En este último se verifica cómo se cumple el proceso con las reglas de negocio.

Por otro lado, en el primer *Process Mining Manifesto* [5], publicado en septiembre del 2011 por el grupo de trabajo en minería de procesos del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) (*task force on process mining*), los autores identificaron once retos para el avance de la minería de procesos. El primer reto se refiere a la necesidad de tener “mejores herramientas y metodologías” para seleccionar, extraer y limpiar los registros de eventos y para poder manejar registros de distintas características, debido a la diversidad de sistemas de información [5]. También se pone el relieve en la importancia de incrementar el entendimiento de la minería de procesos y de su usabilidad por parte de no expertos.

Lo anterior llevó a plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿qué pasos se deben seguir para aplicar las técnicas de minería de procesos para el rediseño y el mejoramiento de los procesos? Y teniendo en cuenta la pregunta anterior y las brechas investigativas se plantean los siguientes cuestionamientos que se desarrollan en este libro:

- ¿Cuál enfoque metodológico seguir para aplicar minería de procesos al mejoramiento de los procesos?
- ¿Qué lineamientos se deben tener en cuenta para la extracción, el análisis y la transformación de los registros de eventos de los sistemas de información para la aplicación de minería de procesos?
- ¿Cuáles son los factores críticos de éxito en la aplicación de minería de procesos?

I.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la metodología de aplicación de minería de procesos se siguieron como marco metodológico los pasos y los lineamientos que propone la Alianza de Industrias Electrónicas (EIA, por su sigla en inglés): *Process for Engineering a System* [14]. Este estándar define un enfoque sistemático para la ingeniería de un sistema, donde sistema se entiende como un producto, método, *software* que satisface las necesidades de unas partes interesadas. El estándar EIA propone las siguientes etapas para el desarrollo de un sistema: gerencia técnica, aprovisionamiento, diseño del sistema, realización del producto y evaluación técnica.

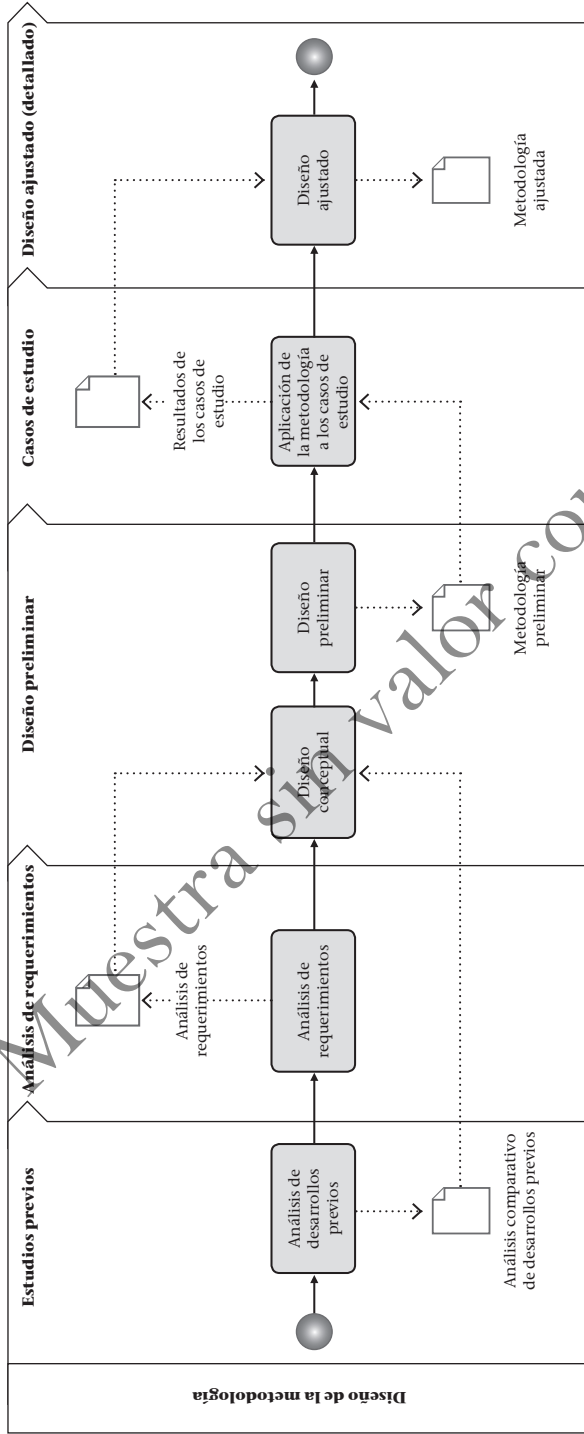
En cada uno de estos procesos, el estándar EIA define unos requerimientos, los cuales se seleccionaron y adaptaron; mientras que para la investigación se determinó el marco metodológico que se presenta en la figura 1.

El estándar EIA fue usado como marco conceptual general; sin embargo, se encontró la necesidad de complementarlo con otros marcos conceptuales específicos para el análisis de requerimientos, diseño de la solución y los casos de estudio, los que se especifican a continuación:

- Análisis de requerimientos: IEEE P1220 *Requirements Analysis Task Areas*, IEEE [15].
- Diseño de la solución: *Functional Analysis*, Viola *et al.* [16].
- Casos de estudio: *Case Study Research*, Yin [17].

Se tomó como base un análisis comparativo de los estudios previos y de metodologías anteriormente desarrolladas. Luego se estudiaron los requerimientos, donde se determinaron los de los usuarios, los funcionales y los de desempeño. Con base en estos requerimientos se realizó el diseño conceptual, en el cual se determinaron las funciones y los componentes de la metodología. El análisis comparativo de los desarrollos previos se tuvo en cuenta en conjunto con el diseño conceptual para llevar a cabo una primera versión de la metodología. Esta se aplicó en tres casos de estudio, que sirvieron para afinar, ajustar y complementar la metodología de aplicación de minería de procesos que se describe de manera detallada en el capítulo 5.

Figura 1. Marco metodológico de la investigación



Fuente: [elaboración propia].

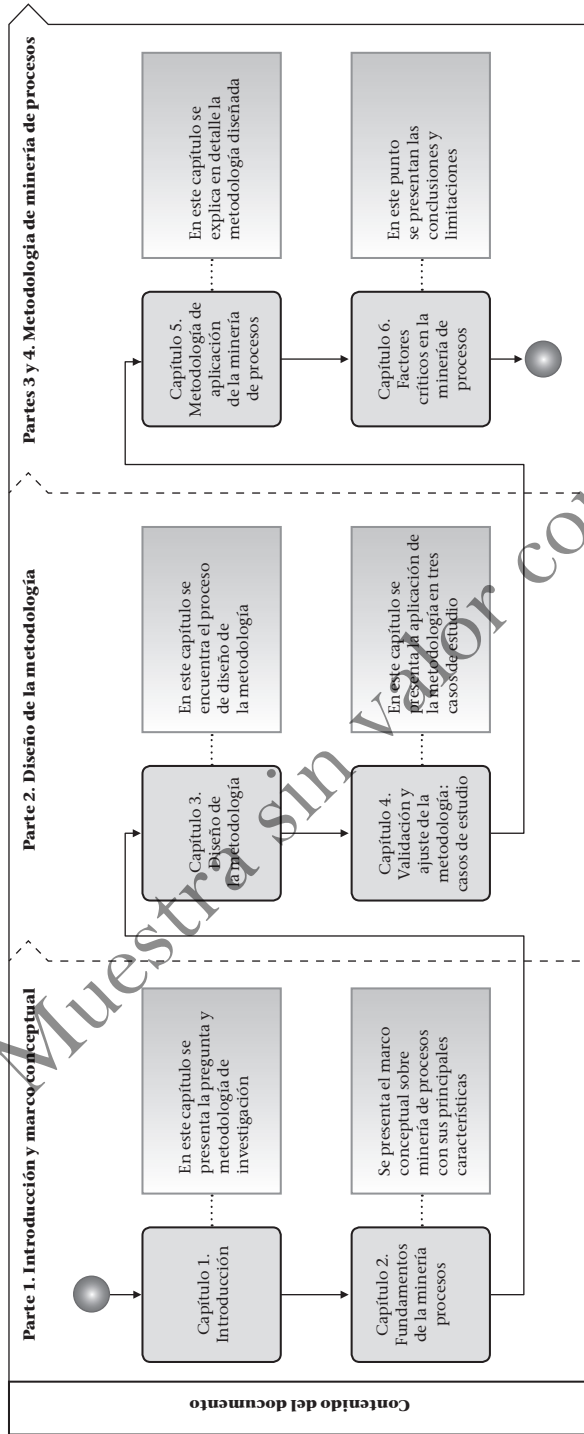
1.3. CONTENIDO DEL LIBRO

El presente libro está dividido en cuatro partes: introducción y marco conceptual, diseño de la metodología, metodología de minería de procesos diseñada y conclusiones. En la figura 2 se presenta la estructura con el contenido de cada capítulo y el orden sugerido para la lectura.

En este capítulo se estableció la relevancia de la problemática, así como la metodología seguida en la investigación. El siguiente capítulo inicia con la fundamentación de la minería de procesos.

Muestra sin valor comercial

Figura 2. Contenido del libro.



Fuente: [elaboración propia].

Muestra sin valor comercial

CAPÍTULO 2.

FUNDAMENTOS DE LA MINERÍA DE PROCESOS

Este capítulo inicia con la explicación del concepto de *minería de procesos* en la sección 2.1. En la sección 2.2 se hace una revisión histórica sobre su desarrollo y en la sección 2.3 se establece la diferencia y relación con otras disciplinas. La sección 2.4 contiene los conceptos asociados a los registros de eventos y en la sección 2.5 se analizan las perspectivas de la minería de procesos, sus fundamentos y limitaciones. Finalmente, se presentan algunas características de los casos de aplicación de esta disciplina.

2.1. CONCEPTO DE MINERÍA DE PROCESOS

La minería de procesos es una disciplina cuyo objetivo es descubrir, monitorear y mejorar procesos mediante la extracción de conocimiento de los registros de eventos de los sistemas de información [5].

Este *registro de eventos (event log)* corresponde al histórico de ejecución de los procesos de negocio. En este se encuentran las instancias o casos del proceso (por ejemplo, solicitud de compra 1451), las actividades del proceso (por ejemplo, solicitud, aprobación-solicitud, generación orden de compra, etc.), las personas que ejecutan cada actividad (por ejemplo, Carlos Pérez, analista de compras), el tiempo de inicio y fin de cada actividad (por ejemplo, Inicio: 21/11/2011;14:51:00; Fin: 21/11/2011;17:01:02) y otros datos asociados al caso (por ejemplo, producto que se va a comprar, proveedor, departamento solicitante).

Este registro se encuentra disponible en la mayoría de sistemas de información, como son los sistemas de *workflow: Business Process Management Systems (BPMS)*, *Enterprise Resource Planning (ERP)*, *Customer*

Relationship Management (CRM), entre otros [18]. Esta información puede aprovecharse al ser analizada con técnicas de minería de procesos, a fin de hacer explícita información que puede generar conocimiento para que las organizaciones entiendan y mejoren sus procesos.

Con la minería de procesos las organizaciones pueden, entre otras cosas:

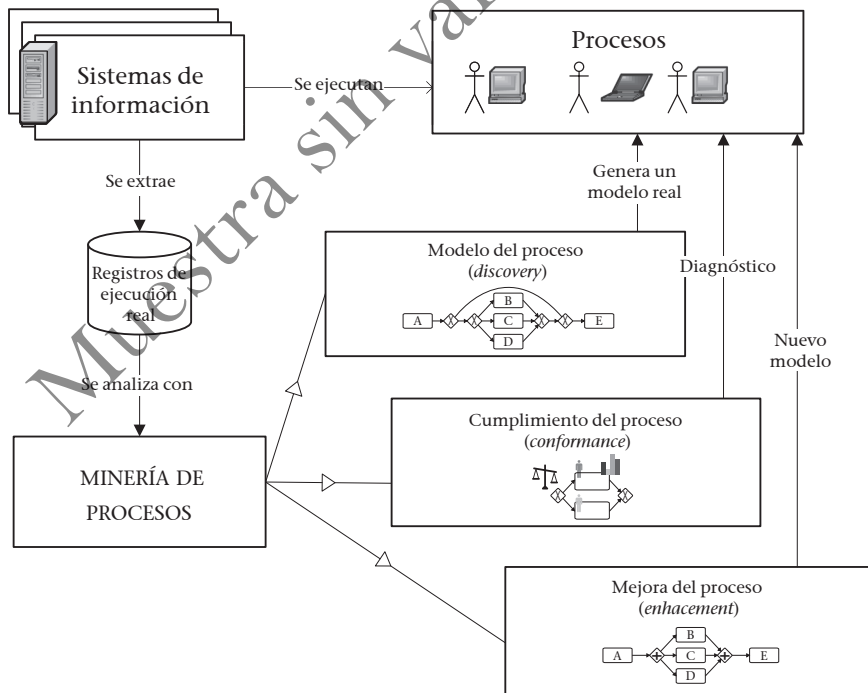
- *Descubrir el modelo de ejecución real del proceso.* A través de algoritmos de minería de procesos aplicados al análisis de los registros de eventos es posible descubrir y llegar al modelo real de un proceso. Este puede expresarse en términos de una red de Petri o en la notación Business Process Model and Notation (BPMN). El argumento de la minería de procesos es que este modelo describe la situación real y no se basa en la documentación de cómo se debería ejecutar el proceso o en la percepción de las personas [19].
- *Determinar si el proceso cumple con la reglamentación y procedimientos documentados.* Al tener el modelo real de un proceso es factible comparar los procedimientos documentados para determinar si se está cumpliendo con estándares, protocolos, reglamentación y políticas de ejecución de un proceso. Es posible detectar y mitigar posibles fuentes de no conformidad y fraudes [20].
- *Analizar la interacción del personal que ejecuta el proceso.* Mediante la aplicación de técnicas de minería de datos se construye la red social del proceso (*social network*) para analizar la interacción entre los individuos y descubrir bucles (*loops*) que pueden demorar la ejecución de un proceso [18].
- *Descubrir cuellos de botella.* Con la aplicación del análisis de los datos se pueden determinar los cuellos de botella reales de un proceso para actuar sobre estos y mejorar su desempeño [21].
- *Monitorear la productividad del personal.* Por medio del análisis de los registros de ejecución del proceso se pueden descubrir los datos de productividad real de las personas que lo ejecutan, así como los tiempos de ciclo por actividad. Esto elimina la necesidad de realizar estudios de tiempos y movimientos de forma “manual” [21].
- *Predecir el tiempo de ciclo de un caso.* Con la aplicación de técnicas de la minería de datos, como los árboles de decisión, es posible predecir

el tiempo de ejecución restante de un proceso [22]. Esto permite, por ejemplo, informar a un cliente que llame a un *call center* cuándo va a estar procesada su solicitud de crédito en un banco.

- *Determinar la relación entre las variables de un caso.* A través de la aplicación de técnicas de clasificación, se establece cómo pueden influir en los tiempos de ciclo de un proceso las diferentes variables asociadas con un caso (por ejemplo, tipo de producto que se va a comprar, comprador, proveedor, departamento solicitante) [21].

El objetivo final de la minería de procesos es mejorar los procesos a través de la aplicación de herramientas de análisis de la minería de procesos y minería de datos. En la figura 3 se presenta esquematizada la minería de procesos en sus tres componentes [12]: descubrir (*discovery*), cumplimiento (*conformance*) y mejora del proceso (*enhancement*).

Figura 3. Esquema de la minería de procesos



La minería de procesos es, por lo tanto, una disciplina reciente que se encuentra entre la minería de datos y entre el modelamiento y análisis de procesos [5].

2.2. BREVE HISTORIA DE LA MINERÍA DE PROCESOS

La aplicación de la minería de datos para el análisis de procesos se remonta a 1998, cuando se dan a conocer los primeros trabajos de su aplicación para el análisis de flujos de trabajo [23], [24]. Por otro lado, Cook y Wolf [25] investigaron la minería de procesos aplicada en el contexto de la ingeniería de *software*.

A partir de esto se empezaron a desarrollar trabajos orientados a perfeccionar los algoritmos para manejar aspectos de los procesos, como la concurrencia, las actividades duplicadas, el ruido, entre otros. Estos y otros retos investigativos fueron expuestos en el artículo “Process Mining: A Research Agenda”, de Van der Aalst y Weijters [7]. Este se puede considerar uno de los referentes en el tema y fue publicado como una edición especial en la revista *Computers in Industry*, junto con otros artículos de investigación en la temática [26-30].

En los años posteriores se publicaron artículos con avances relevantes y que contienen aplicaciones específicas de la minería de procesos [10], [11], [18], [19], [22], [31], [32], a fin de descubrir y modelar procesos, predecir tiempos y analizar la perspectiva organizacional. Para seguir avanzando en el tema, el Comité Técnico de Minería de Datos del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) estableció en el 2009 el *IEEE task force on process mining* con el objetivo de “promover la investigación, desarrollo, educación y entendimiento de la minería de procesos” [5]. En este equipo participan investigadores de universidades, representantes de proveedores de *software*, empresas y firmas de consultoría. Como primer resultado este equipo publicó el 17 de septiembre del 2011 el primer *Process Mining Manifesto* [5], donde se expone el estado del arte, los principios guía y los retos de la disciplina.

Por otro lado, el profesor Van der Aalst publica en el 2011 el primer libro en el tema denominado *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Process*, de la editorial Springer [12].

2.3. RELACIÓN Y DIFERENCIA CON OTRAS DISCIPLINAS

Existe actualmente una explosión de términos alrededor de estas temáticas, generada especialmente por proveedores de tecnología que quieren sobresalir con una sigla o con un producto. Gartner [33] impulsó hace algunos años el término *automated business process discovery* para referirse a la aplicación de las técnicas de la minería de procesos, pero hay que tener en cuenta que *process discovery* es solo uno de sus componentes. Ciertos proveedores de tecnología informática han empezado a usar el término *process intelligence* [34] para referirse a las plataformas para aplicar minería de procesos.

En los últimos tiempos se ha ido posicionando el término *big data* para referirse al análisis de grandes volúmenes de datos con diferentes propósitos [35]. Este tema lo han impulsado organizaciones, consultores y proveedores de tecnología que hacen alarde de la capacidad con que se cuenta actualmente para analizar estos datos. Por lo tanto, la minería de procesos hace parte de este concepto (*big data*), puesto que puede usar grandes volúmenes de datos de ejecución de los procesos para generar valor a través del análisis y mejora de los procesos [35].

Por otro lado, la minería de procesos podría considerarse parte del concepto de *business intelligence* (BI), entendida como el conjunto de tecnologías y metodologías que proveen información para la toma de decisiones [5]. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mayoría de herramientas comerciales de BI (Cognos, SAP Business Objects, entre otras) no poseen actualmente capacidades de minería de procesos y algunas proveen algunas herramientas básicas de minería de datos. La mayor parte de estas herramientas de BI se enfocan en consultas y reportes que permiten analizar los datos e indicadores de forma gráfica y en tiempo real [12].

Business Process Intelligence (BPI) es la aplicación de las técnicas de BI al monitoreo y control de los procesos de negocio [18]. El término se usa asociado a las herramientas de tecnología que permiten el análisis, monitoreo, control y optimización de los procesos de negocio, tal como el sistema presentado por Grigory *et al.* [29]. En ese sentido, la minería de procesos provee herramientas para poder aplicar BPI en los procesos de negocio.

Por otro lado *Business Activity Monitoring* (BAM) se refiere a la tecnología para recolectar información de los indicadores de gestión de los procesos y presentarlos a los usuarios del negocio para su análisis [36]. Este término lo usan los proveedores de los BPMS para describir el módulo o componente de estos sistemas que permiten el monitoreo de los procesos y de los indicadores de gestión en tiempo real. Algunas de estas herramientas han incorporado aspectos de la minería de procesos para realizar modelación y análisis de procesos.

En [37] se define la minería de datos (*data mining*) como el “descubrimiento del conocimiento oculto, patrones insospechados y nuevas reglas de grandes bases de datos”. Los datos de entrada a la minería de datos son tablas con registros y la salida son diagramas, conglomerados (clústeres), estructura de árboles, ecuaciones, patrones, gráficas, entre otras. Tradicionalmente, las aplicaciones de éxito de la minería de datos se han enfocado en temas de mercadeo [37], en que las organizaciones han encontrado patrones de consumo, han determinado perfiles de clientes o han dirigido campañas de mercadeo a los clientes con mayor probabilidad de respuesta. Otras aplicaciones recientes se encuentran en la minería de texto, la bioinformática y el análisis web.

Con el surgimiento de la minería de procesos empezaron a aplicarse algunas técnicas de minería de datos de aprendizaje supervisado (clasificación y regresión) y no supervisado (análisis de clúster, árboles de decisión, reglas de asociación) para el análisis de los procesos de negocio. Otras técnicas se desarrollaron específicamente para la minería de procesos, como el algoritmo α , que permite descubrir el modelo de ejecución real del proceso basándose en el análisis de los casos [18]. Considerando lo anterior, se afirma que la minería de procesos utiliza y adapta técnicas de la minería de datos para el análisis de los procesos de negocio.

Por otro lado, el *Business Process Analysis* es una disciplina cuyo objetivo es investigar las propiedades de los procesos de negocio que no son triviales y obvias [38]. Como parte del análisis se utilizan técnicas cuantitativas, como control estadístico de procesos, estudios de tiempos y movimientos, diagramas de Pareto, histogramas o simulación, y con la minería de procesos se usan técnicas de minería de datos para el análisis y el mejoramiento de procesos.

El modelado de los procesos de negocio (*Business Process Modeling*) permite representar los aspectos relevantes de un proceso con un objetivo, como puede ser analizar, automatizar o simular [38]. La minería de procesos representa los procesos descubiertos a través de diagramas de flujo que pueden ser expresados en términos de una red de Petri o en la notación BPMN.

Finalmente, la minería de procesos hace parte de la disciplina del *Business Process Management* que, según Weske, Van der Aalst y Verbeek [38], incluye los conceptos, los métodos y las técnicas para respaldar el diseño, la administración, la configuración, la ejecución y el análisis de los procesos de negocio.

2.4. REGISTRO DE EVENTOS (*EVENT LOGS*)

El punto de partida para la minería de procesos es el registro de eventos (*event log*) o registro de los procesos (*process log*) de los sistemas de información. Estos registros guardan la información de actividades, ejecutores, tiempos y demás datos del proceso y pueden estar en una tabla o archivo. Pero también se pueden encontrar en múltiples tablas, bases de datos, archivos de correo o registros transaccionales.

En la tabla 1 se presenta un ejemplo de un registro de eventos. Según Van der Aalst [12], los registros de eventos tienen las siguientes características:

- El proceso está compuesto por casos con una identificación (columna ID del caso).
- Un caso está compuesto por eventos (actividades, tareas y decisiones) que se relacionan con cada caso (columna “Actividad”).
- Los eventos de cada caso están ordenados.
- Los eventos tienen atributos como son los tiempo de inicio, tiempo de finalización, recurso, entre otros (columnas “Tiempo de inicio”, “Tiempo final”, “Recursos”).
- Los casos pueden tener atributos adicionales (por ejemplo, en un proceso de compras: departamento solicitante, comprador, tipo de producto, fecha de entrega esperada, etc.).

Tabla I. Ejemplo de un registro de eventos

ID DEL CASO	ACTIVIDAD	RECURSO	TIEMPO DE INICIO	TIEMPO FINAL
1000	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/22 00:23:00.000	2013/01/22 00:23:00.000
1000	Análisis y categorización de defectos	Evaludador 6	2013/01/22 00:23:00.000	2013/01/22 00:28:00.000
1000	Reparación simple	Reparador S3	2013/01/22 00:35:00.000	2013/01/22 00:49:00.000
1000	Evaluar reparación	Evaludador 6	2013/01/22 00:49:00.000	2013/01/22 00:58:00.000
1000	Informar al cliente	Sistema	2013/01/22 01:03:00.000	2013/01/22 01:03:00.000
1000	Archivar el caso	Sistema	2013/01/22 01:08:00.000	2013/01/22 01:08:00.000
1000	Fin	Fin	2013/01/22 01:08:00.000	2013/01/22 01:08:00.000
1001	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/22 01:51:00.000	2013/01/22 01:51:00.000
1001	Análisis y categorización de defectos	Evaludador 3	2013/01/22 01:51:00.000	2013/01/22 01:56:00.000
1001	Reparación compleja	Reparador C3	2013/01/22 02:06:00.000	2013/01/22 02:54:00.000
1001	Informar al cliente	Sistema	2013/01/22 02:35:00.000	2013/01/22 02:35:00.000
1001	Evaluar reparación	Evaludador 5	2013/01/22 02:54:00.000	2013/01/22 03:00:00.000
1001	Fin	Fin	2013/01/22 03:00:00.000	2013/01/22 03:00:00.000
1002	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/22 15:40:00.000	2013/01/22 15:40:00.000
1002	Análisis y categorización de defectos	Evaludador 2	2013/01/22 15:40:00.000	2013/01/22 15:50:00.000
1002	Reparación simple	Reparador S3	2013/01/22 16:12:00.000	2013/01/22 16:32:00.000
1002	Informar al cliente	Sistema	2013/01/22 16:26:00.000	2013/01/22 16:26:00.000
1002	Evaluar reparación	Evaludador 4	2013/01/22 16:32:00.000	2013/01/22 16:40:00.000
1002	Fin	Fin	2013/01/22 16:40:00.000	2013/01/22 16:40:00.000

Fuente: [elaboración propia].

De la calidad de la información del registro de eventos depende la calidad de los resultados de la minería de procesos. Es tal la importancia de los registros de eventos que los autores del manifiesto de minería de procesos [5] establecieron como primer principio orientador tratarlos como “ciudadanos de primera clase”, donde su calidad y madurez resultan determinantes para los resultados de la minería de procesos. Dicha calidad de los registros de eventos se puede establecer por [12]:

- **Confiability.** Los eventos registrados en verdad ocurrieron y los atributos de los eventos son correctos.
- **Completeness.** Los eventos registrados están completos, no hay eventos perdidos y están definidos en una semántica homogénea.
- **Security.** Asegurar que en el registro de eventos se hayan tenido en cuenta aspectos de privacidad y seguridad de la información.

Adicionalmente, en el manifiesto de minería de procesos se define un grado de madurez para los registros de eventos; esto se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Grado de madurez de los registros de eventos

GRADO DE MADUREZ	CARACTERÍSTICAS
5	Los eventos se registran de forma automática, sistemática y segura. Los eventos tienen una clara semántica de acuerdo con una ontología (por ejemplo, sistemas BPMS).
4	Los eventos se registran de forma automática, sistemática y segura. Los eventos incluyen la noción de instancia del proceso (caso) y la secuencia de actividades (por ejemplo, sistemas de <i>workflow</i>).
3	Los eventos se registran de forma automática, pero no se sigue un procedimiento sistemático para registrar los eventos. Un ejemplo de este grado de madurez son los registros de los sistemas ERP, donde las actividades del proceso quedan registradas en múltiples tablas asociadas con los documentos y transacciones del proceso.
2	Los eventos se registran de forma automática, pero son un subproducto de un sistema de información. No hay garantía de que los eventos registrados correspondan con la realidad dado que el sistema no controla la ejecución de todos los pasos (por ejemplo, sistemas para manejo de documentos, hojas de cálculo).
1	El registro de eventos tiene muy baja calidad, dado que los eventos se registran a mano (por ejemplo, historias clínicas o bitácoras registradas a mano).

Fuente: [5].

Como se mencionó en el capítulo anterior, la mayor parte de aplicaciones de la minería de procesos se han centrado en registros 4 y 5. En el grado 3 se pueden obtener registros de alta calidad; sin embargo, el esfuerzo para la selección, la extracción y la transformación de la información es alto, como se comprueba en los casos de estudio (véase capítulo 4).

Para guardar e intercambiar los registros de eventos se creó el estándar *Mining eXtensible Markup Language* (MXML) y más recientemente el estándar *eXtensible Events Stream* (XES) [12]. Este proporciona una sintaxis concreta para los registros de eventos y es sustentado por las principales herramientas de minería de procesos (ProM, Disco, OpenXES); sin embargo, los sistemas de información fuente del registro de eventos (como Bizagi, SAP, etc.) aún no lo soportan.

2.5. PERSPECTIVAS, LIMITACIONES Y APLICACIONES

De acuerdo con Van der Aalst [12] existen cuatro perspectivas en la minería de procesos: procesos, organizacional, caso y tiempo. A continuación se describen cada una de estas con sus aplicaciones, herramientas y limitaciones.

2.5.1. PERSPECTIVA DE PROCESOS

Se enfoca en el control del flujo de las actividades. El objetivo de esta perspectiva es encontrar una buena caracterización de todas las posibles rutas de un proceso y expresarla en términos de una red de Petri o en la notación BPMN.

- a) *Fundamentos*: la perspectiva de procesos se fundamenta en la posibilidad de descubrir, mediante técnicas de minería de datos, el flujo de ejecución real de un proceso basado en el análisis del registro de eventos. El proceso descubierto no está basado en la percepción de las personas ni en la documentación, sino en cómo se ejecuta en la realidad.
- b) *Supuestos*: el supuesto fundamental para la perspectiva de procesos es que existe un sistema de información que registra las actividades de un proceso, con sus ejecutores y registro de tiempo, y que esta información es completa y confiable.

- c) *Herramientas*: para descubrir el proceso real del registro de eventos se han desarrollado algoritmos como el α [39], que puede manejar la concurrencia. Sin embargo, tiene problemas con el ruido, con el manejo de actividades poco frecuentes y con la construcción de rutas complejas [12]. Para superar estas limitaciones se han desarrollado otros algoritmos como el *heuristic mining* [40] y el *genetic process mining* [41].
- d) *Aplicaciones*: las principales aplicaciones de la perspectiva de procesos son la de verificar si en la ejecución real del proceso se cumple con las políticas y estándares; así como analizar posibles cuellos de botellas y bucles en un proceso.
- e) *Limitaciones*: se pueden tener en cuenta únicamente las actividades que están en el registro de eventos del sistema de información; pero no otras actividades que hacen parte del proceso y que no quedan registradas. Muchos procesos están respaldados parcialmente por sistemas de información y la mayor parte de actividades se hacen de forma manual, y para este tipo de procesos la minería de procesos no tendría utilidad. De igual forma, existen limitaciones con respecto al manejo del ruido, incompletitud de los datos, manejo de bucles (*loops*), entre otras [5]:

2.5.2. PERSPECTIVA ORGANIZACIONAL

Se enfoca en los actores (personas, áreas, sistemas, departamentos o recursos) involucrados en el proceso y en su relación. El objetivo es clasificar las personas de acuerdo con sus roles e interacción para la ejecución del proceso:

- a) *Fundamentos*: la perspectiva organizacional se fundamenta en que es posible descubrir mediante técnicas de minería la red social del proceso, donde se encuentran todos los actores (roles) involucrados en la ejecución de un proceso y su relación.
- b) *Supuestos*: el supuesto fundamental para la perspectiva organizacional es que existe un sistema de información que registra las actividades de un proceso, con sus ejecutores y registro de tiempo y que esta información es completa y confiable.

- c) *Herramientas*: la perspectiva organizacional está basada en el *Social Network Analysis*, que usa métodos que analizan datos de las relaciones interpersonales de forma gráfica o matricial [42]. Existen variadas técnicas de esta rama del conocimiento que calculan la densidad, la posición y la centralidad de los actores involucrados en un proceso y que se usan en la minería de procesos [43], [44].
- d) *Aplicaciones*: las principales aplicaciones de la perspectiva organizacional son la de analizar la distribución del trabajo, la relación entre recursos y actividades, la productividad del personal y el flujo de información entre grupos y personas [44], para encontrar posibles bucles y cuellos de botella [18].
- e) *Limitaciones*: esta perspectiva de la minería de procesos es la que menos se ha investigado y se ha aplicado [44], por lo que se requieren mayores aplicaciones prácticas para verificar su utilidad. En el caso del artículo de Van der Aalst *et al.* [18] se reportaron problemas con la privacidad de la información, dado que se llegó a determinar las personas que hacen que el proceso dure más de lo esperado, pero por privacidad de la información y regulaciones laborales esta información no se pudo divulgar. Otra limitación es que los sistemas de información podrían forzar cierto patrón de interacción [18], por lo que los diagramas de interacción social generados van a reflejar lo configurado en el sistema y no la organización.

2.5.3. PERSPECTIVA DE CASO

El objetivo de esta perspectiva es analizar la influencia y relación que tienen los atributos de un caso en las variables de resultado de un proceso como son el tiempo de respuesta, satisfacción del cliente, costos, calidad, reprocesos, entre otras:

- a) *Fundamentos*: la perspectiva de casos se fundamenta en que es posible descubrir mediante técnicas de minería de datos la relación entre las diferentes variables de un caso o proceso para descubrir patrones de comportamiento.
- b) *Supuestos*: el supuesto fundamental para la perspectiva de casos es que existe un sistema de información que registra las actividades

de un proceso, con sus ejecutores y registro de tiempo, y que adicionalmente se encuentra información de las variables asociadas a un caso o proceso (por ejemplo, tipo de compra, proveedor, familia de producto, etc.).

- c) *Herramientas*: en la perspectiva de casos se aplican las técnicas tradicionales de minería de datos de aprendizaje supervisado (clasificación y regresión) y no supervisado (análisis de clúster, árboles de decisión, reglas de asociación) para el análisis de los procesos de negocio.
- d) *Aplicaciones*: la perspectiva de casos se aplica, por ejemplo, para encontrar las variables que inciden en el tiempo de ciclo [21], las rutas más probables para cada caso [5] y, en general, para encontrar la relación entre las variables y el desempeño del proceso.
- e) *Limitaciones*: para la aplicación de la perspectiva de casos existen algunas limitaciones técnicas, dado que actualmente los paquetes de *software* de minería de procesos (Prom[®], Disco[®], ARIS PPM[®]) no proveen las técnicas de minería de datos como son árboles de decisión y análisis de clúster. En el caso del artículo de Aguirre, Parra y Alvarado [21], se realizó este análisis en el paquete estadístico SPSS[®], lo que implica una transformación de los archivos del registro de eventos para que puedan analizarse con un paquete de este tipo.

2.5.4. PERSPECTIVA DE TIEMPO

Se enfoca en el análisis del tiempo y frecuencia de los eventos. El objetivo es descubrir cuellos de botella, medir niveles de servicio, monitorear la productividad y utilización de los recursos y predecir los tiempos restantes de un caso activo:

- a) *Fundamentos*: la perspectiva de tiempo se fundamenta en la posibilidad de descubrir, mediante técnicas de minería de datos, el tiempo y la frecuencia real de los eventos o actividades de un proceso.
- b) *Supuestos*: el supuesto fundamental para la perspectiva de tiempo es que existe un sistema de información que registra las actividades de un proceso, con sus ejecutores y su registro de hora y fecha de inicio y finalización, y que esta información es completa y confiable.

- c) *Herramientas*: para el análisis de tiempos se utilizan algunas herramientas de la minería de datos y de la estadística, como los árboles de decisión (para predicción de tiempo), el análisis estadístico (media, desviación estándar e histogramas) y la asociación de variables [21].
- d) *Aplicaciones*: la perspectiva de tiempo se aplica para encontrar, por ejemplo, cuellos de botella, niveles de servicio, utilización de recursos; así como para predecir el tiempo de ciclo restante de casos o procesos en curso [5].
- e) *Limitaciones*: la principal limitación de esta perspectiva tiene que ver con la confiabilidad de los datos, dado que en muchos casos el tiempo que se registra en el sistema no corresponde con el tiempo de ejecución real del proceso (esto se conoce como ruido). Por ejemplo, en un proceso logístico no se registra el ingreso del inventario en el momento en que ingresa al almacén, sino posteriormente, debido a la dinámica de la operación.

2.6. CASOS DE APLICACIÓN DE LA MINERÍA DE PROCESOS

En esta investigación se analizan los casos de aplicación de la minería de procesos de mayor relevancia que se encontraron en la literatura [9]-[11], [18]-[20], [22], [31], [32]. Del análisis de estos casos de estudio de minería de procesos se resalta lo siguiente:

- a) En los casos donde se ha aplicado la minería de procesos se descubrió información valiosa para encontrar cuellos de botella, analizar la interacción del personal que ejecuta el proceso, predecir los tiempos de ciclo y entender los problemas, las fallas y las no conformidades que se presentan en los procesos.
- b) La mayor parte de las aplicaciones han estado orientadas a probar la aplicabilidad de los algoritmos desarrollados con datos de ejecución de procesos reales.
- c) En su mayoría, las aplicaciones de la minería de procesos se han limitado al diagnóstico y análisis de los procesos, mas no presentan información con respecto al rediseño de los procesos e implantación de los cambios.

- d) La mayor parte de aplicaciones es sobre sistemas de *workflow* (WFMS), que poseen un flujo de procesos y una estructura de datos que facilita la aplicación de la minería de procesos.
- e) La herramienta de modelación usada mayoritariamente en las aplicaciones de la minería de procesos son las redes de Petri.
- f) Las técnicas mayormente usadas son las asociadas al descubrimiento automático del modelo del proceso de ejecución real, como son los algoritmos α , heurístico, fuzzy y genético.

Como se explicó en el capítulo 1, algunos casos proponen una aproximación metodológica para un proyecto de minería de procesos. Estas aproximaciones son comparadas y analizadas en el siguiente capítulo.

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

PARTE 2
DISEÑO DE LA METODOLOGÍA
DE APLICACIÓN DE LA MINERÍA
DE PROCESOS

Muestra sin valor comercial

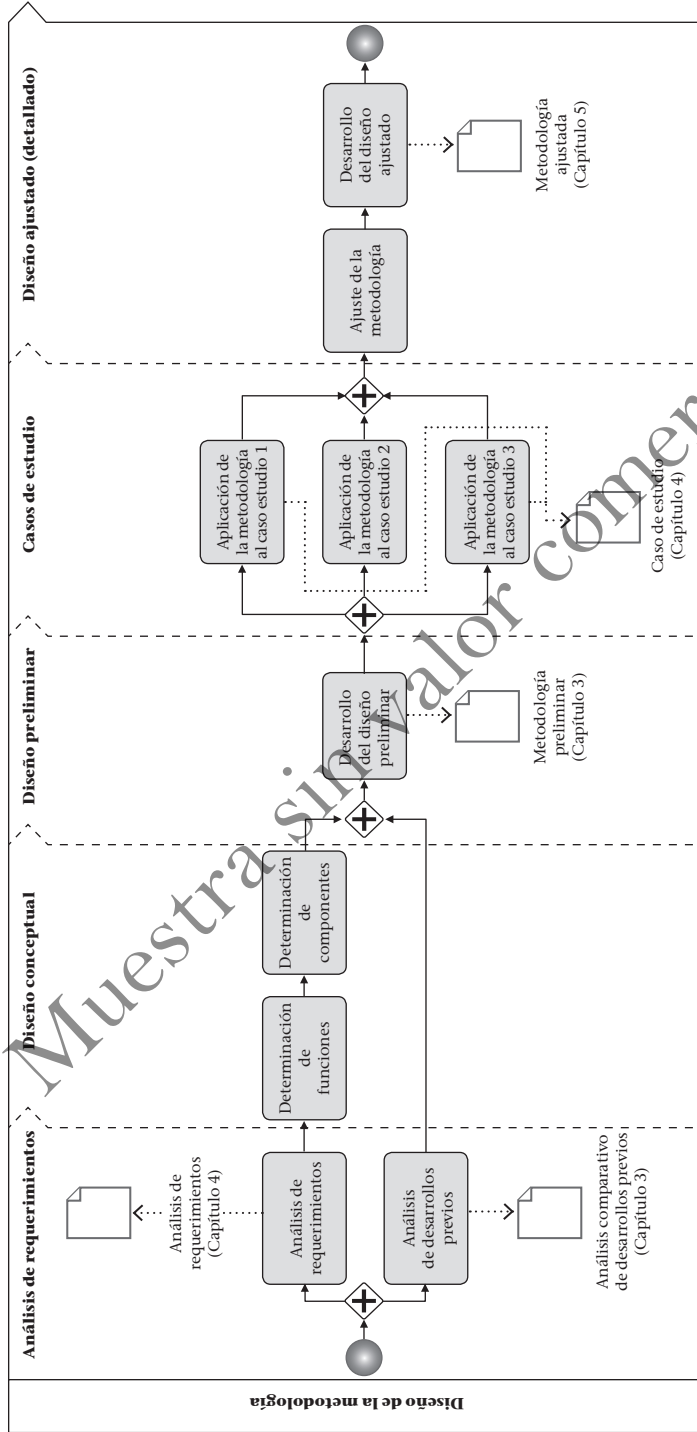
Muestra sin valor comercial

En esta segunda parte se presentan los pasos realizados para el diseño de la metodología. En la sección 3.1 se presenta el análisis de los desarrollos previos, junto con las metodologías de aplicación (sección 3.2). Luego se comparan para llegar al análisis de requerimientos (secciones 3.3 y 3.4) y confluir en el diseño conceptual (sección 3.5). En la sección 3.6 se presenta el diseño preliminar de la metodología para la aplicación de minería de procesos.

El marco conceptual seleccionado para el diseño es el denominado *análisis funcional* [16], que presenta los lineamientos para el diseño de nuevos sistemas, donde un sistema puede entenderse como un producto de *software*, un producto físico o un método. Este análisis provee una guía para refinar los requerimientos y para mapear las funciones y determinar los componentes del sistema que se va a desarrollar, que en este caso corresponde a la metodología para aplicar la minería de procesos. Los pasos que sugiere este marco conceptual son: diseño conceptual, diseño preliminar y diseño detallado.

La figura 4 presenta el proceso de diseño, que consta de las actividades seguidas hasta llegar al diseño ajustado de la metodología. Cabe destacar que los casos de estudio son parte del proceso de diseño como se explica a continuación.

Figura 4. Proceso detallado seguido para el diseño de la metodología



Fuente: [elaboración propia].

CAPÍTULO 3.

DISEÑO DE LA METODOLOGÍA

Se toma como base el análisis de requerimientos, con el cual se determinaron los requerimientos de los usuarios, los funcionales y los de desempeño. De acuerdo con estos se realizó el diseño conceptual con el cual se establecieron las funciones y los componentes de la metodología. Adicionalmente, se llevó a cabo el análisis comparativo de los desarrollos previos, lo que se tuvo en cuenta en conjunto con el diseño conceptual para desarrollar el bosquejo preliminar de la metodología. Esta se aplicó en tres casos de estudio, que sirvieron para afinar, ajustar y complementar la metodología de aplicación de minería de procesos que se describe de manera detallada en el capítulo 5.

3.1. ANÁLISIS DE DESARROLLOS PREVIOS

Con respecto al desarrollo de metodologías para la aplicación de la minería de procesos, a continuación se analizan, en orden cronológico, los principales aportes encontrados en la revisión del estado del arte.

3.1.1. "PROCESS DIAGNOSTICS: A METHOD BASED ON PROCESS MINING", 2009 [8]

En este artículo los autores proponen una metodología para aplicar la minería de procesos para el diagnóstico en las siguientes tres perspectivas: proceso, tiempo y organizacional. El método parte de la preparación del registro de eventos que incluye la extracción de la información y su interpretación para determinar las actividades y los eventos asociados al proceso. Posteriormente, se inspecciona el registro de eventos que incluye el análisis estadístico del número de casos,

roles, frecuencias, entre otros. En este paso también se limpia la base de datos para eliminar los casos incompletos.

Una vez se tiene limpio el registro de eventos, se estudia el flujo del proceso, donde se realiza un análisis de conformidad para descubrir si el proceso cumple con las especificaciones y con las reglas de negocio, esto aplicando las técnicas propias de la minería de procesos como el algoritmo α , fuzzy, heurístico o genético. Como siguiente paso, los autores proponen llevar a cabo un análisis de desempeño examinando los tiempos del proceso para buscar cuellos de botella. Finalmente, se detallan los roles involucrados en la ejecución del proceso y su interacción, en busca de ciclos y bucles que podrían demorar dicha ejecución. Esta metodología se aplicó en una institución gubernamental en Holanda.

La metodología desarrollada es un aporte para una etapa del rediseño de procesos, que es el diagnóstico y ya ha sido reportada su aplicación en otro caso de estudio [11]. Los autores concluyen que, a partir de la experiencia del caso de estudio, la metodología puede aplicarse en un periodo corto teniendo como resultado una visión amplia del proceso para su diagnóstico, aunque mencionan que es necesario mejores herramientas para la presentación y visualización de los resultados.

3.1.2. “REDESIGNING BUSINESS PROCESSES: A METHODOLOGY BASED ON SIMULATION AND PROCESS MINING TECHNIQUES”, 2009 [10]

En este artículo los autores proponen combinar la simulación y la minería de procesos para el rediseño de procesos. La metodología inicia con la identificación de los indicadores de desempeño que se usan como base para el rediseño. Posteriormente, se diagnostica el estado actual de los procesos con las técnicas de minería de datos, para luego utilizar técnicas de simulación, haciendo uso de redes de Petri coloreadas para evaluar las alternativas de rediseño de procesos.

La metodología propuesta se aplica en tres casos de estudio: compañía de gas, institución gubernamental y un sistema de respaldo a las decisiones para agricultores. En el caso de la compañía de gas, una parte del registro de eventos proviene de un sistema *Enterprise Resource Planning* y presenta de manera general los parámetros que se tuvieron en cuenta para

la interpretación y la conversión de los datos. Posteriormente, se aplica un algoritmo de la minería de procesos para construir una red heurística donde se encuentran los eventos y su frecuencia. Esta red heurística se transforma en una red de Petri para la simulación, cuyo modelo se construyó basándose en la distribución de los tiempos de cada evento.

Esta metodología es un avance importante para la aplicación de minería de procesos en proyectos de rediseño de procesos y puede complementarse con los pasos para la extracción y limpieza de los registros de eventos, dado que en ese aspecto carece del detalle requerido para convertirse en una guía metodológica. De igual forma, se puede complementar con herramientas usadas para el planteamiento del proyecto de rediseño de procesos, así como con otras técnicas diferentes a la simulación. Los autores también concluyen que se requiere la validación de la metodología con otros casos de estudio.

3.1.3. PROCESS MINING: DISCOVERY, CONFORMANCE AND ENHANCEMENT OF BUSINESS PROCESS, 2011 [12]

Van der Aalst propone en el primer libro de minería de procesos [12] el ciclo de vida de un proyecto de minería de procesos (*L* life-cycle model*). Este contiene cinco pasos generales: 1) planear y justificar, 2) extraer el registro de eventos, 3) crear o descubrir el modelo del proceso, 4) crear el modelo integrado del proceso y 5) apoyo operacional. La aplicación de este enfoque varía dependiendo del tipo de proceso que se va a analizar: proceso tipo lasaña o proceso tipo espagueti.

El tipo lasaña es un proceso relativamente estructurado, es decir, presenta pocas rutas o caminos posibles en la ejecución del proceso. Según Van der Aalst [12], en este tipo de procesos se pueden aplicar todas las técnicas de minería de procesos y, por lo tanto, se puede seguir el enfoque del ciclo de vida de un proyecto de minería de procesos. Por otro lado, los tipo espagueti son procesos no estructurados donde solo se pueden aplicar las tres primeras fases, debido a que es difícil interpretar un modelo integrado cuando se tiene muchas variaciones del proceso.

El enfoque propuesto por Van der Aalst es una guía para el desarrollo de proyectos de minería de procesos. No obstante, estas fases son generales y no llegan a una metodología que especifique los pasos

detallados que se deben seguir en un proyecto de minería de procesos o las mejores prácticas al respecto.

3.1.4. “BUSINESS PROCESS ANALYSIS IN HEALTHCARE ENVIRONMENTS: A METHODOLOGY BASED ON PROCESS MINING”, 2012 [11]

Los autores en este artículo plantean una aproximación metodológica para el análisis de procesos en el sector de la salud. Parten de describir la complejidad de los procesos de este sector, que se caracterizan por su dinámica, multidisciplinariedad y ser altamente variables; por lo que plantean la necesidad de apoyarse en la minería de procesos para diagnosticarlos y analizarlos.

Los autores describen la metodología como una extensión del trabajo propuesto por Bozcaya, Gabriels y Van der Werf [8], en la cual se basan plenamente e incluyen la actividad de análisis de secuencias clúster (*sequence cluster analysis*) después del paso de inspección del registro de eventos. El artículo donde se describe la metodología se centra en esta técnica de análisis clúster cuyo objetivo es descubrir patrones de comportamiento del registro de eventos del proceso.

La metodología propuesta se aplicó en la atención de urgencias de una institución hospitalaria, donde pudieron identificar la atención real con todas las variantes y las desviaciones respecto a los protocolos y guías internas, y así demostraron la utilidad de la minería de procesos para el diagnóstico y análisis de este tipo de procesos. Como trabajo futuro plantean la inclusión de otros pasos en la metodología, como es el uso de heurísticas que permitan determinar el número de clústeres y establecer medidas de evaluación de la calidad de los resultados generados.

3.1.5. “PROCESS MINING PROJECT METHODOLOGY: DEVELOPING A GENERAL APPROACH TO APPLY PROCESS MINING IN PRACTICE”, 2012 [13]

Van der Heijden, en su trabajo de maestría, propone una metodología para aplicar la minería de procesos a partir de seis fases: 1) alcance, 2) entendimiento de los datos, 3) creación del registro de eventos, 4) minería de procesos, 5) evaluación y 6) despliegue. En cada una

de estas plantea unos pasos que se deben seguir. Para su desarrollo, el autor parte de un análisis de requerimientos con el cual define las funciones de la metodología. Así esta se diseña y es validada en el proceso de una institución financiera en Holanda.

Se destaca que hace hincapié en la extracción de los datos y la preparación de los registros, que es uno de los aspectos críticos en la minería de procesos. Adicionalmente, la metodología presenta un modelo para establecer los objetivos y las preguntas del proyecto, para luego ser evaluados con indicadores de gestión.

Esta propuesta es un avance importante en la temática y se tiene en cuenta en esta investigación como uno de los desarrollos previos; sin embargo, presenta algunas limitaciones que se exponen a continuación:

- En el análisis de requerimientos para el diseño de la metodología no se involucra a los usuarios, es decir, a profesionales, consultores o investigadores que trabajan en la temática.
- La metodología no presenta mayor detalle en la fase de minería de procesos. Es decir, no se especifican los pasos en la minería de procesos, como son el descubrimiento del modelo del proceso, el análisis de desempeño y las diferentes perspectivas (proceso, caso, organizacional, etc.).
- En la extracción y preparación de los datos no se presentan las diferencias entre los pasos que se deben seguir para la extracción, dependiendo del sistema de información fuente de los datos.

3.1.6. “PROCESS MINING FOR THE MULTI-FACETED ANALYSIS OF BUSINESS PROCESSES —A CASE STUDY IN A FINANCIAL SERVICES ORGANIZATION”, 2013 [9]

Weerd *et al.* proponen un marco para aplicar la minería de procesos a través de un caso de estudio en una empresa del sector financiero. Para el desarrollo de esta propuesta se basan en las metodologías propuestas por Bozcaya, Gabriels y Van der Werf [8] y Rebuge y Ferreira [11], y hacen hincapié en la preparación y exploración de datos, así como en las diferentes perspectivas para el análisis de los datos de ejecución real de los procesos que son flexibles por naturaleza y no siguen un flujo predefinido.

La metodología inicia con una fase de preparación en la cual se extraen los datos y se procesan. Seguidamente, se exploran y se delimita la ventana de tiempo y la capacidad de los datos de acuerdo con el alcance del proceso que se va a analizar. En la fase de descubrimiento plantean tres análisis: control de flujo, organizacional y basado en casos. Los autores proponen, adicionalmente, una etapa de análisis profundo donde se realiza la verificación de cumplimiento y de desempeño del proceso.

De este desarrollo se destaca que ponen el relieve en otras metodologías en la extracción y análisis de los datos, a pesar de que los pasos que plantean se basan en un solo caso de estudio donde el proceso tenía un alto grado de flexibilidad. Un punto interesante es la separación de los niveles de análisis, desde uno básico o de descubrimiento hasta uno más profundo, donde se verifica si el proceso cumple con las reglas de negocio y con el desempeño esperado. La metodología no presenta una fase donde se planea el proyecto, sino que va directamente a los datos, por lo que se podría considerar con alta orientación a los datos y poca orientación al negocio.

3.2. METODOLOGÍAS DE APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS

En los años noventa se desarrollaron las metodologías de minería de datos *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) [45] y *Sample, Explore, Modify, Model and Assess* (SEMMA) [46], que son las únicas que se difundieron ampliamente [12]. Esta última fue desarrollada por el Instituto SAS, que propone las siguientes fases: 1) muestrear, 2) explorar, 3) modificar, 4) modelar y 5) evaluar. Este enfoque se centra en los datos y es muy general, por lo que provee poco apoyo para una aplicación tan específica como es la minería de procesos.

Por otro lado, CRISP-DM propone un ciclo que está compuesto por seis etapas: 1) entendimiento del negocio, 2) entendimiento de los datos, 3) preparación de los datos, 4) modelación, 5) evaluación y 6) desarrollo [45]. Esta metodología provee algunos pasos que se requieren para un proyecto de minería de procesos, como son el entendimiento de los objetivos del negocio, recopilar, describir, analizar y limpiar datos. Sin embargo, en la etapa de modelación, los pasos son poco específicos y no dan un respaldo adecuado, para lo que se requiere en el diagnóstico y análisis con minería de procesos.

3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS

En la figura 5 se presenta un comparativo de las principales metodologías descritas en la sección 3.1. El análisis se basa en los aspectos comunes y diferenciales en cada una de las etapas generales que abarcan estas metodologías: 1) planeación del proyecto, 2) procesamiento de datos, 3) análisis y 4) rediseño de procesos. En la tabla 3 se presenta este análisis.

Tabla 3. Análisis comparativo de los desarrollos previos

	ASPECTOS EN COMÚN	ASPECTOS DIFERENTES
Planeación del proyecto	Van der Aalst, Van der Heijden y CRISP-DM coinciden en que se deben determinar objetivos para la minería.	Van der Aalst plantea que algunos proyectos no parten de objetivos, sino de preguntas por parte de la minería. Maruster plantea para esta etapa el determinar los criterios de desempeño. Bozcaya <i>et al.</i> no plantean ninguna actividad de planeación.
Procesamiento de datos	Van der Heijden y CRISP-DM coinciden en que se deben explorar los datos, verificar la calidad de los datos, seleccionar y limpiar los datos. Bozcaya, Maruster y Van de Aalst no hacen hincapié en la limpieza y verificación de la calidad de los datos.	A diferencia de los otros enfoques, Maruster y Bozcaya no proponen actividades para la localización y extracción de datos. Van der Aalst destaca que la selección de los datos debe estar orientada por las preguntas y los objetivos de la minería de procesos.
Análisis	Bozcaya, Van der Aalst y Maruster centran el análisis en las perspectivas de la minería de procesos y sus aplicaciones: descubrimiento del proceso, verificación de cumplimiento, análisis de desempeño, análisis de la red social.	Van der Heijden plantea actividades como familiarizarse con el registro del proceso y contestar las preguntas en torno a la eficiencia del proceso, control de riesgos y calidad.
Rediseño de procesos	No se encontraron coincidencias para esta etapa en las metodologías.	Maruster propone la simulación para el rediseño de los procesos. Bozcaya, Van der Aalst y Van der Heijden presentan actividades generales y poco concretas para esta etapa.

Fuente: [elaboración propia].

Figura 5. Análisis comparativo de los desarrollos previos

Etapas	METODOLOGÍAS DE MINERÍA DE PROCESOS						METODOLOGÍAS DE MINERÍA DE DATOS			
	Bozcaya		Van der Aalst		Murruster		Van der Heijden		CRISP-DM	
	Fases	Pasos	Fases	Pasos	Fases	Pasos	Fases	Pasos	Fases	Pasos
Planeación del proyecto			Planear y justificar	Planeación del proyecto plantear preguntas Determinar objetivos	Criterios de desempeño	Criterios de desempeño	Determinar alcance	Identificar el proceso Determinar objetivos Determinar técnicas y herramientas	Entendimiento del negocio	Determinar objetivos de negocio Evaluar la situación Determinar los objetivos de la minería de datos Generar un plan de proyecto
		Preparación del registro (log) Inspección del registro	Extraer	Extraer datos Transformar los datos Cargar los datos	Procesamiento de los datos y registros	Localizar datos Explorar datos verificar datos	Entendimiento de los datos	Selección de datos Extracción de los datos Preparación de los datos	Entendimiento de los datos	Recopilar datos iniciales Describir los datos Explorar los datos Verificar la calidad de los datos
Procesamiento de datos	Preparación del registro						Creación registro eventos		Preparación de los datos	Seleccionar datos Limpiar los datos Construir datos Integrar datos Dar formato a los datos

<p>Análisis (AS-IS)</p>	<p>Análisis de control de flujo, desempeño y roles</p>	<p>Descubrimiento del proceso Verificación de cumplimiento</p> <p>Creación del modelo de flujo</p> <p>Análisis de las perspectivas de tiempo, casos, organizacional y procesos</p> <p>Integrar modelo del proceso</p>	<p>Crear el modelo del proceso Verificación de cumplimiento Análisis de desempeño</p> <p>Aplicar minería de procesos</p>	<p>Familiarizarse con el registro (log). Asegurar la estructura Contestar preguntas (eficiencia de proceso, control de riesgos, calidad del proceso)</p> <p>Aplicar minería de procesos</p> <p>Verificar Validar Acreditar</p> <p>Evaluación</p>	<p>Seleccionar técnica de modelamiento Generar el diseño de la prueba Construir modelo Evaluar modelo</p> <p>Modelación</p> <p>Evaluar los resultados Revisar el proceso Determinar los siguientes pasos</p> <p>Evaluación</p>	<p>Rediseño (TO-BE)</p>	<p>Transferir los resultados</p> <p>Transferir resultados</p>	<p>Crear el modelo de simulación Modelar distribuciones Replicar cuellos de botella Comparar el desarrollo actual (AS-IS) con el rediseño</p> <p>Simular modelo AS-IS y TO-BE</p> <p>Detectar Predecir Recomendar</p> <p>Soporte operacional</p>	<p>Identificar mejoras Presentar resultados</p> <p>Despliegue</p>	<p>Planificar el despliegue Planificar el monitoreo y mantenimiento Desarrollar el reporte final Revisar el proyecto</p> <p>Despliegue</p>	
--------------------------------	--	---	---	--	--	--------------------------------	--	--	--	---	--

Fuente: [elaboración propia].

Del análisis comparativo de las metodologías se puede concluir lo siguiente:

- Las metodologías de Van der Heiden y CRISP-DM tienen muchas similitudes, especialmente en las etapas de procesamiento de datos y análisis.
- Todas las metodologías coinciden en que se deben definir unos objetivos para la minería de procesos o datos.
- Las metodologías de Maruster y van Beest, Bozcaya *et al.* y Van der Aalst tratan el tema de la extracción y procesamiento de datos de forma superficial y no proponen actividades concretas para esto.
- En la etapa de análisis, las metodologías de Maruster y Van Beest, Bozcaya *et al.* y Van der Aalst son muy específicas y se centran en las perspectivas de la minería de procesos (procesos, organizacional, desempeño y casos).
- Las metodologías de Bozcaya *et al.*, Van der Aalst y Van der Heijden no hacen hincapié en el rediseño de los procesos y presentan actividades generales y poco concretas para esta etapa.

Por otro lado, es importante destacar que de ninguna de las metodologías de minería de procesos analizadas anteriormente surge un método de ingeniería para el diseño, sino que están basadas en la experiencia de los autores y en los casos de estudio. Por el contrario, el método que se aplicó en esta investigación y que se explica en el capítulo siguiente propone un proceso de ingeniería para el diseño de un producto o sistema. Este parte de un análisis de requerimientos con usuarios expertos y tiene en cuenta estos desarrollos previos para llegar a diseñar una aplicación de técnicas de minería de procesos para el mejoramiento y rediseño de procesos.

3.4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

El objetivo del análisis de requerimientos es determinar los requerimientos de los usuarios, los funcionales y los de desempeño. Para llegar a esto, como marco metodológico, se siguieron las tareas que propone el estándar para la definición de requerimientos del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) P1220 [15]. En la tabla 4 se identifican

estas tareas y se determina el nivel de relevancia de estas con relación al diseño de la metodología de aplicación de minería de procesos.

Tabla 4. Relevancia de las tareas para la definición de requerimientos IEEE P1220*

TAREA DEL ESTÁNDAR IEEE P1220	EXPLICACIÓN	NIVEL DE RELEVANCIA
Expectativas del cliente (usuario)	El propósito de esta actividad es determinar lo que el usuario requiere que el sistema cumpla.	Alto
Restricciones del proyecto y la organización	Identificar las restricciones que pueden impactar el diseño de la solución.	Alto
Restricciones externas	Identificar restricciones externas que pueden tener impacto en el diseño de la solución.	No aplica
Escenarios operacionales	Identificar y definir los diferentes escenarios operacionales que limitan el uso de los productos del sistema.	Alto
Mediciones de efectividad y sostenibilidad	Identificar y definir las mediciones de efectividad del sistema que reflejen la satisfacción del cliente.	Alto
Límites del sistema	Identificar los límites del sistema.	No aplica
Interfaces	Identificar las interfaces físicas y funcionales con otros sistemas, aplicaciones o plataformas.	No aplica
Ambientes de uso	Definir los factores ambientales que pueden impactar en el desempeño del sistema.	No aplica
Conceptos de ciclo de vida del proceso	Identificar los procesos de ciclo de vida necesarios para desarrollar, producir, probar y distribuir el sistema.	No aplica
Requerimientos funcionales	Determinar lo que el sistema debe cumplir o debe estar en capacidad de hacer.	Alto
Requerimientos de desempeño	Identificar los requerimientos de desempeño para cada función desarrollada por el sistema.	Alto
Modos de operación	Determinar los diferentes modos de operación para cada producto o sistema desarrollado.	Alto
Medidas técnicas de desempeño	Definir los indicadores de desempeño técnicos a los que se deben hacer seguimiento durante el diseño.	No aplica
Características físicas	Identificar las características físicas del producto o sistema que se va a desarrollar.	No aplica
Factores humanos	Identificar las características relacionadas con el factor humano (ergonomía, ambientales, etc.) que afectarían la operación del sistema.	No aplica

*Las tareas que tienen un nivel de relevancia alto fueron las seleccionadas para el proceso de definición de requerimientos que se explica en el texto.

Fuente: [16].

3.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS DEL CLIENTE (USUARIO)

Para realizar el análisis de requerimientos se tomó como base la definición del producto y de los usuarios que lo van a usar, que se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Definición del producto y de los usuarios

PRODUCTO	METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MINERÍA DE PROCESOS PARA LA MEJORA DE LOS PROCESOS
Usuarios del producto	<p><i>Profesionales</i>: personas que aplican las técnicas de minería de procesos en la empresa donde trabajan.</p> <p><i>Consultores</i>: consultores que dentro de su portafolio de servicios incluyen la utilización de minería de procesos.</p> <p><i>Investigadores</i>: investigadores de universidades y centros de investigación interesados en contribuir a la disciplina de la minería de procesos.</p>

Fuente: [elaboración propia].

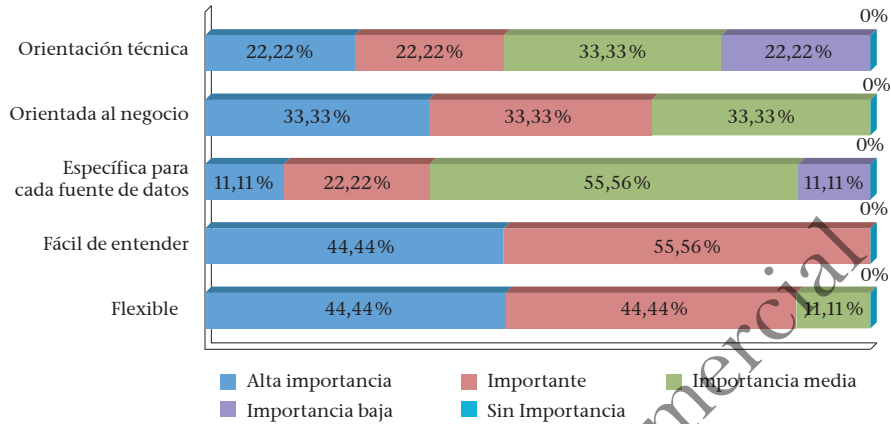
A efectos de determinar las expectativas de estos usuarios se usó la técnica de opinión de expertos, para lo cual se diseñó una encuesta, que se aplicó a miembros seleccionados del *task force* del IEEE de minería de procesos. Este *task force* reúne a personas expertas que trabajan alrededor de la temática, de los cuales se encuestó a nueve, entre quienes se encuentran académicos, consultores en el tema y profesionales que aplican la minería de procesos en la empresa donde trabajan. Cabe destacar que dentro del grupo de expertos se contó con la participación del profesor Van der Aalst, quien es el autor con más publicaciones en el tema y es considerado el referente principal de la minería de procesos.

3.4.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA

A los expertos se les solicitó calificar el grado de importancia de las siguientes características de la metodología: flexible, fácil de entender, específica para cada fuente de datos, orientada al negocio y orientación técnica. En la figura 6 se presentan los resultados.

Las dos características que obtuvieron la mayor calificación fueron *fácil de entender* (100 % entre altamente importante e importante) y *flexible* (89 % entre altamente importante e importante). En la tabla 6 se presenta la explicación de estas dos características.

Figura 6. Importancia de las características de la metodología



Fuente: [elaboración propia].

Tabla 6. Características de la metodología

CARACTERÍSTICAS DE LA METODOLOGÍA	EXPLICACIÓN
Fácil de entender	Debe ser fácil de entender por personas no expertas tanto de perfil de negocio como técnico.
Flexible	Debe permitir la aplicación de minería de procesos en diferentes tipos de organizaciones (servicios, manufactura, empresas públicas), considerando diferentes fuentes de datos (sistemas ERP, BPMS, <i>workflow</i>) y diferentes tipos de proyectos de minería de procesos (basado en datos, objetivos o preguntas).

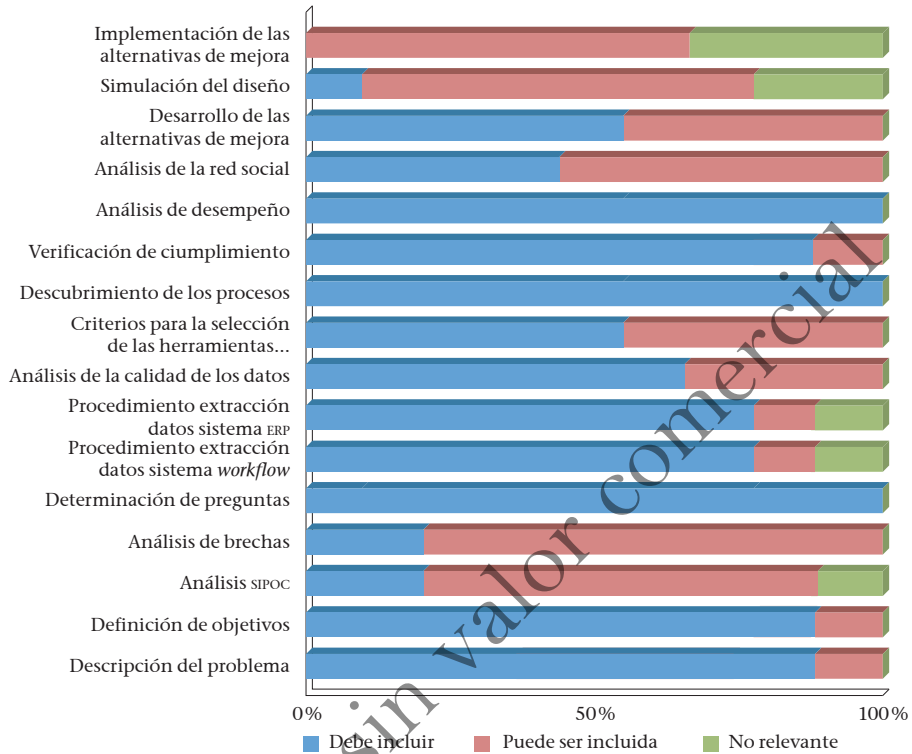
Fuente: [elaboración propia].

Adicionalmente, los expertos consideran importante que sea orientada al negocio, es decir, que permita alinear los objetivos de un proyecto de minería de procesos con indicadores clave de desempeño del proceso y con los objetivos estratégicos de la compañía.

3.4.3. PREGUNTAS QUE DEBE RESPONDER LA METODOLOGÍA

A los expertos se les solicitó calificar los aspectos que debe incluir la metodología para determinar las preguntas que dicha metodología debe responder. En la figura 7 se presentan los resultados.

Figura 7. Calificación de los aspectos que debe incluir la metodología



Fuente: [elaboración propia].

Entre los aspectos que tienen mayor calificación (mayor porcentaje en “debe incluir” y “puede ser incluida”) se encuentran: análisis de desempeño, verificación de cumplimiento, descubrimiento de los procesos, procedimientos para la extracción de datos, determinación de preguntas que se van a responder por las técnicas de minería de procesos, determinación de objetivos y definición del problema. Basándose en lo anterior se determinaron las preguntas que la metodología que se busca diseñar debe responder, lo que se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Preguntas que debe responder la metodología que se va a diseñar

CARACTERÍSTICA	PREGUNTA
Planeación	¿Cómo se determinan los objetivos y las preguntas que va responder un proyecto de minería de procesos?
Pasos	¿Qué pasos se deben seguir en un proyecto de minería de procesos? ¿En qué orden se deben ejecutar?
Técnicas	¿Qué técnicas de la minería de procesos y de la minería de datos se deben usar para el descubrimiento de los procesos, la verificación de cumplimiento y el análisis de desempeño? ¿Qué se debe tener en cuenta para escoger determinada técnica?
Extracción de datos	¿Qué lineamientos se deben tener en cuenta para la extracción y preparación de los datos para el análisis con minería de procesos? ¿Estos lineamientos son diferentes dependiendo de la fuente del registro de los eventos del proceso (ERP, BPMS, OTROS)?
Integración	¿Con qué otras herramientas y técnicas se puede integrar la minería de procesos para el rediseño de procesos?

Fuente: [elaboración propia].

3.4.4. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Las preguntas del punto anterior se tuvieron en cuenta para definir los requerimientos funcionales de la metodología que se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Requerimientos funcionales de la metodología

REQUERIMIENTO FUNCIONAL	EXPLICACIÓN
Planeación	Debe especificar las técnicas y herramientas para la planeación de un proyecto de minería de procesos.
Pasos	Debe especificar las etapas y los pasos que se deben seguir para aplicar técnicas de minería de procesos, a fin de mejorar los procesos.
Técnicas	Debe caracterizar las técnicas de minería de procesos de forma que se tenga un marco conceptual para decidir sobre la técnica que se va a usar en cada caso.
Extracción de datos	Debe especificar los lineamientos para la extracción de datos dependiendo de la fuente de la información.
Integración	Debe especificar cómo se puede integrar con otras técnicas y herramientas para el análisis y rediseño de los procesos.
Alcance	La metodología debe ir de la planeación del proyecto hasta la medición de la mejora obtenida en el proceso, pasando por el análisis y rediseño del proceso.

Fuente: [elaboración propia].

3.4.5. RESTRICCIONES DE LA METODOLOGÍA

La metodología que se va a diseñar está limitada a proyectos en los cuales se utilicen las técnicas de minería de procesos y donde las actividades del proceso que se van a analizar queden registradas en algún sistema de información. La información mínima requerida de los registros de eventos de cada proceso son: ID del caso, actividades, tiempos de inicio o finalización del proceso y los usuarios o recursos que ejecutan cada actividad.

3.4.6. REQUERIMIENTOS DE DESEMPEÑO

La metodología de aplicación de minería de procesos para la mejora de los procesos se va a evaluar con respecto a los objetivos de desempeño presentados en la tabla 9.

Tabla 9. Requerimientos de desempeño de la metodología

REQUERIMIENTO DESEMPEÑO	EXPLICACIÓN
Cumplimiento de objetivos	Cumplimiento de los objetivos planteados para el proyecto de minería de procesos.
Tiempo requerido	Tiempo requerido para la aplicación de la metodología en un proyecto.
Satisfacción del usuario	Nivel de satisfacción del usuario que aplicó la metodología con respecto a su uso.

Fuente: [elaboración propia].

3.4.7. ESCENARIOS OPERACIONALES

La metodología debe permitir aplicar las técnicas de minería de procesos, y el origen de los datos puede venir de sistemas de información denominados *Process Aware Information Systems* (PAIS). La principal característica de estos sistemas es que registran la información sobre la ejecución real de los procesos. En la tabla 10 se presentan los principales sistemas de los que se puede extraer los datos para la aplicación de los pasos de la metodología que se va a diseñar.

Tabla 10. Sistemas de los que se puede extraer la información

FUENTE DE LA INFORMACIÓN	EXPLICACIÓN
Sistema ERP	Son sistemas integrados de información como SAP ERP, Peoplesoft, Oracle e-business Suite, entre otros.
Sistema BPMS/workflow	Sistemas que cuentan con un motor de <i>workflow</i> .
Sistemas CRM, SCM, SRM	Sistemas de administración de las relaciones con el cliente o de manejo de la cadena de suministro.
Sistemas legados	Sistemas desarrollados por la organización o por algún proveedor en una plataforma específica.

Fuente: [elaboración propia].

Los requerimientos descritos son la base para realizar el diseño conceptual de la metodología, lo que se explica en la siguiente sección.

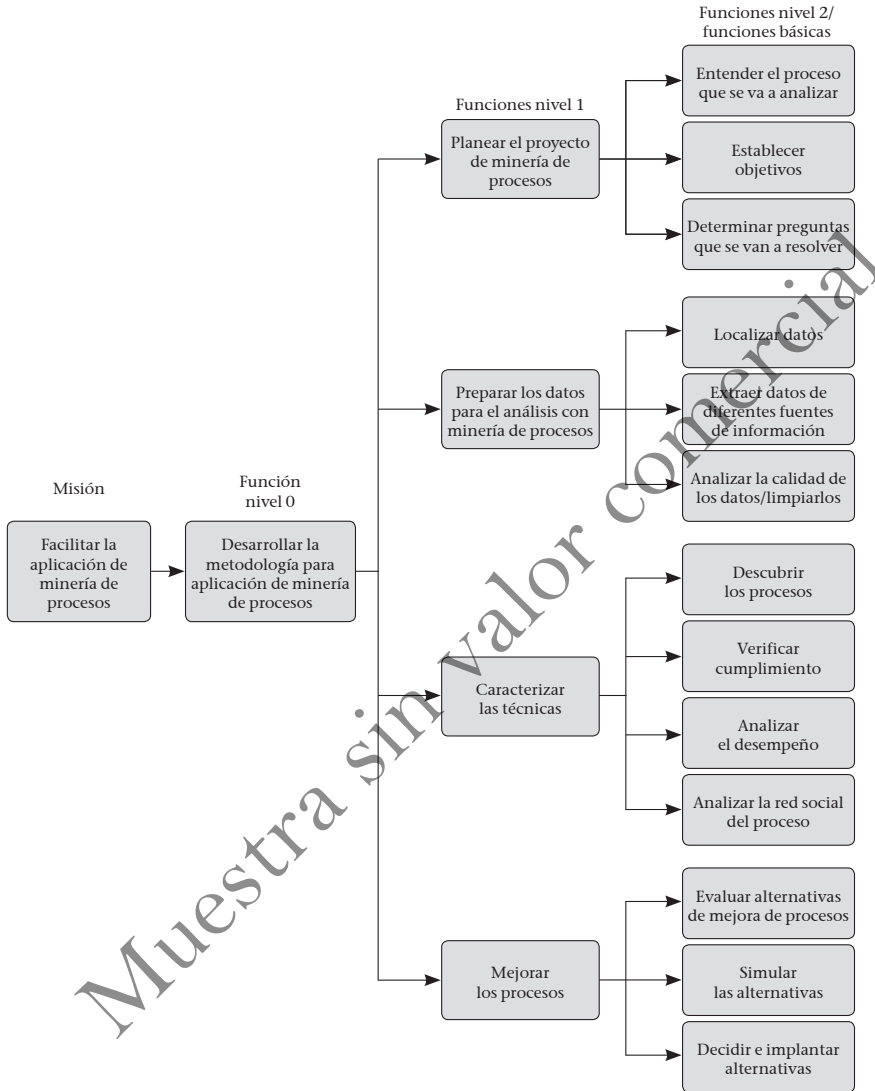
3.5. DISEÑO CONCEPTUAL

El objetivo del diseño conceptual es determinar las funciones y componentes de la metodología para cumplir los requerimientos. Para el diseño conceptual se partió de la misión de la metodología y de identificar las funciones que debe cumplir este producto, lo que se especifica en la figura 8. Estas funciones se dividieron en tres niveles de acuerdo con el método de análisis funcional [15]:

- Función nivel 0. Es la función general del producto.
- Función nivel 1. Son las funciones que debe tener el producto, que se determinaron basándose en lo establecido en los requerimientos funcionales (véase tabla 8).
- Función nivel 2. Es la desagregación de las funciones de nivel 1.

De esta forma, las funciones de nivel 1 responden las preguntas que debe responder la metodología, de acuerdo con el análisis de requerimientos. Las funciones de nivel 2 indican cómo se va a responder a las funciones de nivel 1.

Figura 8. Árbol de funciones de la metodología



Fuente: [elaboración propia].

Las funciones de nivel 2 constituyen las funciones básicas de la metodología, que se encuentran en la primera fila de la figura 9. Tomando esto como base se definieron los componentes de la metodología que corresponden a las etapas y pasos (columnas 1 y 2 de la figura 9), mediante los cuales se da respuesta a cada función básica.

Figura 9. Matriz de funciones y componentes

Etapas de la metodología	Pasos												
	Entender el proceso que se va a analizar	Establecer objetivos	Determinar las preguntas que se van a resolver	Localizar datos	Extraer datos de diferentes fuentes de información	Analizar la calidad de los datos/limpios	Descubrir los procesos	Verificar cumplimiento	Analizar el desempeño	Analizar red social del proceso	Evaluar alternativas de mejora de procesos	Simular las alternativas	Decidir e implantar alternativas
Planeación del proyecto	Determinar el proceso que se va a analizar	X											
	Determinar el alcance del proceso	X											
	Analizar el diagrama de flujo												
	Analizar las brechas de desempeño	X											
Preparación de los datos	Determinar objetivos/preguntas que se van a resolver												
	Localizar datos			X									
	Extraer datos			X									
	Analizar calidad de datos				X								
	Limpieza de datos				X								
	Transformar datos				X								
	Descubrimiento modelo real del proceso						X						
Análisis del proceso	Verificación cumplimiento						X						
	Análisis de la red social								X				
	Análisis de desempeño del proceso									X			
	Recopilación de hallazgos										X		
	Encontrar las causas del problema										X		
Rediseño	Desarrollar alternativas de mejora										X		
	Evaluar alternativas de mejora											X	
	Implantar alternativas de mejora												X
	Medición de los objetivos alcanzados												X

Fuente: [elaboración propia].

3.6. DISEÑO PROPUESTO PRELIMINAR DE LA METODOLOGÍA

En el diseño preliminar propuesto se plasman de forma general las etapas y los pasos de la metodología inicialmente desarrollada para responder a los requerimientos funcionales especificados en el punto anterior. Para el diseño preliminar, se partió por lo tanto de los resultados del diseño conceptual y del análisis comparativo de las metodologías desarrolladas y presentadas en el capítulo 3.

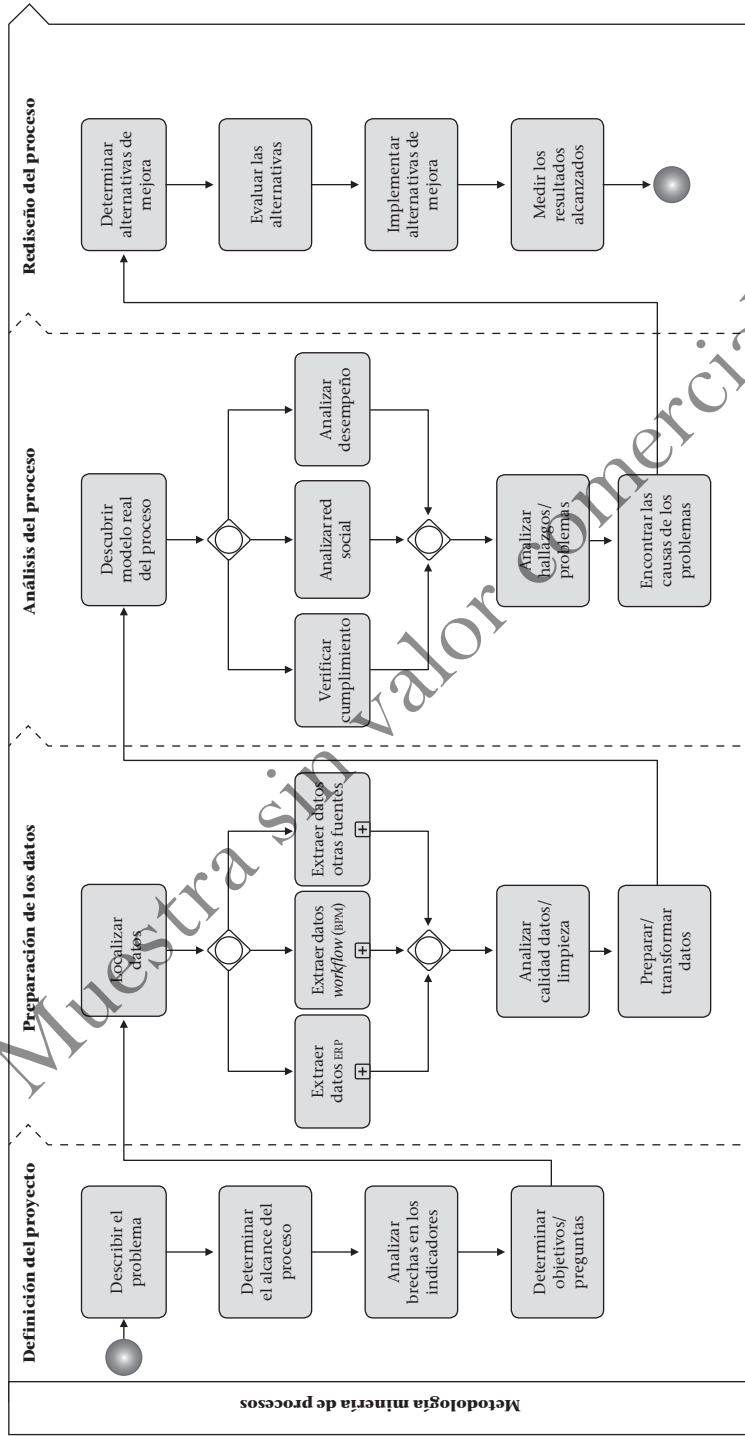
Los componentes determinados en el diseño conceptual (figura 10) se agruparon en fases y pasos lógicos, lo cual se denomina *diseño preliminar de la metodología*.

La metodología diseñada consta de cuatro etapas, como se explica a continuación:¹

- *Definición del proyecto.* El objetivo de esta etapa es entender el proceso y sus principales problemas para, de esta forma, determinar los objetivos de mejora o las preguntas que se van a responder con la aplicación de la minería de procesos.
- *Preparación de los datos.* El objetivo de esta etapa es localizar los datos requeridos para el análisis, extraerlos del sistema de información y asegurar su calidad para el posterior análisis con las técnicas de minería de procesos.
- *Análisis del proceso.* En esta etapa se aplican las técnicas de minería de procesos para descubrir el modelo real de ejecución del proceso, analizar su desempeño y las interacciones entre las personas involucradas en el proceso y verificar si se están cumpliendo los procedimientos y reglas de negocio establecidas.
- *Rediseño del proceso.* El objetivo de esta etapa es determinar alternativas de mejora basándose en los hallazgos de la etapa anterior, evaluar su factibilidad e implantar las mejoras.

¹ En este capítulo no se explica de forma detallada la metodología diseñada. Véase el capítulo 5 para una descripción detallada.

Figura 10. Metodología propuesta preliminar



Fuente: [elaboración propia].

La metodología propuesta descrita se aplicó en tres casos de estudio para validar su aplicabilidad y para ajustar y complementar la metodología inicial de acuerdo con los resultados de cada caso. En el siguiente capítulo se describen en detalle estos casos de estudio y los resultados de la aplicación de la metodología propuesta, lo que sirvió como insumo para el diseño final de la metodología.

Muestra sin valor comercial

CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN Y AJUSTE DE LA METODOLOGÍA: CASOS DE ESTUDIO

En el diseño metodológico de esta investigación se definió como estrategia el uso de casos de estudio con los siguientes objetivos:

- Determinar los aspectos prácticos que se deben tener en cuenta en la aplicación de las fases y pasos de la metodología diseñada.
- Validar los pasos propuestos y determinar si son adecuados para el objetivo del diseño.
- Complementar el desarrollo preliminar de la metodología para incluir los pasos adicionales necesarios y, de esta forma, llegar a un diseño final ajustado.
- Analizar los pasos y los lineamientos requeridos para la extracción de los datos de los diferentes sistemas de información.
- Obtener retroalimentación de los usuarios de la metodología para su evaluación y ajuste.

El marco conceptual seguido para los casos de estudio es el propuesto por Yin [17], que establece que los casos de estudio son una estrategia válida cuando en la pregunta de investigación se requiere estudiar un fenómeno profundamente y se pretende responder preguntas tipo cómo y dónde no se requiere control de todas las variables como para conducir un experimento. En este caso, la pregunta que se debe responder es cómo se deben aplicar los pasos de la metodología en los diferentes tipos de proyecto de minería de procesos.

En este capítulo se explica el diseño de los casos de estudio en la sección 4.1, y su aplicación en las secciones 4.2, 4.3 y 4.4. El capítulo finaliza con la evaluación y los ajustes de la metodología (secciones 4.5 y 4.6).

4.1. DISEÑO DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Para el diseño de los casos de estudio se analizaron las variables que se deben considerar y su impacto en cómo se debe ejecutar un proyecto de minería de procesos. En la tabla 11 se presenta el análisis de estas variables.

Tabla 11. Impacto de las variables para el diseño de los casos de estudio

VARIABLE	CARACTERÍSTICA	IMPACTO EN MINERÍA DE PROCESOS
Sector de la empresa	Empresa del sector salud, educación, energía, consumo masivo, servicios públicos, etc.	Bajo
Sistema fuente de los datos	Sistema de información que soporta el proceso: ERP, BPMS, OTROS.	Medio
Tipo de proceso	Tipo de proceso por analizar: operativos, de cara al cliente, de apoyo.	Bajo
Tipo de proyecto de minería de procesos	Tipo de proyecto: basado en datos, basado en preguntas o basado en objetivos.	Alto

Fuente: [elaboración propia].

El sector de la empresa y el tipo de proceso que se va a analizar tienen un bajo impacto en la metodología de minería de procesos, pues se deben seguir los mismos pasos independiente de si la empresa es de servicios, manufactura o si pertenece a cierto sector industrial como salud, educación, consumo masivo, etc. En los casos prácticos analizados en el estado del arte (capítulo 3) no se propone alguna metodología o técnica para cada sector o tipo de proceso. Para ciertos casos se podría recomendar alguna técnica para un proceso en un sector específico, por ejemplo, el uso de análisis de conglomerados para agrupar los procedimientos quirúrgicos en un proceso del sector salud [11]. Sin embargo, las etapas como definición del proyecto, preparación, análisis y rediseño no varían dependiendo del sector de la empresa o el tipo de proceso que se va a analizar.

El sistema fuente de los datos tiene un impacto medio, dado que, dependiendo de esto, se deben seguir ciertos pasos específicos para la localización y extracción de los datos. Por ejemplo, en el sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) de SAP se deben localizar los campos relevantes asociados con las transacciones para proceder a la extracción de los datos de las tablas y

estructuras de datos. En este tipo de sistemas, por lo general, no se dispone de la fecha de inicio de cada actividad, sino únicamente de la fecha en que se registra la transacción que corresponde a la fecha en que finaliza. Esto determina las herramientas que se pueden usar en la minería de procesos; por ejemplo, en el análisis de desempeño solo se pueden estudiar los tiempos entre actividades y no el tiempo de duración de cada actividad.

Por otro lado, la variable que tiene el más alto impacto en la forma en que se aplica la metodología de minería de procesos es el tipo de proyecto. Según Van der Aalst [12], existen tres tipos de proyectos de minería de procesos:

- *Basados en preguntas:* son proyectos en los cuales se tienen hipótesis o preguntas que se quieren responder, comprobar o rechazar con base en la minería de procesos.
- *Basados en objetivos:* son proyectos en los cuales se establecen como objetivos el mejoramiento de los indicadores clave de desempeño del proceso.
- *Basados en datos:* son proyectos en que no hay unos objetivos establecidos, por lo que son de carácter exploratorio y se pretende descubrir aspectos importantes con respecto a la ejecución real de los procesos.

Los proyectos basados en datos no tienen una fase de definición del proyecto, pues por su naturaleza exploratoria se parte de unos datos y se debe realizar un análisis de minería de procesos para encontrar patrones y hallazgos que se usan para el diagnóstico del proceso. Por otro lado, los proyectos basados en objetivos hacen hincapié en mejorar el desempeño en los indicadores de gestión, por lo que se deben estudiar brechas en los indicadores, a diferencia de los proyectos basados en preguntas, en los cuales este paso no aplica.

Dado lo anterior, se diseñaron los casos de estudio con los cuales se abarcan los tres tipos de proyecto de minería de procesos. Para estos casos de estudio, los sistemas de información de donde se extrajeron los datos corresponden a los sistemas SAP ERP, Peoplesoft (ERP) y Bizagi (*Business Process Management Systems* [BPMS]). En la tabla 12 se presentan las variables relevantes de cada caso de estudio.

Tabla 12. Descripción de los casos de estudio

CASO DE ESTUDIO	SECTOR DE LA EMPRESA	PROCESO	TIPO DE PROYECTO	SISTEMA DE INFORMACIÓN FUENTE DE LOS DATOS
1	Comercialización	Ventas y distribución	Basado en preguntas	ERP-SAP
2	Educación	Compras de bienes	Basado en objetivos	ERP-Peoplesoft
3	Servicios	Resolución de disputas legales	Basado en datos	BPMS-Bizagi

Fuente: [elaboración propia].

En estos casos de estudio se aplicó la metodología propuesta preliminar, que permitió validar los pasos en cada tipo de proyecto y complementar el diseño inicial con aspectos prácticos que se deben tener en cuenta en la aplicación de la metodología. Por otro lado, se debe considerar que para el desarrollo de los casos 1 y 3 el autor del presente trabajo firmó un acuerdo de confidencialidad, a solicitud de las empresas, debido al tipo de información que se le suministró. A razón de este acuerdo no se puede presentar la información de los datos de la empresa; sin embargo, se especifican los pasos seguidos en la aplicación de la metodología, los principales hallazgos y las lecciones aprendidas que sirvieron para el diseño ajustado de la metodología. A continuación se desarrollan estos casos de estudio.

4.2. ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO I: PROYECTO BASADO EN PREGUNTAS

4.2.1. ENTORNO DEL CASO

El caso de estudio 1 corresponde a la aplicación de la metodología de minería de procesos en el proceso de ventas y distribución en una empresa comercializadora. La organización tuvo un proceso de fusión con la operación de otra compañía del mismo sector y el principal interés era conocer el desempeño del proceso fusionado, por lo que corresponde a un proyecto basado en preguntas. El proceso se sustenta en el sistema ERP de SAP.

4.2.2. ETAPA I. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Esta etapa tuvo una especial relevancia en este proyecto, dado que permitió entender claramente el alcance del proceso que se iba a analizar y cómo se debe ejecutar, mediante la modelación del proceso. El paso de analizar el diagrama de flujo del proceso no estaba especificado en el diseño preliminar, pero fue necesario realizarlo para comprender el flujo de información del proceso, lo que sirvió para determinar las transacciones y los campos que se deben seleccionar del sistema SAP ERP en la etapa de preparación de los datos. En la tabla 13 se presentan los pasos aplicados de la metodología.

Tabla 13. Definición del proyecto en el caso de estudio 1

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	RESULTADOS
Describir el problema		La empresa de este caso fusionó su operación con otra empresa del sector. En esta fusión se presentaron problemas de entrega inoportuna de pedidos y de balanceo de las cargas de trabajo de los participantes en el proceso. La empresa no conocía los datos reales de ejecución del proceso y no tenía indicadores de gestión para su medición.
Determinar el alcance del proceso	Análisis de alcance del proceso	Nombre del proceso: gestión del pedido. El proceso comienza con el ingreso del pedido del cliente en una PDA o en SAP ERP, hasta la generación de la factura.
Analizar el diagrama de flujo del proceso	Modelación del proceso con BPMN	Se modeló el proceso y se determinaron los documentos asociados con el proceso, como son orden de venta, orden de despacho, factura, entre otros. Estos documentos están asociados con transacciones en el sistema SAP ERP. Adicionalmente se obtuvo el flujo del proceso teórico, lo que se comparó después con el flujo real del proceso, resultado del descubrimiento de los procesos de la siguiente etapa.
Determinar preguntas		Las preguntas por resolver se determinaron con los líderes del proceso de la organización. Inicialmente manifestaron interés en conocer: ¿Qué porcentaje de pedidos se entregan en menos de 24 horas? ¿Qué oficinas son más ágiles con la entrega del pedido? ¿Cuáles son las causas de la entrega inoportuna de los pedidos?

BPMN: Business Process Model and Notation.

Fuente: [elaboración propia].

En este caso se trató de realizar un análisis de brechas, a fin de comparar el nivel de desempeño alcanzado en los indicadores de gestión del proceso con lo esperado; sin embargo, esto no se pudo realizar, dado que la organización no disponía de información fiable con respecto a los indicadores actuales de desempeño del proceso, como son los tiempos de ciclo o los errores en la facturación. Debido a esto el proyecto se basó en preguntas por resolver.

4.2.3. ETAPA 2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

Esta etapa fue la más compleja, debido a la dificultad en la localización y extracción de los datos del sistema SAP ERP. Este tiene una estructura compleja de tablas y estructuras, y en estas no se registra el proceso de forma secuencial, por lo que se tuvo que partir de la modelación del proceso para entender claramente la secuencia del proceso y los documentos y transacciones donde quedan registradas las actividades, los ejecutores y el registro de tiempo. En la tabla 14 se presentan los pasos seguidos y las herramientas usadas.

En la preparación de los datos se trabajó en conjunto con el personal de la empresa para entender el flujo del proceso y, a partir de esto, localizar los datos en las diferentes transacciones en el sistema SAP ERP. Debido a la complejidad del proceso y del sistema ERP, fue necesario realizar varias reuniones, donde se requirió la colaboración de diferentes áreas de la organización y de los ejecutores del proceso, los que contribuyeron con su conocimiento del proceso a localizar los datos y validar que los generados correspondan a lo buscado para el análisis.

Por otro lado, las preguntas por responder con la minería de procesos fueron determinantes para decidir sobre los datos que se deben seleccionar del sistema. En este caso, se quería conocer los tiempos reales del proceso y los pedidos que se entregan en menos de 24 horas, por lo que se seleccionaron aquellas variables que podían influir en la entrega de los pedidos, como son la oficina o almacén de donde se despacha y el tipo de pedido (contado, crédito, etc.).

Una vez se extrajeron los datos, se obtuvieron 44.585 registros, correspondientes a 12.070 casos o instancias del proceso. En la tabla 15 se encuentran los datos obtenidos.

Tabla 14. Preparación de los datos del caso de estudio 1

PASO DE LA METODOLOGÍA	HERRAMIENTA	ACTIVIDADES REALIZADAS
Localizar datos	Modelación del proceso en BPMN SAP ERP	Entendimiento de la secuencia del flujo del proceso. Análisis de los documentos y transacciones generadas en SAP. Localización de los datos en las transacciones de SAP. Determinación de las variables, campos, tablas y estructuras de datos de las que se va a extraer la información.
Extraer datos	SAP ERP Lenguaje de programación ABAP	Desarrollo de un reporte (<i>query</i>) en SAP. Extracción de los datos a un archivo con extensión csv.
Analizar calidad/limpieza de datos	Microsoft Excel SAP ERP	Se verificaron que los campos seleccionados correspondan a los campos definidos en las transacciones de SAP. Se encontraron inconsistencias que obligaron a ajustar el reporte en SAP. Una vez ajustado el reporte se verificó la consistencia de los datos con el análisis de casos puntuales comparando el reporte con los datos en SAP. Se eliminaron los casos que correspondían a pedidos en proceso o no completados.
Transformar datos	Microsoft Excel Visual Basic Disco	Se analizó el formato requerido para el análisis de los datos. Se desarrolló una macro en Excel para transformar los datos del reporte generado en SAP. Se verificaron la coherencia de los datos a través del análisis del flujo del proceso con el <i>software</i> de minería de procesos.

Fuente: [elaboración propia].

Tabla 15. Registro de eventos caso de estudio 1

NÚMERO DE REGISTROS	44.585
NÚMERO DE CASOS (INSTANCIAS DEL PROCESO)	12.070
CAMPOS OBTENIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • ID caso • Actividades • Tiempo de finalización de la actividad • Usuario que ejecuta la actividad • Estatus del pedido (completado, en proceso, etc.) • Atributos adicionales (oficina, tipo de pedido, etc.).

Fuente: [elaboración propia].

4.2.4. ETAPA 3. ANÁLISIS DEL PROCESO

La etapa de análisis del proceso estuvo orientada a responder las preguntas planteadas en la etapa de definición del proyecto. Se partió de estudiar el modelo real del proceso, lo que se comparó con la modelación del proceso teórico de la primera etapa encontrándose grandes diferencias entre el cómo se debe ejecutar el proceso y cómo se está ejecutando en la realidad. Se determinó el cuello de botella del proceso y con el análisis de productividad se hallaron diferencias en la carga de trabajo del personal involucrado en el proceso. En la tabla 16 se presentan los pasos seguidos, las técnicas y herramientas usadas y los principales hallazgos.

Tabla 16. Análisis del proceso y hallazgos caso de estudio 1

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	HALLAZGOS	HERRAMIENTAS
Descubrir el modelo real del proceso	Algoritmo <i>fuzzy</i> de descubrimiento del proceso. Visualización y animación del modelo real del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso se ejecuta a través de 5 actividades. • Existen 115 variantes (diferentes caminos posibles para la ejecución del proceso). • Hay diferencias entre el proceso teórico y el proceso real. • En algunos casos no se cumple la política de que el pedido se debe liberar después de su generación. • El cuello de botella del proceso es la liberación del pedido por parte del Departamento de Cartera. 	Disco
Analizar el desempeño del proceso	Análisis de tiempos.	<ul style="list-style-type: none"> • El 43% de los pedidos se entrega en menos de 24 horas. • El 78% de los pedidos se entrega en menos de 7 días. • La variable que tiene mayor influencia en los tiempos de ciclo es el tipo de pedido (contado, crédito, consignación, etc.). • Los pedidos de contado se entregan en promedio en 22 horas. • Existen diferencias en los tiempos de entrega por oficina. La oficina 3000 tiene los menores tiempos de ciclo (mejor práctica). 	Disco Microsoft Excel

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	HALLAZGOS	HERRAMIENTAS
Analizar la red social	Análisis de recursos. Análisis de tiempos y recursos. Análisis de recursos. Análisis de la red social.	<ul style="list-style-type: none"> • 46 personas están involucradas en la ejecución del proceso. • Existen diferencias en el volumen de casos manejados por el personal. • Se descubrió que algunas personas ejecutaban actividades que no correspondían a su rol. • El usuario con mayor volumen de casos (usuario 1) presenta alta centralidad en el proceso. 	Disco SPSS
Analizar hallazgos		<ul style="list-style-type: none"> • Los hallazgos fueron presentados al personal de la organización. • Se discutió sobre los hallazgos y se plantearon recomendaciones e ideas generales de mejora. 	
Encontrar causas de los problemas	Espina de pescado. Análisis de casos puntuales.	<p>Se realizó un análisis de espina de pescado para encontrar la causa de la entrega inoportuna. Entre las principales causas se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se factura sin verificar la disponibilidad de crédito del cliente. • Las PDA no tienen una interfaz que permita verificar el cupo de crédito de los clientes en tiempo real. • Hay desbalance en la distribución de las funciones y cargas de trabajo en el personal. 	Espina de pescado Lluvia de ideas

Fuente: [elaboración propia]

El análisis del proceso terminó con el establecimiento de las oportunidades de mejora. Para esto se logró la participación activa del personal de la organización, que aportó con su conocimiento del proceso.

4.2.5. ETAPA 4. REDISEÑO DEL PROCESO

En el rediseño del proceso se identificaron las alternativas de mejora que fueron posteriormente priorizadas. A continuación se presentan las más importantes:

- Redistribuir las funciones entre el personal de cartera y el asesor comercial.
- Revisar y actualizar las políticas de cartera y límites de crédito de los clientes.
- Realizar un desarrollo en SAP para que se valide el estado de crédito del cliente antes de generar la factura.

Los criterios para la evaluación y priorización de las alternativas fueron los siguientes:

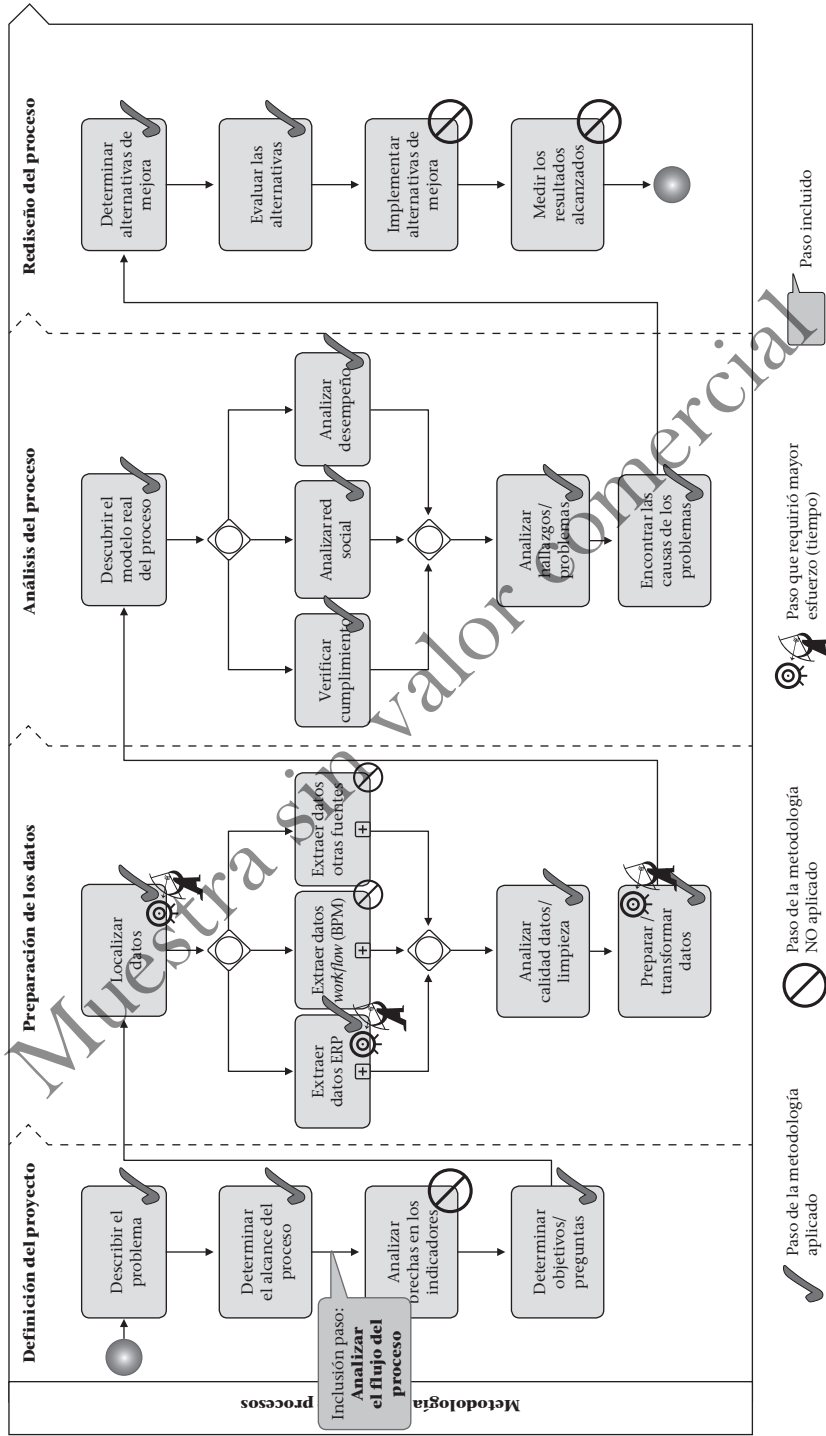
- Facilidad de implantación: se puede implantar sin mayor impacto en el proceso o las personas.
- Costo/inversión: el monto de dinero estimado para la implantación de la alternativa de mejora.
- Impacto: califica el nivel de impacto en la mejora del proceso.
- Tiempo requerido: califica el tiempo requerido para la implantación de la alternativa.

La implantación de las alternativas de mejora quedó a cargo del personal de la organización y en el momento de la escritura del presente documento no se habían implantado en su totalidad o estaban en evaluación por parte de la organización.

4.2.6. LECCIONES APRENDIDAS Y SU IMPACTO EN LA METODOLOGÍA

El caso de estudio 1 permitió aplicar la mayor parte de pasos de la metodología y ayudó a complementar el diseño propuesto preliminar, como se indica en la figura 11. Se incluyó el paso de analizar el flujo del proceso en la etapa de evaluación del proyecto a través de la modelación del proceso en la notación BPMN. No se llegó a medir el resultado del proyecto en los indicadores de gestión, dado que las alternativas de mejora estaban en proceso de implantación mientras se escribía este documento.

Figura 11. Pasos de la metodología aplicados caso de estudio 1



Fuente: [elaboración propia].

En este caso de estudio, la etapa que requirió mayor esfuerzo y dedicación en términos de tiempo fue la de preparación de los datos, esto debido a la complejidad y la estructura del sistema SAP ERP. El paso de transformar los datos implicó crear algoritmos para adecuar el reporte de SAP ERP a la estructura de datos que necesita el *software* de minería de procesos, lo que consumió un tiempo importante.

A continuación se explican las lecciones aprendidas de este caso y su impacto en el diseño de la metodología:

- Para la localización de los datos en el sistema ERP de SAP es necesario modelar previamente el proceso de negocio en una notación que permita identificar de forma clara la secuencia de actividades del proceso y los documentos que se generan en cada paso, para identificar las transacciones del sistema donde se localizan los datos.
- En la etapa de localización de los datos de un sistema ERP es de vital importancia involucrar al personal de la organización que maneja el sistema de información y que conoce el proceso de negocio para asegurar que se están localizando los datos correctos, dado que el sistema tiene muchos campos similares (por ejemplo, fecha de transacción, fecha de registro, fecha de la orden), pero tienen diferente significado.
- La localización y extracción de datos del sistema ERP de SAP tiene un alto nivel de complejidad y se requiere el conocimiento de las tablas y estructuras de datos para desarrollar los reportes (*queries*) requeridos para la extracción de los datos.

4.3. ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO 2: PROYECTO BASADO EN OBJETIVOS

4.3.1. ENTORNO DEL CASO

El caso de estudio 2 corresponde a la aplicación de la metodología y las técnicas de la minería de procesos en el proceso de compras de bienes de una institución universitaria. A pesar de que este proceso está apoyado y estandarizado en el sistema ERP Peoplesoft, presenta alta complejidad, debido al volumen de compras que se debe realizar y a la variedad de bienes y productos que se precisan para el funcionamiento de las facultades y

departamentos de la universidad. A continuación se presentan cada una de las etapas y actividades que se llevaron a cabo en este caso de estudio.

4.3.2. ETAPA I. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

En la definición del proyecto se partió de entender el proceso y su complejidad. Para esto se estudiaron el alcance del proceso y sus brechas. Así fue posible determinar que el principal problema era la variabilidad en los tiempos de respuesta con la gestión de las compras, por lo que el principal objetivo para este caso de estudio fue reducir los tiempos de ciclo del proceso. En la tabla 17 se presentan los pasos de la metodología aplicados en esta etapa.

Tabla 17. Definición del proyecto en el caso de estudio 2

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	RESULTADOS
Describir el problema		A pesar de tener el apoyo de un sistema integrado de información, el proceso de compras de bienes ha presentado problemas e inconvenientes que le restan eficiencia, como son el exceso de control y aprobaciones del proceso, así como la dificultad con el manejo de los documentos asociados, lo que hacen que algunos pedidos se demoren más de lo esperado.
Determinar el alcance del proceso	Análisis de alcance del proceso	Nombre del proceso: compra de bienes. El proceso va desde el ingreso de la solicitud de pedido por parte de los departamentos hasta la recepción del pedido en la unidad solicitante.
Analizar el flujo del proceso	Diagrama de flujo	Se analizó el diagrama de flujo del proceso y se determinaron las actividades mediante las cuales se ejecuta.
Analizar brechas en los indicadores	Análisis de brechas Encuesta	En el análisis de brechas se analizó el porcentaje de pedidos que se entregan en menos de un mes, lo que correspondía a un 44%. Se determinó cuál debería ser ese porcentaje según la expectativa de las unidades que solicitan la compra.
Determinar objetivos/preguntas		Con base en el análisis de brechas se determinó el principal objetivo del proyecto: disminuir los tiempos de respuesta para lograr que el 70% de los pedidos se entregue en menos de un mes. Adicionalmente, se planteó la siguiente pregunta: ¿cuáles son las variables que influyen en el tiempo de ciclo de los pedidos de compra?

Fuente: [elaboración propia].

Este caso de estudio corresponde principalmente a un proyecto basado en objetivos, dado que se planteó una meta concreta para mejorar el desempeño del indicador de tiempo de respuesta. Adicionalmente, los líderes del proceso manifestaron su interés por conocer en qué actividades están las demoras y cuáles son las variables que influyen en los tiempos de ciclo.

4.3.3. ETAPA 2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

En este caso de estudio, la extracción de datos del sistema ERP no presentó mayor dificultad, dado que ya se contaba con un reporte predefinido del sistema Peoplesoft ERP, donde se encontraron la mayor parte de los datos requeridos para el análisis con minería de procesos. La labor más compleja fue el análisis de calidad de los datos y la limpieza, pues un hallazgo fue la gran cantidad de datos perdidos y atípicos, debido a la falta de disciplina de los usuarios en registrarlos en el sistema de información. En la tabla 18 se presentan los pasos aplicados en esta etapa.

Tabla 18. Preparación de los datos del caso de estudio 2

PASO DE LA METODOLOGÍA	HERRAMIENTA	ACTIVIDADES REALIZADAS
Localizar datos	Peoplesoft ERP	Entendimiento de la secuencia del flujo del proceso. Determinación de las variables y campos requeridos para la extracción de los datos.
Extraer datos	Peoplesoft ERP	Generación del reporte en Peoplesoft. Extracción de los datos a un archivo con extensión csv.
Analizar calidad/limpieza de datos	Microsoft Excel SPSS	Análisis de valores perdidos. Eliminación de variables con datos perdidos. Imputación de variables con datos perdidos. Eliminación de casos con datos perdidos. Análisis de datos atípicos. Eliminación de casos con datos atípicos.
Transformar datos	Microsoft Excel Visual Basic	Se analizó el formato requerido para al análisis de los datos. Se desarrolló una macro en Excel para transformar los datos del reporte generado en Peoplesoft.

Fuente: [elaboración propia].

Inicialmente, se partió de un registro con 15.091 casos. Después de realizada la limpieza se terminó con 7902 casos válidos para el análisis con minería de procesos. En la tabla 19 se encuentran los datos obtenidos.

Tabla 19. Registro de eventos caso de estudio 2

NÚMERO DE REGISTROS	43.753
NÚMERO DE CASOS (INSTANCIAS DEL PROCESO)	7902
CAMPOS OBTENIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • ID caso • Actividades • Tiempo de finalización de la actividad • Usuario que ejecuta la actividad • Atributos adicionales (comprador, departamento solicitante, aprobador, etc.).

Fuente: [elaboración propia].

Para el entendimiento y la limpieza de los datos fue de vital importancia el trabajo en conjunto con el personal del Departamento de Suministros. Por ejemplo, se encontraron solicitudes de compra creadas, pero sin trámite; no obstante, en el sistema no se había registrado su anulación, por lo que el análisis de cada uno de los casos con el personal del área fue vital para obtener los datos correctos y con la calidad requerida.

4.3.4. ETAPA 3. ANÁLISIS DE PROCESOS

La etapa de análisis de procesos se centró en identificar las causas en la demora de las solicitudes de compra, lo cual se estableció como un aspecto prioritario y se plasmó en el objetivo del proyecto. Para esto se aplicaron técnicas de descubrimiento del proceso, de análisis de desempeño y de análisis de la red social. En la tabla 20 se especifican los pasos aplicados y los principales hallazgos.

Tabla 20. Análisis del proceso y hallazgos caso de estudio 2

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	HALLAZGOS	HERRAMIENTAS
Descubrir el modelo real del proceso	Algoritmo <i>fuzzy</i> de descubrimiento del proceso. Visualización y animación del modelo real del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso se ejecuta a través de 6 actividades que se registran en el sistema. • Las actividades son secuenciales y todas las compras pasan por dos procesos de aprobación. 	Disco
Analizar el desempeño del proceso	Análisis de tiempos. Diagramas de caja y bigotes.	<ul style="list-style-type: none"> • La actividad interna más demorada es la aprobación de la solicitud de compra por la secretaría de las facultades o por los cargos directivos de las unidades del gobierno central, lo que se constituye en el cuello de botella del proceso. • Únicamente el 44% de los pedidos se entregan en menos de 30 días. El tiempo promedio del ciclo del proceso es de 50,9 días con una desviación estándar de 40 días. • Las compras de importación son en promedio 3 veces más demoradas que una compra nacional. El tiempo mínimo requerido para una importación son 40 días. • Existen compradores (persona en el Departamento de Suministros que gestiona la compra) con tiempos en promedio menores a 30 días, pero otros con tiempos en promedio mayores a 50 días. 	Disco SPSS
Analizar la red social	Análisis de la red social Árboles de decisión	<ul style="list-style-type: none"> • En el proceso están involucradas 309 personas de todas las unidades de la universidad. • La persona que aprueba la solicitud de compra tiene una incidencia importante en la probabilidad de recibir el pedido antes de 30 días. • Se identificaron los cargos con mayor demora en la aprobación de la solicitud de compra y del pedido de compra. 	Disco SPSS

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	HALLAZGOS	HERRAMIENTAS
Analizar los hallazgos		Se discutieron los hallazgos y se plantearon recomendaciones e ideas generales de mejora.	
Encontrar causas de los problemas	Espina de pescado	Se realizó un análisis de espina de pescado para encontrar las causas en la demora de las aprobaciones de la solicitud y pedido de compra. Entre las principales causas se encuentran: <ul style="list-style-type: none"> • La falta de un sistema automatizado para la aprobación de las compras hace que el proceso sea difícil de controlar. • No existe una política que determine un tiempo máximo para la aprobación de las solicitudes y pedidos de compra. 	

Fuente: [elaboración propia].

El análisis de este caso con las técnicas de minería de procesos permitió identificar las principales causas de la demora, que están asociadas con la tardanza en la aprobación de las solicitudes de pedido por algunos cargos de la organización. Estos hallazgos permitieron determinar las alternativas de mejora.

4.3.5. ETAPA 4. REDISEÑO DEL PROCESO

En la etapa de rediseño del proceso se plantearon las siguientes alternativas de mejora:

- Establecer una política de tiempo máximo de aprobación de la solicitud.
- Identificar las mejores prácticas de los compradores más productivos para reproducirlas en todo el equipo de compradores del Departamento de Suministros.
- Evaluar la automatización del proceso de aprobación de la solicitud de compra y de la orden de compra.

La primera alternativa fue simulada y se pudo establecer que si se establece la política de cinco días como tiempo máximo para la aprobación de la solicitud de compra, el tiempo de ciclo promedio se puede disminuir a 40 días.

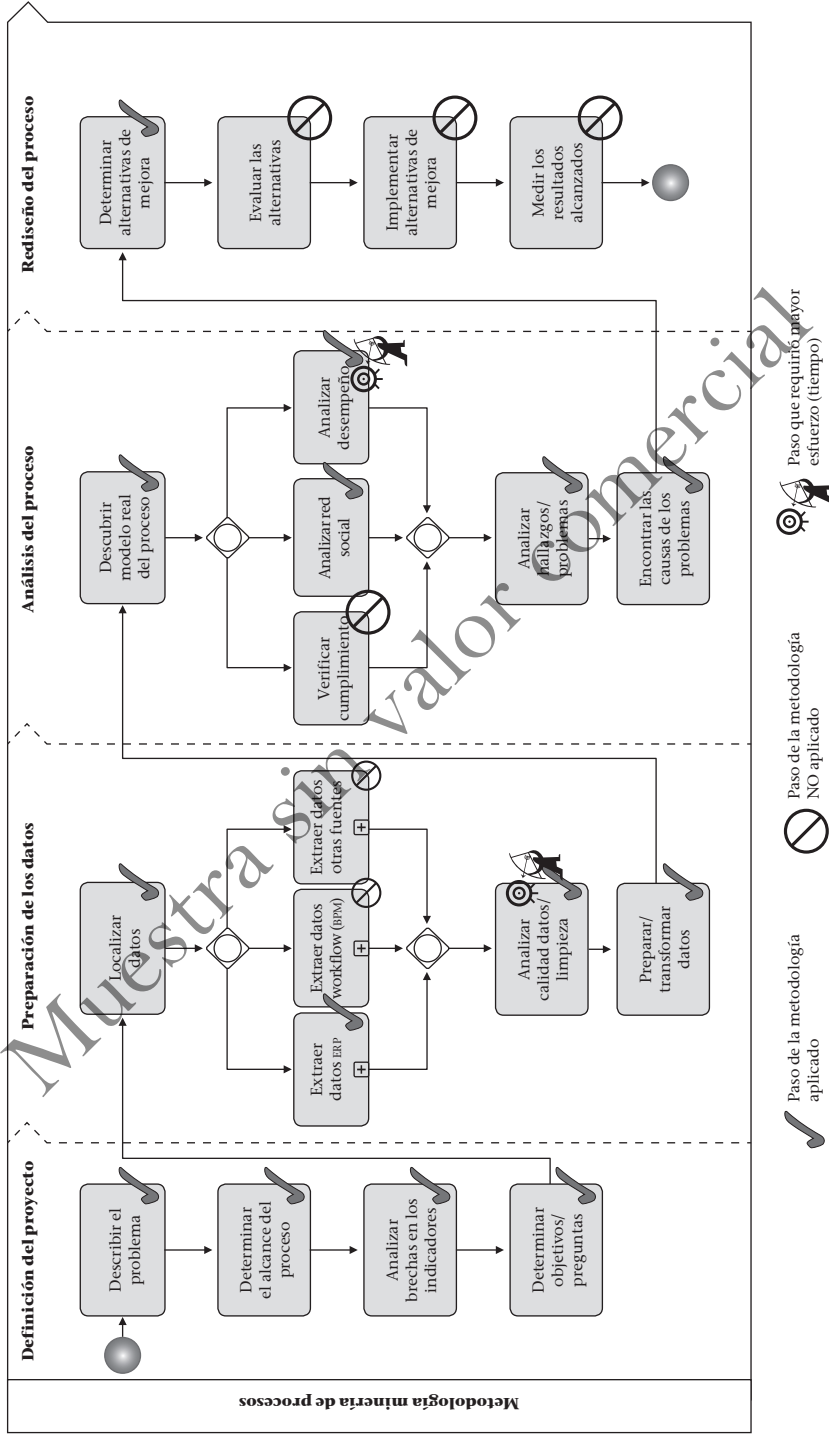
4.3.6. LECCIONES APRENDIDAS Y SU IMPACTO EN LA METODOLOGÍA

Este caso de estudio permitió aplicar todos los pasos de las etapas definición del proyecto, preparación de los datos y análisis del proceso. La etapa de preparación de los datos se facilitó al disponer de un reporte prediseñado en el sistema ERP Peoplesoft con toda la información requerida. Sin embargo, se tuvo problemas con la calidad de los datos, por lo que se realizó un exhaustivo análisis para limpiar los casos con datos perdidos, inconsistentes o atípicos. En la figura 12 se presentan los pasos aplicados.

A continuación se explican las lecciones aprendidas de este caso y su impacto en el diseño de la metodología:

- Uno de los aspectos críticos para el análisis con minería de procesos es la calidad de los datos. Se debe ser exhaustivo en asegurar la confiabilidad, la completitud y la validez de los datos. El trabajo en conjunto con los ejecutores del proceso es fundamental para asegurar que estos correspondan a la realidad de la ejecución del proceso.
- La minería de procesos revela las diferencias en la productividad del personal o identifica los cargos que por alguna causa demoran la ejecución de los procesos. Esta información debe manejarse con confidencialidad por aspectos de privacidad y leyes laborales, por lo que se debe establecer con el personal involucrado las posibles razones de las diferencias en productividad, antes de presentarlo a la gerencia.

Figura 12. Pasos de la metodología aplicados caso de estudio 2



Fuente: [elaboración propia].

4.4. ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO 3: PROYECTO BASADO EN DATOS

4.4.1. ENTORNO DEL CASO

El caso de estudio 3 corresponde a un proyecto basado en datos, pues la principal motivación fue encontrar información valiosa sobre el desempeño de un proceso basado en el análisis del registro de eventos de un sistema BPMS. Este caso surge por la gestión realizada con un proveedor de *software* BPMS para analizar cómo se puede aplicar la minería de procesos con los datos provenientes de su sistema de información. Para este caso se tuvo un alto nivel de confidencialidad de la información, por lo que no se pueden presentar los diagramas y los datos específicos del análisis. De acuerdo con la información entregada, el proceso corresponde a una empresa de servicios.

4.4.2. ETAPA 1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Debido a la naturaleza del proyecto, que está basado en datos, esta etapa no es necesaria, dado que no se parte de la información sobre el desempeño actual del proceso o de definir unos objetivos de mejora. Como se explicó en el numeral 4.1, los proyectos basados en datos son de carácter exploratorio y pretenden descubrir información valiosa con respecto al desempeño real del proceso.

4.4.3. ETAPA 2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

La etapa de preparación de los datos partió de localizar los datos requeridos en el sistema BPMS. Para esto fue necesario ir directamente a la base de datos del sistema y construir un reporte (*query*) con la información requerida. En la tabla 21 se presentan los pasos seguidos en la preparación de los datos.

Tabla 21. Preparación de los datos del caso de estudio 3

PASO DE LA METODOLOGÍA	HERRAMIENTA	ACTIVIDADES REALIZADAS
Localizar datos Extraer datos	Microsoft SQL Server	Para la localización de los datos se trabajó en la base de datos del sistema BPMS. Se identificaron las tablas con los datos necesarios y se desarrolló un reporte (<i>query</i>). Los datos se extrajeron en extensión .csv para su visualización en Microsoft Excel.
Analizar calidad/ limpieza de datos	Microsoft Excel SPSS	Se analizó la calidad de los datos en cuanto a datos perdidos y coherencia de fechas. No se encontró ninguna inconsistencia en los datos.
Transformar datos		No fue necesario transformar los datos, dado que SQL entregó la información en el formato requerido.

Fuente: [elaboración propia].

Una vez se extrajeron los datos se obtuvieron 20.001 registros, correspondientes a 3934 casos o instancias del proceso. En la tabla 22 se encuentran los datos obtenidos.

Tabla 22. Registro de eventos caso de estudio 3

NÚMERO DE REGISTROS	20.001
NÚMERO DE CASOS (INSTANCIAS DEL PROCESO)	3934
CAMPOS OBTENIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • ID caso • Actividades • Tiempo de inicio de la actividad • Tiempo de finalización de la actividad • Usuario que ejecuta la actividad • Estado del caso (completado, cancelado, etc.) • Atributos adicionales

Fuente: [elaboración propia].

4.4.4. ETAPA 3. ANÁLISIS DEL PROCESO

En la tabla 23 se presentan los pasos de la metodología, las técnicas y las herramientas usadas para el análisis de los procesos y la determinación de los hallazgos.

Tabla 23. Análisis del proceso y hallazgos caso de estudio 3

PASO DE LA METODOLOGÍA	TÉCNICA USADA	HALLAZGOS	HERRAMIENTAS
Descubrir el modelo real del proceso	Algoritmo <i>fuzzy</i> de descubrimiento del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> El proceso se ejecuta a través de 35 actividades. Existen 455 variantes (diferentes caminos posibles para la ejecución del proceso). 	Disco
Analizar el desempeño del proceso	Análisis de tiempos. Visualización y animación del modelo real del proceso. Análisis de tiempos.	<ul style="list-style-type: none"> El 82% de los casos se termina en 7 días o menos. Se determinó el cuello de botella del proceso (actividad 4). El usuario 9 tiene un tiempo de procesamiento 9 veces mayor en la actividad 4 que el promedio de todos los usuarios. 	Disco Microsoft Excel
Analizar la red social	Análisis de recursos. Análisis de tiempos y recursos. Análisis de la red social. Arbol de decisión.	<ul style="list-style-type: none"> 33 personas (usuarios) están involucrados en la ejecución del proceso. Existen diferencias grandes de productividad entre los diferentes recursos. Los usuarios que no traspasan el trabajo a otros usuarios tienen menores tiempos de procesamiento del caso. La persona que tiene a cargo el caso influye en que se complete exitosamente. 	Disco SPSS

Fuente: [elaboración propia].

Los hallazgos se presentaron y analizaron con el personal de la organización proveedora del sistema BPMS. Debido a la confidencialidad de la información, no se pudo llegar hasta el análisis de las alternativas de mejora y a la etapa de rediseño del proceso. Debido a esto, este caso de estudio tuvo un alcance únicamente de diagnóstico.

4.4.5. LECCIONES APRENDIDAS Y SU IMPACTO EN LA METODOLOGÍA

En la figura 13 se encuentran los pasos que se aplicaron de la metodología. La etapa de definición del proyecto no se realizó, debido a su naturaleza. Este caso inició directamente con la etapa de preparación de los datos, que no requirió mayor tiempo o esfuerzo, dado que la estructura de la base de datos del sistema BPMS facilitó el desarrollo de la consulta (*query*) para extraer la información.

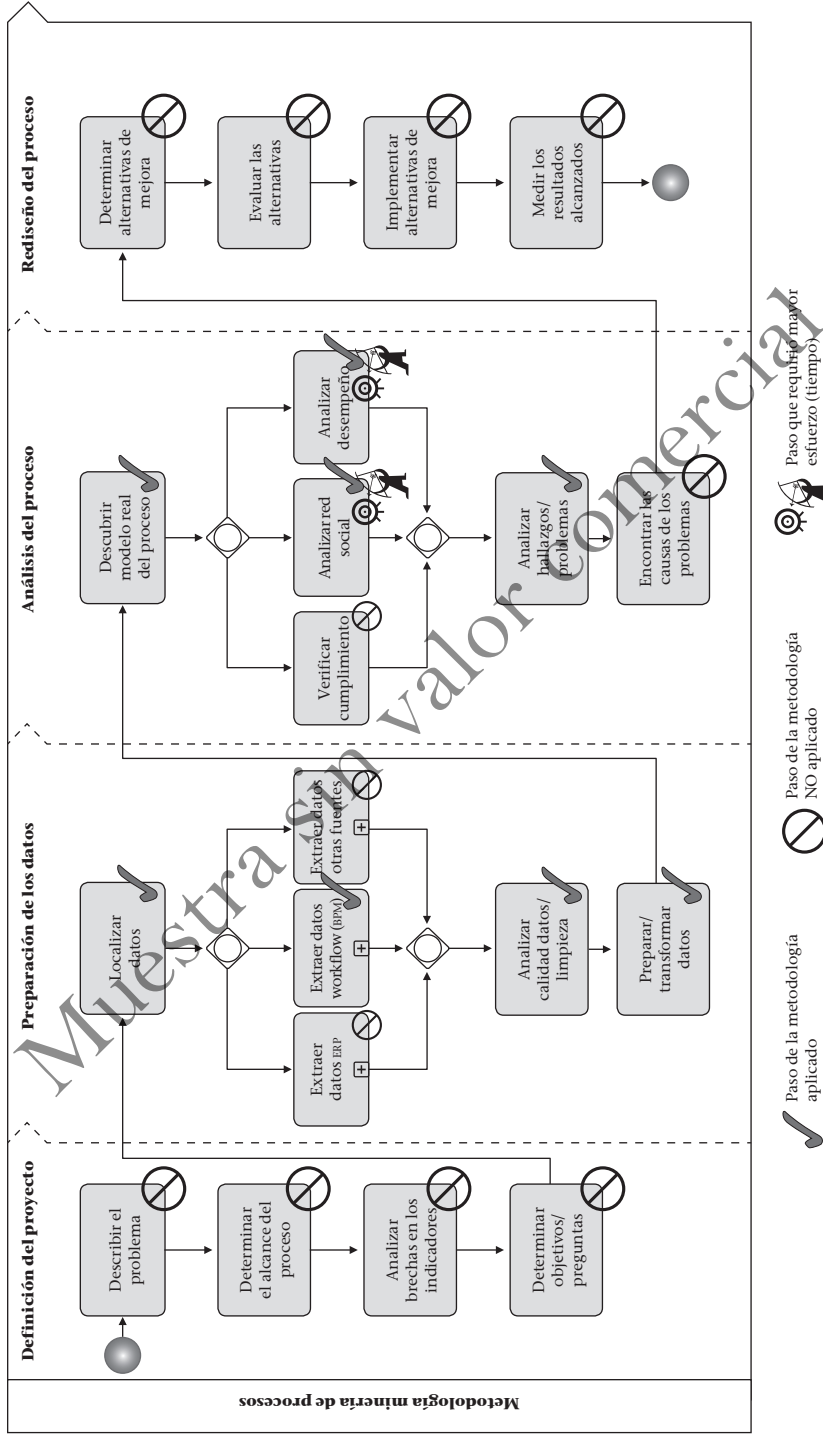
La etapa que precisó mayor tiempo y esfuerzo fue la del análisis del proceso, porque no se contó con una línea base de comparación —por ejemplo, la modelación o diagrama de flujo del deber-ser del proceso—. En este proyecto se necesitó combinar técnicas tradicionales de minería de datos (árboles de decisión) con técnicas específicas de minería de procesos (algoritmo *fuzzy*, análisis de la red social y análisis de tiempos y productividad).

A continuación se explican las lecciones aprendidas de este caso y su impacto en el diseño de la metodología:

- Los proyectos basados en datos son de tipo exploratorio, donde no se tiene una base cuantitativa para evaluar el éxito del proyecto o el cumplimiento de objetivos. Este tipo de proyectos no parte de unos objetivos o preguntas que deban resolverse, por lo que no se puede medir el impacto del proyecto, más allá de los hallazgos encontrados de la etapa del análisis del proceso.
- En los proyectos basados en datos no es relevante la etapa de definición del proyecto, dado que no están apalancados por objetivos de mejora, sino por transformar los datos en información y hallazgos. Este tipo de proyectos inicia con la localización y la extracción de datos.
- La estructura de la base de datos del sistema BPMS de Bizagi facilita la identificación de las tablas para extraer datos.
- Los sistemas BPMS registran de forma sistemática y en una estructura lógica toda la información requerida para el análisis de minería de procesos.

Una vez se concluyeron los casos de estudio, se precedió con la evaluación por parte de las personas involucradas en el proyecto por parte de las organizaciones, lo que se presenta en la sección a continuación.

Figura 13. Pasos de la metodología aplicados caso de estudio 3

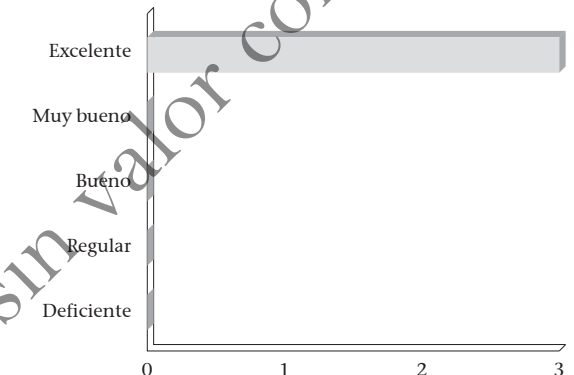
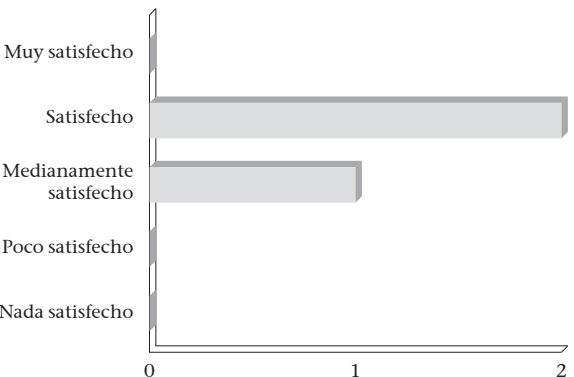


Fuente: [elaboración propia].

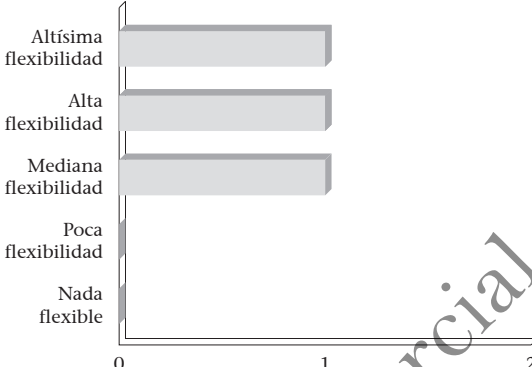
4.5. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología se evaluó con base en las características y los requerimientos de diseño que se plantearon en el capítulo 3. Para esto se diseñó una encuesta y se aplicó a tres personas que estuvieron directamente involucradas en el proyecto. Los cargos de estas personas son: gerente de operaciones, consultor de gestión y el coordinador de planeación y operaciones. En la tabla 24 se presentan los resultados.

Tabla 24. Resultados de la evaluación de la metodología por parte de los usuarios

PREGUNTA	RESULTADO												
¿Cómo califica la facilidad para entender los pasos seguidos en la metodología aplicada en el proyecto?	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Excelente</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Muy bueno</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Bueno</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Resultados	Excelente	3	Muy bueno	0	Bueno	0	Regular	0	Deficiente	0
Categoría	Resultados												
Excelente	3												
Muy bueno	0												
Bueno	0												
Regular	0												
Deficiente	0												
Califique el grado de satisfacción con respecto a los objetivos inicialmente planteados	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy satisfecho</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Satisfecho</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Medianamente satisfecho</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Poco satisfecho</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Nada satisfecho</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Resultados	Muy satisfecho	0	Satisfecho	2	Medianamente satisfecho	1	Poco satisfecho	0	Nada satisfecho	0
Categoría	Resultados												
Muy satisfecho	0												
Satisfecho	2												
Medianamente satisfecho	1												
Poco satisfecho	0												
Nada satisfecho	0												

Continúa

PREGUNTA	RESULTADO
<p>En su opinión, ¿qué tanta flexibilidad cree que tiene la metodología en cuanto a su aplicabilidad en otros procesos de la empresa o en otro tipo de empresa?</p>	 <p>A horizontal bar chart with a scale from 0 to 2. The y-axis lists five flexibility levels: 'Altísima flexibilidad', 'Alta flexibilidad', 'Mediana flexibilidad', 'Poca flexibilidad', and 'Nada flexible'. Three bars are present, each extending to the value 1 on the x-axis. These bars correspond to 'Altísima flexibilidad', 'Alta flexibilidad', and 'Mediana flexibilidad'. No bars are shown for 'Poca flexibilidad' and 'Nada flexible'.</p>
<p>¿Considera que la metodología tiene una orientación al negocio o es netamente técnica?</p>	<p>“Netamente técnica”.</p> <p>“La metodología es técnica pero los resultados de la metodología podrían ayudar a la toma de decisiones”.</p> <p>“La considero más técnica que orientada al negocio”.</p>
<p>¿Qué opina acerca del tiempo requerido para la aplicación de la metodología?</p>	<p>“El tiempo es sorprendentemente corto, pero depende de la dedicación y organización de la empresa”.</p> <p>“Es un proyecto corto con resultados que se pueden evidenciar rápidamente”.</p> <p>“Me parece excelente porque es un proyecto corto”.</p>
<p>¿Qué impresiones o recomendaciones tiene con respecto a la metodología aplicada en el proyecto de minería de procesos?</p>	<p>“Hay que involucrar más a la empresa y poner en contrato todo lo que depende de la empresa y presionarlo más”.</p> <p>“La metodología es excelente pero vi dificultades en la extracción de información”.</p> <p>“Pues creo que hubiéramos avanzado más si no hubiéramos tenido que depender tanto de ti para la extracción de datos”.</p>

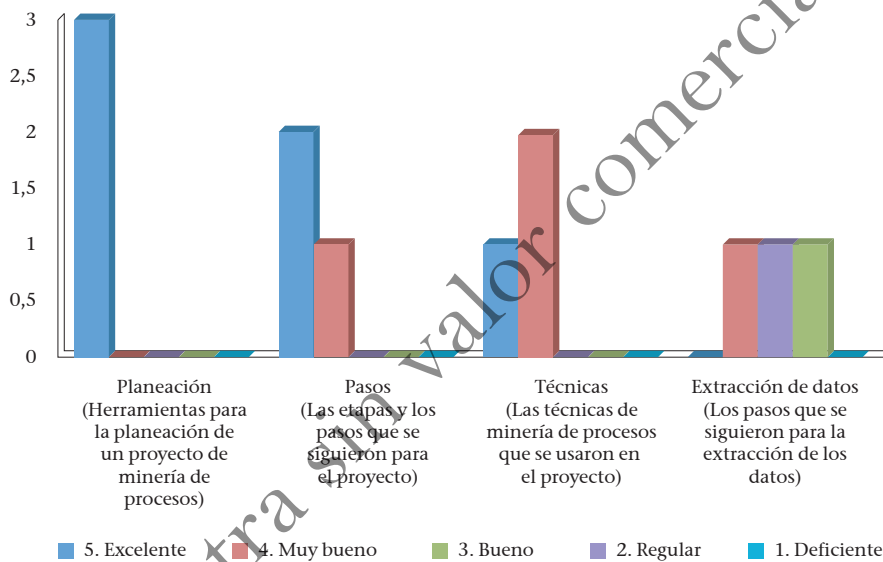
Fuente: [elaboración propia]

Del análisis de los resultados de la encuesta se destaca el entendimiento de los usuarios de los pasos de la metodología, dado que todos calificaron este aspecto como excelente. En cuanto a la flexibilidad de la metodología, no hay una percepción unificada; sin embargo, estas se ubicaron entre mediana y alta flexibilidad, al igual que la satisfacción con el cumplimiento de los objetivos, que está entre medianamente satisfecho y satisfecho.

De las preguntas abiertas, se destaca la percepción de los usuarios con respecto al corto tiempo requerido para generar resultados con la metodología. Un aspecto que se debe revisar es la percepción de la orientación de la metodología, dado que los usuarios manifiestan que esta

tiene predominantemente una orientación técnica, aunque destacan que los resultados pueden servir de apoyo para la toma de decisiones. Por otro lado, se evaluó la percepción con respecto a las herramientas para la planeación, pasos de la metodología, técnicas y la extracción de datos lo que se presenta en la figura 14.

Figura 14. Percepción de los usuarios con respecto a la planeación, pasos y técnicas



Fuente: [elaboración propia].

Con respecto a la calificación de los usuarios, se destacan las herramientas para la planeación del proyecto, las etapas y pasos de la metodología y las técnicas de minería de procesos aplicadas en el proyecto. El aspecto que tiene la menor calificación es la extracción de datos del sistema de información, lo que también se refleja en los comentarios escritos de la encuesta.

Teniendo en cuenta el análisis de requerimientos hecho para la metodología (véase sección 3.4) y los resultados de los casos de estudios y de la evaluación de la metodología, se evaluó el nivel de cumplimiento con respecto a los requerimientos. Esto se presenta en la tabla 25.

Tabla 25. Evaluación de los usuarios de la metodología con respecto a los requerimientos

REQUERIMIENTO DE LA METODOLOGÍA	NIVEL DE CUMPLIMIENTO	RESULTADO
Fácil de entender	Alto	Los usuarios destacan este aspecto al calificarlo en nivel excelente.
Flexible	Medio	No hay una percepción unificada al respecto; sin embargo, la calificación está entre mediana y alta flexibilidad.
Metodología orientada al negocio	Bajo	Los usuarios perciben la metodología como predominante técnica. En los requerimientos se estableció que debe tener una orientación hacia el negocio.
Cumplimiento de objetivos	Medio	Los usuarios manifiestan que están satisfechos con la consecución de los objetivos.
Tiempo requerido para la implantación	Alto	Es uno de los factores que más se destaca, dado que percibe que el tiempo para la aplicación de los pasos de la metodología es corto.
Herramientas para la planeación del proyecto	Alto	Los usuarios destacan las herramientas usadas para la planeación del proyecto.
Las etapas y pasos de la metodología	Alto	Las etapas y pasos de la metodología fueron calificadas entre muy bueno y excelente.
Aplicación de las técnicas de minería de procesos	Alto	Las técnicas de minería de procesos fueron calificadas entre muy bueno y excelente.
Pasos seguidos en la extracción de datos	Bajo	Este aspecto fue calificado entre muy bueno y regular y en las preguntas abiertas manifiestan las dificultades técnicas presentadas en la extracción de los datos.

Fuente: [elaboración propia].

La evaluación de la metodología por parte de los usuarios fue uno de los aspectos considerados para su ajuste. Los aspectos críticos de la evaluación que influyeron en este son:

- Los usuarios perciben dificultades en la extracción de los datos, especialmente del sistema SAP ERP. Se deben especificar de forma detallada los lineamientos para la extracción de los datos de los sistemas ERP resultado de las lecciones aprendidas con el caso de estudio 1.

- Los usuarios perciben la metodología como predominantemente técnica. Debido a esto, se debe reforzar la alineación de los objetivos de la minería de procesos con los objetivos estratégicos y hacer hincapié en que los resultados de la minería de procesos entregan información y generan conocimiento para la toma de decisiones.

4.6. AJUSTES A LA METODOLOGÍA

Los casos de estudio y su evaluación permitieron ajustar la metodología, pero sobre todo permitieron determinar los aspectos prácticos y los factores críticos que se deben considerar para la exitosa aplicación de la minería de procesos. A continuación se presentan los ajustes realizados a la metodología preliminar:

- Se incluyó el paso de *analizar el flujo del proceso* en la etapa de definición del proyecto a través de la modelación del proceso. Este análisis permite localizar después los datos y comparar el modelo descubierto del proceso con los procedimientos establecidos.
- Se determinaron los pasos que se pueden aplicar de la metodología dependiendo de la naturaleza del proyecto de minería de procesos (basado en preguntas, objetivos o datos).
- Se determinaron los lineamientos específicos para la localización y la extracción de los datos de los sistemas ERP de SAP y BPMS de Bizagi.
- Se determinaron los pasos donde resulta crítico el acompañamiento de los líderes y ejecutores del proceso analizado.
- Se presentan lineamientos para vincular los objetivos y preguntas del proyecto con los objetivos estratégicos para poner el relieve en la orientación de la metodología hacia los objetivos del negocio.

En el siguiente capítulo se explica de forma detallada la metodología final ajustada con las etapas, los pasos, los procedimientos y las herramientas. En esta se incorpora todo el conocimiento y las lecciones aprendidas de los casos de estudio, así como los factores críticos para tener en cuenta en la exitosa aplicación de las técnicas de minería de procesos en un contexto organizacional.

Muestra sin valor comercial

PARTE 3
METODOLOGÍA DE
LA MINERÍA DE PROCESOS

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

CAPÍTULO 5.

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE LA MINERÍA DE PROCESOS

En este capítulo se describe el diseño detallado de la metodología de aplicación de la minería de procesos.¹ En la sección 5.1 se presenta de forma general la metodología y en la sección 5.2 se expone el caso de estudio ejemplo usado para explicar su aplicación. A partir de la sección 5.3 se explican las etapas y pasos de la metodología: 1) definición del proyecto, 2) preparación de los datos, 3) análisis del proceso y 4) rediseño del proceso.

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología desarrollada tiene como objetivo principal facilitar la aplicación de la minería de procesos en proyectos de rediseño y mejora de procesos. En la tabla 26 se describen las principales características de esta.

¹ La metodología detallada de aplicación de minería de procesos, de ahora en adelante, va a ser llamada simplemente metodología.

Tabla 26. Características de la metodología

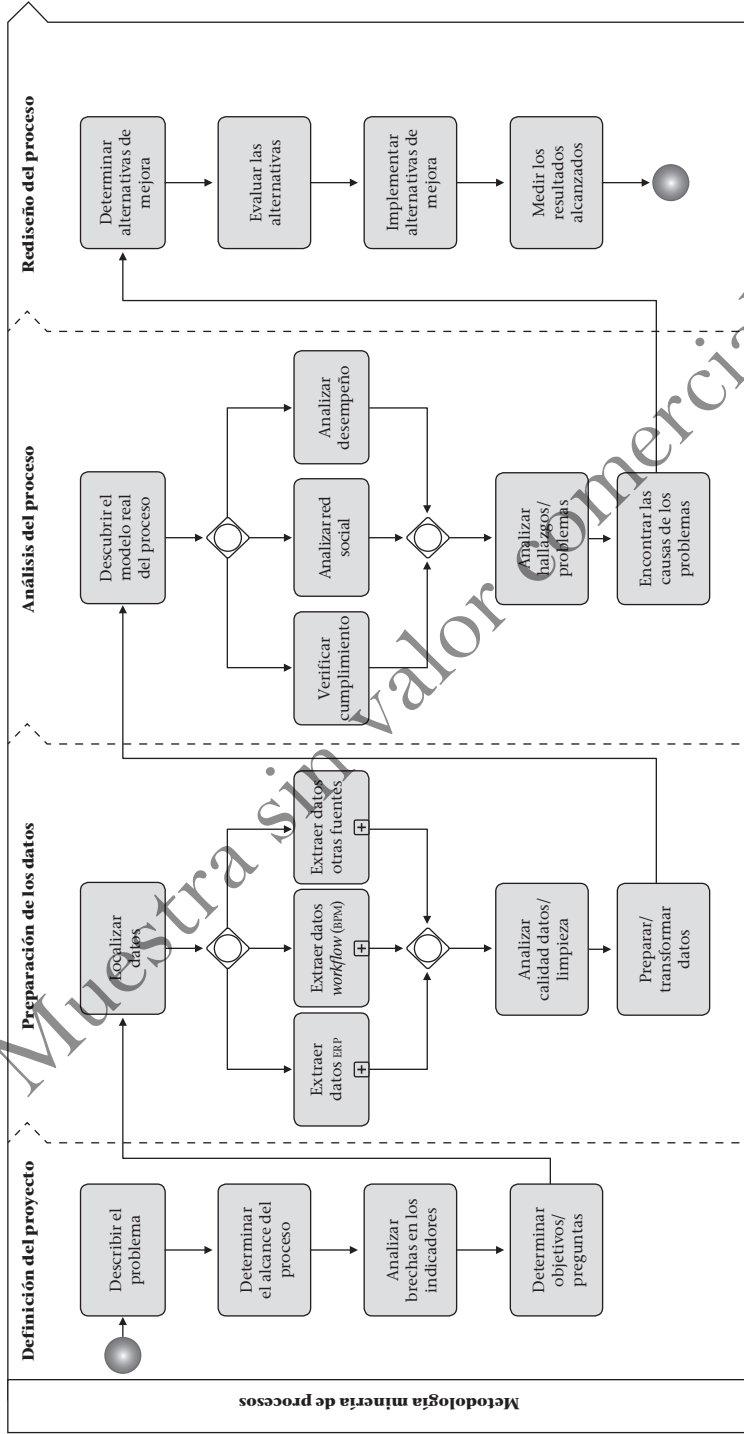
CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Alcance	La metodología abarca todas las actividades, desde la definición del proyecto hasta el rediseño del proceso basado en el análisis con las técnicas de minería de procesos.
Usuarios de la metodología	Los usuarios de esta metodología son profesionales, consultores e investigadores interesados en aplicar las técnicas de minería de procesos para el análisis y mejoramiento de los procesos de negocio.
Conocimientos previos	Para la aplicación de las técnicas de preparación de datos y análisis del proceso los usuarios requieren conocimientos básicos en minería de datos y minería de procesos. Se requiere conocimiento básico en un paquete de minería de procesos como Disco o ProM o en un paquete estadístico como SPSS o SAS.
Ambientes de aplicación	Esta metodología puede ser aplicada en empresas y procesos de cualquier tipo.
Requerimientos de información	Para la aplicación de la metodología se requiere un sistema de información que registre los datos de ejecución real del proceso.

Fuente: [elaboración propia].

La metodología propuesta resultado del diseño conceptual fue la línea base que después de aplicarse en los casos de estudio se complementó de acuerdo con los criterios explicados en el capítulo 6. En la figura 15 se representa la metodología.

La metodología consta de unas etapas y pasos específicos, los que se describen en la siguiente sección de este capítulo de forma detallada.

Figura 15. Metodología para la aplicación de minería de procesos



Fuente: [elaboración propia].

5.2. CASO DE ESTUDIO EJEMPLO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para ejemplificar la aplicación de la metodología se usa un proceso teórico de reparación de equipos de telecomunicaciones. Este caso permite explicar de forma detallada la aplicación de cada uno de los pasos de la metodología y, al ser teórico, cuenta con la ventaja de no estar sujeto a la limitación de la confidencialidad de la información. En la tabla 27 se describen las principales características del proceso teórico y de la empresa.

5.3. ETAPA I. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa se define el proceso que se va a analizar y se determinan sus principales problemas. Se define el alcance del proceso y se analizan los resultados de los indicadores de gestión del proceso para establecer los objetivos del proyecto de minería de procesos o las preguntas que se van a resolver. A continuación se desarrollan los pasos específicos.

5.3.1. DESCRIBIR EL PROBLEMA

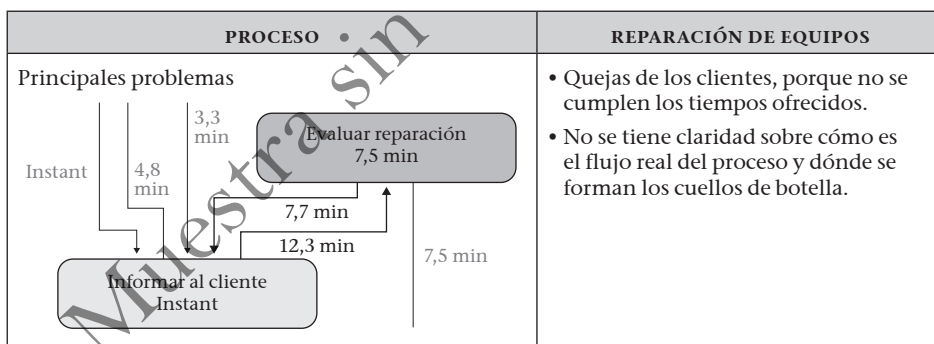
El propósito de la descripción del problema es entender los principales problemas y oportunidades de mejora en el proceso. En esta etapa se debe buscar un consenso entre las partes interesadas sobre las razones por las cuales el proceso debe ser mejorado, por ejemplo: quejas de los clientes, demoras, reprocesos, incumplimiento de normatividad, tiempos de respuesta, entre otros. En la figura 16 se describe el problema del caso de estudio ejemplo.

Tabla 27. Características del caso de estudio ejemplo

CARACTERÍSTICAS CASO TEÓRICO	DESCRIPCIÓN
Empresa	Empresa de asistencia técnica para equipos de telecomunicaciones.
Proceso	Reparación de equipos de telecomunicaciones.
Alcance del proceso	Desde que el cliente realiza la solicitud hasta que el cliente recibe el equipo reparado.
Volumen	La empresa atiende en promedio 1100 solicitudes (casos) mensuales.
Personal involucrado	En el proceso intervienen 12 personas (6 evaluadores y 6 técnicos en reparación).
Sistema de apoyo	El proceso está sustentado por un sistema de <i>workflow</i> que registra las actividades del proceso.

Fuente: [elaboración propia].

Figura 16. Descripción del problema del caso de estudio ejemplo



Fuente: [elaboración propia].

5.3.2. DETERMINAR EL ALCANCE DEL PROCESO

En esta etapa se identifica el alcance del proceso que se va a analizar definiendo sus entradas, salidas, reglas de negocio y recursos. Esta información es de gran utilidad para entender y delimitar el flujo del proceso y de los documentos que están asociados con transacciones del sistema de información, lo que se usa para localizar los datos en la siguiente etapa de la metodología.

Por otro lado, se deben determinar las reglas de negocio que el proceso debe cumplir, lo que se usa en la etapa de análisis cuando se descubre el modelo real del proceso y se verifica si se están cumpliendo estas reglas. El diagrama de alcance del proceso propuesto por Harmon [36] consta de lo siguiente:

- *Fuente*: es la fuente de la entrada, como puede ser el cliente, otro proceso u área de la compañía.
- *Entradas*: es la información, insumos, requerimientos que se transforman en el proceso.
- *Salidas*: es el resultado esperado del proceso.
- *Cliente*: a quién va dirigida la salida del proceso, cómo puede ser el cliente externo, otro proceso o área de la compañía.
- *Reglas de negocio*: son políticas, lineamientos y normatividad que se debe cumplir en la ejecución del proceso.
- *Recursos*: son los recursos informáticos, humanos y físicos que se usan en la ejecución del proceso.

En la figura 17 se presenta el diagrama de alcance del proceso para el caso de estudio ejemplo.

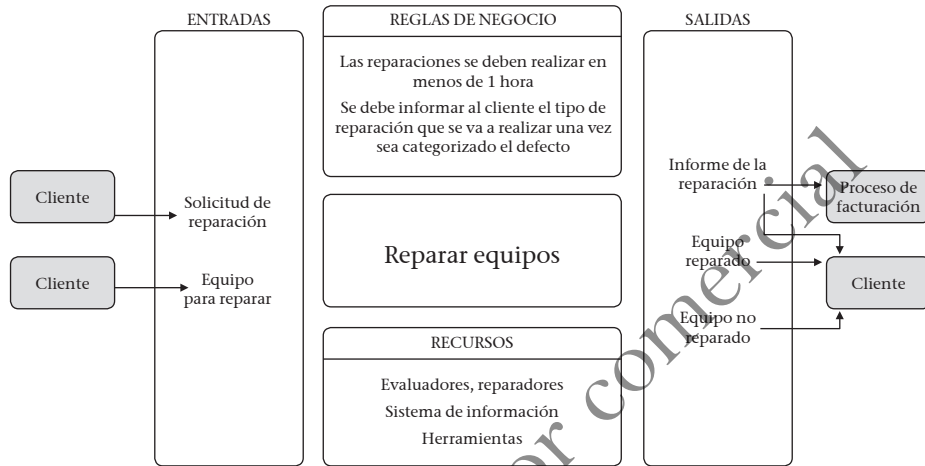
5.3.3. ENTENDER EL FLUJO DEL PROCESO

En esta etapa se modela el proceso actual según cómo se debería ejecutar para entender el flujo de las actividades, los eventos, las decisiones del proceso y la información y documentos que se generan. En los sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) los documentos están asociados con transacciones que determinan las tablas donde se registran

Figura 17. Alcance del proceso del caso de estudio ejemplo

Determinar el alcance del proceso

Diagrama de alcance del proceso: reparación de equipos



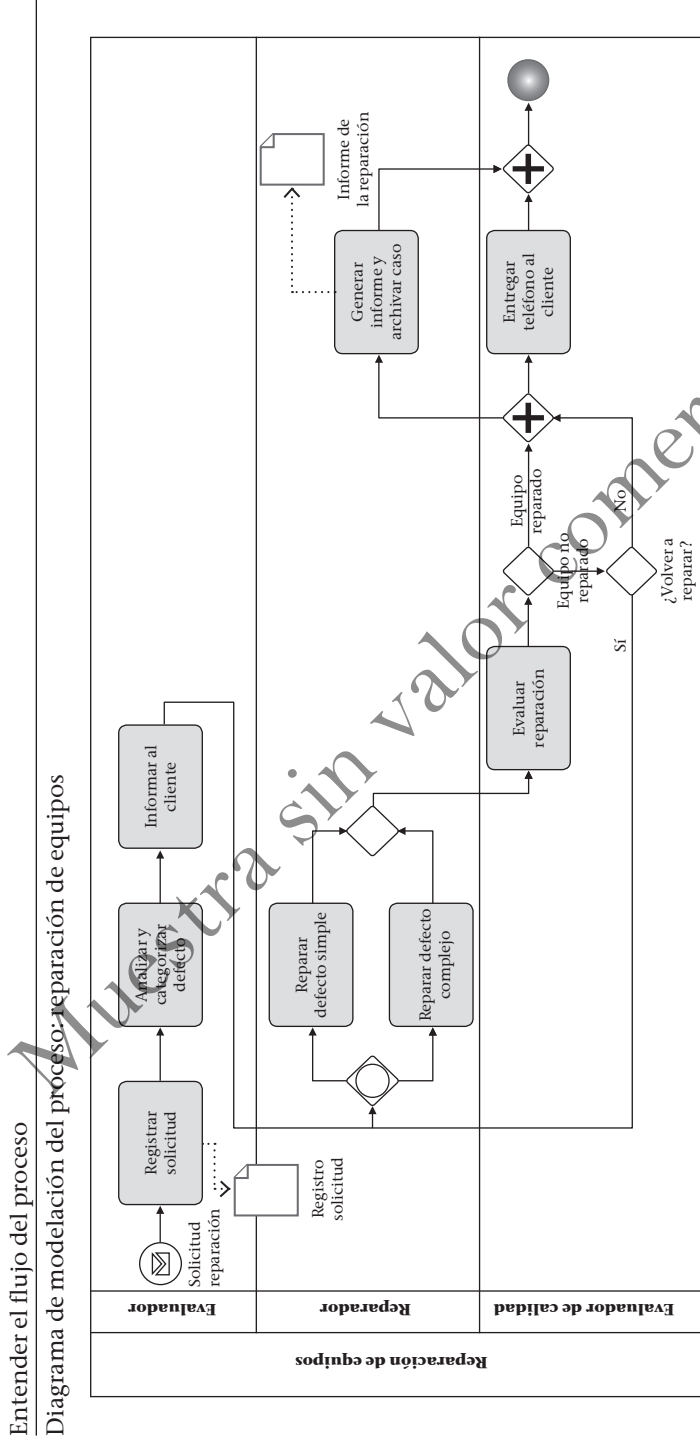
Las entradas al proceso son la solicitud de reparación y el equipo que se va a reparar y las salidas del proceso son el equipo reparado y un informe que va al proceso de facturación. Dentro de las reglas de negocio se incluye el servicio ofrecido al cliente, que es de una hora, y adicionalmente se le debe informar el tipo de reparación que se va a realizar una vez se caracteriza el defecto.

Fuente: [elaboración propia].

las actividades y los tiempos del proceso, por lo que el análisis del flujo de actividades y de documentos es el punto de partida para la localización y extracción de los datos para el análisis con minería de procesos.

En la modelación del proceso se deben mapear sus actividades, eventos y decisiones, así como el flujo de datos y documentos. La modelación en esta etapa tiene como objetivo representar el modelo actual idealizado del proceso que sirve de base para comparar con el modelo real que se obtiene en el descubrimiento del proceso en la fase 3 de la metodología. Como notación se recomienda usar la notación *Business Process Model and Notation* (BPMN), dado que provee una semántica estándar para la modelación y análisis de procesos [38]. En la figura 18 se presenta la modelación del proceso de reparación de equipos del caso de estudio ejemplo.

Figura 18. Flujo del proceso del caso de estudio ejemplo



El proceso inicia con la solicitud de la reparación por parte del cliente. Esta se registra en el sistema de información y el evaluador procede a analizar y categorizar el defecto para informar al cliente el tipo de reparación que se va a realizar. Dependiendo del tipo de defecto, se procede a la reparación, bien sea simple o compleja. Una vez reparado el equipo, el evaluador de calidad procede a verificar la reparación y decide si se puede entregar el equipo al cliente o si se debe volver a reparar. Finalmente, se genera un informe para facturación y se archiva el caso.

Fuente: [elaboración propia].

5.3.4. ANALIZAR BRECHAS EN LOS INDICADORES

En el análisis de brechas se determina el desempeño actual del proceso mediante los indicadores de gestión y se establece el desempeño esperado del proceso, una vez se ejecute el proyecto de minería de procesos y se implanten las mejoras [38]. Para establecer el desempeño esperado del proceso se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

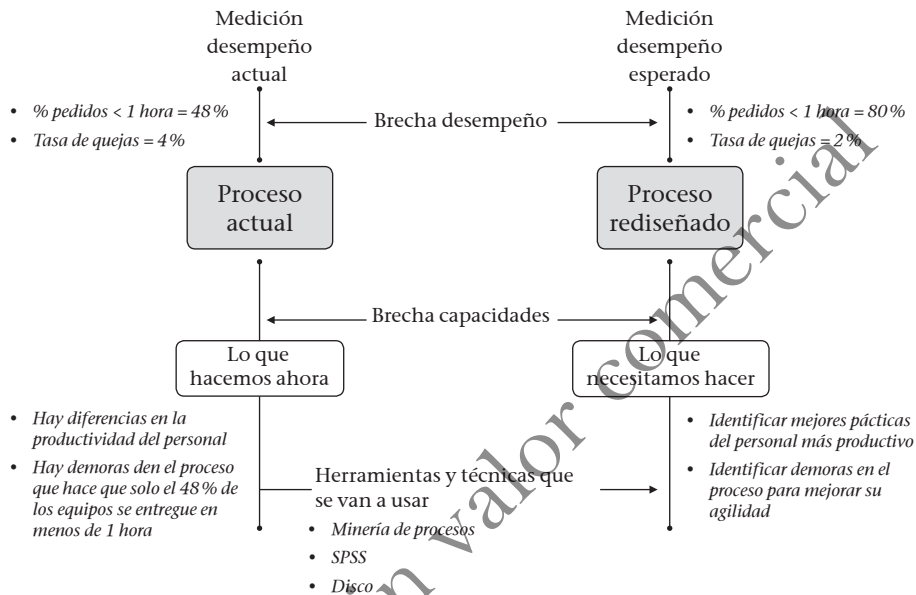
- *Las expectativas de los clientes del proceso.* Se debe indagar sobre los requerimientos y las expectativas de los clientes con respecto al resultado entregado por el proceso. Por ejemplo, en el caso de estudio 2 se identificó que los clientes del proceso son las áreas de una universidad que solicitan comprar productos o bienes. La expectativa de estos clientes era que los pedidos se demoren máximo un mes, por lo que fue la base para establecer los objetivos de mejora.
- *Comparación competitiva (benchmarking).* Para tener una base se puede realizar una comparación competitiva, bien sea interna o externa. En la interna se podrían comparar áreas, procesos similares, sucursales, filiales o líneas de producción dentro de la misma organización o grupo empresarial. En la comparación externa es posible contrastar el nivel de desempeño del proceso con el alcanzado por la competencia u otras organizaciones.
- *Alineación con los objetivos estratégicos.* Los proyectos de minería de procesos deben tener un impacto sobre algún indicador estratégico o clave de gestión. Se debe realizar una alineación de los indicadores de desempeño del proceso con los objetivos estratégicos para priorizar estos indicadores y enfocarse en lo que tiene mayor impacto para el logro de la estrategia de la organización.

Por otro lado, se determina la brecha de capacidades, que son las prácticas que se deben cambiar en la organización o mejoras que se deben realizar para obtener el desempeño esperado. Estas brechas se determinan tomando como base la percepción y conocimiento de los ejecutores del proceso y posteriormente con el análisis de la minería de procesos se sustentan mediante el análisis de los datos de ejecución real del proceso. En la figura 19 se presenta el análisis de brechas del caso de estudio ejemplo.

Figura 19. Análisis de brechas del caso de estudio ejemplo

Análisis de brechas

Diagrama de análisis de brechas del proceso: reparación de equipos



En la brecha de desempeño se incluyeron dos indicadores críticos para la calidad del servicio, que es el porcentaje de pedidos que se entregan en menos de una hora y la tasa de quejas (solicitudes/quejas). Con respecto al primer indicador, solo el 48% de los pedidos se entrega en menos de una hora y como objetivo del proyecto se plantea aumentar al 80%. La tasa de quejas se planea bajar del 4% al 2% después del rediseño del proceso.

Se tiene la percepción por parte del líder del proceso de que existen diferencias en la productividad del personal, reprocesos y demoras que se requieren identificar claramente con las técnicas de minería de procesos.

Fuente: [elaboración propia].

5.3.5. DETERMINAR OBJETIVOS DEL PROYECTO O PREGUNTAS

Como se explicó en el capítulo 4, existen tres tipos de proyectos de minería de procesos: basado en preguntas, basados en objetivos y basado en datos. En aquellos basados en objetivos, como el caso de estudio 2, se usa la información del análisis de brechas para determinar las metas del proyecto de minería de procesos a través de la definición del nivel deseado en los indicadores de gestión del proceso (por ejemplo, disminuir los reprocesos en 10%) y otros aspectos cualitativos (por ejemplo, determinar las mejores prácticas de los empleados con mayor

productividad). En los proyectos basados en preguntas, como el caso de estudio 1 del capítulo 4, se establecen las preguntas o hipótesis que se quiere resolver con minería de procesos (por ejemplo: ¿cuáles son las variables que influyen en los tiempos de ciclo?).

Los proyectos basados en datos o exploratorios tienen algunas desventajas, pues no se pueden determinar los criterios de éxito del proyecto. En estos no se puede comparar el resultado del proyecto con unos objetivos. Por otro lado, se presentan dificultades al escoger las herramientas que se deben usar de la minería de procesos, dado que no está claro qué se quiere buscar. Es recomendable en este tipo de proyectos realizar el esfuerzo para entender los principales problemas del proceso y analizar las brechas de desempeño de forma que se puedan transformar en proyectos basados en objetivos o preguntas.

Un ejemplo de un proyecto basado en datos es el caso de estudio 3, donde se obtuvo acceso únicamente a los datos. A partir de estos se realizó el análisis y se determinaron y presentaron los hallazgos. Sin embargo, no se pudo medir el impacto del proyecto más allá del diagnóstico del proceso. Por otro lado, los casos de estudio 1 y 2 partieron de unos objetivos y unas preguntas que se resolvieron con la minería de procesos, lo que fue determinante para localizar y extraer los datos y para seleccionar qué herramientas aplicar en la etapa de análisis. En la figura 20 se presentan los objetivos del proyecto de caso de estudio ejemplo.

Figura 20. Objetivos del proyecto del caso de estudio ejemplo

Objetivos del proyecto: Caso de estudio ejemplo

Para el proyecto de minería de procesos del proceso de reparación de equipos se establecen los siguientes objetivos:

- Aumentar el porcentaje de equipos reparados en menos de una hora del 48% al 80%.
- Disminuir la tasa de quejas asociadas al proceso al 2%.

Adicionalmente, se establecen algunas preguntas que se pretenden resolver con la minería de procesos:

- ¿Existen diferencias en la productividad de los evaluadores y reparadores?
 - ¿Existe alguna relación entre el tipo de reparación (simple o compleja) y el tiempo de atención?
-

Fuente: [elaboración propia].

Los objetivos y preguntas de la minería de datos guían la siguiente etapa de la metodología, donde se determinan y extraen los datos relevantes para el análisis con la minería de procesos.

5.4. ETAPA 2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

El punto de partida para cualquier análisis con minería de procesos es el registro de eventos. La calidad de los resultados de la minería de procesos va a depender de la calidad de los datos con que se realice el análisis [5], por lo que esta etapa de la metodología se debe llevar a cabo con especial atención.

Es importante considerar que en la mayoría de los sistemas de información el registro de eventos del proceso no se encuentra en una bitácora exclusiva o unificada, dado que puede estar en múltiples bases de datos, tablas, estructuras de datos, archivos, cubos de información, entre otros. En esta investigación se encontró que cada tipo de sistema de información tiene una estructura diferente y de esto depende la forma en que se registran los datos del proceso. Sistemas ERP como el de SAP (caso estudio 1) o Peoplesoft (caso estudio 2) guardan la información en tablas y estructuras de datos que están asociadas a las transacciones, por ejemplo, generar una orden de venta o registrar el ingreso de la mercancía. Sistemas de tipo *Business Process Management Systems* (BPMS), como el de Bizagi, tienen una base de datos unificada donde se encuentran las tablas en las que se guarda la información del registro del proceso.

En esta etapa de la metodología se parte de localizar los datos relevantes del proceso que se va a analizar, para extraerlos del sistema de información. Estos deben ser estudiados para verificar su calidad y, si es necesario, limpiarlos. La etapa finaliza con la consecución del registro del proceso en el formato requerido para el análisis con las diferentes herramientas de *software* de minería de procesos.

5.4.1. LOCALIZAR DATOS

Los datos requeridos del registro de eventos para el análisis con minería de procesos se pueden dividir en datos principales y datos secundarios.

Los primeros son los datos mínimos requeridos para aplicar las técnicas de minería de procesos y los segundos son datos adicionales que idealmente se deberían tener para enriquecer el análisis; sin embargo, no son estrictamente requeridos. Por ejemplo, muchos sistemas no registran cuándo se inicia una actividad, por lo que se puede trabajar con el tiempo fin de la actividad; no obstante, en ese caso no se podría realizar el análisis de tiempos de duración de las actividades, sino únicamente de los tiempos entre actividades. En la tabla 28 se presenta la descripción de los datos requeridos para el análisis con la minería de procesos.

Tabla 28. Descripción de datos principales y secundarios para el análisis con minería de procesos

DATOS	PRINCIPAL	SECUNDARIO	DESCRIPCIÓN
ID caso	X		Es la identificación del número de caso, como número de requerimiento, orden de compra, solicitud, etc. Todas las actividades de una instancia del proceso deben estar asociadas por el número de caso.
Actividades	X		Es la descripción de las actividades, tareas, pasos o eventos, que siguen una secuencia en la ejecución del proceso (por ejemplo, generación orden, aprobación orden, etc.).
Registro de tiempo fin	X		Es el registro de fecha y hora de cuando se finaliza una actividad o evento (por ejemplo, fecha y hora de la radicación del requerimiento).
Registro de tiempo inicio		X	Es el registro de fecha y hora de cuando inicia la actividad o evento.
Recurso		X	Corresponde a la persona, usuario o cargo que ejecuta la actividad o evento.
Atributos		X	Son los atributos adicionales de cada caso (por ejemplo, en un proceso de compras: área solicitante, tipo de producto que se va a comprar, proveedor, comprador, entre otras).

Fuente: [elaboración propia].

La localización y selección de los datos debe estar guiada por los objetivos de la minería de procesos y por las preguntas que se quieren responder. En el caso de estudio 2, una de las preguntas era si el comprador y el tipo de producto que se va a comprar tienen influencia en los

tiempos de ciclo, por lo que se incluyó la información del comprador y la familia de producto para analizar si influyen en tales tiempos. En el caso de estudio 1 se planteó la pregunta sobre cuáles son las causas del incumplimiento en el tiempo de entrega, por lo que se incluyeron todas las variables que pueden influir en el tiempo de ciclo, como son el tipo de venta (contado o crédito) y la oficina de venta que entrega el pedido.

Por otro lado, para la localización y extracción de estos datos se debe tener en cuenta la madurez del registro de eventos que se expuso en el capítulo 2 (sección 2.3). En los sistemas cuyo registro de eventos tiene nivel de madurez 5, como el sistema BPMS del caso de estudio 3, se registran los eventos con toda la información necesaria para el análisis con minería de procesos y esta información se encuentra en una semántica clara en las estructuras de tablas del sistema, por lo que se facilita la localización y extracción de los datos.

Por otro lado, los sistemas ERP, como el sistema SAP del caso de estudio 1 o Peoplesoft del caso de estudio 2, tienen una estructura compleja y los datos de ejecución de un proceso se pueden encontrar en múltiples tablas y estructuras de datos. Estos sistemas, a pesar de ser llamados *Process Aware Information Systems* (PAIS), en su forma de guardar los registros de eventos no están orientados a procesos, sino a transacciones, y cada una de estas tiene sus tablas y estructuras de datos asociados. En la tabla 29 se explican los aspectos que se deben considerar en la localización de los datos, dependiendo del nivel de madurez del registro o bitácora de eventos.

En el paso de localizar los datos es de suma importancia el trabajo en conjunto con el personal que conoce el sistema de información y el flujo del proceso como se explicó en el caso de estudio 1. En sistemas de información como SAP ERP existen múltiples campos de fecha asociados con una transacción, por lo que es importante contar con el conocimiento de los expertos de la organización tanto de las áreas funcionales como de tecnología para localizar y seleccionar los datos correctos. En la figura 21 se presenta los datos requeridos para el caso de estudio ejemplo.

Tabla 29. Aspectos que se consideran en la extracción de datos y su relación con el nivel de madurez del registro de eventos

NIVEL DE MADUREZ	ASPECTOS POR CONSIDERAR	RECOMENDACIONES
4-5	<ul style="list-style-type: none"> • Son los encontrados en sistemas <i>workflow</i> y <i>BPMs</i>. • Registran la fecha inicio y fin de las actividades y los recursos que ejecuta cada actividad. • En el registro de eventos se encuentra la noción de <i>ID</i> del caso e instancias del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para asegurar que se incluyan todas las actividades y eventos del proceso es recomendable analizar la modelación del proceso con la notación <i>BPMN</i>. • Se debe determinar si la fecha de inicio de la actividad corresponde a la fecha en que el sistema crea automáticamente la actividad o la fecha en que el usuario inicia con el procesamiento de la actividad.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Son los encontrados en los sistemas <i>ERP</i>. • Los datos de un proceso se pueden encontrar en múltiples tablas y estructuras de datos. • En el sistema <i>SAP</i> solo se registra la fecha y hora en que se guarda la transacción, por lo que no se va a tener la fecha inicio, sino únicamente la fecha que finaliza la actividad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para entender el flujo del proceso y seleccionar las transacciones relevantes es recomendable analizar la modelación del proceso en la notación <i>BPMN</i>. • En la modelación del proceso se deben identificar los documentos asociados a las transacciones del sistema (por ejemplo, generación orden de venta). De esta forma se puede analizar el flujo de datos para determinar las transacciones a extraer del sistema (véase el caso de estudio 1 del capítulo 4). • Es recomendable identificar con los usuarios y ejecutores del proceso los datos y campos relevantes de cada transacción del sistema de información que se requieren extraer.

Fuente: [elaboración propia]

Figura 21. Descripción del registro de eventos del caso de estudio ejemplo

Localización de datos: caso estudio ejemplo

Registro de eventos del proceso: Reparación de equipos

CASE ID	ACTIVIDAD	RECURSO	TIMESTAMP DE INICIO	TIMESTAMP FINAL	TIPO DE DEFECTO	TIPO DE TELÉFONO
1	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/02 06:23:00.000	2013/01/02 06:23:00.000		
1	Análisis y categorización de defectos	Reparador3	2013/01/02 06:23:00.000	2013/01/02 06:30:00.000	6	T2
1	Reparación compleja	ReparadorC1	2013/01/02 06:31:00.000	2013/01/02 06:49:00.000		
1	Evaluar reparación	Reparador3	2013/01/02 06:49:00.000	2013/01/02 06:55:00.000		
1	Informar al cliente	Sistema	2013/01/02 07:10:00.000	2013/01/02 07:10:00.000		
1	Archivar el caso	Sistema	2013/01/02 07:10:00.000	2013/01/02 07:10:00.000		
1	Fin	Fin	2013/01/02 07:10:00.000	2013/01/02 07:10:00.000		
10	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/01 05:09:00.000	2013/01/01 05:09:00.000		
10	Análisis y categorización de defectos	Reparador2	2013/01/01 05:09:00.000	2013/01/01 05:15:00.000	3	T1
10	Reparación simple	ReparadorS1	2013/01/01 05:35:00.000	2013/01/01 05:42:00.000		
10	Evaluar reparación	Reparador6	2013/01/01 05:42:00.000	2013/01/01 05:48:00.000		
10	Volver a reparar	Sistema	2013/01/01 05:54:00.000	2013/01/01 05:54:00.000		
10	Reparación simple	ReparadorS2	2013/01/01 05:54:00.000	2013/01/01 06:03:00.000		
10	Informar al cliente	Sistema	2013/01/01 05:55:00.000	2013/01/01 05:55:00.000		
10	Evaluar reparación	Reparador4	2013/01/01 06:03:00.000	2013/01/01 06:09:00.000		
10	Archivar el caso	Sistema	2013/01/01 06:14:00.000	2013/01/01 06:14:00.000		
10	Fin	Fin	2013/01/01 06:14:00.000	2013/01/01 06:14:00.000		

Los datos principales del registro de eventos son el ID del caso, el nombre de la actividad y el tiempo de finalización de la actividad (*Timestamp* final). Los datos secundarios son el recurso o persona que ejecuta la actividad, el tiempo de inicio de la actividad (*Timestamp* de inicio), el tipo de defecto y el tipo de teléfono que se va a analizar. Estos dos últimos son atributos adicionales del proceso. Los datos secundarios están asociados al caso, por lo que se registran en una sola actividad del proceso, como por ejemplo en el caso 1, en la actividad de análisis y categorización de defectos se registra que el tipo de defecto es el 6 y el tipo de teléfono T2.

Fuente: [elaboración propia].

5.4.2. EXTRAER DATOS

Una vez seleccionados los datos, se deben extraer del sistema de información en un formato estándar. Para guardar e intercambiar los registros de eventos se creó en el 2003 el estándar *Mining eXtensible Markup Language* (MXML), y más recientemente el formato *eXtensible Events Stream* (XES) [12]. Este proporciona una sintaxis concreta para los registros de eventos y lo respaldan las principales herramientas de minería de procesos (ProM, Disco, OpenXES); sin embargo, los sistemas de información fuente del registro de eventos (como Bizagi, SAP, entre otros) aún no generan los datos directamente en este formato.

En términos prácticos, la extracción de datos se puede realizar en un archivo con formato *comma separated value* (CSV) y usar un conversor como ProMimport para transformar el registro en formato XES o trabajar directamente con el formato CSV o de hoja de cálculo. Se debe tener en cuenta que herramientas estadísticas como SPSS o SAS no soportan el formato XES, por lo que si se requiere analizar con técnicas de minería de datos (árboles de decisión, análisis de conglomerados, regresión, etc.), la mejor opción es trabajar con el formato CSV. En la tabla 30 se presentan los factores que se deben considerar en la extracción de datos.

Tabla 30. Factores a consideraren la extracción de los datos

FACTORES	RECOMENDACIÓN
Intervalo de fechas	Para determinar el intervalo de fechas se deben tener en cuenta los tiempos de ciclo del proceso; por ejemplo, en el caso de estudio 2, los tiempos de ciclo del proceso variaban de 1 semana a 5 meses, por lo que el intervalo de fechas abarcó 18 meses.
Objetivos y preguntas por resolver	Se deben tener en cuenta los objetivos y preguntas del proyecto, como en el caso de estudio 1, en el que se quería analizar el comportamiento del proceso de los últimos 3 meses, dado que se fusionaron dos operaciones en ese periodo.
Software que se va a usar	Si se va a usar exclusivamente <i>software</i> de minería de procesos como Disco o ProM se recomienda usar el formato XES. Para <i>software</i> de análisis estadístico como SPSS o SAS se puede trabajar con datos en formato CSV o de hoja de cálculo.

Fuente: [elaboración propia].

5.4.3. ANALIZAR CALIDAD DE DATOS/LIMPIEZA

De la calidad de los datos va a depender la calidad del análisis con minería de procesos. Existen diferentes razones por las cuales los datos pueden tener una baja calidad, entre las que se encuentran:

- *Datos incompletos.* Se presenta cuando los usuarios de los sistemas de información no registran toda la requerida en cada uno de los casos. En el caso de estudio 2 se encontró que el campo fecha de recepción del pedido por parte del área solicitante en muchos casos no se registró, debido a que no es un campo obligatorio en el sistema de información. En este caso se realizó una imputación de datos después del análisis de correlación con otra variable.
- *Campos seleccionados incorrectos.* Se presenta cuando en la localización de datos se seleccionan campos incorrectos. En el caso de estudio 1 se seleccionó, en una transacción del sistema SAP ERP, el campo fecha de registro, pues se asumió que es la fecha de registro del pedido; sin embargo, esta fecha correspondía a la fecha de registro de cambios en el pedido.
- *Valores atípicos.* Se presenta cuando hay casos atípicos o especiales que causan ruido en los datos. En el caso de estudio 2 se encontró casos de solicitudes de compra en los que se requería una importación de un producto bajo pedido, cuyo tiempo de entrega era mayor a 6 meses, por lo que la compra duró cerca de un año. Este es un caso atípico, con respecto al cual se debe decidir sobre su conveniencia o no para incluirlo en el análisis.
- *Casos no terminados.* Se presenta cuando se extraen los datos en determinado rango de fechas y en medio de esto pueden quedar casos que iniciaron, pero que no han concluido, por lo que se deben identificarlos para eliminarlos.

En el capítulo 2 (sección 2.3) se establecieron los criterios mediante los cuales se evalúa la calidad de los datos, y en la tabla 31 se exponen los posibles problemas con los datos y las estrategias para superarlos.

Tabla 31. Estrategias para asegurar la calidad de los datos

ASPECTO	POSIBLES PROBLEMAS	ESTRATEGIAS
Confiabilidad	Valores atípicos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar con la ayuda de algoritmos estadísticos los casos con datos atípicos*. • Analizar con los ejecutores del proceso los casos atípicos para identificar las causas y decidir sobre su eliminación o inclusión.
	Campos seleccionados incorrectos	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajar en conjunto con los ejecutores del proceso y con el personal de tecnología para la localización de los campos en el sistema de información. • Realizar un muestreo de casos para verificar la coherencia de los datos comparando los datos obtenidos con los datos registrados en el sistema.
Complejidad	Datos incompletos	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis de aleatoriedad de los datos perdidos para decidir sobre la imputación de estos datos. • Cambiar la configuración del sistema de información para volver obligatorios los datos requeridos para el análisis con minería de datos.
	Casos no terminados	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir dentro de los atributos del caso, el estado del caso (en curso, terminado). • Identificar los casos no terminados y eliminarlos.
Seguridad	Confidencialidad de la información	<ul style="list-style-type: none"> • Firmar acuerdos de confidencialidad para tranquilidad de las partes interesadas. • Consultar las leyes de cada país para tener presente las restricciones en el manejo y distribución de la información.

* Algunos paquetes estadísticos como SPSS o SAS tienen incorporados algoritmos para la identificación de los datos atípicos. Los paquetes de minería de procesos como Disco o ProM no tienen esta funcionalidad.

Fuente: [elaboración propia].

En cuanto a la seguridad y confidencialidad de la información, existe todavía gran preocupación por parte de las empresas y sus líderes debido al temor de la difusión y mal uso de esta información. En los casos de estudio 1 y 3 se tuvieron acuerdos de confidencialidad muy estrictos, lo que dio tranquilidad a las partes.

5.4.4. PREPARAR/TRANSFORMAR DATOS

El último paso de esta etapa es la transformación de los datos en el formato requerido para el análisis con las aplicaciones de minería de datos y de procesos. En la mayor parte de los casos se obtienen los datos del registro del proceso donde se tiene una fila por cada caso, pero los paquetes de minería de procesos como Disco requieren los datos organizados por caso, donde cada fila corresponde a una actividad o evento del caso como se muestra en la figura 22.

Para transformar los datos al formato XES se recomienda usar un conversor como ProMImport, en caso que se use exclusivamente *software* de minería de procesos como Disco o ProM para el análisis. En caso de que se usen diferentes tipos de aplicaciones de minería de datos, paquetes estadísticos y hojas de cálculo, se puede optar por el desarrollo de macros personalizadas en paquetes como Microsoft Excel para transformar los datos, como se realizó en los casos de estudio 1 y 2. En la figura 22 se presenta el ejemplo de la transformación de los datos para el caso de estudio ejemplo.

En el caso de estudio ejemplo se obtuvieron 1104 casos, correspondiente a 8839 registros (filas). En la tabla 32 se presenta el resumen de los datos obtenidos.

5.5. ETAPA 3. ANÁLISIS DEL PROCESO

El objetivo de esta etapa es aplicar las técnicas de minería de procesos para responder las preguntas establecidas en la etapa de definición del proyecto y para identificar hallazgos que contribuyan a la consecución de los objetivos planteados. Se parte, por lo tanto, de los datos obtenidos en la etapa anterior y se aplican los algoritmos para descubrir información valiosa para la mejora del proceso.

5.5.1. DESCUBRIR EL MODELO REAL DEL PROCESO

El objetivo del descubrimiento del proceso es aplicar algoritmos que analizan el registro de eventos para generar el modelo de ejecución real del proceso capturando el comportamiento observado en el registro.

Figura 22. Formato requerido para el análisis con minería de procesos

Transformación de los datos: caso de estudio ejemplo

Formato inicial

CASE ID	ACTIVIDAD I	FECHA INICIO	FECHA FINAL	ACTIVIDAD 2	FECHA INICIO	FECHA FINAL
1	Registro del teléfono	02/01/2013 06:23	02/01/2013 06:23	Análisis y categorización	02/01/2013	02/01/2013

Formato requerido

CASE ID	ACTIVIDAD	RECURSO	FECHA INICIO	FECHA FINAL
1	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/02 06:23:00	2013/01/02 06:23:00.000
1	Análisis y categorización	Evaluador3	2013/01/02 06:23:00	2013/01/02 06:30:00.000

Fuente: [elaboración propia].

Tabla 32. Registro de eventos del proceso del caso de estudio ejemplo

Número de registros		Número de casos (instancias del proceso)				
8839		1104				
Rango de fechas:		Campos obtenidos				
02/enero/2013 al 22/enero/2013		Campos obtenidos				
CASE ID	ACTIVIDAD	RECURSO	TIMESTAMP DE INICIO	TIMESTAMP FINAL	TIPO DE DEFECTO	TIPO DE TELÉFONO
1	Registro del teléfono	Sistema	2013/01/02 06:23:00.000	2013/01/02 06:23:00.000		
1	Análisis y categorización de defectos	Evaluador3	2013/01/02 06:23:00.000	2013/01/02 06:30:00.000	6	T2
1	Reparación compleja	ReparadorC1	2013/01/02 06:31:00.000	2013/01/02 06:49:00.000		
1	Evaluar reparación	Evaluador3	2013/01/02 06:49:00.000	2013/01/02 06:58:00.000		
1	Informar al cliente	Sistema	2013/01/02 07:10:00.000	2013/01/02 07:10:00.000		
1	Archivar el caso	Sistema	2013/01/02 07:10:00.000	2013/01/02 07:10:00.000		
1	Fin	Fin	2013/01/02 07:10:00.000	2013/01/02 07:10:00.000		

Fuente: [elaboración propia].

El modelo real del proceso se usa para compararlo con el modelo idealizado del proceso y descubrir las diferentes variantes o caminos posibles en la ejecución real del proceso para verificar si se están cumpliendo los procedimientos, políticas y reglas de negocio.

Por ejemplo, en el caso de estudio 1, a pesar de que el proceso se consideraba estandarizado, se descubrieron que existen 115 variantes o caminos diferentes para su ejecución. Por otro lado, las herramientas visuales y de animación de aplicaciones como Disco permiten de forma visual descubrir el cuello de botella del proceso, basado en la animación de los casos reales y de su flujo a través de *tokens*. En la tabla 33 se presentan las técnicas, herramientas de este paso y su uso.

Tabla 33. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en el descubrimiento del proceso

ALGORITMO/TÉCNICA	HERRAMIENTA DE SOFTWARE	USO/POSIBLES HALLAZGOS
<ul style="list-style-type: none"> Algoritmos de descubrimiento del proceso (<i>fuzzy</i>, heurístico, genético) Redes de Petri Diagrama de modelación del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> Disco ProM Aris 	<ul style="list-style-type: none"> Descubrir el modelo real de ejecución del proceso. Descubrir los diferentes caminos por los cuales se ejecuta el proceso (variantes). Descubrir los reprocesos. Determinar la variante más frecuente (flujo por el cual se ejecutan la mayor parte de los casos). Determinar el volumen de casos que pasan por determinada actividad o evento.
Animación del modelo real del proceso	Disco	<ul style="list-style-type: none"> Detección visual de cuellos de botella. Detección visual de la ruta crítica de ejecución del proceso.

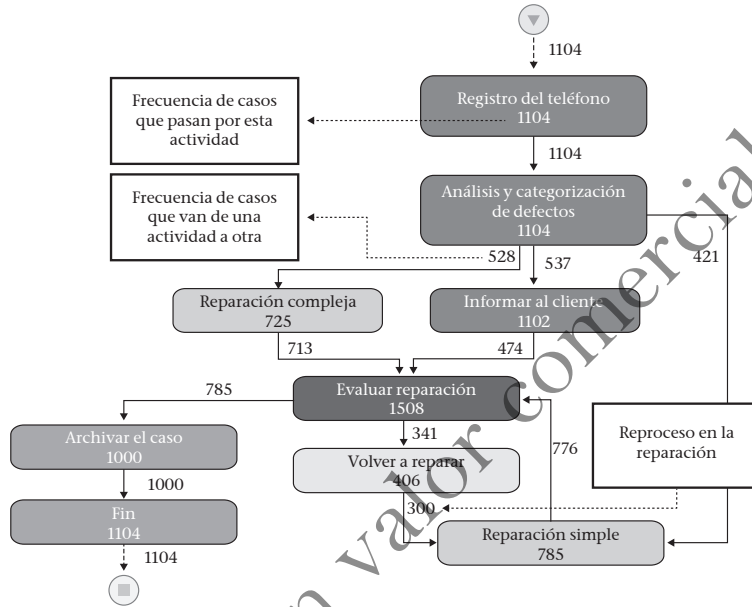
Fuente: [elaboración propia].

En la figura 23 se presenta el modelo de ejecución real del proceso del caso de estudio ejemplo y su análisis.

Figura 23. Descubrimiento del proceso para el caso de estudio ejemplo

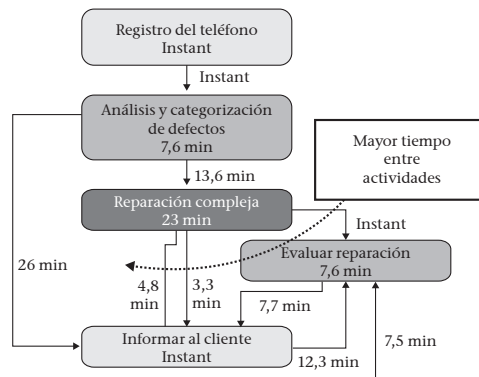
Modelo real del proceso: caso de estudio ejemplo

Modelo de ejecución real del proceso: reparación de equipos



El diagrama contiene el modelo de ejecución real del proceso con la ruta y actividades de mayor frecuencia. A continuación se presentan los hallazgos de este paso:

- Existen 60 variantes del proceso.
- La actividad “evaluar la reparación” se ejecutó 1508 veces en 1104 solicitudes, debido a que existen casos que requieren hasta 3 evaluaciones debido a los reprocesos en la reparación.
- La variante crítica del proceso se da cuando se cumple la política de informar al cliente una vez se categorice el defecto, dado que el tiempo entre estas dos actividades es de 26 minutos promedio (mayor tiempo de espera).



Fuente: [elaboración propia].

5.5.2. VERIFICAR CUMPLIMIENTO

La información del modelo de ejecución real del proceso se usa adicionalmente para verificar si se está cumpliendo con el flujo establecido del proceso, con las reglas de negocio y políticas del proceso. La información de las reglas de negocio identificadas en el diagrama de alcance del proceso de la primera etapa de la metodología se usa en este paso para comparar lo observado en la modelación real con lo establecido en los procedimientos. La verificación de cumplimiento puede hacer parte de programas de auditoría cuando el objetivo del proyecto de minería de procesos es obtener información para respaldar hallazgos de auditoría. En la tabla 34 se presentan las técnicas, las herramientas de este paso y su uso.

Tabla 34. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en la verificación de cumplimiento

ALGORITMO/TÉCNICA	HERRAMIENTA	USO/POSIBLES HALLAZGOS
<ul style="list-style-type: none"> Algoritmos de descubrimiento del proceso Redes de Petri Diagrama de modelación del proceso 	Disco ProM Aris	<ul style="list-style-type: none"> Determinar si se está cumpliendo con el flujo del proceso establecido. Determinar si se están omitiendo actividades o eventos en la ejecución real del proceso. Determinar si se están cumpliendo con las políticas y reglas de negocio establecidas. Determinar si están cumpliendo con los procedimientos y parámetros establecidos para el proceso.
Análisis de tiempos de ciclo	Disco ProM Aris SPSS	<ul style="list-style-type: none"> Determinar si se están cumpliendo con los tiempos de ciclo establecidos. Determinar si se están cumpliendo con los acuerdos de niveles de servicio.

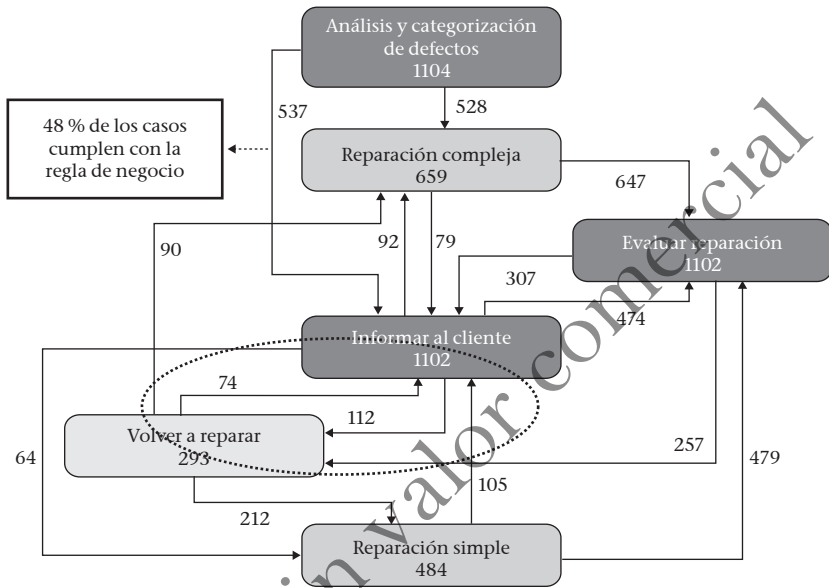
Fuente: [elaboración propia].

Para ejemplificar el paso de verificación de cumplimiento, en la figura 24 se presentan el diagrama y hallazgos para el caso de estudio ejemplo.

Figura 24. Verificación de cumplimiento para el caso de estudio ejemplo

Verificación de cumplimiento: caso de estudio ejemplo

Modelo real de ejecución del proceso: reparación de equipos



A continuación se presentan los principales hallazgos de esta etapa:

- La regla de negocio que establece que se debe informar al cliente una vez se realice la categorización de defectos solo se cumple en el 48% de los casos.
- La actividad de informar al cliente se ejecuta en el 99% de los casos, pero no en el orden establecido por la regla de negocio.
- El 8% de los casos que se categorizan inicialmente como reparación simple se deben volver a reparar mediante la reparación compleja.

Fuente: [elaboración propia].

5.5.3. ANALIZAR DESEMPEÑO DEL PROCESO

El objetivo de este paso de la metodología es analizar el desempeño del proceso con respecto a los tiempos de ejecución para determinar las variables que tienen mayor influencia en estos tiempos. Este análisis se puede realizar en los siguientes niveles:

- *Tiempos de ciclo del proceso.* Se usa para analizar los tiempos de ciclo totales determinando la duración promedio, la desviación estándar y el porcentaje de casos que duran menos de cierto tiempo.

- *Tiempos por actividad.* Se usa para analizar los tiempos de cada una de las actividades del proceso lo que permite analizar las actividades y variantes del proceso con mayor duración.
- *Tiempos entre actividades.* Se usa para analizar los tiempos entre la finalización de una actividad y el inicio de la siguiente actividad y de esta forma determinar los mayores tiempo de espera.
- *Árboles de decisión.* Esta técnica de la minería de datos se puede aplicar para determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia en los tiempos de ciclo.

Las técnicas y las herramientas seleccionadas en este paso van a depender de las preguntas que se quieran responder con el proyecto y los objetivos de mejora. Por ejemplo, en el caso de estudio 2, una de las preguntas fue la de conocer las variables que influyen en los tiempos de ciclo, por lo que se usaron los árboles de decisión, a través de cuya aplicación se encontró que el aprobador de la solicitud de compra influye en la probabilidad de que el pedido se reciba en menos de un mes. En la tabla 35 se presentan las principales técnicas, las herramientas y su uso en el diagnóstico del desempeño del proceso.

Tabla 35. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en el análisis de desempeño del proceso

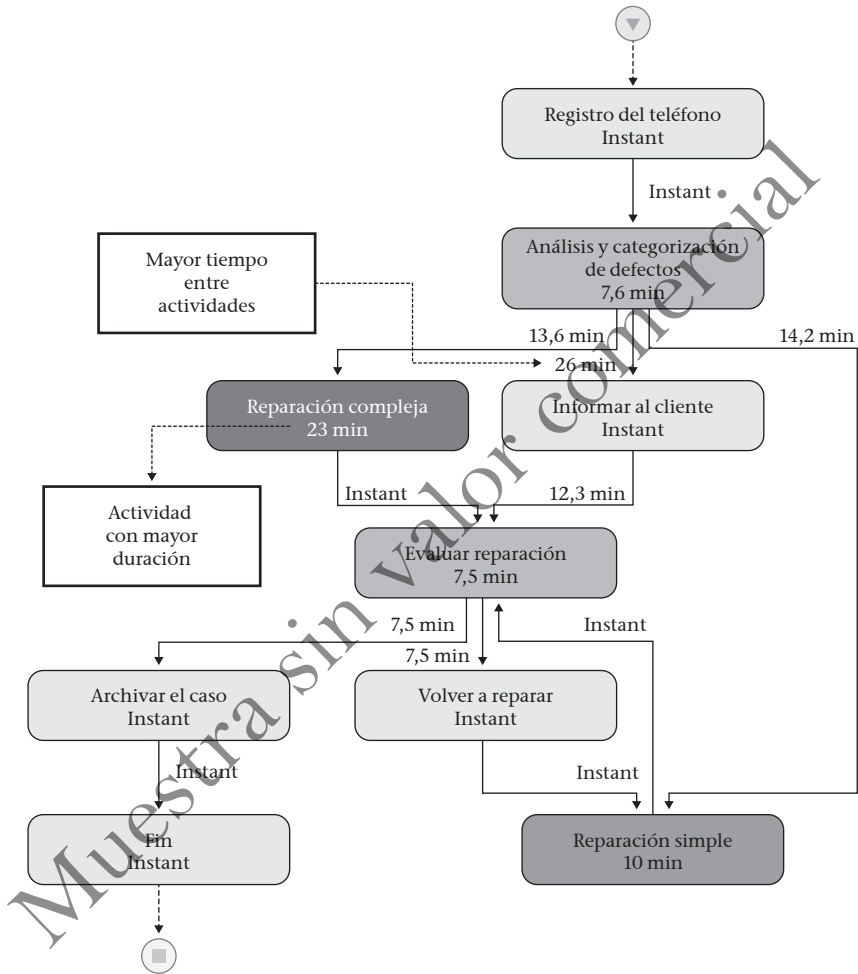
ALGORITMO/TÉCNICA	HERRAMIENTA	USO/POSIBLES HALLAZGOS
Análisis de tiempos	Disco ProM Aris SPSS	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los datos reales de los tiempos de ciclo promedio y su variabilidad. • Analizar la duración de cada una de las actividades. • Analizar los tiempos de espera en el proceso. • Analizar la incidencia de las variantes del proceso en los tiempos de ciclo.
Árboles de decisión	spss	<ul style="list-style-type: none"> • Descubrir las variables que tienen mayor incidencia en el tiempo de ciclo. • Descubrir las variables que influyen en la culminación exitosa de los casos.

Fuente: [elaboración propia].

Para ejemplificar este paso, en la figura 25 se presenta el análisis de desempeño del proceso para el caso de estudio ejemplo.

Figura 25. Análisis de desempeño del caso de estudio ejemplo

Análisis de desempeño: caso de estudio ejemplo



Los principales hallazgos del análisis de desempeño se presentan a continuación:

- El tiempo promedio de duración de los casos es de 65,8 minutos con una desviación estándar de 19.
- El 48% de los casos se atiende en menos de una hora.
- La actividad con mayor duración es “reparación compleja” con una duración promedio de 23 minutos.
- El mayor tiempo entre actividades es el que se da entre las actividades “análisis y categorización de defectos” e “informar al cliente” con una duración promedio de 26 minutos.
- El 25% de los casos que son categorizados como reparación compleja se resuelven en menos de una hora.
- El 18% de los casos que son categorizados como reparación simple se resuelven en menos de una hora.

Fuente: [elaboración propia].

5.5.4. ANALIZAR LA RED SOCIAL

El objetivo del análisis de la red social es descubrir las interacciones entre el personal para encontrar los bucles (*loops*) que demoran la ejecución del proceso, determinar las diferencias de productividad del personal y analizar su carga de trabajo.

Al igual que en el paso anterior, la selección de las técnicas y herramientas va a depender de las preguntas y objetivos del proyecto. Por ejemplo, en el caso de estudio 3 se usó el análisis del gráfico de la red social para identificar las personas que traspasan trabajo y evaluar los tiempos de ciclo con esta práctica. En el caso de estudio 1 se descubrieron diferencias en el volumen de casos manejados por el personal de las áreas involucradas en el proceso basado en el análisis de recursos. En el caso de estudio 2 se descubrieron las personas que tienen mayor demora en la aprobación de la solicitud de compra, esto basado en la animación gráfica de la red social. En la tabla 36 se presentan las principales técnicas, las herramientas y su uso en el diagnóstico del desempeño del proceso.

Tabla 36. Algoritmos, técnicas, herramientas y su uso en el análisis de la red social

ALGORITMO/TÉCNICA	HERRAMIENTA DE SOFTWARE	USO/POSIBLES HALLAZGOS
Análisis de la red social Animación gráfica de la red social	Disco ProM Aris	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la interacción entre los diferentes participantes del proceso. • Descubrir bucles (<i>loops</i>) en el proceso. • Descubrir las personas con mayor centralidad en el proceso.
Análisis de recursos	Disco ProM	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar la productividad de las personas que ejecutan determinada actividad. • Analizar la carga de trabajo del personal involucrado en el proceso.

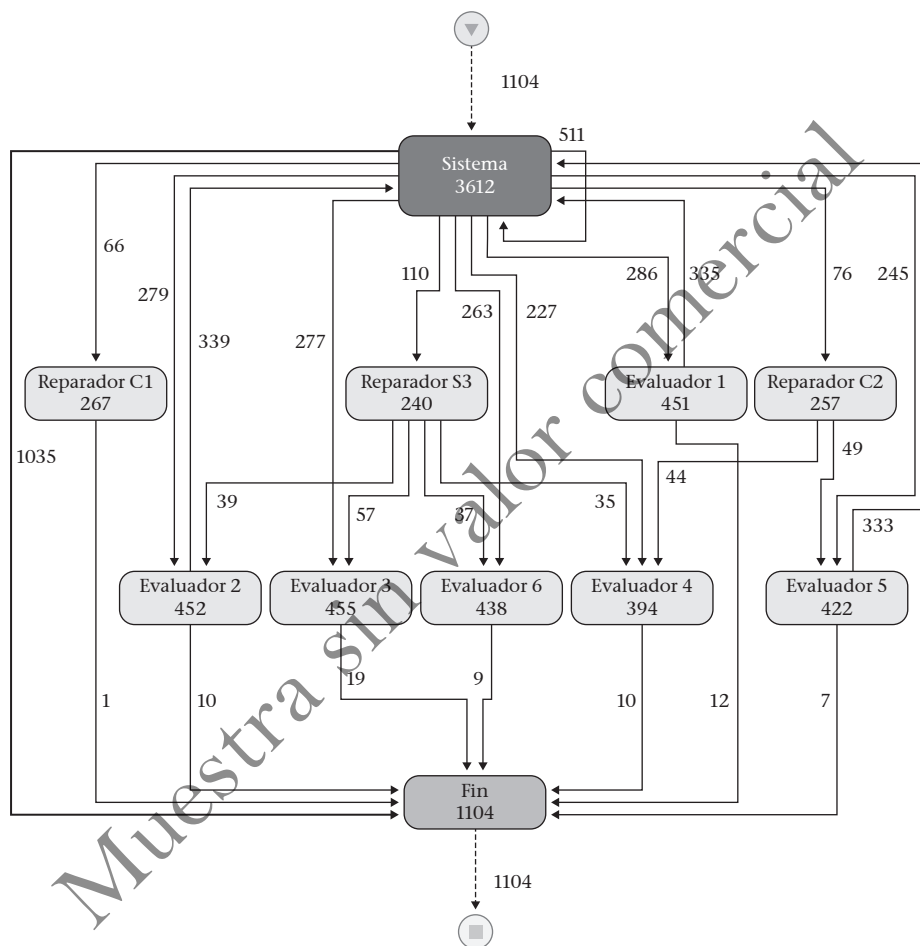
Fuente: [elaboración propia].

En la figura 26 se presenta el análisis de la red social para el caso de estudio ejemplo.

Figura 26. Análisis de la red social del caso de estudio ejemplo

Análisis de la red social: caso de estudio ejemplo

Análisis de la red social: proceso de reparación de equipos



A continuación se presentan los hallazgos de esta etapa:

- El reparador S3 interactúa principalmente con los evaluadores 2, 3, 4 y 6. El reparador C2 interactúa únicamente con el evaluador 5 y el evaluador 4.
- No existen personas con alta centralidad en el proceso. No se evidencian bucles (*loops*) que puedan causar reprocesos.
- El reparador C3 tiene un tiempo de ciclo en la reparación compleja 3 veces mayor a los otros reparadores (reparador C1, reparador C2).
- El reparador C3 maneja los casos donde se dan hasta 3 reparaciones. Es el encargado de las reparaciones de mayor complejidad.

Continúa

Resource	▲ Frequency	Relative frequency	Median duration
Sistema	3612	40,87 %	0 millis
Fin	1104	12,49 %	0 millis
Evaluador3	455	5,15 %	7 mins, 22 secs
Evaluador2	452	5,11 %	7 mins, 42 secs
Evaluador1	451	5,1 %	7 mins, 15 secs
Evaluador6	438	4,96 %	7 mins, 18 secs
Evaluador5	422	4,77 %	7 mins, 9 secs
Evaluador4	394	4,46 %	7 mins, 57 secs
ReparadorS1	296	3,35 %	5 mins, 59 secs
ReparadorC1	267	3,02 %	14 mins, 50 secs
ReparadorC2	257	2,91 %	14 mins, 37 secs
ReparadorS2	249	2,82 %	10 mins, 25 secs
ReparadorS3	240	2,72 %	14 mins, 55 secs
ReparadorC3	201	2,27 %	44 mins, 4 secs

Fuente: [elaboración propia].

5.5.5. ANALIZAR HALLAZGOS/PROBLEMAS

La aplicación de las técnicas de minería de procesos en los pasos descritos permite descubrir hallazgos que deben analizarse para determinar cuáles de estos tienen mayor impacto en el desempeño del proceso y en los indicadores que se pretenda mejorar con el proyecto. Por otro lado, se deben determinar los hallazgos que responden a las preguntas que se pretenden resolver y que fueron planteadas en la primera etapa del proyecto.

En la tabla 37 se presenta el análisis de los hallazgos en el caso de estudio ejemplo, donde se analizó el impacto en el tiempo de ciclo que está relacionado con uno de los objetivos del proyecto que es aumentar la tasa de casos entregados en menos de una hora. También se responden las preguntas planteadas para el proyecto basado en los hallazgos.

Tabla 37. Resumen de los hallazgos del caso de estudio ejemplo

Hallazgos: caso de estudio ejemplo

A continuación se presentan los principales hallazgos del caso de estudio ejemplo y su impacto en el objetivo del proyecto, que es aumentar el porcentaje de equipos reparados en menos de una hora, es decir, pasar del 45 % al 80 %.

	PRINCIPALES HALLAZGOS	IMPACTO EN EL TIEMPO DE CICLO
1	El 35% de los casos que se categorizan inicialmente como reparación simple se deben volver a reparar mediante la reparación compleja.	Alto
2	La regla de negocio que establece que se debe informar al cliente una vez se realice la categorización de defectos solo se cumple en el 48% de los casos.	Bajo
3	La actividad de informar al cliente se ejecuta en el 99% de los casos, pero no en el orden establecido por la regla de negocio.	Medio
4	La actividad con mayor duración es “reparación compleja” con una duración promedio de 14,7 minutos.	Alto
5	El mayor tiempo entre actividades es el que se da entre las actividades “análisis y categorización de defectos” e “informar al cliente” con una duración promedio de 26 minutos.	Alto
6	El 25% de los casos que son categorizados como reparación compleja se resuelven en menos de una hora.	Alto
7	El 18% de los casos que son categorizados como reparación simple se resuelven en menos de una hora.	Alto
8	El reparador C3 tiene un tiempo de ciclo en la reparación compleja 3 veces mayor a los otros reparadores (reparador C1, reparador C2).	Alto
9	El reparador C3 maneja los casos en donde se dan hasta 3 reparaciones.	Medio
10	El 8% de los casos que se categorizan inicialmente como reparación simple se deben volver a reparar mediante la reparación compleja.	Alto

Basándose en estos hallazgos se responden las preguntas planteadas en el proyecto:

Pregunta 1: ¿existen diferencias en la productividad de los evaluadores y reparadores?

Entre los evaluadores no existen diferencias en productividad, dado que en la actividad de evaluar la reparación los 6 evaluadores tienen tiempos en promedio similares (7 minutos). En cuanto al volumen de casos evaluados, existen pequeñas diferencias que no superan el 10% entre los evaluadores.

En los reparadores de los casos complejos (reparadores C1, C2 y C3) existen diferencias de productividad, dado que el tiempo de ciclo del reparador C3 en la reparación compleja es 3 veces mayor a los otros reparadores (reparador C1, reparador C2). Esto de acuerdo con los hallazgos 8 y 9.

Pregunta 2: ¿existe alguna relación entre el tipo de reparación (simple o compleja) y el tiempo de atención?

El tiempo de la actividad reparación compleja es de 23 minutos; mientras que la reparación simple es de 10 minutos. Sin embargo, al analizar el porcentaje de solicitudes atendidas en menos de una hora, en la reparación simple el 18% de los casos se atiende en menos de una hora; mientras que en la reparación compleja el 25% de los casos se atiende en menos de una hora (hallazgos 6 y 7). Una de las razones por las cuales se da esta diferencia es que el 8% de los casos que se categorizan como reparación simple terminan en reparación compleja (hallazgo 10).

5.5.6. ENCONTRAR CAUSAS DE LOS PROBLEMAS

Una vez se identifican los problemas se debe hacer un análisis en conjunto con las personas que ejecutan y conocen el proceso y sus líderes para determinar cuáles son las causas de los problemas detectados. Para esto existen algunas herramientas cualitativas y cuantitativas que permiten identificar, organizar y cuantificar estas causas. En la tabla 38 se presentan las principales herramientas que se pueden usar en este paso.

Tabla 38. Herramientas para la identificación de causas de los problemas

ALGORITMO/TÉCNICA	HERRAMIENTA DE SOFTWARE	USO
Análisis de causa-efecto (diagrama de espina de pescado)	Power Point Visio	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las causas de los problemas. • Categorizar las causas de acuerdo con su naturaleza (proceso, materiales, talento humano, gerencia, entorno, etc.).
Diagramas de Pareto	Microsoft Excel	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el 20% de las causas que producen el 80% de los defectos. • Priorizar las causas.
Análisis de causa-raíz	Power Point Visio	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la causa raíz de los problemas. • Determinar las relaciones recursivas de causa efecto.

Fuente: [elaboración propia].

En los casos de estudio 1 y 2 se usó la herramienta de análisis de causa-efecto por medio de la espina de pescado para determinar en conjunto con los ejecutores del proceso las posibles causas de los problemas y categorizarlas para su análisis. Con respecto al caso de estudio ejemplo, en la tabla 39 se presentan los principales problemas, los hallazgos relacionados (véase tabla 37) y la identificación de las causas.

Tabla 39. Análisis de causas del caso de estudio ejemplo

PRINCIPALES PROBLEMAS	HALLAZGOS RELACIONADOS	CAUSAS
Existen problemas con la categorización del defecto, dado que el 38% de las reparaciones simples terminan en reparación compleja.	1,0	<ul style="list-style-type: none"> • Prácticas deficientes para la categorización de defectos. • Herramientas de diagnóstico desactualizadas.
Existen demoras en entregar la información al cliente una vez se categoriza el defecto.	5,0	<ul style="list-style-type: none"> • Alta carga de trabajo de los evaluadores.
No se cumple la regla de negocio que establece que se debe informar al cliente una vez se categorice el defecto.	2,3	<ul style="list-style-type: none"> • No existe un sistema de información que controle que se informe al cliente una vez se categorice el defecto. • El personal no informa al cliente cuando la reparación es simple.
Existen diferencias de productividad en los evaluadores de la reparación compleja (hallazgos 8 y 9).	8,9	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de entrenamiento del reparador C3.

Fuente: [elaboración propia].

La etapa de análisis del proceso finaliza estableciendo los problemas y sus causas. Este es el insumo fundamental para en la siguiente etapa determinar las mejoras al proceso.

5.6. REDISEÑO DEL PROCESO

En esta etapa se determinan las alternativas de mejora del proceso, se evalúa su impacto y factibilidad de aplicación. El objetivo es implantar mejoras para conseguir los objetivos planeados en la etapa de definición del proyecto y mejorar de esta forma el desempeño del proceso. A continuación se presentan los pasos de esta etapa.

5.6.I. DETERMINAR ALTERNATIVAS DE MEJORA

Para determinar las alternativas de mejora del proceso es necesario tener en cuenta los diferentes factores y causas que influyen en los problemas de los procesos. Por ejemplo, considerar de qué manera mejorar el nivel de competencias del personal, modificar las reglas de negocio del

proceso, renovar la tecnología que respalda el proceso, mejorar el flujo y secuencia del proceso, eliminar las actividades que no agregan valor, entre otras. En la tabla 40 se presentan posibles alternativas.

Tabla 40. Posibles alternativas para el mejoramiento de procesos

ALTERNATIVAS DE MEJORA DEL PROCESO	EXPLICACIÓN
Eliminar las actividades que no agregan valor	Eliminar las actividades, decisiones, controles o tareas que no son requeridas por el proceso y sus partes interesadas y que podrían eliminarse sin afectar el resultado del proceso.
Modificar reglas de negocio	Actualizar y modificar los lineamientos, normatividad y políticas que generan cuellos de botella y problemas en la ejecución del proceso.
Redistribuir funciones del personal	Evaluar la redistribución de las funciones entre el personal que ejecuta el proceso para mejorar el flujo del proceso.
Mejorar tecnología	Implantar mejoras en los sistemas de información, aplicaciones y herramientas de tecnología que sustentan la ejecución del proceso.
Entrenar al personal	Entrenar al personal para mejorar sus competencias y productividad.

Fuente: [elaboración propia].

En este paso es de suma importancia contar con el conocimiento del personal que ejecuta el proceso, dado que las alternativas de mejora surgen de las personas que conocen el proceso y que analizan los hallazgos de la minería de procesos para determinar las mejoras que se requieren implantar. En la tabla 41 se presentan las alternativas de mejora para el caso de estudio ejemplo.

5.6.2. EVALUAR ALTERNATIVAS

Las alternativas de mejora del proceso deben evaluarse para decidir sobre su factibilidad de implantación y su impacto en los objetivos del proyecto y desempeño esperado del proceso. En la tabla 42 se presentan los criterios que se tienen en cuenta para esta evaluación.

Tabla 41. Determinación de alternativas de mejora en el caso de estudio ejemplo

CAUSAS	ALTERNATIVA DE MEJORA
<ul style="list-style-type: none"> • Prácticas deficientes para la categorización de defectos. • Herramientas de diagnóstico desactualizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa 1. Actualizar las herramientas para el diagnóstico y categorización de los defectos.
<ul style="list-style-type: none"> • Alta carga de trabajo de los evaluadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa 2. Balancear la carga de trabajo entre los evaluadores a través de una mejor asignación de los casos.
<ul style="list-style-type: none"> • No existe un sistema de información que controle que se informe al cliente una vez se categorice el defecto. • El personal no informa al cliente cuando la reparación es simple. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa 3. Modificar la configuración del sistema de información para que sea obligatorio informar al cliente una vez se categorice el defecto.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de entrenamiento del reparador C3. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa 4. Entrenar al reparador C3 en mejores prácticas para la reparación compleja.

Fuente: [elaboración propia].

Tabla 42. Criterios a considerar para evaluar las alternativas de mejora

CRITERIOS PARA EVALUAR ALTERNATIVAS	EXPLICACIÓN
Costo de implantación	Nivel de inversión requerido para la implantación de la alternativa.
Tiempo	Tiempo requerido para la implantación de la alternativa.
Impacto en la mejora	Impacto que tiene la alternativa en la mejora del proceso y en la consecución de los objetivos de mejora.

Fuente: [elaboración propia].

En el caso de alternativas que requieran una inversión monetaria, se recomienda estimar el beneficio monetario basado en el mejoramiento en los indicadores de desempeño del proceso. Por ejemplo, en el caso de estudio 1 se planteó como una alternativa de solución efectuar un desarrollo en SAP para incluir una validación que mejoraría el flujo del proceso. Para la evaluación de esta alternativa se recomendó estimar el costo del desarrollo y determinar el retorno en la inversión basándose en la diferencia de utilidad que se va a generar por el aumento

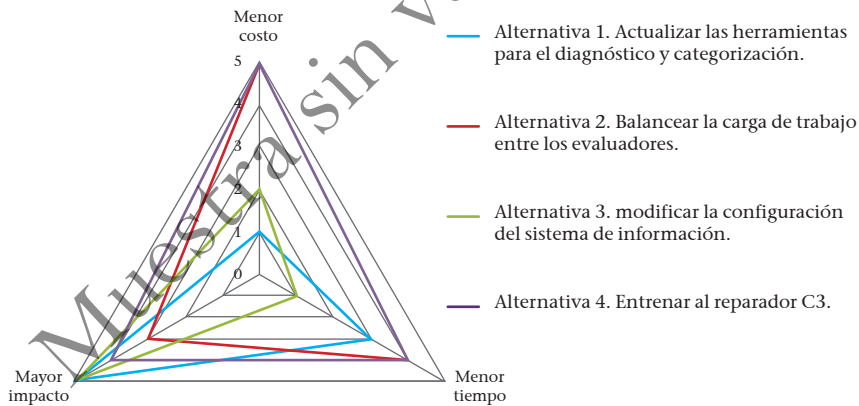
de las ventas cuando se mejore el indicador de pedidos entregados en menos de 24 horas.

Por otro lado, se puede usar la simulación para probar las alternativas de mejora y de esta forma evaluar su impacto previa a su implantación. En el caso de estudio 2 se usó la simulación para probar el impacto de implantar una política para que los pedidos de compra se aprueben en menos de 5 días y se pudo comprobar la disminución de los tiempos de ciclo con esta alternativa. Resultado de este caso, el autor desarrolló la propuesta metodológica donde se integra la minería de procesos y la simulación, artículo que fue publicado en el 2013 [21]. En la figura 27 se presenta la evaluación de las alternativas para el caso de estudio ejemplo.

Figura 27. Evaluación de alternativas en el caso de estudio ejemplo

Evaluación de alternativas de mejora: caso de estudio ejemplo

A continuación se presentan las alternativas de mejora asociadas a las causas identificadas en la etapa de análisis del proceso.



Basado en el análisis de impacto, costo y tiempo de implantación se determinaron las alternativas que se van a implantar en el corto plazo (no requiere inversión) y en el mediano plazo:

- Prioridad 1 (calificación = 13). Entrenar al reparador C3 en mejores prácticas para la reparación compleja.
- Prioridad 2 (calificación = 12). Balancear la carga de trabajo entre los evaluadores a través de una mejor asignación de los casos.

Por otro lado, se determinaron las alternativas que se van a implantar en el mediano plazo:

- Prioridad 3 (calificación = 9). Actualizar las herramientas para el diagnóstico y categorización de los defectos.
 - Prioridad 4 (calificación = 8). Modificar la configuración del sistema de información para que sea obligatorio informar al cliente una vez se categorice el defecto.
-

Fuente: [elaboración propia].

5.6.3. IMPLEMENTAR SOLUCIONES DE MEJORA

Para la implementación de las alternativas de mejora se requiere una adecuada planeación de los cambios, capacitación y comunicación. Dependiendo de las alternativas de mejora se deben desarrollar ciertas actividades, por ejemplo, si se va a eliminar una aprobación en el proceso se requiere cambiar las reglas de negocio y comunicar a las partes interesadas los cambios, así como entrenar al personal en el nuevo proceso. Si se cambia la distribución de funciones del personal, se requiere actualizar la descripción del cargo y el manual de funciones o competencias, así como entrenar a las personas en las nuevas funciones. En la tabla 43 se presentan los aspectos críticos en la implantación de las soluciones de mejora.

Tabla 43. Aspectos que se consideran en la implantación de las soluciones de mejora

ASPECTO CRÍTICO EN LA IMPLANTACIÓN	EXPLICACIÓN
Entrenamiento al personal	Se deben determinar las necesidades de entrenamiento al personal para asegurar la adecuada implantación de los cambios.
Comunicaciones	Se debe comunicar a las partes interesadas sobre los cambios en los procesos. Si se cambian reglas de negocio se debe asegurar que todos los interesados conozcan y apliquen los cambios.
Interfaz con otros procesos	Se debe determinar si los cambios en un proceso pueden afectar otro proceso o requieren cambios en otros procesos.
Apoyo gerencial	Las alternativas de mejora deben ser aprobadas por la alta gerencia y el líder del proceso es el responsable de su correcta implantación.

Fuente: [elaboración propia].

5.6.4. MEDIR LOS RESULTADOS ALCANZADOS

El último paso de la metodología consiste en medir los resultados de la implantación de las alternativas de mejora en el proceso. Esta operación se debe realizar según el análisis de brechas llevado a cabo en la etapa de definición del proyecto, donde se estableció el nivel que van a alcanzar los indicadores de desempeño del proceso después de

su rediseño. Para la medición se recomienda establecer un tiempo de estabilización del proceso una vez se hayan realizado los cambios.

Finalmente, se recalca la importancia de la mejora continua de los procesos. Cuando se miden los resultados alcanzados, es posible alcanzar parcialmente un indicador o superar el nivel esperado. En caso que no sea así, se deben establecer objetivos de mejora continua para, a través del análisis y rediseño del proceso, conseguir los resultados esperados.

Muestra sin valor comercial

PARTE 4
FACTORES CRÍTICOS EN
LA APLICACIÓN DE LA MINERÍA
DE PROCESOS

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

CAPÍTULO 6.

FACTORES CRÍTICOS EN LA MINERÍA DE PROCESOS

En este capítulo se concluye la investigación presentada en este libro. En la sección 6.1 se presentan las principales contribuciones de la metodología diseñada; en la sección 6.2, los factores críticos para la aplicación de la minería de procesos, y en la sección 6.3, las limitaciones de esta.

6.1. CONTRIBUCIONES DE LA METODOLOGÍA

La metodología diseñada contribuye de forma directa con tres de los desafíos establecidos en el manifiesto de minería de procesos [5], que son: 1) contar con mejores herramientas y metodologías para seleccionar, extraer y limpiar los registros de eventos; 2) mejorar la usabilidad para los no expertos, y 3) mejorar el entendimiento de no expertos. A continuación se presentan los principales aportes relacionados con estos puntos:

- Las organizaciones y profesionales del campo cuentan con un enfoque estructurado y detallado para facilitar el uso y aplicación de las técnicas de minería de procesos.
- La metodología contribuye a que los proyectos de minería de procesos tengan un mayor impacto en los indicadores estratégicos de las organizaciones con herramientas que permiten una mejor definición de estos proyectos.
- La metodología establece mejores prácticas en el desarrollo de proyectos de rediseño y mejora de procesos basados en minería de procesos, lo que disminuye el tiempo requerido al tener un camino probado que se debe seguir.

- Las organizaciones y profesionales no expertos cuentan con lineamientos para la extracción, el análisis, la limpieza y la transformación de los datos para asegurar la calidad de los datos con los que se va a realizar el análisis.
- Los investigadores y la academia se van a beneficiar de la metodología, dado que cuentan con una guía estructurada para desarrollar casos aplicados y poner en práctica los nuevos desarrollos y algoritmos.

Finalmente, es importante señalar que esta investigación contribuye a que la minería de procesos y sus desarrollos asociados se trasladen de la academia y las universidades hacia aplicaciones en empresas donde se generan beneficios tangibles a través de la mejora de los procesos.

6.2. FACTORES CRÍTICOS EN LA APLICACIÓN DE LA MINERÍA DE PROCESOS

Con respecto al desarrollo de la metodología, se presentan a manera de conclusión los factores críticos que se deben tener en cuenta en su uso e implantación:

- Los proyectos de minería de procesos deben influir en los indicadores estratégicos del negocio. Para asegurar la adecuada alineación del proyecto de minería de procesos con la estrategia de la organización es necesario analizar brechas para determinar el desempeño esperado en los indicadores de gestión claves del proceso. Esto es determinante para establecer los objetivos y las preguntas que se van a resolver con el proyecto de minería de procesos.
- El entendimiento del flujo del proceso a través de su modelación es un aspecto fundamental para localizar los datos de los sistemas tipo *Enterprise Resource Planning* (ERP) que se requieren para el análisis con las técnicas de minería de procesos. La modelación del proceso idealizado provee las actividades, los eventos y las decisiones del proceso, así como el flujo de datos y documentos. Este último permite establecer las transacciones del sistema ERP, donde se localizan los datos necesarios para la construcción del registro de eventos del proceso.

- Los objetivos y las preguntas del proyecto de minería de procesos son determinantes para la localización y selección de los datos que se van a extraer en la etapa de preparación de los datos. De igual forma, el análisis del proceso debe estar orientado a responder las preguntas planteadas y a encontrar hallazgos que contribuyan con el mejoramiento de los indicadores de gestión del proceso asociados a los objetivos del proyecto.
- En la localización de los datos en los sistemas ERP es necesario y determinante involucrar a las personas que ejecutan el proceso, así como al personal de tecnología informática de la organización, para encontrar transacciones, tablas, estructuras de datos y campos donde se encuentra la información requerida para el análisis con minería de procesos. La configuración del sistema ERP varía en cada organización, por lo que es difícil el desarrollo de una herramienta y procedimiento estándar para esto.
- La calidad de los resultados de la minería de procesos está directamente relacionada con la calidad de los datos con los cuales se realiza el análisis. De acuerdo con esto, el paso crítico en la metodología diseñada es analizar la calidad y limpiar los datos, para lo cual son de gran utilidad las herramientas estadísticas para identificar los casos con datos atípicos e involucrar al personal de la organización para decidir sobre su inclusión o eliminación.
- La selección de las técnicas y algoritmos para el análisis con minería de procesos debe estar asociada con los objetivos del proyecto y las preguntas que se quieran resolver. Los hallazgos del análisis del proceso se deben priorizar para profundizar en los problemas que tengan relación con estos objetivos.
- Los proyectos basados en datos o exploratorios tienen algunas desventajas, dado que no se pueden determinar los criterios de éxito del proyecto. En estos no se dispone de unos objetivos o preguntas para poder evaluar los resultados obtenidos. Por otro lado, se presentan dificultades al escoger las herramientas que se deben usar en el análisis del proceso, dado que no está claro qué se quiere buscar. Es recomendable en este tipo de proyectos intentar entender los principales problemas del proceso y analizar las brechas de desempeño, de forma que se puedan transformar en proyectos basados en objetivos o preguntas.

- Involucrar al personal de la organización, tanto gerencial como operativo, es fundamental para determinar y evaluar las alternativas de mejora. Involucrar al personal operativo en esta etapa facilita la implementación de las alternativas, porque disminuye la resistencia al cambio.

6.3. LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

Para el diseño y evaluación de la metodología se consideró que el factor que determina cómo se desarrolla un proyecto de minería de procesos es el tipo de proyecto basado en preguntas, en objetivos y en datos. Considerando lo anterior, se diseñaron y evaluaron tres casos de estudio en los cuales se aplicó la metodología diseñada para posteriormente ajustarla y complementarla.

En cada caso de estudio se tuvo un sistema de información fuente de donde se extrajeron los datos para el análisis. Estos corresponden a los sistemas ERP (SAP y Peoplesoft) y el sistema *Business Process Management Systems* (BPMS) de Bizagi, por lo que los lineamientos y las recomendaciones para la extracción de datos se basan en lo encontrado en estos sistemas de información y en la revisión del estado del arte.

Una de las conclusiones de esta investigación es que cada sistema de información tiene una estructura diferente y no hay uniformidad en la forma como se registran los eventos del proceso. De acuerdo con esto, esta investigación se orientó a tres casos de estudio con los sistemas de información mencionados.

Uno de los desafíos más importantes de la minería de procesos es contar con mejores herramientas para la localización y extracción de datos [5], por lo que un trabajo futuro que tendría gran contribución para avanzar en esta temática sería comparar la forma y estructura como registran los eventos del proceso diferentes sistemas de información, para desarrollar metodologías y herramientas específicas que permitan localizar y extraer los datos en menor tiempo.

Por otro lado, en la evaluación de la metodología se determinó que los usuarios perciben que la diseñada y la minería de procesos tienen mayormente una orientación técnica. Sin embargo, se debe considerar que en el análisis de requerimientos basado en opinión de expertos se determinó que la metodología debe estar orientada al negocio, para que

los profesionales y las organizaciones evidencien el valor estratégico de la minería de procesos para la mejora de los procesos y para tomar mejores decisiones.

De acuerdo con lo anterior, en el diseño final de la metodología se puso el relieve en la etapa de definición del proyecto, para establecer las herramientas y los lineamientos con los cuales analizar los indicadores clave de desempeño del proceso y sus brechas y, basándose en esto, determinar los objetivos del proyecto y las preguntas que se van a resolver. Adicionalmente, se estipuló cómo se usan estos objetivos y preguntas en la preparación de los datos y en el análisis y rediseño del proceso.

A pesar de lo anterior, es relevante desarrollar mejores herramientas para el análisis con minería de procesos, de forma que las organizaciones y los profesionales fácilmente relacionen algoritmos, estadísticas, diagramas, gráficos e información de resultados del análisis con los indicadores clave de desempeño del proceso y de la organización.

Por último, se debe considerar que la minería de procesos es una disciplina relativamente nueva y los resultados de su aplicación en las empresas son fascinantes. Se considera que para el avance de la disciplina se requiere mayor trabajo en conjunto con las empresas y organizaciones para, basándose en sus necesidades, mejorar técnicas, algoritmos y herramientas gráficas, así como mejorar la funcionalidad de los aplicativos. Con toda razón la minería de procesos ha sido catalogada como el futuro del *Business Process Management*.

Muestra sin valor comercial

REFERENCIAS

- [1] T. Davenport, "Putting the Enterprise into the enterprise system", *Harvard Business Review*, pp. 179-199, julio. 1998.
- [2] D. Cook y W. Peterson, "SAP implementation: Strategies and results", en *The Conference Board*. New York, 1998.
- [3] R. Palaniswamy y T. Frank, "Enhancing manufacturing performance with ERP systems", *Information Systems Management*, vol. 17, no. 3, pp. 43-55, 2000.
- [4] C. Rolland y N. Prakash, "Bridging the gap between organizational needs and ERP functionality", *Requirements Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 180-193, 2000.
- [5] W. M. P van der Aalst, A. Adriansyah, A. de Medeiros, F. Arcieri, T. Baier, T. Blickle *et al.*, "Process mining manifesto", en *Business Process Management Workshops*, vol. 99, F. Daniel, K. Barkaoui y S. Dustdar, Eds. Berlin: Springer Verlag, 2012, pp. 169-174.
- [6] C. Stahl y W. M. P van der Aalst, *Modeling Business Processes: A Petri Net-Oriented Approach*. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.
- [7] W. M. P van der Aalst y A. Weijters, "Process mining: a research agenda", *Computers in Industry*, vol. 53, no. 3, pp. 231-244, 2004.
- [8] M. Bozkaya, J. Gabriels y J. van der Werf, "Process diagnostics: A method based on process mining", in *Proceedings International Conference on Information, Process and Knowledge Management*, Cancún, México, 2009.
- [9] J. de Weerd, A. Schuppa, A. Vanderloocka y B. Baesensa, "Process mining for the multi-faceted analysis of business processes—A case study in a financial services organization", *Computers in Industry*, vol. 64, pp. 57-67, 2013.
- [10] L. Maruster y N. R. van Beest, "Redesigning business processes: A methodology based on simulation and process mining techniques", *Knowledge and Information Systems*, vol. 21, no. 3, pp. 267-297, 2009.
- [11] Á. Rebuge y D. R. Ferreira, "Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining", *Information Systems*, vol. 37, no. 2, pp. 99-116, 2012.

- [12] W. M. P van der Aalst, *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Process*. Berlin: Springer Verlag, 2011.
- [13] T. H. C. van der Heijden, "Process Mining Project Methodology: Developing a General Approach to Apply Process Mining in Practice". M. S. thesis, School of Industrial Engineering, Universidad Técnica de Eindhoven, 2012.
- [14] "Processes for Engineering a System. EIA Standard. ANSI/EIA-632-1998". s. d.
- [15] Requirements Analysis. IEEE Standard. IEEE P1220, 1999.
- [16] N. Viola, S. Corpino, M. Fioriti y Fabrizio Stesina, "Functional analysis in systems engineering: methodology and applications", *Systems Engineering-Practice and Theory*. Ed. InTech, 2012.
- [17] R. Yin, *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks: Sage, 2002.
- [18] W. M. P. van der Aalst, H. Reijersa, A. Weijtersa, B. van Dongena, A. Alves de Medeirosa, M. Songa, y H. Verbeeka, "Business process mining: An industrial application", *Information Systems*, vol. 32, no. 5, pp. 713-732, 2007.
- [19] A. Rozinat, R. Mans, M. Song y W. M. P. van der Aalst, "Discovering colored Petri nets from event logs", *International Journal of Software Tools for Technology Transfer*, vol. 10, no. 1, pp. 57-74, 2007.
- [20] R. Elham, D. Fahland y W. M. P. van der Aalst, "Where did I misbehave?: Diagnostic information in compliance checking", *Business Process Management, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7481, pp. 262-278, 2012.
- [21] S. Aguirre, C. Parra y J. Aylarado, "Combination of process mining and simulation techniques for business process redesign: A methodology approach", *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 162, pp. 24-43, 2013.
- [22] W. M. P. van der Aalst, M. Schonenberga y M. Songa. "Time prediction based on process mining", *Information Systems*, vol. 36, pp. 450-475, 2011.
- [23] J. Herbst, "A machine learning approach to workflow management", en *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1810. Berlin: Springer, 2000, pp. 183-194.
- [24] R. Agrawal, D. Gunopulos y F. Leymann, "Mining process models from workflow logs", en *Sixth International Conference on Extending Database Technology*, pp. 469-483, 1998.
- [25] J. Cook y A. Wolf, "Discovering models of software processes from event-based data", *ACM Trans. Software Eng. Methodol*, vol. 7. pp. 215-249, 1998.
- [26] J. Herbst y D. Karagiannisb, "Workflow mining with InWoLvE", *Computers in Industry*, vol. 53, pp. 245-264, 2004.
- [27] G. Schimm, "Mining exact models of concurrent workflows", *Computers in Industry*, vol. 53, pp. 265-281, 2004.
- [28] S. Pinter y M. Golani, "Discovering workflow models from activities' lifespans", *Computers in Industry*, vol. 53, pp. 283-296, 2004.

- [29] D. Grigori, F. Casatib, M. Castellanos, U. Dayalb, M. Sayalb y M. Shanb, "Business process intelligence", *Computers in Industry*, vol. 53, pp. 321-343, 2004.
- [30] S. Hwang, C. Wei y W. Yang, "Discovery of temporal patterns from process instances", *Computers in Industry*, vol. 53, pp. 345-364, 2004.
- [31] R. Mans, M. H. Schonenberg, M. Song, W. M. P. van der Aalst y P. J. M. Bakker. "Application of process mining in healthcare: A case study in a Dutch hospital", en *International Joint Conference BIOSTEC*, Funchal, 2008.
- [32] A. Rozinat, I. de Jong, C. W. Gunther y W. M. P van der Aalst, "Process mining applied to the test process of wafer steppers in ASML", *IEEE Transaction Systems Manufacturing and Cybernetics. C, Appl. Rev.*, vol. 39, pp. 474-479, 2009.
- [33] Gartner Blog Network, "Automated business process discovery helps visually optimize processes", 9 Nov 2011. [Online]. Available: http://blogs.gartner.com/jim_sinur/2009/03/12/automated-business-process-discovery-helps-visually-optimize-processes/
- [34] Process Intelligence, "Software A.G.", 9 Nov 2011. [Online]. Disponible en: <http://www.processintelligence.com/en/Home/176217.html>.
- [35] W. M. P van der Aalst, "Mine your own business: Using process mining to turn big data into real value", en *Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems (ECIS 2013)*, pp. 1-9, 2013.
- [36] P. Harmon, *Business Process Change*. Burlington, VT: Morgan Kaufmann, 2007.
- [37] P. Adriaans y D. Zantinge, *Data Mining*. Harlow: Addison-Wesley Professional, 1996.
- [38] M. Weske, W. M. P van der Aalst y H. Verbeek, "Advances in business process management", *Data & Knowledge Engineering*, vol. 50, no. 1, pp. 1-8, 2004.
- [39] W. M. P van der Aalst, A. Weijters y L. Maruster, "Workflow mining: Discovering process models from event logs", *IEEE Transaction Knowledge in Data Engineering*, vol. 16, pp. 1128-1142, 2004.
- [40] A. Weijters y J. Ribeiro, *Flexible Heuristics Miner*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology: BETA working Paper Series, 2010.
- [41] A. de Madeiros, A. Weijters y W. M. P van der Aalst, "Genetic process mining: An experimental evaluation", *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 14, no. 2, pp. 245-304, april. 2007.
- [42] S. Wasserman y K. Faust, *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: University Press, 1994.
- [43] J. Scott, *Social Network Analysis*. Newbury Park, CA: Sage, 1992.

- [44] M. Song y W. M. P van der Aalst, "Towards comprehensive support for organizational mining", *Decision Support Systems*, vol. 46, no. 1, pp. 300-317, 2008.
- [45] C. Shearer, "The CRISP-DM model: The new blueprint for data mining", *Data Warehousing*, vol. 5, no. 4, pp. 13-22, 2000.
- [46] A. Azevedo y M. Santos, "KDD, SEMMA and CRISP-DM: A parallel overview", *IADIS European Conference on Data Mining*, IADIS, pp. 182-185, 2008.

Muestra sin valor comercial

Muestra sin valor comercial

Este libro, realizado en caracteres
Stone Serif ITC y
en papel beige se terminó de imprimir
en abril de 2016
en los talleres de Javegraf
Bogotá, D. C., Colombia

Muestra sin valor comercial