

Hacia un marco de trabajo de minería de procesos enfocado en el usuario

Towards a user-focused process mining framework

Yaimara Céspedes González
Guillermo Molero Castillo
Patricia Arieta Melgarejo

RESUMEN

La minería de procesos provee un conjunto de técnicas capaces de analizar los datos de eventos almacenados en los sistemas de información. En este artículo se propone un marco de trabajo de minería de procesos para el desarrollo de proyectos enfocados en el usuario. Se hizo un enfoque descriptivo para analizar el estado del arte con el fin de identificar los marcos actuales que se utilizan para desarrollar proyectos de minería de procesos, se analizaron las principales características del diseño centrado en el usuario, así como la norma ISO 9241-210:2019, la cual ofrece detalles sobre cómo planificar y gestionar el diseño centrado en el usuario. Se integraron los principios del diseño centrado en el usuario en la propuesta del marco de trabajo de minería de procesos. De este marco se presentaron sus etapas generales y específicas, y por cada una de estas etapas las salidas esperadas y los actores involucrados. Se evidenció que el diseño centrado en el usuario en el desarrollo de determinados productos, sistemas o servicios es fundamental para alcanzar los objetivos del proyecto de manera satisfactoria.

Palabras clave: generación de conocimiento; marco de trabajo; minería de procesos; proyectos enfocados en el usuario; sistemas de información

ABSTRACT

Process mining provides a set of techniques capable of analyzing the data of events stored in information systems. This paper proposes a process mining framework for the development of user-focused projects. A descriptive approach was made to analyze the state of the art to identify the current frameworks that are used to develop process mining projects, the main features of the user-centered design were analyzed, as well as ISO 9241-210: 2019 standard, which offers details on how to plan and manage user-centered design. The principles of user-centered design were integrated into the proposal of the process mining framework. From this framework, its general and specific stages were presented, and for each of these stages, the expected outputs and the actors involved. It was evidenced that the user-centered design in the development of certain products, systems or services is fundamental to achieve the project objectives satisfactorily.

Keywords: knowledge generation; framework; process mining; user-focused projects; information systems

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. Precisamente, esta recolección, tratamiento y administración de datos e información de eventos, organizados y listos para su uso posterior,

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 (Molero *et al.*, 2018). Precisamente, una de estas tecnologías es la minería de procesos (*PM -Process Mining, 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, 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 (Gonella *et al.* 2018).

En este sentido, en la actualidad, 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 marcos 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; Aguirre, 2016): 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) no considerar 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. Por lo que, surge este interés de proponer un procedimiento de minería de procesos para el desarrollo de proyectos enfocados en el usuario con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto de manera satisfactoria.

En este trabajo se hace una proyección de los fundamentos para el diseño de un marco de trabajo de minería de procesos que guíe el desarrollo de proyectos orientados en el usuario, donde se fomente el análisis iterativo basado en la retroalimentación de los usuarios, y proporcione 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 usado en distintas áreas, algunos ejemplos de estos 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 procesos y de datos.

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, 2016). 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.

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, 2015; 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 (*BPI -Business Process Intelligence, 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 (*BAM - Business Activity Monitoring, por sus siglas en inglés*) y gestión de operaciones de negocio (*BOM- Business Operations Management, 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.

Marcos de trabajo de minería de procesos

En la minería de procesos actual se han planteado diversos retos 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 aplicado en salud (BPA-H, *Business Process Analysis applied in Health, por sus siglas en inglés*) (Rebuge y Ferreira, 2012); iv) metodología de proyectos de minería de procesos (PMPM, *Process Mining Project Methodology, por sus siglas en inglés*) (van der Heijden, 2012); v) marco metodológico para la minería de procesos (PMMF, *Methodological Framework for Process Mining, por sus siglas en inglés*) (Weerdt *et al.*, 2013); y vi) metodología de proyectos de minería de procesos (PM2, *Process Mining Project Methodology, por sus siglas en inglés*) (van Eck *et al.*, 2015).

Diagnóstico de proceso

Diagnostica de manera rápida los procesos mediante la aplicación de técnicas de minería de procesos (Bozkaya *et al.*, 2009). Este procedimiento se estructura en seis etapas: a) preparación de registros, se extraen los datos del sistema de información y preparan; b) inspección del registro, se realizan análisis estadísticos para comprender el proceso; c) análisis de control de flujo, se obtiene el modelo del proceso para conocer el comportamiento frecuente e infrecuente; d) análisis de desempeño, se enfoca en determinar cuellos de botellas y tiempos de ejecución de las actividades; e) análisis de roles, se crea la matriz de roles; y f) transferencia de resultados, se discuten los resultados con los interesados. El método se aplicó en una organización gubernamental holandesa, donde se utilizó ProM, como herramienta de análisis. Los resultados permitieron determinar el orden de ejecución de las actividades, el rendimiento del proceso, así como las personas involucradas. A pesar de su aplicación, en este marco de trabajo se identificaron algunas limitaciones, como: inicia con el análisis de datos sin considerar las características del negocio, no se definen objetivos concretos del proyecto y no toma en cuenta la participación de especialistas del negocio.

Ciclo de vida L*

Tiene como objetivo mejorar procesos estructurados (van der Aalst, 2011). Este enfoque se conforma de cinco etapas: a) planificar y justificar, se establecen los beneficios del proyecto; b) extraer, se extrae el registro de eventos; c) crear el modelo de control de flujo, se define el modelo que describe el orden de ejecución de las actividades; d) crear el modelo de proceso integrado, los aspectos relacionados con el análisis organizacional, el análisis de casos y tiempos se agregan al modelo de flujo de control del proceso; e) soporte operativo, los casos aún en ejecución se analizan para detectar, predecir y recomendar. Este modelo ha sido aplicado en diversas organizaciones donde se ha utilizado ProM como herramienta de análisis. Sin embargo, esta propuesta presenta algunas limitaciones, como (van Eck *et al.*, 2015): se enfoca en analizar procesos estructurados, apunta a descubrir un solo modelo de proceso integrado, y no aborda un análisis iterativo.

Análisis de procesos de negocios aplicado en salud (BPA-H)

Aplica las técnicas de minería de procesos para identificar el comportamiento regular, variado y excepcional del proceso (Rebuge y Ferreira, 2011). Para esto toma como base el procedimiento de Diagnóstico de procesos (Bozkaya *et al.*, 2009), al cual le añade la etapa de Análisis de agrupación de secuencias, que consta de seis sub-etapas: a) agrupación de secuencias, de acuerdo con el comportamiento regular e infrecuente; b) análisis de grupos, que identifica el comportamiento regular; c) comprensión del comportamiento regular; d) comprensión de las variantes del proceso y los comportamientos poco frecuentes; e) agrupamiento jerárquico aplicado nuevamente a los grupos menos comprensibles; f) selección de grupos para su posterior análisis. Esta propuesta se aplicó en un hospital público de Portugal para analizar el proceso de radiología de pacientes de emergencia, para lo cual se utilizaron dos herramientas de análisis: ProM y Medtrix Process Mining Studio. Los resultados permitieron comprender el proceso e identificar desviaciones. Sin embargo, en esta propuesta se encontraron algunas limitaciones, como (van der Heijden, 2012): inicia con el análisis de los datos sin tomar en cuenta las características del negocio, no establece los objetivos del proyecto, se limita a un conjunto de técnicas de agrupamiento de secuencias y enfoca el análisis a procesos de salud no estructurados lo que limita su aplicación en otro contexto.

Metodología de proyectos de minería de procesos (PMPM)

Es un enfoque para conducir proyectos de minería de procesos, el cual se divide en seis etapas (van der Heijden, 2012): a) alcance, se identifica el proceso objeto de análisis y se determinan los objetivos del proyecto; b) comprensión de datos, los datos relacionados con el proceso se ubican, analizan y verifican; c) creación del registro de eventos, los datos se seleccionan, extraen y preparan; d) minería de procesos, se aplican técnicas para extraer información valiosa; e) evaluación, se evalúan los resultados obtenidos; y f) despliegue, donde el conocimiento adquirido se transfiere a la organización para mejorar el proceso analizado. Esta propuesta se aplicó al departamento de Servicios Financieros de Rabobank Nederland y se utilizaron como herramientas de análisis de minería de procesos Disco y ProM. Como resultado, se identificó la necesidad de reducir la duración de ciertas actividades y los roles que causan demoras. En este procedimiento, se identificaron algunas limitaciones, ya que no especifica cómo planificar el proyecto y no profundiza la fase de minería de procesos.

Marco metodológico para la minería de procesos (PMMF)

Estructura la aplicación de la minería de procesos poniendo énfasis en la extracción y exploración de los datos. Este enfoque consta de cuatro etapas (Weerdt *et al.*, 2013): a) preparación, el alcance del proceso se determina en términos de número de eventos y período; b) exploración, se realizan estadísticas de datos y se obtiene un modelo de proceso preliminar; c) análisis, el proceso se descubre en términos de control de flujo, organización y enfoque de caso; d) resultados, etapa en la que los resultados se presentan a las partes interesadas. El procedimiento se aplicó en una compañía de seguros en Bélgica y se utilizó ProM, como herramienta de análisis. Como resultado se identificó: el comportamiento más frecuente de los procesos, equipos de trabajo con alta participación, algunas

violaciones de las reglas de negocio y transferencias repetidas de documentos que causan ineficiencia. Esta propuesta carece de una comprensión de los usuarios y el contexto, así como de una planificación adecuada del proyecto.

Metodología de proyectos de minería de procesos (PM2)

Es una metodología que guía la ejecución de proyectos de minería de procesos. Este enfoque consta de seis etapas (van Eck *et al.*, 2015): a) planificación, se identifica el proceso; b) extracción, se determina el alcance y se extraen los datos del evento; c) procesamiento de datos, los datos están preparados para obtener un registro de eventos adecuado; d) minería y análisis, se responden las preguntas de investigación; e) evaluación, se proponen acciones de mejora o se plantean nuevas preguntas basadas en los resultados obtenidos; y f) se implementan operaciones de mejora y apoyo. El procedimiento se aplicó en IBM, donde se analizó el proceso de compra de repuestos utilizando la herramienta de minería de procesos ProM. Como resultado, se identificaron desviaciones en el proceso y cuellos de botella en diferentes sucursales. Una limitación del procedimiento es que no explica cómo seleccionar casos o instancias de procesos y cuándo utilizar un determinado algoritmo 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-H inician con la preparación de los 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 es el caso de: organizaciones gubernamentales (Diagnóstico de procesos), hospitales públicos (BPA-H), 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. Un aspecto que salta a vista es el uso de la herramienta de minería de procesos ProM. Esto puede asociarse a que dicha herramienta es una de las precursoras para el análisis de registros de eventos.

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, estrategias y decisiones, sirven para desarrollar aplicaciones de minería de procesos eficientes y crear una mejor interacción entre el sistema y el usuario. Asimismo, la participación del usuario no solo beneficia para obtener una mejor colaboración entre el sistema y el usuario, sino también 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.

Materiales y Métodos

Para desarrollar la investigación se hizo un enfoque descriptivo con el fin de analizar el estado del arte e identificar los procedimientos que actualmente se utilizan para llevar a cabo proyectos de minería de procesos. Además, se analizaron las principales características del diseño centrado en el usuario (UCD-*User Centered Design, por sus siglas en inglés*), así como la norma ISO 9241-210:2019, la cual proporciona una guía para planificar y gestionar el UCD. Esta investigación es exploratoria y aplicada, ya que es un tema emergente que busca enfocarse en el usuario a través de una experimentación teórica-práctica.

Con el fin de hacer partícipe a los usuarios y demás interesados en un proyecto de minería de procesos, se definió como método de investigación el UCD, dividido en cinco etapas de trabajo, en las cuales interviene el usuario, siendo éste el actor principal de todo el proceso: a) análisis del contexto, b) análisis de eventos, c) preparación de eventos, d) identificación de patrones, e) resultados y despliegue.

El 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. 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. 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. En consecuencia, 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 y necesidades.

La estructura del método fue con base en los fundamentos de la norma ISO 9241-210:2019, que describe la planificación y gestión en el UCD basado en seis principios (ISO, 2019): 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.

Resultados y Discusión

Minería de procesos centrada 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 requisitos. 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.

Con base en los fundamentos de la norma ISO 9241-210:2019, 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 multidisciplinares 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.

Ciclo del marco de trabajo de minería de procesos centrado en el usuario

1) Análisis del contexto. El propósito de esta etapa 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. Las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa de análisis del contexto son:

1. Describir el contexto y valorar la situación donde se desarrollará el proyecto.
 - a. Identificar usuarios y otros interesados válidos en el proyecto.
 - b. Identificar las características relevantes de los usuarios e interesados.
 - c. Identificar las metas y tareas de los usuarios e interesados.
 - d. Identificar los entornos técnicos de la solución.
2. Especificar los objetivos del proyecto.
 - a. Definir los objetivos del proyecto.
 - b. Identificar los principales criterios de desempeño.
3. Especificar los requerimientos de los usuarios y demás interesados.
 - a. Identificar las necesidades de los usuarios e interesados.
 - b. Determinar los requisitos de los usuarios e interesados.
 - c. Resolver los conflictos entre los requisitos.
 - d. Garantizar la calidad de los requisitos.
 - e. Elaborar el reporte de requisitos.
4. Definir los objetivos de minería de procesos.
 - a. Definir los objetivos de la minería de procesos.
5. Elaborar un plan general del proyecto.
 - a. Definir un plan de datos, de comunicación, infraestructura, recursos humanos, entre otros.

Las salidas esperadas en esta etapa son: el reporte sobre el contexto del proyecto, la definición de requerimientos, la definición de los objetivos del proyecto y de la minería de procesos, así como el plan general del proyecto.

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. Las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa de análisis de eventos son:

1. Recolectar las fuentes de datos.
 - a. 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.
 - a. Describir cada fuente de datos disponibles.
3. Explorar las fuentes de datos.
 - a. Explorar y documentar las fuentes de datos.
 - b. Ubicar los datos asociados al proceso objeto de análisis.

4. Verificar la calidad de los datos.
 - a. Analizar la calidad de los datos.
 - b. Documentar la calidad de las fuentes de datos.

La salida esperada en esta etapa es el reporte sobre el análisis de eventos.

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. No es una tarea sencilla debido al variado formato de almacenamiento de los datos, siendo necesario el procesamiento, limpieza y transformación de éstos para obtener un conjunto adecuado de registros de eventos. Además, se identifican las variables significativas en correspondencia con los objetivos del proyecto. Las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa de preparación de eventos son:

1. Integrar las fuentes de datos.
 - a. Establecer los criterios para realizar la integración de los datos.
2. Determinar un conjunto de datos adecuados.
 - a. Determinar la cantidad de variables.
 - b. Definir el número de registros.
 - c. Obtener registros de eventos apropiados.
3. Limpieza y transformación de eventos.
 - a. Definir los criterios de limpieza.
 - b. Transformar los datos.
4. Inspección de eventos.
 - a. Realizar análisis estadísticos sobre el registro de eventos.
 - b. Verificar si los datos son fiables.

Las salidas esperadas en esta etapa son: el reporte sobre la preparación de eventos y el registro de eventos depurado y listo para la siguiente etapa.

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. Las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa de identificación de patrones son:

1. Descubrir el modelo de control de flujo.
 - a. Seleccionar o desarrollar la técnica de descubrimiento.
 - b. Ejecutar la técnica y obtener el modelo del proceso.
 - c. Analizar el modelo del proceso.
2. Verificación de conformidad.
 - a. Seleccionar o desarrollar la técnica de verificación.
 - b. Ejecutar la técnica y obtener el resultado.
 - c. Analizar el resultado de la verificación de conformidad.

3. Análisis de rendimiento.
 - a. Seleccionar o desarrollar la técnica que permita hacer el análisis de rendimiento.
 - b. Ejecutar la técnica y obtener el resultado de análisis de rendimiento.
 - c. Analizar el rendimiento del proceso.
4. Análisis organizacional del proceso.
 - a. Seleccionar o desarrollar la técnica que permita hacer el análisis organizacional del proceso.
 - b. Ejecutar la técnica y obtener el modelo organizacional del proceso.
 - c. Identificar las relaciones entre los roles participantes en el proceso.
5. Construir el modelo integral del proceso.
 - a. Incluir el análisis de rendimiento y organizacional al modelo de control de flujo.

Las salidas esperadas en esta etapa son: el reporte del análisis de los patrones identificados y la documentación relacionada con el uso de la herramienta existente o el desarrollo de una nueva aplicación.

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. Las tareas generales, actividades y salidas esperadas en esta etapa de resultados y despliegue son:

1. Diseñar la propuesta de presentación de resultados.
 - a. Analizar y diseñar una propuesta de solución para la presentación de los resultados obtenidos.
 - b. Modificar la propuesta de presentación con base en la retroalimentación de los usuarios finales.
 - c. Implementar la solución de presentación de resultados.
2. Discutir los resultados de los análisis con especialistas del negocio.
 - a. Presentar el reporte de minería de procesos a los interesados del proyecto.
 - b. Evaluar si se cumplieron los objetivos del proyecto.
3. Rediseñar el proceso objeto de estudio.
 - a. Proponer acciones de mejora y rediseño de los procesos objeto de análisis.
 - b. En caso de requerirse recomendar la modificación de la ejecución del proceso.

Las salidas esperadas en esta etapa son: el reporte de los resultados obtenidos y la presentación de los resultados y propuesta de rediseño y mejora de procesos.

El propósito de esta propuesta 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 el marco de trabajo descrito 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.

Conclusiones

La minería de procesos se ha convertido en una disciplina de interés para científicos de datos, analistas de procesos, propietarios del negocio, especialistas en procesos y en sistemas. En sentido general, ha ganado terreno en las organizaciones que desean destacar en los presentes entornos competitivos. Por lo que, constituye un desafío buscar métodos y herramientas que permitan aplicar la minería de procesos con efectividad.

Fueron identificados seis marcos de trabajo que guían el desarrollo actual de proyectos de minería de procesos. Sin embargo, se han identificado 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, lo cual conlleva a obtener resultados carentes de entendimiento y limitaciones de usabilidad y accesibilidad.

Para realizar un proyecto de minería de procesos de manera satisfactoria es conveniente establecer una colaboración e integración entre grupos internos (tomadores de decisiones, especialistas del negocio, proveedores de información) y externos (equipo de desarrollo, analista de datos y de procesos).

El diseño centrado en el usuario ha cobrado importancia, ya 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. Precisamente, la norma ISO 9241-210:2019 provee un marco de trabajo complementario, que orienta cómo integrar el diseño centrado en el usuario en otros marcos de trabajo más generales. Por ende, en esta investigación, se integraron los principios del diseño centrado en el usuario en el marco de trabajo de minería de procesos.

El marco de trabajo de minería de procesos centrado en el usuario que esta investigación propone tiene como objetivo guiar el desarrollo de un proyecto de minería de procesos centrándose en los usuarios y sus requerimientos. Este marco de trabajo se dirige a los responsables de planificar y gestionar tales proyectos, así como a los encargados de rediseñar procesos de negocios y su valor radica en la creación de un equipo de trabajo multidisciplinario, donde destaca la participación de los usuarios durante todo el ciclo de vida del proyecto; la iteración de las soluciones incorporando la retroalimentación del usuario como un modo de revisar y evaluar las soluciones parciales a medida que emergen.

Referencias

- Aguirre, H. (2016). Minería de procesos. Fundamentos y metodología de aplicación (Editorial Pontificia Universidad Javeriana). Bogotá.
- Bozkaya, M., Gabriels, J., & van der Werf, J. (2009). Process diagnostics: a method based on process mining. Information, Process and Knowledge Management, 2009. eKNOW'09. International Conference on. IEEE.
- Cook, J. & Wolf, A. (1998). Event-based detection of concurrency. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. ACM.
- Gonella P., Castellano M., Di Fiore A., Riccardi P. & Carbone R. (2018). Process Mining: A Database of Applications.
- Herbst, J. & Karagiannis, D., (1999). An inductive approach to the acquisition and adaptation of workflow models. International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI).
- Herbst, J. (2000). Dealing with concurrency in workflow induction. European Concurrent Engineering Conference, SCS Europe.
- Horberry, T., Burgess-Limerick, R. & Steiner, L. (2015). Human-centred design for mining equipment and new technology. 19th Triennial Congress of the IEA.
- ISO 9241-210:2019 (2019). Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Standardization Organization (ISO).
- Mannila, H. & Rusakov, D. (2001). Decomposition of event sequences into independent components. 2001 SIAM International Conference on Data Mining.
- Martín, A. (2010). MPlu+a Ágil: El modelo de proceso centrado en el usuario como metodología ágil. Master en Interacción Persona-Ordenador, Escola Politècnica Superior, Universitat de Lleida.
- Molero-Castillo G., Maldonado-Hernández G., Mezura-Godoy C. & Benítez-Guerrero E. (2018). Interactive system for the analysis of academic achievement at the upper-middle education in Mexico. Computación y Sistemas, 22(1), 223-233.
- Molero-Castillo, G., Benítez, E. & Mezura, C. (2017). Interacción humano computadora y minería de datos para la generación y representación de conocimiento útil. Ciencias de la Información, 48(1), 3-10.
- Molero, G. & Meda, M. (2010). Integración de minería de datos y sistemas multiagente: Un campo de investigación y desarrollo. Ciencias de la Información, 41(3), 53-56.
- Rebuge, A. & Ferreira, D. (2012). Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining. Information Systems, 37(2), 99-116.
- Rozinat, A., Mans, R., Song, M., & van der Aalst, W. (2009). Discovering simulation models. Information

systems. 34(3), 305-327.

- Schimm, G. (2002). Process miner a tool for mining process schemes from event-based data. European Workshop on Logics in Artificial Intelligence.
- van der Aalst, W. & Weijters, A. (2004). Process mining: a research agenda. Computers in industry. 53(3), 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).
- Weijters, A. & van der Aalst, W. (2002). Workflow Mining: Discovering Workflow Models from Event-Based Data. ECAI Workshop Knowledge Discovery and Spatial Data (W12).

Recibido: 26 de marzo de 2018

Aprobado en su forma definitiva:

1 de septiembre de 2018

Yaimara Céspedes-González

Facultad de Contaduría y Administración,
Universidad Veracruzana, Veracruz, México
Correo-e.: yaimara.cespedes@gmail.com

Guillermo Molero-Castillo

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional
Autónoma de México. Coyoacán, México.
Correo-e.: gmolero@fi-b.unam.mx

Patricia Arieta Melgarejo

Facultad de Contaduría y Administración,
Universidad Veracruzana, Veracruz, México
Correo-e.: parieta@uv.mx
