

(Design of an analysis guide for user-focused process mining)

Yaimara Céspedes-González*; Guillermo Molero-Castillo**; Patricia Arieta-Melgarejo***

Fecha de recepción: 04/06/2017

Fecha de aceptación: 27/02/2018

RESUMEN

La minería de procesos provee un conjunto de técnicas capaces de analizar los datos de eventos almacenados en los sistemas de información. Los procedimientos disponibles para llevar a la práctica proyectos de minería de procesos poseen algunas limitaciones. El objetivo de esta investigación es hacer una proyección de una guía de minería de procesos para el desarrollo de proyectos enfocados en el usuario. Se siguió un enfoque descriptivo para conocer el estado del arte, analizar los procedimientos actuales y los principios del diseño centrado en el usuario. Como resultado se propone una guía de minería de procesos que integra principios del diseño centrado en usuario. Se evidenció que el diseño centrado en el usuario es fundamental para el desarrollo satisfactorio de determinados productos, sistemas o servicios.

Palabras clave: Diseño centrado en el usuario; guía de trabajo; minería de procesos; sistemas de información.

Clasificación JEL: M100, M150

ABSTRACT

Process mining provides a set of techniques capable of analyzing the data of events stored in the information systems. The procedures available to carry out process mining projects have some limitations. The objective of this research is to make a projection of a process mining guide for the development of projects focused on the user. A descriptive approach was followed to know the state of the art, analyze the current procedures and user-centered design principles. As a result, a process mining guide that integrates user-centered design principles is proposed. This research made evident that the user-centered design is fundamental for the satisfactory development of certain products, systems or services.

Keywords: User-centered design; work guide; process mining; information systems

JEL Classification: M100 Business Administration: General; M150 IT Management.

¹² * Doctorado en Ciencias Administrativas y Gestión para el Desarrollo, Universidad Veracruzana, México. Email: yaimara.cespedes@gmail.com

** CONACYT – Universidad Veracruzana, México. Email: ggmolero@conacyt.mx

*** Doctorado en Ciencias Administrativas y Gestión para el Desarrollo, Universidad Veracruzana, México. Email: parieta@uv.mx

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el empleo de las Tecnologías de Información se ha generalizado en las organizaciones. Entre estas tecnologías se destaca el uso de los Sistemas de Información. Estos sistemas recolectan, procesan, almacenan y distribuyen información, para llevar un control de la organización y apoyar en el proceso de la toma de decisiones (van der Aalst, 2016). Precisamente, esta recolección, tratamiento y administración de datos e información de eventos genera, en la actualidad, un crecimiento en el universo digital de datos, que impulsa la necesidad de buscar nuevas formas de analizar y procesar conjuntos de datos para obtener, a partir de estos, conocimiento útil. De este modo, el análisis de datos históricos permite explicar eventos del pasado, entender el presente y predecir situaciones futuras (Molero *et al.*, 2017).

Por lo tanto, existe la necesidad de buscar nuevas formas de analizar y procesar las fuentes de datos existentes para obtener conocimiento útil. Sin embargo, el volumen de información que alcanzan estas fuentes de datos es con frecuencia una limitante para el análisis de forma manual (Molero y Meda, 2010), debido a esto se han desarrollado tecnologías especializadas que permiten procesar y obtener información de interés (Witten y Frank, 2005). Precisamente, una de estas tecnologías es la minería de procesos (Process Mining o PM, por sus siglas en inglés), cuya finalidad es el análisis de procesos y extraer información de interés a partir de los datos almacenados en los sistemas de información (van der Aalst *et al.*, 2012; van der Aalst, 2016).

Hoy en día, la minería de procesos se utiliza para hacer una descripción formal de los procesos a través de mecanismos que descubren, monitorean y sugieren mejoras en los procesos, por ejemplo, análisis de la atención médica en los hospitales, análisis del flujo de producción de las empresas, análisis de servicios de entrega, verificación de cumplimiento de normas y reglas de negocio, identificación de personas involucradas en los procesos y cómo estas se relacionan, entre otros. En general, este dominio se aplica en diferentes ámbitos como: organizaciones públicas y privadas, financieras, de salud, empresas tecnológicas y todo tipo de instituciones en general.

En este sentido, la minería de procesos juega un importante papel en el crecimiento y éxito de las organizaciones; propiciando así la búsqueda y explotación de nuevas herramientas y métodos para el procesamiento de datos e información almacenada en los sistemas de información. Esta búsqueda ha originado el diseño de guías de trabajo, conocidos también como procedimientos,

para el desarrollo de proyectos de minería de procesos, los cuales incluyen una serie de pasos o etapas a seguir para planear y guiar el desarrollo de estos proyectos.

En la literatura actual se encontraron diferentes procedimientos que abarcan desde la planificación y justificación del proyecto, hasta la presentación de los resultados y las propuestas de mejoras en los procesos. Sin embargo, estos procedimientos cuentan con ciertas limitantes, como (van der Aalst *et al.*, 2012; van der Heijden, 2012): a) falta de claridad en la presentación y visualización de los resultados obtenidos tras la aplicación de algún algoritmo o técnica, b) limitada participación del usuario en cada una de las etapas del proyecto, y c) falta de entendimiento de las características del entorno o contexto donde se desarrolla el proyecto. Estas limitantes traen como consecuencia proyectos no usables, disminuidos de entendimiento y hasta carentes de funcionalidad.

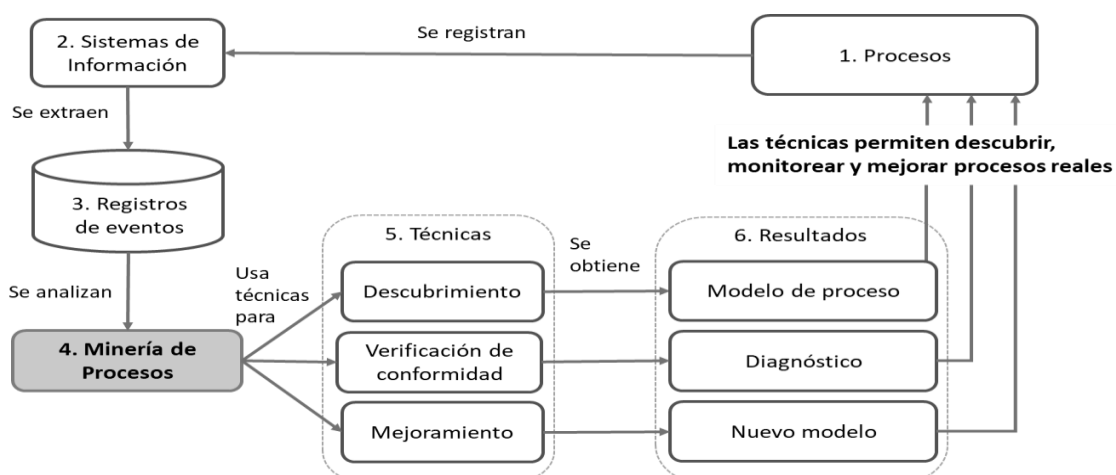
En este trabajo surge este interés de hacer una proyección del diseño de una guía de análisis de minería de procesos para el desarrollo de proyectos enfocados en el usuario. El propósito es fomentar el análisis iterativo basado en la retroalimentación de los usuarios, con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto de manera satisfactoria. Para esto se proporcionan directrices para la explotación de registros de eventos almacenados en los sistemas de información. Es importante destacar que el diseño centrado en el usuario es ampliamente utilizado en distintas áreas, algunos ejemplos son: el diseño de equipos médicos, la creación de vehículos, el diseño de dispositivos móviles, la creación de productos de consumo, entre otros. Recientemente este diseño se está proyectando también en la minería de datos y de procesos, específicamente con esta propuesta.

II. ANTECEDENTES

II.1 Minería de procesos

La minería de procesos es un conjunto de técnicas capaces de descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales mediante la extracción de conocimiento a partir de los registros de eventos disponibles en los sistemas de información (van der Aalst, 2011; van der Aalst, 2016). La Figura 1 muestra un resumen sobre cómo se realizan estos análisis. En primera instancia se tienen los procesos que son soportados por los sistemas de información. Estos sistemas almacenan y coordinan los eventos que describen la historia de los procesos. Estos eventos pueden ser analizados a través de técnicas de minería de procesos que permiten descubrir el modelo real del proceso, y a partir de esta información mejorar el proceso.

Figura 1. Esquema general de la minería de procesos.



Fuente: Adaptado de van der Aalst (2011).

La minería de procesos compensa la brecha entre el análisis de procesos basado en modelos tradicionales y las técnicas de análisis centradas en datos, tales como aprendizaje automático y minería de datos (van der Aalst, 2016). Estas áreas proporcionan técnicas para la extracción de conocimiento a partir de grandes series de datos como apoyo para la toma de decisiones (Molero *et al.*, 2017).

Es importante señalar que el concepto de minería de procesos no es actual, sino tiene sus inicios hace algunas décadas atrás. Los primeros trabajos relacionados se remontan a la década de los 90, donde Cook y Wolf (1998) desarrollaron técnicas para el análisis de datos y descubrimiento de patrones de comportamientos recurrente a partir de eventos de sistemas de información. Otros trabajos son los modelos de flujos de trabajo a partir de instancias de procesos secuenciales (Herbst y Karagiannis, 1999), procesos concurrentes (Herbst, 2000), flujos independientes (Mannila y Rusakov, 2001), procesos a partir de datos basados en eventos (Schimm, 2002), y técnicas para validar flujos de trabajo y descubrir y medir las discrepancias entre modelos prescriptivos y las ejecuciones de procesos reales (Weijters y van der Aalst, 2002).

Por otro lado, la minería de procesos en el contexto de la inteligencia de procesos de negocio (Business Process Intelligence o BPI, por sus siglas en inglés) es uno de los campos de acción que tiene mayor interés por la comunidad científica actual (van der Aalst y Weijters, 2004). Aunado a esto, las tendencias actuales de la minería de procesos se relacionan también con el monitoreo de actividades de negocio (Business Activity Monitoring o BAM, por sus siglas en inglés) y gestión de operaciones de negocio (Business Operations Management o BOM, por sus siglas en inglés), que muestran el interés en soportar la funcionalidad de diagnóstico en el contexto de flujos de trabajos y otros procesos basados en la información.

II.2 Trabajos previos

En la minería de procesos actual se han planteado diversos retos de investigación que necesitan ser abordados, como: (van der Aalst y Weijters, 2004; Rozinat *et al.*, 2009; Bozkaya *et al.* 2009; van der Aalst *et al.*, 2012; van der Heijden, 2012; van Eck *et al.*, 2015): a) recopilar datos de fuentes heterogéneas; b) incluir en los modelos de simulación varios tipos de análisis de procesos; c) automatizar el rediseño de procesos para la toma de decisiones; d) mejorar las técnicas de análisis; e) elegir las técnicas de minería de procesos apropiadas; f) mejorar la presentación y visualización de los resultados obtenidos especialmente para los usuarios no expertos; y g) diseñar mejores herramientas y métodos para la extracción y análisis de los registros de eventos. Precisamente, este trabajo se enfoca en abordar este último desafío, puesto que es necesario contar con adecuados procedimientos que permitan la planificación y desarrollo de los proyectos de este tipo.

En este sentido, en la literatura actual se han encontrado diversos procedimientos que orientan el desarrollo de los proyectos de minería de procesos. Entre los principales procedimientos están: i) diagnóstico de procesos (Bozkaya *et al.*, 2009); ii) ciclo de vida L* (van der Aalst, 2011); iii) análisis de procesos de negocios (BPA) aplicado en Salud (Rebuge y Ferreira, 2012); iv) PMPM, Process Mining Project Methodology, metodología de proyectos de minería de procesos (van der Heijden, 2012),

v) PMMF, Methodological Framework for Process Mining, marco metodológico para la minería de procesos (Weerdt *et al.*, 2013); y vi) PM2, Process Mining Project Methodology, metodología de proyectos de minería de procesos (van Eck *et al.*, 2015). A continuación, se describen brevemente cada una de estos.

Diagnóstico de procesos

El diagnóstico de procesos (Process Diagnostics Method o PDM, por sus siglas en inglés) es una guía para el análisis de procesos basado en la minería de procesos (Bozkaya *et al.*, 2009). La propuesta fue utilizada en una organización gubernamental de Holanda. Este enfoque comprende seis etapas de trabajo concebidas como apoyo para lograr una visión general del proceso en menor tiempo.

- *Preparación del registro.* Se extraen los registros de eventos del sistema de información y se preparan los datos, de modo que se obtenga un conjunto de eventos adecuados.
- *Inspección del registro.* Se hace una comprensión del proceso, con base al conjunto de registros de eventos, a través de análisis estadísticos (número de casos y actividades, roles, promedio de actividades por casos, entre otros). Este análisis ayuda a obtener un conjunto de registros de eventos depurados.
- *Análisis de control de flujo.* Se analiza el modelo de control de flujo que comprende la identificación de comportamientos no frecuentes. Así, se descartan las secuencias no frecuentes para descubrir un nuevo modelo de control de flujo.
- *Análisis de rendimiento.* Una vez obtenido los modelos de control de flujo, uno que describe todo el conjunto de registros y otro que considera solamente casos con alta frecuencia, se realiza el análisis de rendimiento del proceso. Este análisis se centra en determinar cuellos de botella y tiempos de ejecución de las actividades.
- *Análisis de roles.* Si se tiene información sobre quién ejecutó un evento, es posible analizar los roles en el proceso. Para esto, se crea una matriz de roles, donde las filas representan los roles, las columnas representan las actividades y las celdas contienen el número de veces que determinado rol ejecutó una actividad específica.
- *Transferencia de resultados.* El objetivo de todo el análisis es conocer cómo los procesos se ejecutan realmente y cómo son soportados por los sistemas de información. Por lo tanto, es importante discutir los resultados del diagnóstico con los interesados del proyecto para que éstos puedan reconfigurar procesos y hacerlos más eficientes.

Una de las limitaciones de esta propuesta es que no toma en cuenta la participación de los especialistas en las etapas del proyecto, por lo que, se necesitan hacer mejoras en la presentación y visualización de los resultados. Otra limitación es que se centra en los datos, descuidando el negocio, lo cual es un inconveniente, puesto que los proyectos de minería de procesos necesitan objetivos que guíen los esfuerzos del proyecto.

Ciclo de vida L*

El Ciclo de vida L* (L* life-cycle model) tiene como enfoque principal la mejora de procesos estructurados (van der Aalst, 2011), en los cuales se pueden utilizar las técnicas de minería de procesos. Sin embargo, este procedimiento no está orientado a procesos flexibles y no estructurados, en los cuales solamente se pueden aplicar las primeras tres de las cinco etapas de la propuesta y solamente un subconjunto de las técnicas de

minería de procesos (van der Aalst, 2016).

- *Planificación y justificación.* Los proyectos de minería de procesos deben iniciar con una planificación y justificación del proyecto. De este modo, se identifican los beneficios que pueden resultar del proyecto, antes de iniciar el análisis del proceso.
- *Extracción.* Se extrae el conjunto de registros de eventos. Para el caso de un proyecto guiado por objetivos, éstos deben ser formulados en esta etapa y deben expresarse en términos de indicadores. Para el caso de proyectos guiados por preguntas, éstas también deben formularse en esta etapa. Ambos casos se obtienen de reuniones con los interesados.
- *Creación del modelo de control de flujo.* El objetivo es obtener el modelo de control de flujo del proceso utilizando alguna técnica de descubrimiento. El modelo obtenido debe ser interpretado antes de ser utilizado.
- *Creación del modelo de proceso integrado.* El proceso es mejorado añadiendo otros aspectos al modelo de control de flujo, como análisis organizacional, de casos y de tiempo. El resultado es un modelo del proceso integrado que puede utilizarse como punto de partida para tomar acciones apropiadas.
- *Soprote operacional.* Comprende tres actividades de apoyo: detección, predicción y recomendación. Este análisis es una de las actividades más ambiciosas de la minería de procesos, puesto que utiliza el conocimiento extraído para analizar los casos aún en ejecución.

A pesar de que este enfoque ha servido de punto de partida para otras propuestas, éste presenta limitaciones como (van Eck *et al.*, 2015): a) sólo se utiliza para procesos estructurados, b) tiene como objetivo descubrir un único modelo del proceso integrado, y c) no aborda un análisis iterativo. Además, este proceso inicia con el modelo de control de flujo, lo cual no siempre sucede, puesto que existen otros análisis, como el organizacional y de casos (van der Heijden, 2012).

BPA aplicado en Salud

Este enfoque basa su funcionamiento en la minería de procesos para el análisis de procesos de negocios (Business Process Analysis o BPA, por sus siglas en inglés) aplicada en el campo de la Salud (Rebuge y Ferreira, 2012). Se enfoca en el uso de técnicas que pueden manejar adecuadamente las complejas características de los procesos hospitalarios. Para el desarrollo de este enfoque los autores tomaron como base el marco de trabajo Diagnóstico de procesos, incluyendo además una etapa de *análisis de agrupamiento de secuencias*, cuyas actividades son:

- *Agrupación de secuencias.* Consiste en aplicar un algoritmo de agrupamiento de secuencias con el objetivo de descubrir patrones de comportamiento. Como resultado se obtienen grupos que dan información sobre el comportamiento regular, poco frecuente y las variantes del proceso.
- *Análisis de grupos.* A partir de los patrones de comportamiento identificados en la etapa anterior, se determinan qué grupos representan el comportamiento regular, poco frecuente, dónde están las variantes del proceso y cuán diferentes son estos grupos entre sí.
- *Comprensión del comportamiento regular.* En este paso se conoce el comportamiento regular del proceso. Para

esto se utiliza el diagrama de grupos que se obtuvo en la etapa anterior. A partir de este diagrama se selecciona el nodo con mayor ponderación y se analiza cuál es el comportamiento regular del proceso.

- *Comprensión de las variantes del proceso y comportamientos poco frecuentes.* Las variantes del proceso se consideran caminos alternos que desvían al proceso de su comportamiento regular. En la etapa anterior, a partir del diagrama de grupos, se identifica el grupo que contiene el comportamiento regular; por lo tanto, es posible considerar que el resto de los grupos son las variantes del proceso.
- *Análisis de agrupación de secuencias jerárquicas.* Esta etapa se realiza si algunos grupos son difíciles de comprender. Para esto, se consideran solo los eventos correspondientes al grupo objeto de análisis. A través del refinamiento jerárquico se disminuye la diversidad de secuencias dentro del grupo al descubrir patrones de comportamiento.
- *Selección de grupos para análisis posteriores.* Se seleccionan los grupos para realizar el análisis. Este análisis se realiza a través de una cadena de Markov. Sin embargo, se pueden explotar otras técnicas de descubrimiento.

Esta propuesta se aplicó en un hospital público de Portugal. El objetivo fue analizar variantes de procesos y comportamientos poco frecuentes. Por lo tanto, el alcance se limita a un conjunto de técnicas de agrupamiento de secuencias. Además, el agrupamiento de secuencias no puede descubrir algunos patrones especiales de control de flujo, como paralelismos o sincronizaciones en el proceso (Rebuge y Ferreira, 2012). Otra limitante es que el análisis se enfoca en las particularidades de los procesos hospitalarios (van der Heijden, 2012), lo cual limita su aplicación en otro contexto.

PMPM

La metodología de proyectos de minería de procesos o PMPM (Process Mining Project Methodology) es una guía para desarrollar proyectos orientados al negocio y aplicable a diferentes tipos de procesos (van der Heijden, 2012). Esta propuesta, dividida en seis etapas fue validada mediante un caso de estudio en el departamento de Servicios Financieros de Rabobank de Holanda, entidad que engloba a 141 bancos locales.

- *Alcance.* Se hace la comprensión de los procesos, se desarrolla un plan del proyecto, se definen los objetivos, se hacen reflexiones sobre cuales herramientas utilizar y se definen las técnicas necesarias para llevar a cabo el proyecto de minería de procesos.
- *Comprensión de datos.* Consiste en localizar y analizar los datos almacenados sobre el proceso objeto de estudio; además, se examina si el conjunto de datos contiene los elementos necesarios y se verifican si son fiables.
- *Crear el registro de eventos.* Comprende tres actividades, en la primera se seleccionan los datos, en la segunda se extraen los datos, y, por último, se preparan los datos con el fin de aplicar las técnicas de minería de procesos.
- *Minería de procesos.* Se genera conocimiento a partir del análisis de los datos con el objetivo de mejorar el proceso. Para esto se requiere comprender los datos y asegurarse que éstos estén estructurados para aplicar las técnicas de minería de procesos.
- *Evaluación.* Se evalúan los modelos obtenidos en la etapa anterior. Esta

evaluación se realiza mediante una verificación de conformidad del modelo obtenido y se analiza si los resultados cumplen con los objetivos del proyecto.

- *Despliegue.* Constituye la etapa final del proceso, donde el conocimiento adquirido debe transferirse a la organización. Esto incluye presentar a los interesados un resumen del proyecto.

Esta metodología tiene algunas limitaciones, como: a) no especifica cómo planificar el proyecto y cómo realizar la preparación y extracción de datos, b) no involucra a los usuarios en el análisis de requerimientos, y c) no profundiza en la fase de minería de procesos. Además, dada la complejidad del caso, esta metodología no proporciona apoyo para elegir la técnica de minería de procesos adecuada para realizar los análisis de datos (van der Heijden, 2012), por lo que, el autor lo considera un tema interesante de abordar.

PMMF

Esta propuesta parte de la hipótesis que para aplicar técnicas de minería de procesos se deben formular directrices sobre cómo desarrollar este tipo de proyectos (Weerd et al., 2013). Nace así el marco metodológico para la minería de procesos o PMMF (Methodological Framework for Process Mining) basado en los trabajos de BPA aplicado en Salud (Rebuge y Ferreira, 2012) y Diagnóstico de procesos (Bozkaya et al., 2009). Este enfoque reconoce la necesidad de realizar un análisis multifacético para analizar procesos flexibles y no estructurados. Son cuatro las etapas que conforman este marco metodológico.

- *Preparación de datos.* En esta etapa se determina el alcance del proceso. Este alcance puede ser analizado desde dos ámbitos: a) extraer una cantidad adecuada de datos, y b) definir un periodo adecuado (tiempo).
- *Exploración de datos.* Se hace un análisis estadístico de los datos. Se puede obtener también un modelo del proceso a través de alguna técnica de descubrimiento. Estos análisis pueden mejorar el alcance del proceso y el tiempo.
- *Análisis.* Después de tener un conjunto de datos acotados, en cuanto a tiempo y alcance, se puede realizar el análisis. Esta fase se divide en dos: a) análisis de descubrimiento básico, en el que se analiza el control de flujo, organizacional y de casos; y b) análisis detallado de cumplimiento y rendimiento, en el que se realiza una profunda evaluación.
- *Resultados.* Esta es la etapa de cierre, donde los resultados de los análisis previos son presentados a los interesados. Estos resultados son un punto de partida para mejorar o rediseñar los procesos, esto con el fin de optimizarlos.

Este procedimiento se aplicó en una empresa de seguros y se identificó como limitante la falta de una planeación adecuada del proyecto y, por lo tanto, no se orienta a las necesidades del negocio, lo cual le da un carácter exploratorio, orientado a los datos.

PM2

La metodología de proyectos de minería de procesos o PM2 (Process Mining Project Methodology) tiene como propósito orientar la planificación y ejecución de proyectos de este tipo, con el fin de mejorar el desempeño del proceso reduciendo tiempos y costos (van Eck et al., 2015). Este marco de trabajo está conformado por seis etapas, las cuales pueden aplicarse en procesos estructurados y no estructurados.

- *Planificación.* Se identifican los objetivos del proyecto y se elaboran las preguntas

de investigación que guiarán el desarrollo del proyecto. Se selecciona el proceso de negocio objeto de análisis y se identifican los sistemas de información que soportan su ejecución. Además, se conforma el equipo de trabajo del proyecto, como: propietario del negocio, especialistas y analistas de procesos.

- *Extracción.* Se determina el alcance de la extracción de los datos, a partir de los sistemas de información asociados con el proceso objeto de análisis. Además, se realiza la transferencia de conocimiento de los especialistas hacia los analistas de procesos.
- *Procesamiento de datos.* Se obtiene un conjunto de eventos para aplicar las técnicas de minería de procesos. Para esto, se pueden agregar eventos, atributos y filtrar los datos para seleccionar un conjunto significativo de éstos.
- *Minería y análisis.* En esta etapa se pretende responder las preguntas de investigación previamente formuladas. Para esto se emplean determinadas técnicas para descubrir procesos, y hacer una verificación de conformidad, mejora y análisis de procesos.
- *Evaluación.* Se relacionan los resultados obtenidos y las acciones de mejora, de modo que se cumplan los objetivos iniciales del proyecto. La entrada son los resultados obtenidos, que se utilizan para hacer propuestas y acciones de mejora, o plantear nuevas preguntas de investigación.
- *Mejora y soporte de procesos.* Se modifica la ejecución del proceso a partir de las ideas de mejora. Por lo tanto, la entrada en esta etapa son las propuestas de mejora y la salida puede ser un proceso modificado y mejorado.

Este procedimiento fue aplicado a un caso de estudio en IBM, corporación tecnológica con carácter multinacional. Como resultado se identificaron mejoras para el proceso de compra de repuestos. Una de las limitaciones de este procedimiento es que éste no cuenta con una guía detallada para los profesionales de minería de procesos, por ejemplo, cómo seleccionar los casos o instancias de procesos, cuándo utilizar un determinado algoritmo de minería de procesos (van Eck et al., 2015).

II.3 Discusión sobre los procedimientos actuales de minería de procesos

En general, estos procedimientos están estructurados en diferentes etapas relacionadas entre sí. Algunas como el Ciclo de vida L*, PMPM y PM2 parten de la planificación y análisis del alcance del proyecto, lo cual es importante debido a que se requiere plantear los objetivos del proyecto, programar las actividades para desarrollar el proyecto, asignar recursos, elaborar preguntas de investigación, definir el alcance del proyecto, conformar el equipo de trabajo, entre otros aspectos de interés. Por otro lado, los marcos de trabajo Diagnóstico de procesos y BPA aplicado en Salud inician con la preparación de datos, esto hace que se enfoquen en aspectos técnicos del proyecto, dejando de lado la etapa de análisis y comprensión del negocio.

Aunado a lo anterior, cada uno de estos procedimientos contemplan tareas específicas para el entendimiento, selección y preparación de los registros de eventos; así como la aplicación de los algoritmos de minería de procesos. Asimismo, la etapa de evaluación es importante en todos los casos, esto debido a la necesidad de analizar los

resultados obtenidos, por ejemplo, Diagnóstico de procesos, PMPM, PMMF y PM2 interpretan y evalúan los resultados con base en el cumplimiento de los requerimientos del proyecto.

Por otro lado, casi todos los marcos de trabajo fueron llevados de la teoría a una experimentación práctica, como: organizaciones gubernamentales (Diagnóstico de procesos), hospitales públicos (BPA aplicado en Salud), instituciones financieras (PMPM), empresas de seguros (PMMF) y corporaciones tecnológicas (PM2). No obstante, estas propuestas fueron probadas por sus propios autores, por ende, no pudieron ser evaluadas de forma externa las características de aplicabilidad.

Los procedimientos mencionados a pesar de su amplia variedad minimizan la participación del usuario en cada una de sus etapas, lo cual trae como consecuencia el desarrollo de proyectos de minería de procesos con limitaciones de usabilidad (Zhao *et al.*, 2006) y accesibilidad (Horberry *et al.*, 2015), puesto que no se consideran las necesidades y requerimientos de los usuarios durante el desarrollo del proyecto. Los puntos de vista de los usuarios, como sus preferencias, necesidades y decisiones, sirven para desarrollar aplicaciones de minería de procesos eficientes. Asimismo, la participación del usuario permite la creación de proyectos personalizados (Ho *et al.*, 2002), es decir, proyectos hechos a la medida, basados en los requerimientos y necesidades de los usuarios.

III. DISEÑO ENFOCADO EN EL USUARIO

Realizar un proyecto de minería de procesos en las organizaciones es una tarea compleja (van Eck *et al.*, 2015), puesto que es necesario realizar un conjunto de actividades adicionales a la aplicación de las técnicas de minería de procesos (van der Heijden, 2012). Precisamente, una de estas actividades es identificar a los interesados en el proyecto y conocer sus necesidades. Hacer una comprensión clara de este contexto es esencial para establecer adecuadamente los requerimientos. Sin embargo, algunos errores comunes en este tipo de proyectos es hacer un análisis inadecuado de las necesidades de los usuarios, lo cual produce una visión limitada. Por lo que, un adecuado análisis de requerimientos y necesidades de los usuarios es fundamental para alcanzar los objetivos finales y el éxito del proyecto.

Un modo de hacer partícipe a los usuarios y demás interesados en un proyecto de minería de procesos es a través del diseño centrado en el usuario (User-Centered Design, o UCD, por sus siglas en inglés). UCD es un enfoque para desarrollar productos, sistemas y servicios que tiene como propósito lograr que estas soluciones sean realmente útiles, centrándose en los usuarios, sus necesidades y requerimientos. Orientarse al usuario no significa enfocarse en uno solo, sino se debe tomar en cuenta a todos los involucrados en el proyecto, considerando sus características (Martín, 2010). Se maneja el término de diseño centrado en el usuario para enfatizar la necesidad de contemplar los requerimientos de todas las partes interesadas y no limitarse a aquellos tradicionalmente considerados como usuarios (ISO, 2010). El empleo de este enfoque mejora la eficiencia de la solución y su capacidad de uso, así como: la productividad, experiencia y satisfacción del usuario.

Un método para el diseño orientado en el usuario es la Norma ISO 9241-210:2010. Esta norma ofrece detalles sobre cómo planificar y gestionar el UCD. Para eso incluye un procedimiento del diseño centrado en el usuario, basado en seis principios de trabajo, el cual puede integrarse con otros marcos de trabajo (ISO, 2010): i) desarrollar la solución basado en una comprensión explícita de los

usuarios, tareas y entornos, ii) involucrar a todos los actores en el diseño y desarrollo, iii) mejorar la solución a través de la retroalimentación de los usuarios y otros interesados, iv) lograr el diseño adecuado a través de iteraciones que ayuden a disminuir gradualmente la incertidumbre, v) diseñar la solución en correspondencia con la experiencia del usuario, sus necesidades, fortalezas, preferencias, limitaciones, y vi) crear un equipo de diseño multidisciplinario que contribuya con diferentes puntos de vistas y facilite la creatividad.

IV. MINERÍA DE PROCESOS ENFOCADO EN EL USUARIO

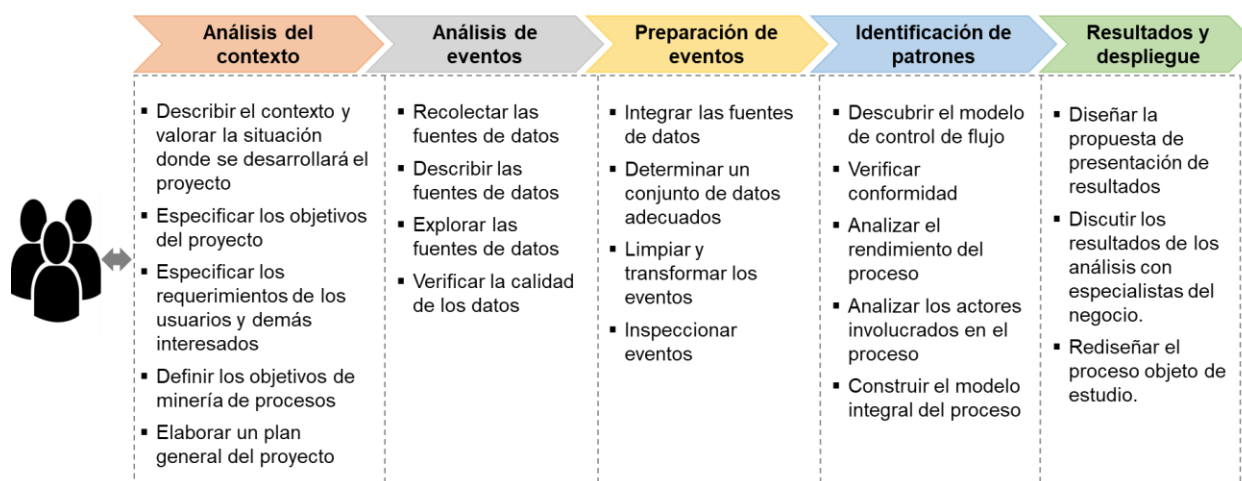
Con base en los fundamentos de la Norma ISO 9241-210:2010, donde se resalta la importancia de identificar, conocer e involucrar a todos los implicados en el proyecto para lograr desarrollos funcionales. Así, en esta propuesta de minería de procesos es fundamental la participación de los usuarios. Esta participación se logra a través de diferentes roles multidisciplinarios de los usuarios. Algunos de estos roles son:

- *Proveedor de datos e información.* Provee información para comprender el proyecto y los datos. Este puede ser el experto en tecnologías de información u organizaciones responsables de generar datos e información.
- *Especialistas del negocio.* Es el propietario del negocio o especialista en los procesos, cuyas necesidades se transformarán en requisitos para la solución. Sus funciones son validar los objetivos, requisitos y resultados obtenidos en cada una de las etapas del proyecto.
- *Tomador de decisiones.* Son los responsables de tomar decisiones con base en los resultados obtenidos. Estos pueden ser el propietario del negocio, especialista en procesos y otros especialistas del negocio con un interés justificado en el proyecto, encargados de actividades gerenciales o de dirección.
- *Equipo de desarrollo.* Es el responsable del desarrollo del proyecto. Este grupo humano participa en todas las fases del proyecto, se encarga de la planeación, el cumplimiento de los objetivos y la comunicación de resultados. Este equipo puede estar conformado por el científico de datos, analistas de procesos, arquitecto de software, programadores, ingenieros de prueba, entre otros.

En la Figura 2 se presenta el marco de trabajo de minería de procesos enfocado en el usuario, dividido en cinco etapas iterativas: a) análisis del contexto, b) análisis de eventos, c) preparación de eventos, d) identificación de patrones, e) resultados y despliegue. Además, el usuario es el principal actor de todo el proceso, quien interviene en cada una de las etapas.

Figura 2.

Diseño de la guía de trabajo de minería de procesos enfocado en el usuario



Fuente: Elaboración propia

1) *Análisis del contexto*. El propósito de esta fase inicial es establecer los objetivos del proyecto y su planificación, así como entender y especificar el contexto de uso. Para esto es fundamental identificar a los usuarios y determinar su relación con el proyecto, conocer sus características, las funciones que realizarán y sus expectativas con respecto al proyecto. Es necesario también conocer el entorno

técnico en el que se desarrollará el proyecto, como: hardware (equipos de cómputo, servidores, entre otros) y software (sistemas, bases de datos, entre otros). Lo anterior es el punto de partida para identificar las necesidades de los usuarios y definir los requisitos de la solución. La Tabla 1 resume las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa.

Tabla 1.

Tareas generales y actividades que conforman el análisis del contexto

Tareas generales	Actividades
1. Describir el contexto y valorar la situación donde se desarrollará el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Identificar usuarios y otros interesados válidos en el proyecto. Identificar las características relevantes de los usuarios. Identificar las metas y tareas de los usuarios. Identificar los entornos técnicos de la solución.
2. Especificar los objetivos del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Definir los objetivos del proyecto. Identificar los principales criterios de desempeño.
3. Especificar los requerimientos de los usuarios y demás interesados	<ul style="list-style-type: none"> Identificar las necesidades de los usuarios e interesados. Determinar los requisitos de los usuarios e interesados. Resolver los conflictos entre los requisitos. Garantizar la calidad de los requisitos. Elaborar el reporte de requisitos.
4. Definir los objetivos de minería de procesos	<ul style="list-style-type: none"> Definir los objetivos de la minería de procesos.
5. Elaborar un plan general del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Definir un plan de datos, de comunicación, infraestructura, recursos humanos, entre otros.
Salidas esperadas <ul style="list-style-type: none"> Reporte sobre el contexto del proyecto. Definición de requerimientos. Definición de los objetivos del proyecto y de la minería de procesos. Plan general del proyecto. 	

Fuente: Elaboración propia

2) *Análisis de eventos*. En esta fase el principal objetivo es analizar todas las fuentes de datos involucradas en el proyecto. Los procesos empresariales pueden estar almacenados en más de un sistema de información, por lo que, el desafío es recopilar los datos de fuentes diversas. Es

fundamental para el éxito del proyecto analizar correctamente las fuentes de datos, esto con el objetivo de identificar datos significativos. La Tabla 2 resume las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa.

Tabla 2.

Tareas generales y actividades que conforman el análisis de eventos

Tareas generales	Actividades
1. Recolectar las fuentes de datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtener todas las fuentes de datos disponibles donde se almacenan la información relacionada con los procesos objetos de análisis.
2. Describir las fuentes de datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Describir cada fuente de datos disponibles.
3. Explorar las fuentes de datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explorar y documentar las fuentes de datos. ▪ Ubicar los datos asociados al proceso objeto de análisis.
4. Verificar la calidad de los datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar la calidad de los datos. ▪ Documentar la calidad de las fuentes de datos.
Salidas esperadas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reporte sobre el análisis de eventos. 	

Fuente: Elaboración propia

3) *Preparación de eventos*. Esta fase tiene como fin obtener un conjunto de datos depurado sobre el cual se aplicarán las técnicas de minería de procesos. Lo cual es una tarea compleja debido al variado formato de almacenamiento de los datos, siendo necesario el procesamiento, limpieza y transformación de estos

para obtener un conjunto adecuado de registros de eventos. Además, se identifican las variables significativas en correspondencia con los objetivos del proyecto. La Tabla 3 resume las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa.

Tabla 3.

Tareas generales y actividades que conforman la preparación de eventos

Tareas generales	Actividades
1. Integrar las fuentes de datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecer los criterios para realizar la integración de los datos.
2. Determinar un conjunto de datos adecuados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar la cantidad de variables. ▪ Definir el número de registros. ▪ Obtener registros de eventos apropiados.
3. Limpiar y transformar los eventos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir los criterios de limpieza. ▪ Transformar los datos.
4. Inspeccionar eventos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar análisis estadísticos sobre el registro de eventos ▪ Verificar si los datos son fiables.
Salidas esperadas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reporte sobre la preparación de eventos. ▪ Registro de eventos depurado y listo para la siguiente etapa. 	

Fuente: Elaboración propia

4) *Identificación de patrones*. En esta etapa es fundamental elegir la técnica de análisis de procesos cuyos resultados permitan cumplir con los objetivos del proyecto. Para realizar esta fase se dispone de dos variantes: i) utilizar herramientas existentes de minería de procesos, o ii) desarrollar una herramienta de análisis personalizada. En cualquiera de los casos se debe identificar el propósito del análisis, esto es: a) descubrir el modelo de control de flujo, b) verificación de conformidad, c) análisis de rendimiento, d) análisis organizacional del proceso, y e) construir el modelo integral del proceso. La Tabla 4 resume las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa

Tabla 4.
Tareas generales y actividades que conforman la identificación de patrones

Tareas generales	Actividades
1. Descubrir el modelo de control de flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleccionar o desarrollar la técnica de descubrimiento. ▪ Ejecutar la técnica y obtener el modelo del proceso. ▪ Analizar el modelo del proceso.
2. Verificar conformidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleccionar o desarrollar la técnica de verificación. ▪ Ejecutar la técnica y obtener el resultado. ▪ Analizar el resultado de la verificación de conformidad.
3. Analizar el rendimiento del proceso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleccionar o desarrollar la técnica que permita hacer el análisis de rendimiento. ▪ Ejecutar la técnica y obtener el resultado de análisis de rendimiento. ▪ Analizar el rendimiento del proceso.
4. Analizar los actores involucrados en el proceso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleccionar o desarrollar la técnica que permita hacer el análisis organizacional del proceso. ▪ Ejecutar la técnica y obtener el modelo organizacional del proceso. ▪ Identificar las relaciones entre los roles participantes en el proceso.
5. Construir el modelo integral del proceso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incluir el análisis de rendimiento y organizacional al modelo de control de flujo.
Salidas esperadas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reporte del análisis de los patrones identificados. ▪ Documentación relacionada con el uso de la herramienta existente o el desarrollo de una nueva aplicación. 	

Fuente: Elaboración propia

5) Resultados y despliegue. Es una de las etapas más importantes para los especialistas del negocio, puesto que los resultados de interés son transferidos a la organización. Por este motivo resulta fundamental presentar los resultados de manera comprensible y útil de acuerdo con las expectativas y necesidades de los usuarios finales. Esta presentación puede ser a través de dos variantes: i)

mediante herramientas existentes de minería de procesos, o ii) mediante el desarrollo de una aplicación personalizada. Cabe destacar que es recomendable encontrar nuevas formas de presentar y visualizar los resultados de la minería de procesos de acuerdo con las necesidades de los usuarios. La Tabla 5 resume las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa.

Tabla 5.
Tareas generales y actividades que conforman los resultados y despliegue

Tareas generales	Actividades
1. Diseñar la propuesta de presentación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar y diseñar una propuesta de solución para la presentación de los resultados obtenidos. ▪ Modificar la propuesta de presentación con base en la retroalimentación de los usuarios finales. ▪ Implementar la solución de presentación de resultados.
2. Discutir los resultados de los análisis con especialistas del negocio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentar el reporte de minería de procesos a los interesados del proyecto. ▪ Evaluar si se cumplieron los objetivos del proyecto.
3. Rediseñar el proceso objeto de estudio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponer acciones de mejora y rediseño de los procesos objeto de análisis. ▪ En caso de requerirse recomendar la modificación de la ejecución del proceso.
Salidas esperadas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reporte de los resultados obtenidos. ▪ Presentación de los resultados y propuesta de rediseño y mejora de procesos. 	

Fuente: Elaboración propia

El diseño de esta guía de trabajo es proporcionar una visión de las etapas, tareas generales y actividades requeridas para el desarrollo de proyectos de minería de procesos enfocado en el usuario. Es importante mencionar que la guía descrita constituye una propuesta donde se destaca la participación del usuario y otros interesados en sus diferentes roles.

Otra característica de la propuesta es el enfoque iterativo de sus etapas, de modo que sea posible repetir una serie de pasos hasta obtener el resultado deseado. Además, a través de esta iteración se da valor a la retroalimentación entre los usuarios y el equipo de trabajo con el fin de obtener mejores resultados.

V. CONCLUSIONES

El empleo de los sistemas de información se ha extendido en las organizaciones y, en consecuencia, numerosos procesos están respaldados por estos sistemas. Los sistemas de información almacenan y regulan las actividades involucradas en los procesos. Esto favorece el incremento del universo digital de datos. Esta disponibilidad de datos impulsa la necesidad de buscar nuevas formas para analizar conjuntos de datos para obtener a partir de éstos conocimiento útil.

La minería de procesos se ha convertido en una disciplina de interés para analistas de procesos, especialistas en sistemas, en negocios y para todos aquellos interesados en lograr mejores procesos y, en consecuencia, un mejor desempeño organizacional. Por lo que, constituye un desafío buscar métodos y herramientas que permitan aplicar la minería de procesos con efectividad.

Fueron identificados seis procedimientos que guían el desarrollo actual de proyectos de minería de procesos. Sin embargo, se han identificado algunas limitaciones en estos procedimientos. Una de estas es la reducida participación de los usuarios en cada una de las etapas de la minería de procesos. Esto conlleva a obtener resultados carentes de entendimiento y limitaciones de usabilidad y accesibilidad.

La importancia que ha cobrado el diseño centrado en el usuario se debe a que a través de esta disciplina es posible analizar las necesidades, preferencias y requerimientos de los usuarios, con el fin de incorporarlas a un determinado producto, sistema o servicio. Por ende, se integraron los principios del diseño centrado en el usuario en el diseño de la guía de trabajo de minería de procesos.

Como trabajo posterior a esta propuesta se tiene contemplado hacer una experimentación práctica sobre el análisis de procesos a través de fuentes de datos de registros de eventos. El objetivo es hacer un desarrollo incremental y sistemático sobre esta propuesta de minería de procesos

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Bozkaya M., Gabriels J., y van der Werf, J. (2009). Process diagnostics: a method based on process mining. *Process and Knowledge Management*, IEEE, pp. 22-27.
- Cook, J. y Wolf, A. (1998). Event-based detection of concurrency. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 23(6), pp. 35-45.
- De Weerd J., Schupp A., Vanderloock A., y Baesens B. (2013). Process Mining for the multi-faceted analysis of business processes - A case study in a financial services organization. *Computers in Industry*, 64 (1), pp. 57-67.
- Herbst, J. y Karagiannis, D. (1999). An inductive approach to the acquisition and adaptation of workflow models. *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 99, pp. 52-57.
- Herbst, J. (2000). Dealing with concurrency in workflow induction. *European Concurrent Engineering Conference, SCS Europe*.
- Ho, T., Nguyen, T. y Nguyen, D. (2002). A User-Centered Visual Approach to Data Mining. *The International Federation for Information Processing*, pp. 213-224, Estados Unidos.
- Horberry, T., Burgess-Limerick, R. y Steiner, L. (2015). Human-centred design for mining equipment and new technology. *19th Triennial Congress of the IEA*, 9, pp. 14.
- ISO 9241-210:2010 (2010). Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems. *International Standardization Organization (ISO)*.
- Mannila, H. y Rusakov, D. (2001). Decomposition of event sequences into independent components. *2001 SIAM International Conference on Data Mining*, pp. 1-17.
- Martín, A. (2010). *MPLu+a Ágil: El modelo de proceso centrado en el usuario como metodología ágil*. Máster en Interacción Persona-Ordenador, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Lleida.
- Molero, G., Benítez, E. y Mezura, C. (2017). Interacción humano computadora y minería de datos para la generación y representación de conocimiento útil. *Ciencias de la Información*, 48(1), pp. 3-10.
- Molero, G. y Meda, M. (2010). Integración de minería de datos y sistemas multiagente: Un campo de investigación y desarrollo. *Ciencias de la Información*, 41(3), pp. 53-56.
- Rebuge, A. y Ferreira, D. (2012). Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining. *Information Systems*, 37(2), pp. 99-116.
- Rozinat, A., Mans, R., Song, M. y van der Aalst, W. (2009). Discovering simulation models. *Information systems*. 34(3), pp. 305-327.
- Schimm, G. (2002). Process miner a tool for mining process schemes from event-based data. *European Workshop on Logics in Artificial Intelligence*, pp. 525-528.
- Weijters, A. y van der Aalst, W. (2002). Workflow Mining: Discovering Workflow Models from Event-Based Data. *Knowledge Discovery from Spatial Data (W12)*, pp. 78-84.
- Witten, I. y Frank, E. (2005). *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Van der Aalst, W. y Weijters, A. (2004). Process mining: a research agenda. *Computers in industry*, 53(3), pp. 231-244.
- Van der Aalst, W. (2011). *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes* (Springer-Verlag). Berlin.
- Van der Aalst, W., Adriansyah, A., de Medeiros, A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., et al. (2012). Process mining manifesto. *International Conference on Business Process Management Workshops*.
- Van der Aalst, W. (2016). *Process Mining: Data Science in Action* (Springer-Verlag). Berlin.
- Van der Heijden, T. (2012) *Process mining project methodology: Developing a general approach to apply process mining in practice*, Master of Science in Operations Management and Logistics, School of Industrial Engineering, Eindhoven University of Technology (TU/e).
- Van Eck, M., Lu, X., Leemans, S. y van der Aalst, W. (2015). *PM²: A Process Mining Project Methodology*. *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*.
- Zhao, Y., Chen, Y., y Yao, Y. (2006). User-centered interactive data mining. *Cognitive Informatics*, 5th IEEE International Conference, 1, pp. 457-466.