

**La minería de procesos,
una tecnología para
automatizar la gestión
de procesos de negocio**

**Process mining,
the automatization of
business process
management
technology**

**A mineração de
processos, uma
tecnología para
automatizar a gestão de
processos de negócio**

Para citar este artículo / To reference this article /
Para citar este artigo: Calderón Ruiz, G. E. y Velarde
Bedregal, H. R. (2016). La minería de procesos, una
tecnología para automatizar la gestión de procesos
de negocio. *Ingenio Magno*, 7(1), 102-115.

Guillermo E. Calderón-Ruiz

Universidad Católica de Santa María,
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales,
Ingeniería de Sistemas
gcalderon@ucsm.edu.pe

Héctor R. Velarde-Bedregal

Universidad Católica de Santa María,
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales,
Ingeniería de Sistemas
hvelardeb@ucsm.edu.pe

Fecha de recepción: 1 Mayo de 2016

Fecha de aceptación: 8 de junio de 2016

Resumen

Al adoptar el enfoque de procesos de negocio, las organizaciones advierten que gestionar estos procesos no es una tarea trivial. Con el fin de apoyar la gestión de estos procesos de negocio ha surgido la minería de procesos, una tecnología que permite analizar y mejorar procesos de manera automática. Los beneficios aparejados son muy amplios, pero muchas organizaciones, principalmente en Latinoamérica, no conocen o no utilizan esta tecnología. Para disminuir este desconocimiento, en este artículo se presentan casos reales de aplicación y sus resultados positivos, así como algunas mejoras a una técnica especializada de minería de procesos para identificar el origen de las fallas en los procesos de negocio. Se ha podido demostrar las ventajas de aplicar esta tecnología en diversas organizaciones, así como la eficiencia de las mejoras implementadas en la técnica de identificación de fallas.

Palabras clave: gestión de procesos de negocio, identificación de fallas, mejora de procesos de negocio, minería de procesos.

Abstract

When focusing on business processes, organizations warned that managing these processes was no simple task. With the goal of supporting the management of these business processes, Process Mining has emerged as a technology that allows the automatic analysis and improvement of processes. The benefits of Process Mining are great, but many organizations -especially in Latin America- do not know about or do not use this technology. In order to reduce this lack of knowledge, this article presents real cases of the application of this technology, as well as their positive results. Furthermore, it provides improvements to a specialized Process Mining technique for identifying the source of failures in business processes. It has been possible to demonstrate the advantages of applying Process Mining in diverse organizations, as well as the implemented improvements in the technique for identifying failures.

Keywords: business process management, failures identifying, process mining, benefits of process mining.

Resumo

Ao adotar a abordagem de processos de negócio, as organizações advertiram que administrar estes processos não é uma tarefa trivial. A fim de apoiar a gestão destes processos de negócio, surgiu a mineração de processos - uma tecnologia que permite analisar e melhorar os processos de uma maneira automática. Os benefícios da mineração de processos são amplos, mas muitas organizações, principalmente na América Latina, não conhecem nem utilizam esta tecnologia. Para reduzir este desconhecimento, neste artigo apresentam-se casos reais da aplicação da tecnologia e os resultados positivos das mesmas. Além disso, apresentam-se melhorias de uma técnica especializada de mineração de processos para identificar a origem das falhas nos processos de negócio. Tem sido demonstradas as vantagens de aplicação de mineração de procesos em varias organizações e a eficiência das melhorias implementadas na técnica de identificação de falhas.

Palavras Chave: gestão de processos de negócio, identificação de falhas, melhoria de processos de negócio, mineração de processos.

1. Introducción

Hace ya algún tiempo, las organizaciones han migrado hacia una nueva forma de gestión basada en procesos de negocio: han evolucionado desde una gestión funcional hacia una gestión basada en procesos. La gestión funcional se caracteriza por un funcionamiento vertical o por departamentos, lo cual trae consigo una serie de dificultades (por ejemplo, pérdida de vista del cliente o falta de integración). En contraparte, la gestión basada en procesos se caracteriza por un funcionamiento horizontal que integra a toda la organización (Fernández, 2003).

Las empresas peruanas también han transformado, proceso que ha sido muy bien resumido por Andreu (2013), que considera que las organizaciones que no migren a este enfoque perderán capacidad de reacción ante los cambios o las expectativas de los clientes; en otras palabras, desaparecerán del mercado.

Un proceso de negocio es un conjunto de actividades (tareas), eventos y decisiones debidamente relacionados entre diferentes unidades de la organización y unidades externas (como proveedores y clientes, que utilizan recursos para generar productos o servicios) (Hammer, 1990; Davenport, 1993; Dumas, La Rosa, Mendling y Reijers, 2013).

Estos procesos de negocio traen nuevos retos a las organizaciones, por ejemplo, integración de áreas y su propia gestión; por ello, surge la disciplina de gestión de procesos de negocio (o BPM, por sus siglas en inglés), que se encarga de administrar y mejorar los procesos de negocio (Dumas *et al.*, 2013).

Después de varios años de gestionar las empresas desde el enfoque de procesos de negocio, las organizaciones se han dado cuenta que asegurar el correcto funcionamiento de sus procesos de negocio no es una tarea trivial y que además consume muchos

recursos, principalmente tiempo y recursos, lo cual se traduce en fuertes inversiones de dinero.

Existen muchas técnicas de gestión de procesos de negocio, tanto manuales como automáticas, pero no están debidamente integradas (Dumas *et al.*, 2013); esto hace aún más complicado su gestión. Por ello nace la minería de procesos (MP), una disciplina que revoluciona el mundo de BPM, al procesar y analizar automáticamente datos de la ejecución de los procesos (registros de eventos), los cuales se encuentran almacenados en los sistemas de información de las organizaciones (Van der Aalst y Weijters, 2004; Fluxicon, 2015; Van der Aalst, 2011; Van der Aalst *et al.*, 2011).

El aporte científico en MP ha aumentado sustancialmente los últimos años (TU/e, 2015), lo cual ha generado el desarrollo de productos tecnológicos (por ejemplo, ProM o Disco) que implementan más de 800 algoritmos para apoyar la gestión de los procesos de negocio de manera automática.

Entre uno de los algoritmos creados está la técnica desarrollada por Calderón-Ruiz, (2011) y Calderón-Ruiz y Sepúlveda (2013), la cual permite identificar el origen de las fallas en los procesos de negocio. En el presente artículo se presenta una mejora a la técnica en el nivel de datos y se corrigen errores en el algoritmo implementado en ProM.

Es un hecho que el mundo ya utiliza la minería de procesos (Van der Aalst *et al.*, 2007; Rozinat, De Jong, Günther y Van der Aalst, 2007; Mans *et al.*, 2009; Quaglini, 2009; McGregor, Catley y James, 2011; Mans, Van der Aalst, Vanwersch y Moleman, 2013; Perimal-Lewis, De Vries y Thompson, 2014; Mans, Reinjers, Van Genuchten y Wismeijer, 2012; Bezerra, Wainer y Van der Aalst., 2009; Jans, Van der Werf, Lybaert y Vanhoof, 2011; Van der Aalst, Van Hee, Van Werf y Verdonk, 2010). Los resultados demuestran que las organizaciones pueden mejorar su forma de gestión.

No obstante, en Latinoamérica casi no se utiliza o se desconoce esta tecnología, lo cual perjudica directamente a las organizaciones. Podríamos afirmar que existen dos razones por las cuales se desconoce o no se utiliza MP en Latinoamérica: a) poca cultura investigativa o de innovación en las empresas, y b) falta de casos de estudio reales y “locales” que demuestren las ventajas de aplicar MP. En este artículo se pretende disminuir estas causas y hacer notar que aplicar la MP puede ser beneficioso para las organizaciones.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: la sección II presenta un conjunto de casos de estudio exitosos en MP; la sección III muestra las mejoras a la técnica de MP que permite identificar el origen de las fallas en procesos de negocio; la sección IV presenta un conjunto de casos desarrollados por el autor; finalmente, la sección V contiene las conclusiones del artículo.

2. la minería de procesos en la industria

Independientemente del tipo de proceso o industria, se puede aplicar la MP a fin de obtener ventajas significativas para todos los interesados. En la literatura se pueden encontrar muchos casos exitosos de aplicación de MP; a continuación se listan algunos de ellos.

Van der Aalst *et al.* (2007) presentan el análisis de un proceso de facturación —que incluye a varios subcontratistas— del Departamento de Obras Públicas de Holanda, oficina que se encarga de la construcción y el mantenimiento de caminos e infraestructura de agua. El proceso es analizado desde tres perspectivas: control de flujo (estructura del proceso), organizacional (personas que participan en el proceso) y de caso (instancias o casos particulares).

En primer lugar, en la perspectiva de control de flujo, se identificaron varios caminos que se podrían seguir para culminar la gestión de facturas; pero dado que no todos estos caminos tenían la misma frecuencia ni

resultados, se conversó con los expertos del negocio y se obtuvo un modelo mejorado de cómo se debería llevar a cabo este proceso.

En segundo lugar, en la perspectiva organizacional, se pudo identificar mucha derivación de trabajos entre trabajadores que cumplen el rol de asistentes en el proceso, mas no así el personal que trabaja en soporte. Esto hace notar que el personal de soporte conoce y realiza bien su trabajo, a diferencia de algunos asistentes, que requieren capacitación para mejorar sus resultados.

Finalmente, en la perspectiva de caso, se analizaron los datos relacionados con cada caso analizado (por ejemplo, monto de las facturas o el trabajador que ejecutó cierto caso). El proceso presentaba una demora en la ejecución del pago, y gracias al análisis se pudo identificar que cierto grupo de trabajadores procesaban con más lentitud las facturas con montos elevados.

En el párrafo anterior se puede apreciar la aplicación de la MP en un caso real, de lo cual resultan hallazgos relevantes, tales como identificación de un proceso mejorado —eliminado pasos innecesarios—, un grupo de trabajadores que requieren capacitación y características de casos (actividades, datos y trabajadores) que hacen el proceso más lento. Con estos hallazgos se puede evidenciar que la MP permite optimizar procesos de negocio de manera automática.

A continuación se listarán otros trabajos que muestran casos de estudio reales, pero no con el mismo detalle del caso anterior. Se insta al lector a profundizar en ellos para comprender mejor los resultados.

La MP se aplicó en un proceso de *testing* de productos de una empresa que produce chips y semiconductores (Rozinat *et al.*, 2007). Se pudo identificar, por ejemplo, que su proceso real no se parecía al proceso que la

empresa tenía diseñado y se pudo medir esa diferencia. Como resultado, se encontraron desviaciones que no se podían identificar en el proceso diseñado. También se identificaron cuellos de botella, los cuales, una vez corregidos, agilizaron el proceso.

La MP también se ha aplicado a procesos de salud; por ejemplo, Mans *et al.* (2009) aplican técnicas de descubrimiento de procesos para identificar caminos típicos que siguen ciertos grupos de pacientes en un proceso de tratamiento de problemas oncoginecológicos de un hospital holandés. Estos caminos sirvieron para mejorar el rendimiento del proceso analizado.

Por su parte, Quaglioni (2009) identifica causas de error en procesos hospitalarios y plantea algunas soluciones basadas en información y tecnologías de la información y la comunicación (TIC). La tecnología base para identificar estos problemas fue la MP. Principalmente, se aplicaron técnicas de conformidad de procesos (i. e., comparación de procesos reales vs. procesos ideales) para identificar estos errores y sus posibles causas.

McGregor *et al.* (2011) proponen un marco de trabajo para analizar procesos hospitalarios. Probado en el proceso de cuidados intensivos neonatales, este marco tiene su base en modelos de MP que permiten analizar los desplazamientos de los pacientes y relacionarlos con sus resultados.

Mans *et al.* (2013) identifican los diferentes tipos de datos que almacenan los sistemas de información hospitalarios y cómo se relacionan directamente con técnicas de MP para identificar y mejorar procesos. Ello hace evidente la necesidad de esta tecnología en este tipo de procesos críticos.

En un trabajo reciente, Perimal-Lewis *et al.* (2014) utilizan técnicas de MP en el proceso de admisión de pacientes en emergencia del Centro Médico Flinders en Australia.

Así, se identificó el proceso completo de admisión para diferentes situaciones. Los autores aplican diversos conocimientos sobre MP para encontrar la solución a su problema; por ejemplo, la derivación de un registro de eventos o la simulación de procesos. Algo que resaltan los autores es la necesidad de utilizar tecnología como MP en proyectos de mejora o innovación.

Los procesos odontológicos también se han analizado con MP. Mans *et al.* (2012) consideran que la evolución de la odontología convencional hacia una odontología digital genera la necesidad de gestionar mejor la información y la forma de trabajo. Para esto último, los autores utilizan técnicas de MP que permitan identificar la forma cómo los procesos odontológicos se ejecutan normalmente, con base en los datos que almacenan los sistemas de información dentales. Algo por resaltar de este trabajo es la discusión sobre la importancia de aplicar MP para hacer que los procesos odontológicos sean un éxito.

Las municipalidades y sus procesos también son parte de esta gama de casos. Por ejemplo, Bezerra *et al.* (2009) presentan una técnica de MP para identificar anomalías en los procesos de negocio; prueban su técnica en una municipalidad holandesa, específicamente en el proceso de apoyo a los ciudadanos con discapacidad. Se identificaron seis formas de trabajo que conllevan resultados no adecuados del proceso. Su estudio ayudó a mejorar el proceso de esta municipalidad.

Una entidad financiera también fue analizada con técnicas de MP, específicamente para identificar y mitigar fraudes internos. Jans *et al.* (2011) analizan esta entidad financiera y descubren deficiencias en el proceso de adquisiciones, que pueden conducir a un fraude interno. Una conclusión importante de los autores es la importancia y necesidad de convertir la MP en una práctica empresarial.

Algunos profesionales que también ven beneficiado su trabajo con la MP son los auditores, cuyo trabajo consiste en validar información de las empresas y sus procesos. Si analizamos este tipo de trabajo y lo relacionamos con MP, podemos notar que están directamente relacionados. La auditoría moderna requiere de tecnologías automatizadas que ayuden a obtener mejores resultados (Van der Aalst *et al.*, 2010).

En Latinoamérica, algunos proyectos de MP fueron llevados a cabo por el autor y se obtuvieron resultados positivos para las entidades participantes. Los resultados de estos casos se muestran en secciones posteriores del artículo.

Aplicar MP no debería ser una tarea complicada. Existe una metodología propuesta por Bozkaya *et al.* (2009) que facilita la aplicación de MP en los procesos organizacionales. Esta metodología consta de seis pasos, a saber:

1. *Preparación del registro de eventos.* Búsqueda y extracción de datos en los sistemas de información.
2. *Inspección del registro de eventos.* Revisión de los datos para asegurar su calidad. También sirve para darle una primera mirada al proceso.
3. *Análisis de control de flujo.* Análisis de cómo se ejecuta el proceso, cuáles son los caminos más o menos frecuentes, cuál es la estructura del proceso, comparación de casos reales con ideales, entre otros.
4. *Análisis de rendimiento.* Análisis de tiempos (por ejemplo, de ejecución o espera), análisis de cuellos de botella, entre otros.
5. *Análisis de roles.* Análisis de los trabajadores del proceso, cómo se organizan para ejecutar sus tareas, cuál es el mejor trabajador, entre otros.
6. *Transferencia de resultados.* Preparación de los resultados para la discusión con los expertos del proceso.

También se cuenta con herramientas automáticas debidamente evaluadas. Entre las más reconocidas tenemos a ProM (Claes y Poels, 2013), una herramienta libre que contiene más de 600 algoritmos de MP. Por el lado comercial está Disco, que permite hacer un análisis automático de los procesos de negocio, con poco conocimiento de MP.

Existen más casos de estudio que aplican MP, específicamente en procesos de salud¹; para este artículo se seleccionaron cronológicamente los más resaltantes. Se insta al lector a revisar otros artículos para analizar sus casos de estudio.

3. Mejoras a las técnicas de identificación de fallas

En Calderón-Ruiz (2011) y Calderón-Ruiz y Sepúlveda (2013) se desarrolló una técnica para identificar el origen de las fallas en los procesos de negocio, mediante técnicas de MP. Para identificar el origen de las fallas se siguen tres pasos: a) filtro del registro de eventos, b) descubrimiento de patrones y c) conformidad de patrones de comportamiento (figura 1).

En la primera etapa, filtro del registro de eventos, se toma el registro original de eventos original (que de ahora en adelante llamaremos *Log*) y se divide en dos nuevos *Logs*: uno que contiene todos los casos exitosos del proceso de negocio y el otro que contiene los casos fallidos del proceso.

Para llevar a cabo esta división o filtro del *Log*, se toma algún dato del proceso que permita discriminar entre estos dos tipos de casos. Por ejemplo, en un proceso de ventas por internet, el tiempo de entrega no puede ser mayor a 24 horas. Al considerar el dato *tiempo de entrega*, se pueden separar los casos exitosos (los que se entregan en 24 horas) y los fallidos (los que

1 <http://www.processmining.org/health/papers>

se entregan después de 24 horas). Por lo tanto, es crucial seleccionar adecuadamente los datos que se colocarán en el *Log* original para asegurar que el filtro sea el apropiado.

En la segunda etapa, *descubrimiento de patrones*, se utiliza el algoritmo de MP Performance Sequence Diagram Analysis (PSDA) (Hornix, 2007), que permite extraer patrones de comportamiento del *Log*, esto es, las diferentes formas en las que se ha llevado a cabo el proceso. En el caso particular de la técnica, este algoritmo se aplica a ambos *Logs* (i. e., el que contiene casos exitosos y el que contiene casos fallidos) para extraer dos conjuntos de patrones: uno de patrones exitosos y otro de patrones fallidos. Estos patrones se representan como diagramas de secuencia; en el eje horizontal se colocan las actividades y el eje vertical representa el tiempo (figura 1).

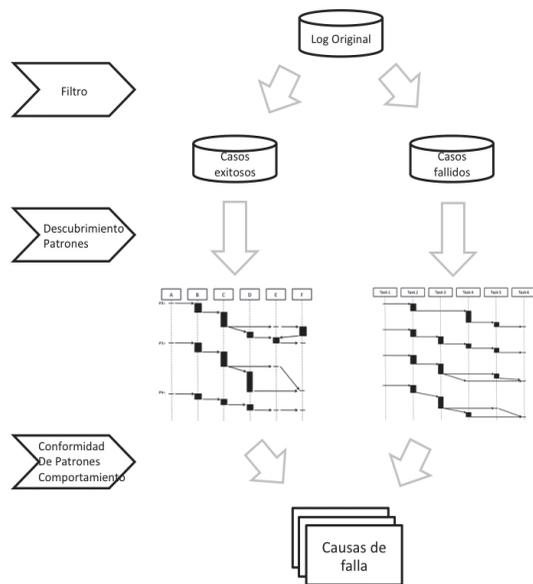


Figura 1. Identificación del origen de las fallas en procesos de negocios en tres etapas: filtro o división del *Log*, extracción de patrones exitosos y fallidos y comparación de patrones fallidos vs. patrones exitosos

Fuente: autores.

En la última etapa del algoritmo, *conformidad de patrones de comportamiento*, se comparan ambos conjuntos de patrones, esto es, se compara cada patrón fallido versus todos los patrones exitosos. Para este ejercicio se considera la perspectiva de control de flujo (secuencia de actividades) y la perspectiva de tiempo (duración de actividades, duración del proceso total y tiempos de espera). La comparación permite identificar diferencias (fallas) en ambas perspectivas; en específico, se pueden identificar los siguientes tipos de fallas:

- En la perspectiva de control de flujo: *actividades faltantes* (los casos fallidos no ejecutan actividades que sí se llevan a cabo en los casos exitosos), *actividades sobrantes* (los casos fallidos ejecutan actividades que no se llevan a cabo en los casos exitosos) y *flujo diferente* (el orden de ejecución de las actividades no es el mismo).
- En la perspectiva de tiempo: *actividades con demora* (algunas actividades de los casos fallidos demoran más que las mismas actividades en los casos exitosos, considerando un umbral), *tiempos de espera largos* (algunos tiempos de espera son mayores que sus equivalentes en los casos exitosos, considerando un umbral) y *ejecución larga* (el tiempo de ejecución de un caso fallido es mayor que el tiempo de ejecución de un caso exitoso equivalente, considerando un umbral).

En este artículo se implementan dos mejoras al algoritmo de identificación de fallas: a) implementar una nueva perspectiva de análisis, en la perspectiva de los datos, y b) mejorar el algoritmo implementado en ProM 5.2.

A. Perspectiva de datos: nueva alternativa de análisis

Una vez que las comparaciones de patrones fallidos vs. exitosos se han llevado a cabo, podría quedar un grupo de patrones que son equivalentes tanto en la perspectiva

de control de flujo (i. e., tienen flujo de actividades equivalentes) como en la perspectiva de tiempo (i. e., sus tiempos de ejecución o espera son equivalentes). Este conjunto de patrones equivalentes implica que tenemos ejecuciones fallidas de un proceso, que son equivalentes a algunas ejecuciones exitosas.

Para este escenario es necesario analizar el proceso (i. e., comparar los patrones fallidos vs. los exitosos) desde otra perspectiva: la de los datos. Esto significa comparar los datos que se utilizaron en los patrones fallidos vs. los datos que se utilizaron en los patrones exitosos para buscar diferencias. Por ejemplo, en los patrones fallidos de un proceso de otorgación de créditos, los préstamos aprobados tienen como límite S/. 2000 para personas con trabajo temporal; y en los patrones exitosos los préstamos aprobados tienen como límite S/. 1500 para personas con trabajo temporal. Esta diferencia en el tipo de trabajo podría determinar el tener clientes morosos hacia futuro.

Para llevar a cabo el análisis desde la perspectiva de datos, tal como se expuso en Calderón-Ruiz (2011), se propone una técnica de minería de datos: los árboles de clasificación. Se selecciona esta técnica por dos motivos: por un lado, los resultados son fácilmente interpretables; por otro, existen herramientas que tienen implementado el algoritmo y se puede integrar con facilidad a otras.

Desde el punto de vista de la implementación, se extraen los datos de ambos conjuntos de patrones y se combinan en un archivo WEKA (i. e., extensión ARFF). Al ser un algoritmo de clasificación supervisado, se le agrega una etiqueta (por ejemplo, *resultado*) y los valores de esta etiqueta podrían ser *NO* para los datos que pertenecen a los patrones fallidos, y *YES* para los datos que pertenecen a los patrones exitosos. Una vez se tiene el algoritmo, se aplica el algoritmo de clasificación J48.

Respecto a la interpretabilidad de los resultados, como podemos ver en la figura 2, siguiendo los caminos que

lleven a respuestas negativas, podemos obtener reglas que ayudan a interpretar las razones por las cuales puede fallar un proceso. Para el ejemplo de la figura 2, podemos ver que la regla [(método de pago = contado) AND (edad cliente > 25) AND (monto <= 250)] se extrae de los casos fallidos; por lo tanto, debe evitarse esta combinación de valores para asegurar resultados positivos en el proceso. En cambio, las reglas (método de pago = tarjeta de crédito), [(método de pago = contado) AND (edad cliente <= 25)], [(método de pago = contado) AND (edad cliente > 25) AND (monto > 250)] aseguran buenos resultados en el proceso de negocio.

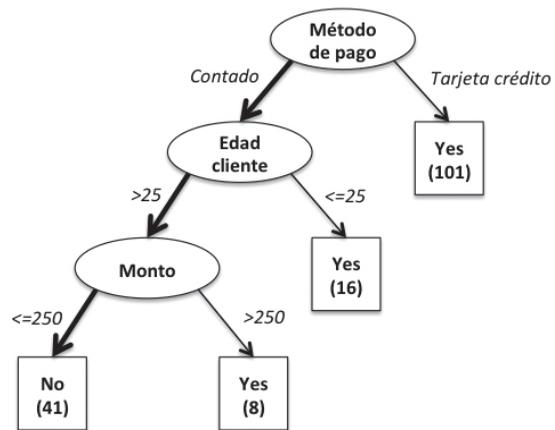


Figura 2. Resultado luego de aplicar el algoritmo J48 (árbol de clasificación)

Nota: las reglas de negocio se pueden extraer siguiendo los caminos del árbol.

Fuente: autores.

Esta perspectiva ha sido agregada al algoritmo implementado en ProM 5.2. Se ha implementado un conjunto de módulos que permiten extraer los datos de ambos conjuntos de patrones, combinar los datos en un archivo y estructurar el archivo WEKA. El resultado se puede apreciar en la figura 3, donde se muestra la pantalla principal del *plug-in* que permite identificar fallas en los procesos de negocio. En color rojo se puede ver la creación del archivo ARFF, que luego debe ser analizado en la herramienta WEKA.

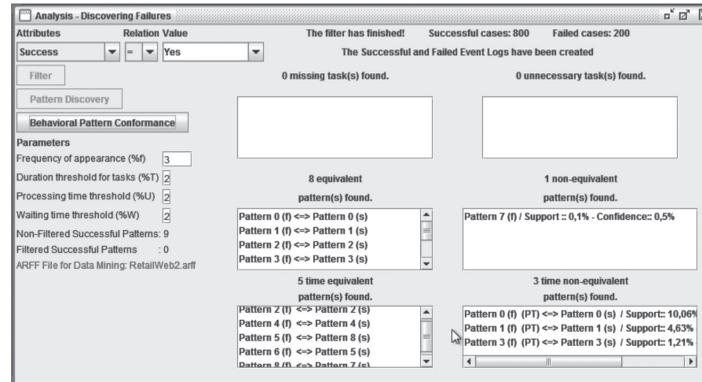


Figura 3. Pantalla principal del *plug-in* que permite identificar el origen de las fallas en procesos de negocio

Nota: aquí se muestra la perspectiva de datos agregada al algoritmo (letras en color rojo).

Fuente: autores.

B. Mejoras en implementación

Adicionalmente a la mejora presentada en la sección anterior, también se cualificó la implementación del algoritmo que identifica fallas en los procesos de negocio, al considerar situaciones más específicas. Por ejemplo, el algoritmo podía identificar que un patrón tenía problemas de tiempo en sus tareas, pero no podía especificar la tarea que demoraba al proceso. Con las mejoras implementadas, el algoritmo puede identificar ahora:

- 1) Las tareas específicas que más demoran en el proceso.

- 2) Las tareas involucradas en los tiempos de espera largos.

La implementación de este cambio se puede ver en las figuras 4 y 5. En la figura 4 se aprecia que existe una demora en una tarea del proceso; el algoritmo especifica cuál es esa tarea: *reorder from supplier*. En la figura 5 se puede ver la mejora para los tiempos de espera; por ejemplo, se puede apreciar que existe un tiempo de espera no adecuado entre las tareas *prepare order* y *send invoice*.

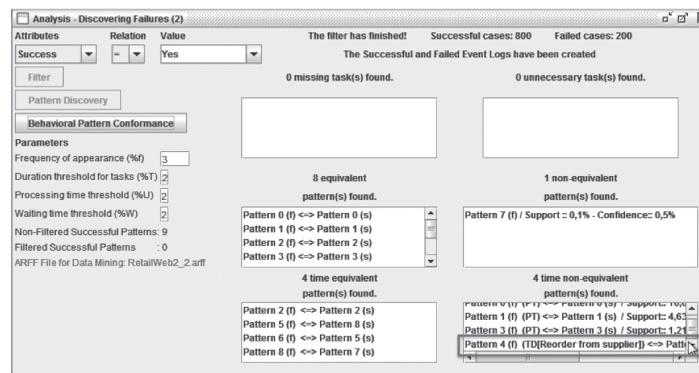


Figura 4. Mejora en la identificación de tareas que más demoran: el patrón 4 tiene una demora en la tarea *reorder from supplier*

Fuente: autores.

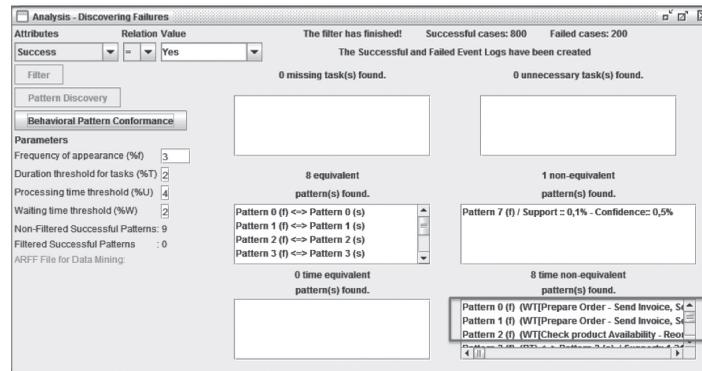


Figura 5. Mejora en la identificación de tiempos de espera: el patrón 0 muestra que existe un tiempo de espera mayor entre las tareas *prepare order* y *send invoice*

Fuente: autores.

4. Casos de estudio: aplicación de la técnica de identificación de fallas

En esta sección se presentan los resultados más importantes luego de participar en proyectos de MP, considerando la técnica de identificación de fallas, en tres instituciones: una empresa de telecomunicaciones en Chile, una municipalidad en Holanda y una municipalidad en España. Debido a los contratos de confidencialidad, no se pueden identificar las instituciones ni tampoco detallar sus procesos de negocio.

A. Empresa de telecomunicaciones

El proceso de gestión de problemas presentaba dificultades respecto a los servicios que prestaba. Por ejemplo, si un cliente llamaba por inconvenientes con la señal de la televisión por cable, la empresa debía asignar un responsable para solucionar este problema. Pero luego de un tiempo, llamaba el mismo cliente por el mismo problema; por lo tanto, la primera asignación no había surtido efecto. En otras ocasiones, luego de la asignación del responsable, la asignación era devuelta, debido a que no correspondía al área designada. Esto podía suceder varias veces.

Este problema se consideró crítico por dos razones principales: era un proceso directamente relacionado con el cliente y la empresa gastaba mucho dinero en la solución de problemas. Luego de aplicar las técnicas de MP, identificaron los siguientes problemas:

1. Era un proceso muy desordenado.
2. Existía mucha reasignación de tareas, lo cual permitió corroborar lo que la empresa había comentado en un inicio.
3. Muchos casos no se concluían, lo cual también permitió corroborar los comentarios iniciales de la empresa.
4. Se encontraron secuencias de ejecución de tareas que siempre llevaban a resultados negativos. Estas secuencias no incluían una tarea denominada "analizar solución"; esto significaba que se iba a solucionar un problema sin saber cómo iba a hacerse.
5. Muchas de las secuencias del caso anterior no concluían.
6. Se detectaron devoluciones de casos, y se pudo identificar la causa: el trabajador responsable no estaba capacitado, o estaba reemplazando o simplemente no conocía del caso particular que se debía solucionar.

Luego de la identificación de los problemas y de su posterior discusión con los expertos del negocio, se plantearon soluciones. Por ejemplo, poner controles entre actividades del proceso, para evitar el desorden; o capacitar al personal que trabaja en el área de asignación de problemas. Estas soluciones han sido implementadas por la institución, y los casos problema han disminuido en casi un 42% (según la última conversación con los expertos del proceso).

B. Municipalidad holandesa

Esta municipalidad tenía problemas en su proceso de permisos de construcción, debido a que muchos de estos se entregaban de manera automática; esto es, pasado un periodo estipulado por ley, si no se entregaba un resultado al usuario, automáticamente se daba el permiso de construcción. La municipalidad presuponía que al haber muchos tipos de permisos (por ejemplo, de construcción o de ampliación), había muchos errores en su manipulación.

Este problema se consideró crítico debido a que muchas construcciones atentaban contra el ornato y las leyes establecidas por la municipalidad. Luego de aplicar las técnicas de MP, se pudieron identificar los siguientes problemas:

- 1) Era un proceso muy desordenado. Al ser cada licencia un caso específico, cada una tenía un tratamiento diferente, lo cual originaba un proceso difícil de analizar: era un proceso confuso y enredado.
- 2) Se identificaron un par de patrones fallidos que tenían secuencias de ejecución diferentes a las de los patrones exitosos. Con este hallazgo se pudo identificar cuáles eran las actividades que originaban el problema.
- 3) Al hacer un análisis más minucioso de las actividades identificadas en el punto anterior, se pudo identificar que los trabajadores juntaban

tipos de permisos para agilizar su trabajo. Pero pasado un tiempo, estas solicitudes eran retornadas por errores.

- 4) Se identificaron dos patrones de ejecución que tomaban meses para resolver un problema, los cuales excedían en más de tres meses a los casos exitosos. Se identificaron dos conjuntos de actividades entre las cuales los tiempos de espera eran muy prolongados: a) aceptar gestión y elegir solución y b) pruebas de zonificación y determinar cancelación. Como se puede apreciar, y sin conocer el proceso a fondo, en este par de actividades se requiere un cierto análisis que debía controlarse. Para esta situación se recomendó poner puntos control en estas actividades, a fin de agilizar los resultados.
- 5) Se identificó un patrón de ejecución que era mayor en tiempo a cualquier secuencia exitosa del proceso, por lo que se recomendó evitar esos pasos en solicitudes futuras.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas se discutieron con el analista de procesos, y no directamente con los responsables del proyecto. El analista luego conversó con la municipalidad, que aceptó las sugerencias para mejorar el proceso.

C. Municipalidad española

Este es un proyecto de MP en curso. Gracias a una estancia de investigación en la Universidad Politécnica de Cataluña, se tuvo acceso a ciertos datos y se pudo participar en el proyecto.

El proceso analizado es la gestión de incidencias a través de la Oficina de Admisión de Incidencias; en otras palabras, el registro y trámite de las solicitudes. Este trámite puede finalizar de varias maneras: resolución sin problemas, notificación por falta de documentos, escalamiento a una instancia superior, entre otros. Además, una vez finalizado un trámite, se envía por

correo electrónico una encuesta al usuario para evaluar el servicio. La municipalidad tiene intención de agilizar y formalizar este proceso.

En esta primera etapa del proyecto se ha trazado como objetivo la formalización del proceso, y se aplicaron técnicas de descubrimiento de procesos (por ejemplo, algoritmo alpha o algoritmo heurístico). En una primera instancia se pudo observar que existen más de 100 actividades en el proceso; pero luego de una revisión más exhaustiva, se pudo notar que las actividades son menos de 50. Lo que sucede es que la municipalidad no cuenta con un sistema de información orientado a procesos y mucho menos una herramienta de flujo de trabajo (i.e., un *workflow*), por lo que los usuarios registran sus actividades “manualmente”. Por ejemplo, los usuarios registran “Crear petición”, “crear petición” o “Crear Petición” como la misma actividad; para un sistema de información, las tres son actividades diferentes.

Una vez formalizadas las actividades, se volvió a aplicar MP. Inicialmente, se pudieron identificar muchos flujos (secuencias de tareas) para resolver una sola petición. Por ello, actualmente se trabaja en la identificación de causas para estos múltiples flujos.

D. Lecciones aprendidas

El haber participado en estos proyectos permitió extraer experiencias y lecciones que nos ayudarán en futuros proyectos. Entre algunas de estas experiencias tenemos:

- Sí es posible gestionar automáticamente los procesos de negocio con la MP. Al menos cuatro de las etapas del ciclo de BPM (i. e., descubrimiento, análisis, rediseño, y monitoreo y control) se trataron en estos proyectos.
- El conocimiento de procesos que tengan los participantes y la madurez de los mismos procesos influyen de manera directa en el análisis que se

pueda llevar a cabo. Esto se identificó en el proceso de la municipalidad española, debido a que las personas tenían poco conocimiento del tema.

- Para conseguir resultados adecuados, se necesita trabajar junto al dueño del proceso, que es el encargado de interpretar los resultados.
- La tarea más compleja en todos los proyectos fue la elaboración del *Log*; los datos normalmente están en servidores y aplicaciones diferentes.

5. Conclusiones

La MP es una disciplina emergente que permite gestionar automáticamente los procesos de negocio; por ello, toda empresa debería utilizarla. A través de casos de estudio se ha podido demostrar que la MP ofrece ventajas para las organizaciones que la han utilizado. También se ha podido ver, a lo largo del artículo, que la MP se puede aplicar en cualquier tipo de proceso y en cualquier tipo de institución, lo cual hace de la MP una tecnología altamente versátil y ventajosa para las instituciones.

A través de experiencias propias, se evidenció que la MP ayuda a gestionar procesos de negocio de manera automática y a solucionar los problemas que presentan dichos procesos. Además, en el artículo también se han presentado mejoras a una técnica que permite identificar el origen de las fallas en los procesos de negocio, y se ha demostrado su funcionalidad a partir de tres casos de estudio. Un objetivo adicional del artículo, no mencionado antes, era dar a conocer la MP desde un punto de vista práctico y aplicado, y así incentivar a las instituciones a utilizarla en su quehacer diario.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Fondo para la Investigación UCSM-2013, Resolución 20179-R-2014.

Referencias

- Andreu, V. (2013). *La gestión por procesos vs. la gestión por funciones*. Recuperado de <http://www.infocapitalhumano.pe/recursos-humanos/articulos/la-gestion-por-procesos-vs-la-gestion-por-funciones/>
- Bezerra, F., Wainer, J. y Van der Aalst, W. M. P. (2009). Anomaly detection using process mining. *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling*, 29, 149-161.
- Bozkaya, M., Gabriels, J. y Werf, J. (2009). Process Diagnostics: a method based on process mining. En *Information, Process, and Knowledge Management, 2009. eKNOW '09. International Conference on* (pp. 22-27). Doi: 10.1109/eKNOW.2009.29
- Calderón-Ruiz, G. (2011). *Identifying potential causes of failures in business processes by Extending Process Mining Techniques* (tesis inédita de doctorado). Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica.
- Calderón-Ruiz, G. y Sepúlveda, M. (2013). Automatic discovery of failures in business processes using Process Mining techniques. En *IX Simposio Brasileiro de Sistemas de Informação* (pp. 439-450). Recuperado de <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2013/0040.pdf>
- Claes, J. y Poels, G. (2013). Process mining and the ProM framework: an exploratory survey. En *Business process management workshops* (pp. 187-198). Recuperado de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-36285-9_19
- Davenport, T. H. (1993). *Process innovation: reengineering work through information technology*. Boston: Harvard Business School Press.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J. y Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of business process management*. Berlín: Springer.
- Fernández, M. A. (2003). *El control, fundamento de la gestión por procesos*. Madrid: ESIC Editorial.
- Fluxicon. (2015). *4 Challenges for process mining in healthcare — flux capacitor*. Recuperado de <http://fluxicon.com/blog/2011/05/4-challenges-for-process-mining-in-healthcare/>
- Hammer, M. (1990). Reengineering work: don't automate, obliterate. Recuperado de <https://hbr.org/1990/07/reengineering-work-dont-automate-obliterate>
- Hornix, P. T. (2007). *Performance analysis of business processes through process mining* (tesis inédita de maestría). Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Jans, M., van der Werf, J. M., Lybaert, N. y Vanhoof, K. (2011). A business process mining application for internal transaction fraud mitigation. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 13351-13359.
- Mans, R., Reijers, H., Van Genuchten, M. y Wismeijer, D. (2012). Mining processes in dentistry. En *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium* (pp. 379-388). ACM. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2110407>
- Mans, R. S., Schonenberg, M. H., Song, M., Van der Aalst, W. M. y Bakker, P. J. (2009). *Application of process mining in healthcare—a case study in a Dutch hospital*. Berlín: Springer.
- Mans, R. S., van der Aalst, W. M., Vanwersch, R. J. y Moleman, A. J. (2013). Process mining in healthcare: Data challenges when answering frequently posed

- questions. En *Process Support and Knowledge Representation in Health Care* (pp. 140–153). Berlín: Springer.
- McGregor, C., Catley, C. y James, A. (2011). A process mining driven framework for clinical guideline improvement in critical care. Recuperado de http://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Cruz-Correia/publication/236007672_Improving_clinical_record_visualization_recommendations_with_bayesian_stream_learning/links/0deec52f3d55e1a0ef000000.pdf#page=35
- Perimal-Lewis, L., De Vries, D. y Thompson, C. H. (2014). Health intelligence: Discovering the process model using process mining by constructing Start-to-End patient journeys. En *Proceedings of the Seventh Australasian Workshop on Health Informatics and Knowledge Management* (vol. 153; pp. 59-67).
- Quaglini, S. (2009). Process mining in healthcare: a contribution to change the culture of blame. En *Business Process Management Workshops* (pp. 308-311). Berlín: Springer.
- Rozinat, A., De Jong, I. S. M., Günther, C. W. y Van der Aalst, W. M. P. (2007). *Process mining of test processes: A case study*. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.104.5799&rep=rep1&type=pdf>
- TU/e (2015). Process mining. Recuperado de <http://www.processmining.org/>
- Van der Aalst, W. M. P. (2011). *Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes*. Berlín: Springer.
- Van der Aalst, W. et al. (2011). Process mining manifesto. En *Business process management workshops* (pp. 169-194). Berlín: Springer.
- Van der Aalst, W. M. P., Reijers, H. A., Weijters, A. J. M. M., Dongen, B. F. van, Medeiros, A. K. A. de, Song, M. y Verbeek, H. M. W. (2007). Business process mining: An industrial application. *Information Systems*, 32(5), 713-732.
- Van der Aalst, W. M. P., Van Hee, K. M., Van Werf, J. M. y Verdonk, M. (2010). Auditing 2.0: using process mining to support tomorrow's auditor. *Computer*, 43(3), 90-93.
- Van der Aalst, W. M. P. y Weijters, A. J. M. M. (2004). Process mining: a research agenda. *Computers in Industry*, 53(3), 231-244.