

Revisión de patentes de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software

Process Mining in Software Engineering: A Patent Review

Silvia Jaqueline Urrea-Contreras¹ , Brenda Leticia Flores-Rios¹ , María Angélica Astorga-Vargas² , Jorge Eduardo Ibarra-Esquer² 

¹Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería, Mexicali, México.

²Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ingeniería, Mexicali, México.
jaqueline.urrea@uabc.edu.mx, brenda.flores@uabc.edu.mx, angelicaastorga@uabc.edu.mx,
jorge.ibarra@uabc.edu.mx

(Recibido: 24 junio 2021; aceptado: 11 noviembre 2021; Publicado en Internet: 30 junio 2022)

Resumen. La Minería de procesos se ha consolidado como disciplina por su orientación para descubrir, monitorear, y mejorar procesos organizacionales. En la presente investigación se analizan, desde el enfoque de la propiedad intelectual, las patentes relacionadas con la aplicación de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software a partir de una revisión de patentes extraídas de las principales bases de datos de patentes durante el periodo 2009–2020. Se seleccionaron 18 patentes que principalmente pertenecen a los países de China y Estados Unidos, abarcando temas como la gestión de registro de eventos, el manejo de datos, los modelos de procesos, y la conformidad del proceso. El propósito de la revisión es brindar información específica (duración, alcance, y originalidad) de las patentes en el contexto de Minería de procesos y ser un punto de referencia para la difusión de nuevos conocimientos y el progreso tecnológico identificados en la Ingeniería de Software.

Palabras clave: Minería de procesos, Ingeniería de software, Patente.

Abstract. Process mining has been consolidated as a discipline-oriented to discover, monitor, and improve organizational processes. This research analyzes, from the intellectual property approach, patents related to the application of process mining in software engineering based on a review of patents extracted from the main patent databases from 2009–2020. Eighteen patents were selected that mainly belong to the countries of China and the United States, covering topics such as event log management, data handling, process models, and process conformance. The purpose of the review is to provide specific information (duration, scope, and originality) on patents in the context of Process Mining and to be a reference point for disseminating new knowledge and technological progress identified in Software Engineering.

Keywords: Process mining, Software engineering, Patent.

Tipo de artículo: Artículo de revisión.

1 Introducción

El propósito de la Propiedad Intelectual (PI) es el de fomentar las innovaciones, creaciones e incluso signos y palabras, asegurando el derecho social de acceso a los nuevos conocimientos e información. En general, la patente, como mecanismo de la PI, brinda protección a los avances tecnológicos por un período de vigencia determinado y con ciertas restricciones de dominio público cuando expira el plazo de protección. Asimismo, esta protección permite recompensar no solo la creación de nuevas invenciones, sino que a su vez el desarrollo posterior de invenciones existentes (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2008).

Recientemente, los investigadores en el área de Investigación y Desarrollo (I+D) han enfatizado que las patentes incluyen información detallada sobre las tecnologías desarrolladas. Además, sus datos cuentan con una amplia cobertura, alta fiabilidad, y permiten una perspectiva diferenciada de análisis tecnológico. Las patentes revelan importantes detalles y relaciones técnicas que ilustran las principales tendencias empresariales e inspiran a soluciones industriales novedosas y, en consecuencia, a tomar decisiones de

inversión vitales. Por lo tanto, es imperativo analizar cuidadosamente los documentos de patentes para evaluar y mantener el valor de estas (Zhang et al., 2015).

Una de las limitantes que se puede presentar al analizar patentes relacionadas con software —programas de computadora o programas de software (Abran et al., 2004)— es que dependiendo del país se determinarán ciertas características que se deben cumplir para gestionar la solicitud de patente. Por ejemplo, gran parte de la Unión Europea no admite las patentes de software ni de genes, pero sí de biotecnología. En algunos países de América Latina y el Caribe no tienen la opción de patentar plantas, animales, segundos usos, software, y métodos de negocios (métodos de comercio electrónico, seguros, finanzas y otros); mientras que Estados Unidos permite patentar genes, plantas, animales, métodos de negocio, y software. Por otro lado, en México no es posible patentar un software (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2020; Zarate, 2019) en el entendido de que la Ley de Propiedad Intelectual refiere que los programas de computadora no serán considerados invenciones; sino que son considerados para su registro como derecho de autor en la categoría de programas de cómputo (derecho de autor de software). Lo anterior, sustenta una variedad de enfoques en la gestión de la patentabilidad de las invenciones tecnológicas basadas en software (Jedrusik, 2017).

Un escenario más alentador se presenta al integrar software a una patente, siempre y cuando éste sea expresado como método o proceso, por lo que, la protección otorgada mediante la patente sería propiamente al método o proceso y no al software en forma de un conjunto de instrucciones de código o lenguaje de computación (Zarate, 2019). La fabricación industrial, los servicios públicos y financieros se controlan mediante software. La industria del entretenimiento como la música, los videojuegos, la televisión y el cine utilizan software de manera intensiva (Aguilar Vera et al., 2017). De esta manera, la integración del software a la protección de una patente se debe otorgar a una invención en la cual el software esté incorporado en algunas de las reivindicaciones del invento, lo que implica que el software solo se registrará atendiendo su funcionalidad específica. Es decir, solo se considerará el software si es una parte integral de la invención total, y que sin él no se pueda dar la función total de la invención (Zarate, 2019)

Según los datos publicados en el documento *World Intellectual Property Indicators* del año 2020 (World Intellectual Property Organization, 2020) el área de Tecnología Computacional ha tenido un crecimiento promedio del 5.8%, entre el periodo de 2008 a 2018, lo que fundamenta la disposición de material para realizar una revisión de patentes en el periodo de 2009 a 2020 y validar si existen patentes registradas en el contexto de la minería de procesos y la disciplina de Ingeniería de Software. La tendencia en áreas tecnológicas como *Big Data* o Internet de las Cosas demandará la generación de una mayor cantidad de software, por lo que si no se fomenta el enfoque ingenieril en el software no se logrará la madurez requerida para explotar la información existente (Aguilar Vera et al., 2017) impactando de alguna manera en una cultura de patentes relacionadas con la Ingeniería de Software. De esta forma, el propósito de la revisión es brindar información actualizada y específica (duración, alcance, y originalidad) de las patentes en la minería de procesos y ser un punto de referencia para la difusión de nuevo conocimiento o el progreso tecnológico identificados en la Ingeniería de software, esperando promover las innovaciones subsecuentes.

El documento está estructurado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta el contexto general de patentes, la pertinencia de las patentes relacionadas al software, y la transdisciplinariedad de la Minería de procesos e Ingeniería de software. En la Sección 3 se describe la metodología utilizada para la búsqueda, selección, extracción, y análisis de patentes. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones y acciones a realizar.

2 Contexto

2.1 Patentes relacionadas con el software

Las patentes aseguran una propiedad temporal de todas las creaciones que cumplan los requisitos de invención, originalidad, y aplicación industrial. Sin embargo, se excluyen los descubrimientos, teorías científicas y los métodos matemáticos (Díaz Pérez, 2008). El plazo de la vigencia de las patentes es de 20 años a partir de la fecha de solicitud. Esto es una regla general independientemente de si se trata de innovaciones radicales o graduales.

Un documento de patente contiene información bibliográfica estructurada, como los inventores, los asignados, la fecha de publicación, la fecha de solicitud, el número de solicitud, y las asignaciones de clase

tecnológica. Las asignaciones de clases tecnológicas están disponibles para los Sistemas de Clasificación de Patentes como lo son: 1) Sistema de Clasificación de Patentes de Estados Unidos (USPC por *United States Patent Classification*), 2) Sistema de Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC por *Cooperative Patent Classification*), 3) Sistema de Clasificación Internacional de Patentes (IPC por *International Patent Classification*), y 4) Sistema Europeo de Clasificación (ECLA por *European Classification*) (Tran & Kavuluru, 2017). La CPC fue desarrollada por la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos y la Oficina Europea de Patentes, con el propósito de contar con un esquema de clasificación común y en cumplimiento de las normas del IPC administradas por la *World Intellectual Property Organization* (WIPO) (*Cooperative Patent Classification*, 2010).

La protección de patentes relacionadas a las invenciones del software se limita a las que se encuentran en soportes grabables, no a los programas de cómputo en sí mismos (Jedrusik, 2017). Sin embargo, aunque existe la posibilidad de realizar un registro de patente, todavía no se han proporcionado límites claros para la elegibilidad de la patente de las invenciones relacionadas con el software (Jedrusik, 2017). Un nuevo software podría estar protegido por marca, nombre de dominio, derecho de autor, código fuente, medidas tecnológicas de protección y, en el caso de Estados Unidos, por una o varias patentes de algoritmos. Una de las soluciones que utiliza la industria de software y equipos computacionales es el sistema de licencias cruzadas, en virtud de que dos o más empresas que poseen patentes complementarias intercambian sus respectivas licencias (Díaz Pérez, 2008).

En las últimas dos décadas, la industria de software en América Latina puso en marcha políticas públicas de estímulo al sector, conformado principalmente por micro, pequeñas y medianas empresas, con el objetivo de elevar el nivel de competitividad nacional o internacional garantizando la calidad de los procesos de desarrollo de software y servicios. También, se implementaron diversos programas de formación y capacitación técnica y gerencial, en universidades, centros de investigación y desarrollo, empresas o clústeres de tecnologías. Un ejemplo relacionado a la propiedad intelectual en esta industria es la opción tecnológica de software libre del gobierno de Brasil. Según las directrices de su gobierno electrónico, se deben de priorizar soluciones, programas y servicios de software libre que promuevan la optimización de recursos e inversiones en tecnologías (Bastos Tigre et al., 2009). Por otro lado, cuando la innovación es gradual, como ocurre en países en vías de desarrollo, las empresas pueden aplicar varios mecanismos para resguardar sus inventos o creaciones innovadoras como el secreto industrial o comercial, la disminución de los plazos de entrega, la mejora de procesos a fin de reducir costos o la adopción de técnicas de comercialización más eficaces (Cohen et al., 2003). Por esto, es recomendable que la industria de software, las universidades u organizaciones que se dediquen a la gestión tecnológica busquen entidades asesoras acreditadas en propiedad intelectual o industrial para facilitar el acceso a los solicitantes bajo la asesoría y seguimiento en la elección de la forma de protección, el análisis de viabilidad de la solicitud y la formulación de la presentación según el trámite de la protección: patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, o derecho de autor de software.

2.2 La Minería de Procesos y la Ingeniería de Software

El desarrollo de la industria de software ha sido de manera sustancial y globalizado, debido a la forma en que las organizaciones dedicadas al desarrollo de software operaron y compitieron, creando nuevas y numerosas posibilidades y expectativas (de Pablos Heredero et al., 2019). Este desarrollo dio como resultado el crecimiento de un universo digital relacionado a todos los datos almacenados y/o intercambiados electrónicamente en los sistemas de información que las organizaciones utilizan diariamente. Sin embargo, no solo es reunir tantos datos como sea posible, sino trabajar eficientemente con ellos, analizarlos y tener en un tiempo razonable resultados y conocimiento valioso para retroalimentar a las organizaciones (Štolfa, 2018).

Los sistemas de información se pueden definir como un sistema de software que gestiona y ejecuta procesos operativos involucrando a personas, aplicaciones y/o fuentes de información sobre la base de modelos de procesos (Dumas et al., 2018). En este sentido, los sistemas de información proporcionan directamente registros de eventos correspondientes a los datos de todas las actividades realizadas en una organización en un periodo de tiempo específico (Hernán Rivas & Bayona-Oré, 2019; Valle et al., 2017). Sin embargo, la mayoría de los sistemas de información, repositorios e Intranets almacenan la información en forma no estructurada. Por ejemplo, los datos de eventos se encuentran dispersos en diversas tablas o deben extraerse de los subsistemas para intercambiar mensajes. En tales casos, los datos de eventos existen, pero se necesitan algunos esfuerzos para extraerlos o explotarlos (van der Aalst, 2016).

La Minería de procesos es una disciplina emergente que toma la extracción de datos como una parte integral por lo que puede ser vista como el enlace entre la Ciencia de Datos y la Ciencia de Procesos (Rubin et al., 2014; van der Aalst, 2016) debido a que al utilizarse en combinación los datos de eventos y los modelos de procesos puede gestionar una amplia variedad de situaciones relacionadas a verificar el cumplimiento de normativas, diagnosticar desviaciones, identificar cuellos de botella, mejorar el rendimiento, predecir tiempos de flujo, y recomendar acciones o información valiosa en diversos ámbitos. Existen estudios de casos empíricos e informes de proyectos sobre la experiencia de la aplicación de la Minería de procesos en diversos dominios de aplicación tales como (van der Aalst, 2016): la atención médica, el sector público, transporte y educación, centrándose más en las aplicaciones de la Minería de procesos en la gestión de procesos de negocio (Rubin et al., 2014).

La transdisciplinariedad de la Minería de Procesos con la Ingeniería de Software ha contribuido a conocer la ejecución real de los procesos en comparación con el proceso documentado, descubrir nuevos modelos de procesos, generar conocimiento para analizar y mejorar los procesos, entre otros (Urrea-Contreras et al., 2018). Un caso particular es la aplicación de la Minería de procesos en proyectos de desarrollo de software (Lemos et al., 2011; Rubin et al., 2014) o mejora de procesos de software (Aguirre Mayorga & Parra Rodríguez, 2014; Valle et al., 2017; van der Aalst et al., 2012), debido a que las organizaciones de software se enfrentan a la necesidad de contar con herramientas para recopilar, registrar, clasificar y evaluar la evidencia de la ejecución de las actividades cuando el volumen y complejidad de la información son significativos (Urrea-Contreras et al., 2020).

A diferencia de los artículos científicos que se consideran necesarios en la revisión de trabajo relacionado, revisión de literatura o revisión sistemática de literatura, las patentes presentan información novedosa, original e inventiva cumpliendo con ciertos requisitos solicitados por el gobierno de un país. Tomando en cuenta el interés de investigadores, empresarios y practicantes por conocer la información de patentes registradas internacionalmente, cuáles novedades, modelos o procesos están surgiendo en la Minería de Procesos e Ingeniería de Software, se realizó esta investigación de análisis de patentes que constituya una fuente de información actual respecto a la innovación entre ambas disciplinas.

3 Metodología

En esta sección se detalla la metodología aplicada en la búsqueda, selección, extracción y análisis de patentes en las que se ha aplicado la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software. El estudio se basó en los lineamientos de la Revisión Sistemática de Literatura desarrollada por Kitchenham and Charters (2007) por su enfoque hacia la Ingeniería de Software. La metodología establece tres fases (ver [Figura 1](#)): 1) Planeación, 2) Conducción, y 3) Reporte. La especificación de las fases de Planeación y Conducción se describen en las Subsecciones 3.1 y 3.2; mientras que los resultados de la fase de Reporte se detallan en la Sección 4.

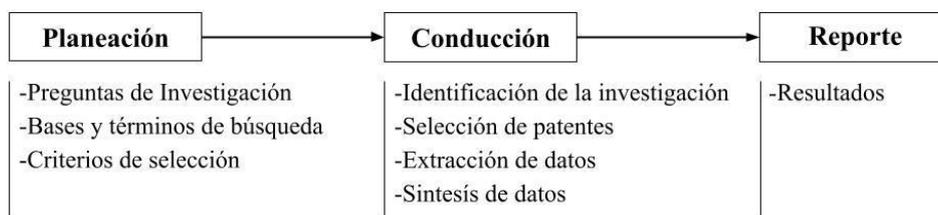


Figura 1. Proceso de la revisión sistemática de la literatura.

3.1 Planeación

En la fase de Planeación se definieron las Preguntas de Investigación (PI), Cadenas de Búsqueda, y las bases de datos donde se implementaron y los Criterios de Inclusión (CI) y Exclusión (CE).

Se establecieron dos PI basadas en los indicadores que se pueden obtener con el análisis de las patentes:

- PI1: ¿Cuáles han sido los países líderes y los años con mayor número de publicaciones relacionados con las patentes de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software, así como los tipos de solicitantes y a qué asignaciones tecnológicas refieren?
- PI2: ¿Cuáles son los temas relevantes propios de la Minería de Procesos que manejan las patentes dentro del área de la Ingeniería de Software?

PI1 está motivada a identificar la información base que brindan las patentes para conocer los indicadores que manejan las patentes de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software, a saber: los países líderes, año de publicación, asignaciones de las patentes, asignaciones tecnológicas orientadas al establecimiento de los avances tecnológicos de dichas disciplinas. Con respecto a la PI2, se establece con el propósito de conocer los temas relevantes de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software y dar conocimiento si van referidos a los tipos de minado, algoritmos, herramientas y/o perspectivas de Minería de Procesos.

Los términos establecidos para la cadena de búsqueda general fueron:

- Cadena 1: (“*Process Mining*” and “*Software Engineering*”)
- Cadena 2: (“*Minería de Procesos*” and “*Ingeniería de Software*”)

Las bases de datos nacionales e internacionales donde se implementaron las dos cadenas de búsqueda fueron: SIGA (IMPI), *Patenscope* (WIPO), Espacenet, Scopus, *Google Patent Search*, USPTO (USA), y *Patent lens*. El periodo de búsqueda se definió de 2009 al año 2020. En la [Tabla 1](#) se presenta el número total de 746 patentes recuperadas de las bases de datos al utilizar la cadena 1. Se destaca *Patent lens* con el mayor número de hallazgos con 653 patentes, representando el 87.5% del total de patentes. En menor cantidad se encuentran Espacenet y USPTO (USA) con 23 y 21 patentes respectivamente, *Google Patent Search* con 19 patentes, *Patenscope* (WIPO) y Scopus con 15 patentes cada una y, por último, SIGA (IMPI) con ningún resultado encontrado. Con respecto a la cadena 2, no se encontraron resultados en las bases de datos, lo cual confirma que la patentabilidad de la Minería de Procesos aplicada a la Ingeniería de Software se realiza en otros idiomas distintos al español. En relación con la base de datos SIGA (IMPI), el motivo de no encontrar patentes relacionadas al tema de investigación se puede atribuir a que en México los programas de cómputo no son patentables según el artículo 47, fracción V de la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2020).

Tabla 1. Número de patentes encontradas en las bases de datos.

Base de datos	Resultados Cadena 1	Seleccionados	Resultados Cadena 2	Seleccionados
SIGA (IMPI)	0	0	0	0
Patenscope (WIPO)	15	0	0	0
Espacenet	23	4	0	0
Scopus	15	1	0	0
Google Patent Search	19	1	0	0
USPTO (USA)	21	0	0	0
Patent lens	653	12	0	0
Total	746	18	0	0

Cada patente encontrada y los documentos correspondientes fueron revisados conforme a la definición de los siguientes Criterios de Inclusión (CI) y Criterios de Exclusión (CE):

- CI1: Patentes concedidas y solicitudes de patentes.
- CI2: Patentes registradas entre los años 2009 a 2020.
- CE1: Patentes abandonadas o retiradas.
- CE2: Patentes duplicadas.
- CE3: Patentes no relevantes al tema de investigación.

Dentro de la consulta de cada documento se extrajeron datos principales para la identificación de cada patente, con los que se generó una tabla con los campos: ID patente (Identificador de la patente), Título, País de origen, Inventores (Asignados), Clasificaciones, y una descripción general de la aplicación de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software.

3.2 Conducción

En la fase de Conducción se realizaron las actividades de Identificación y Selección de las patentes, así como la Extracción y Síntesis de datos. La selección de las patentes se realizó por medio de lo descrito en la fase de Planeación. Posterior a la primera selección, se aplicaron los CI y CE predefinidos tomando en cuenta el título, *abstract*, estatus de la patente y las reivindicaciones obteniendo la selección final de 18 patentes (ver [Tabla 1](#)).

Se utilizó como formato la extracción y síntesis de datos cuantitativa de las patentes con los campos presentados en la [Tabla 2](#): ID patente, Número de Patente, Año, Título, nombre del asignado/solicitante (empresa, universidad o persona física), y base de datos para la correspondencia al número de patentes seleccionadas por la cadena 1.

La participación de los autores en la extracción de datos se llevó a cabo de la siguiente manera: el primer autor extrajo los datos y el segundo, tercero, y cuarto validaron la extracción. Después los resultados fueron discutidos por los cuatro autores para llegar a un mutuo acuerdo.

4 Análisis de resultados

Se identificaron un total de 18 patentes que coinciden en la aplicación de Minería de Procesos e Ingeniería de Software (ver [Tabla 2](#)). Las patentes solicitadas o concedidas en varios países diferían a partir de la primera fecha de solicitud por lo que se tomó en cuenta la fecha en la que se iniciaron las solicitudes de patentes.

El número de patente se refiere a la concesión más temprana de la invención, vinculada al país donde se solicitó la patente. En este trabajo se utilizó la nomenclatura de cada oficina de patentes a nivel mundial: China (CN), Corea del sur (KR), Estados Unidos (US), Marruecos (MA), entre otros. La patente al ser un derecho territorial solo es reconocida en su país de registro, por tal motivo se remarca su importancia de proteger la patente en distintas entidades. Si se desea patentar en diferentes países se requiere de hacer uso del Convenio de París o por el Tratado de Cooperación en materia de Patentes. En la [Tabla 2](#) se observa cómo las patentes P2, P8 y P10 fueron identificadas con publicaciones múltiples; su registro se realizó en primera instancia en un país (MA, US) y posteriormente, fueron concedidas por la WIPO. Esto significa que una patente WIPO ofrece una solución a los asignados con relación a registrar la patente en varios países y ser administradas por dicho organismo.

Tabla 2. Listado de patentes de Minería de Procesos en la Ingeniería de Software, 2009-2020.

ID.	Número de Patente	Año	Título	Asignado	Base de datos
P1	CN109062763A	2018	<i>One kind dynamic realtime from SVN log event stream excavates the movable method of software process</i>	Yunnan Normal University	<i>Espacenet</i>
P2	MA2015174811A1	2014 2015	<i>Structural analytical method for organizational evaluation and restructuring based on the CMMI-DEV framework</i>	Zineb Besria y Zedine Boulmakoul	<i>Espacenet</i>
P3	WO2015174811A1	2019	<i>A kind of software development activity clustering method based on event log</i>	Yunnan Normal University	<i>Espacenet</i>
P4	CN109656545A	2016	<i>Decision support method and device based on process mining</i>	Hangzhou University of Electronic Science and Technology	<i>Espacenet</i>
P5	CN106056299A	2009	<i>System and Method of Measuring Process Compliance</i>	SAP SE	<i>Scopus</i>
P6	US20110040587A1	2018	<i>A kind of the double level software process method for digging and system of data-driven</i>	Yunnan Normal University	<i>Google Patent Search</i>
P7	CN109101230A	2011	<i>Managing process logs</i>	SAP SE	<i>Patent lens</i>

ID.	Número de Patente	Año	Título	Asignado	Base de datos
P8	US20130019006A1	2019 2020	<i>Generation of process models in domains with unstructured data</i>	Live Objects Inc	<i>Patent lens</i>
P9	US10592544B1	2019	<i>Frontend Process Mining</i>	SAP SE	<i>Patent lens</i>
P10	WO2020167559A1	2020 2020	<i>Systems and methods for hierarchical process mining</i>	Minit JSA	<i>Patent lens</i>
P11	US20200287992A1	2017	<i>A kind of process model mining method and system based on implicit features</i>	Yunnan Normal University	<i>Patent lens</i>
P12	US20200327125A1	2018	<i>Process Mining Method Based On A Mixed Event Log</i>	Nanjing University of Information Science and Technology	<i>Patent lens</i>
P13	WO2020208613A1	2016	<i>Process mining system based on semantic requirement matching</i>	Universidad de Shanghai Jiaotong	<i>Patent lens</i>
P14	CN106897396A	2018	<i>Method and apparatus for outputting process mining results</i>	Puzzle Data Inc.	<i>Patent lens</i>
P15	CN 108710645A	2019	<i>A kind of method of the imperfect business event log of auto-complete in process model mining field</i>	China University of Petroleum	<i>Patent lens</i>
P16	CN105956077A	2013	<i>Systems and methods for hybrid process mining and manual modeling with integrated continuous monitoring</i>	Bwise BV	<i>Patent lens</i>
P17	KR20200028201A	2014	<i>Method and apparatus for process model discovery using process mining</i>	Ulsan National Institute of Science and Technology	<i>Patent lens</i>
P18	CN110046136A	2019	<i>Accurate and transparent path prediction using process mining</i>	Odaia Intelligence Inc.	<i>Patent lens</i>

La distribución de las patentes en términos de línea del tiempo representa un aumento en los años 2018 y 2019; mientras que, en los años 2010, 2012 y 2015 no se encontró ninguna patente (ver [Figura 2](#)). Por parte de los países identificados, en la [Figura 3](#) se visualiza la cantidad y los países de origen de las patentes. El mayor número de patentes se registraron en China (CN) con 8 patentes, seguido de Estados Unidos (US) con 7 patentes, Corea del sur (KR) con 2 patentes y, por último, Marruecos (MA) con una patente. El liderazgo de CN y US se debe probablemente a que son países que promueven la innovación tecnológica y el registro de patentes de software.

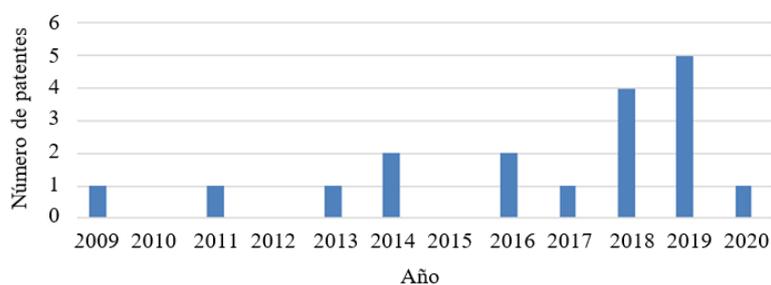


Figura 2. Frecuencia de las patentes distribuidas por años.

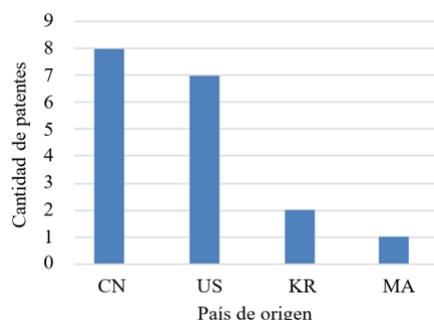


Figura 3. Cantidad y países de origen de las patentes relacionadas a la Minería de procesos y la Ingeniería de software.

Con respecto al tipo de solicitante, la [Tabla 3](#) destaca que la mayoría de las patentes son propiedad de las universidades y no de empresas, infiriendo que se debe al interés particular por la investigación y el desarrollo de nuevos procesos, modelos o tecnologías. El registro de universidades corresponde al 50% de las patentes obtenidas en cinco años, para las empresas se obtuvo un 44% distribuidas en seis años, y el tipo de personas representan el 6% con una patente registrada solo en un año. La Yunnan Normal University de origen chino se destaca por comprender el 22.2% de las patentes encontradas. El 27.7% restante de patentes por universidad se distribuyen entre 5 universidades con un 5.5% cada una. La empresa SAP SE (*Systems, Applications, and Products in Data Processing - Societas Europaea*) ha registrado el 16.6% de las patentes; mientras que el resto se divide entre 5 empresas con un 5.5% cada una. Todas las empresas identificadas pertenecen al área de software.

Tabla 3. Tipo de solicitantes, número de patentes y año de inicio de solicitud de patentes.

Solicitante	Tipo de solicitante	Patentes	Año de inicio de solicitud
SAP SE	E	3	2009, 2011, 2019
Bwise BV	E	1	2013
Personas	P	1	2014
Ulsan National Institute of Science and Technology	U	1	2014
Hangzhou University of Electronic Science and Technology	U	1	2016
Shanghai Jiao Tong University	U	1	2016
Yunnan Normal University	U	4	2017, 2018(2), 2019
Nanjing University of Information Science and Technology	U	1	2018
Puzzle Data Inc.	E	1	2018
Live Objects Inc	E	1	2019
Odaia Intelligence Inc.	E	1	2019
China University of Petroleum	U	1	2019
Minit JSA	E	1	2020

E= Empresa, U= Universidad, P= Persona física.

En la [Figura 4](#) se presenta el detalle de la estructura del CPC conforme a los resultados de las patentes seleccionadas, en donde destacan las secciones G (Física) y H (Electricidad). En la [Tabla 4](#), se describen los grupos de las secciones G y H, la clase G06 correspondiente a Computación, Cálculo y conteo (Espacenet, 2019) fue la que más se aplicó. Por otro lado, en la [Figura 5](#) sobresale el grupo G06Q10 orientado a los sistemas y métodos de minería de datos, seguida de G06F16 que fueron los que más menciones tuvieron dentro de las patentes relacionadas. Los 15 resultados de G06Q10 demuestran cómo a nivel mundial existe la tendencia en el registro de patentes relacionadas a la Minería de Procesos y la Ingeniería de Software dentro de dicha clasificación. Las patentes P13, P14, P15, P17, y P18 se enfocan más a la disciplina de Minería de Procesos pero fueron consideradas para la revisión por su clasificación de clase Q06.

Sección	Clase	Sub-clase	Grupo	Sección	Clase	Sub-clase	Grupo
G FÍSICA				H ELECTRICIDAD			
G06 COMPUTACIÓN; CÁLCULO; CONTEO				H04 TÉCNICA DE COMUNICACIÓN ELÉCTRICA			
G06F PROCESAMIENTO DIGITAL DE DATOS ELÉCTRICOS G06K RECONOCIMIENTO DE DATOS; PRESENTACIÓN DE DATOS; SOPORTES DE REGISTRO; MANIPULACIÓN DE SOPORTES DE REGISTRO G06N SISTEMAS INFORMÁTICOS BASADOS EN MODELOS COMPUTACIONALES ESPECÍFICOS G06Q SISTEMAS O MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE DATOS ESPECIALMENTE ADAPTADOS PARA FINES ADMINISTRATIVOS, COMERCIALES, FINANCIEROS, DE GESTIÓN, DE SUPERVISIÓN O DE PREVISIÓN; SISTEMAS O MÉTODOS ESPECIALMENTE ADAPTADOS PARA FINES ADMINISTRATIVOS, COMERCIALES, FINANCIEROS, DE GESTIÓN, DE SUPERVISIÓN O DE PREVISIÓN, NO PREVISTOS EN OTRA PARTE				H04L TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN DIGITAL			
G06F8/00 G06F11/00 G06F17/00 G06F40/00 Ver Tabla 4	G06K9/00	G06N3	G06Q10	H01L43/00 H01L67/00 Ver Tabla 4			

Figura 4. Estructura de las secciones asociadas a los resultados de la revisión de acuerdo con la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC). Adaptada de (Zhang et al., 2015).

Tabla 4. Descripción de los grupos de la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC).

CPC	Descripción
H04L43	Disposiciones para supervisar o probar las redes de conmutación de paquetes (disposiciones de red o protocolos de comunicación para apoyar las aplicaciones en red para el seguimiento de la actividad del usuario de la aplicación).
H04L67	Disposiciones específicas de la red o protocolos de comunicación que soportan las aplicaciones en red.
G06F8	Disposiciones para la Ingeniería de Software.
G06F11	Detección de errores, corrección de errores, monitorización (detección, corrección o monitorización de errores en el almacenamiento de información basada en el movimiento relativo entre el soporte de registro).
G06F16	Recuperación de información, estructuras de bases de datos, estructuras de sistemas de archivos.
G06F17	Equipos o métodos informáticos digitales o de tratamiento de datos, especialmente adaptados para funciones específicas (recuperación de información, estructuras de bases de datos o estructuras de sistemas de archivos).
G06F40	Tratamiento de datos del lenguaje natural (análisis o síntesis del habla, reconocimiento del habla).
G06K9	Métodos, disposiciones para leer o reconocer caracteres impresos o escritos. Reconocer patrones.
G06N3	Sistemas informáticos basados en modelos biológicos.
G06Q10	Sistemas o métodos de tratamiento de datos especialmente adaptados para la gestión, la promoción o la práctica de actividades comerciales o financieras.

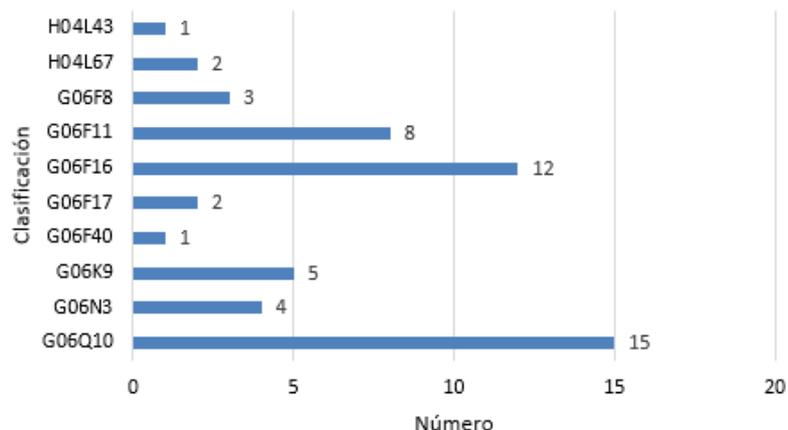


Figura 5. Estructura de las secciones asociadas a los resultados de la revisión de acuerdo con la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC). Adaptada de (Zhang et al., 2015).

En los resultados se destacan cuatro temas relevantes de la Minería de Procesos (ver Figura 6): el primero correspondiente a la gestión de registros de eventos (39%), el segundo relacionado al manejo de datos (33%), el tercero asociado a los modelos de procesos (22%) y por último, el tema de la conformidad del proceso (6%).

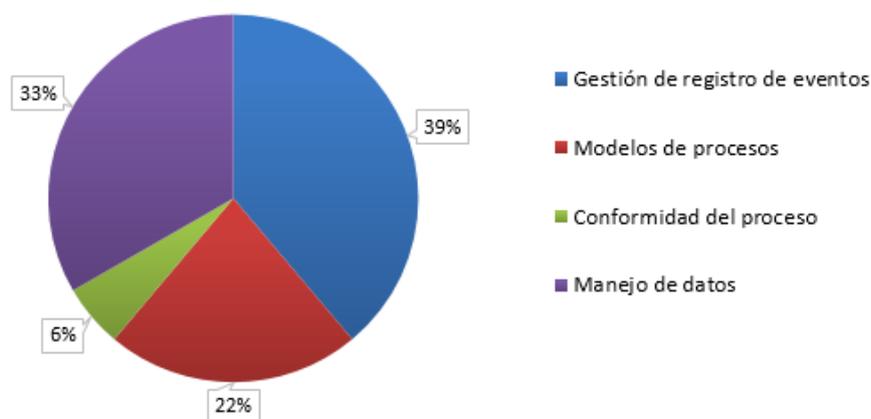


Figura 6. Temas relevantes a la Minería de procesos.

A continuación, se describen cada uno los temas en función de su aplicación con la Ingeniería de Software.

4.1 Gestión de registro de eventos

Este tema se enfoca en la comprensión de registro de eventos en el proceso de desarrollo de software. Se establecen métodos y técnicas para asignar recursos en el flujo de trabajo que permitan llevar a cabo una verificación formal, la identificación de procesos, y la utilización de los registros de eventos imperfectos. P3 propone mejorar la comprensión del registro de eventos en el desarrollo de software por medio del método *clustering*, revelar la información que contiene los datos de registro de eventos, y guiar la actividad de descubrimiento del proceso de desarrollo de software y el comportamiento de desarrollo de software de especificación y proporcionar apoyo técnico durante el proceso de desarrollo. P4 presenta un método y un dispositivo de apoyo a la toma de decisiones basado en la Minería de Procesos. La invención pertenece al campo de la gestión de la Ingeniería de Software relacionado a minar el flujo de control. En P7, se proporcionan implementaciones de sistemas, software y métodos para la gestión de registros de procesos incluyendo la identificación de un proceso de extremo a extremo. Por otro lado, la patente P11, divulga un método de explotación de modelos de procesos, basándose en características implícitas, donde el método

incluye el registro original y se filtra para conseguir el nuevo registro diario. El registro contiene un gran número de eventos extraídos de los sistemas de información siendo esto posible por el desarrollo de tecnologías como el Internet de las Cosas o la computación en la nube. P12 presenta un método y un aparato para el minado efectivo de un registro de eventos mixto (o de cualquier tipo) para producir un modelo de procesos; la invención pertenece al campo de la Minería de Datos mencionando al Big data. En P14, se emite un método para realizar la Minería de Procesos mediante el filtrado de datos y proporcionando el resultado. Por último, P15 patenta un método para los registros de eventos imperfectos en donde se autocompletan los campos que se van a minar, garantizando la precisión del modelo de procesos descubierto.

4.2 Manejo de datos

El tema de manejo de datos está relacionado con el tratamiento de los datos para formular registro de eventos, registrando métodos para el manejo del registro de procesos de software más estables, recopilación de datos para su análisis, correlacionar los datos, procesar los datos bajo el esquema de la Minería de procesos y realización de predicciones de los próximos eventos basados en modelos de procesos. Como se presenta en P1, el método extrae dos contenidos de propiedades de flujos de control, sometiendo los contenidos a un proceso de estructuración para manejar datos más estables; la invención se enfoca en la detección de errores de procesos de software. La patente P8 presenta el procesamiento de datos no estructurados de varios dominios, entre ellos una empresa de desarrollo de software a partir de fuentes de datos heterogéneas para generar un registro de eventos donde se puedan identificar entidades, como ingenieros, ejecutivos, fechas límites, características del software, entre otros. La patente P8 se orienta a la manipulación de los datos, al igual que P9 en donde los datos se correlacionan para permitir el análisis de un proceso, logrando detectar las relaciones entre los sistemas de software, realizar evaluaciones comparativas, agilizar las interacciones empresariales, utilizar la detección de anomalías para obtener información en tiempo real y reducir el uso de código personalizado. En P10 se divulga un método de la Minería de procesos jerárquicos, en donde se recopilan datos de distintas fuentes. Por ejemplo, datos producidos por software, para posteriormente ser correlacionados y crear una jerarquía de los datos que serán procesados con un algoritmo de Minería de procesos para generar un modelo de procesos. P13 propone un sistema de Minería de procesos basado en la coincidencia de requisitos semánticos. El sistema de Minería de procesos comprende una unidad de fundación de plataforma, una unidad de plugin de algoritmo, y una unidad de visualización de modelos, en la que la unidad de fundación de plataforma recibe un texto de requisitos y datos de registro de usuario, y llama a la unidad de plugin de algoritmo para llevar a cabo la Minería de Procesos; y después de que la unidad de fundación de plataforma recibe el resultado de la minería de la unidad de plugin de algoritmo, la unidad de fundación de plataforma transmite el resultado a la unidad de visualización de modelos para mostrar el resultado de la minería. Por último, P18 dirige a un sistema analítico basado en computadora y a un método que utiliza una estructura de datos específica y el procesamiento de esta para estimar las predicciones de los próximos eventos, generando primero una estructura de datos basada en modelos de procesos obtenidos mediante técnicas de Minería de Procesos.

4.3 Modelos de procesos

El tema modelos de procesos se centra en métodos que utilizan modelos de procesos y proponen la obtención de estos. En P6 se patenta un método de proceso de software de doble nivel para la excavación y sistema de *data-driven* donde se utiliza la Minería de Procesos para encontrar la secuencia de las actividades y la información relacionada con los casos identificados. Por parte de P16 se proporciona un sistema informático para el modelado de procesos híbridos, almacenando un modelo del proceso y eventos obtenidos de las instancias ejecutadas del proceso; los eventos se asignan al modelo lo que deriva un valor de rendimiento para al menos un elemento del modelo el cual debe estar asociado con algún evento asignado. En la patente P17 se refiere a un método para extraer un modelo de proceso, el cual, toma los registros de eventos de un proceso en específico y el método reconfigura las conexiones del modelo extraído basado en los elementos de opción y los umbrales seleccionados de acuerdo con un comando de usuario para generar un modelo de proceso final. Por último, P2 propone la interoperabilidad entre el modelo de

referencia de procesos de software *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) y el método analítico estructural para la evaluación y reestructuración organizativa *Structural Engine Process' Analytics* (SEPA).

4.4 Conformidad del proceso

En el tema de Conformidad del proceso, en la patente P5 se presenta un método para medir la conformidad basada en secuencias, el cual incluye el almacenamiento de un modelo adaptado de un modelo de referencia como CMMI y de las instancias del proceso, permitiendo la generación de un modelo a partir de las diferentes instancias del proceso registradas. El método puede evaluar y mejorar el proceso analizado identificando instancias de este que impactan negativamente el rendimiento del proceso. También, este método permite ajustar iterativamente el modelo del proceso para verificar si el ajuste dio lugar a una mejora, en comparación con otros métodos existentes. Por ejemplo, los algoritmos de Minería de procesos como el genético, el método puede incluir uno o más grados de conformidad.

Con base en los temas abordados en las patentes, se observó que la innovación está orientada en etapas tempranas de la Minería de Procesos. Esto se debe a que actualmente el reto de la Minería de Procesos se encuentra en la identificación de los datos de eventos pertinentes entre el conjunto de datos de los sistemas, extraerlos y transformarlos al formato de registro de eventos centrado en el proceso que requieren las técnicas de Minería de Procesos.

La principal limitación para la confiabilidad del número total de patentes identificadas es la posibilidad de que no todas las patentes se encuentren registradas en las bases de datos utilizadas para este estudio debido a que dependen de los lineamientos que cada nación establezca en sus políticas y normatividad de patentabilidad de software.

5 Conclusiones

Con el crecimiento económico, el registro de patentes surge como una estrategia para proteger la comercialización, pero a su vez ha influido positivamente en la innovación a través de tecnologías y el desarrollo de nuevos productos (Raghupathi & Raghupathi, 2017). De esta forma, las patentes representan la innovación de un campo en específico, haciendo posible conocer sus tendencias de interés y entidades emergentes. Además, de otorgar un beneficio en el ámbito del reconocimiento o la explotación de los derechos patrimoniales.

El análisis de 18 patentes relacionadas con la aplicación de la Minería de Procesos en la Ingeniería de Software permitió identificar su transdisciplinariedad en el ámbito de la innovación. Sin embargo, existe una brecha en relación con otras disciplinas. Se identificaron seis empresas y seis instituciones educativas sobre todo en China y Estados Unidos que están patentando invenciones con ambas disciplinas en conjunto.

Debido principalmente a las limitantes que algunos países tienen para el registro de patente de software, las invenciones de las patentes identificadas se relacionan a la protección de métodos y sistemas que proponen nuevos mecanismos para la obtención de modelos de procesos, registro de eventos y el manejo de datos. Se enfatiza la integración de herramientas de Minería de procesos para el minado de procesos de software. Asimismo, el desarrollo de métodos que sean capaces de incorporar en un registro de eventos los procesos que se encuentren dispersos en distintos sistemas de software y el manejo de datos semi-estructurados.

Por último, se confirma que una revisión de patentes permite establecer el estado del arte en términos de invenciones y validar la existencia de nuevo conocimiento a través de desarrollos tecnológicos y científicos como un punto de partida para la generación de investigación original.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto a la investigación, autoría o publicación de este artículo.

Financiación

Apoyo otorgado al primer autor bajo el número 634421 por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Agradecimientos

A los doctores Marcos Coronado y Conrado García por su valiosa retroalimentación en esquemas de protección de propiedad intelectual.

ORCID iD

Silvia Jaqueline Urrea-Contreras  <https://orcid.org/0000-0002-9650-2579>

Brenda Leticia Flores-Ríos  <https://orcid.org/0000-0002-2502-6595>

María Angélica Astorga-Vargas  <https://orcid.org/0000-0002-9998-3777>

Jorge Eduardo Ibarra-Esquer  <https://orcid.org/0000-0003-2636-5051>

Referencias

- Abran, A., Moore, J. W., Bourque, P., & Dupuis, R. (2004). *SWEBOK: Guide to the Software Engineering Body of knowledge version*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Aguilar Vera, R. A., Oktaba, H. J., Juárez Ramírez, R., Aguilar Cisneros, J. R., Fernández, C. A., Rodríguez Elías, O. M., & Ucán Pech, J. P. (2017). Capítulo 5. In *Ingeniería de software* (pp. 167–194). Academia Mexicana de Computación.
- Aguirre Mayorga, S., & Parra Rodríguez, C. (2014). Metodología para la aplicación de minería de procesos. *Jornadas Chilenas de Computación*.
- Bastos Tigre, P., Silveira Marques, F., & Comisión Europea. (2009). *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2003). R&D Information Flows and Patenting in Japan and the United States. In *Economics, Law and Intellectual Property* (pp. 123–154). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3750-9_7
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. (2020). *Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial*.
- Cooperative Patent Classification. (2010). *About CPC*. <https://www.cooperativepatentclassification.org/about>
- de Pablos Heredero, C., López Hermoso Agius, J. J., Martín-Romo Romero, S., & Medina Salgado, S. (2019). *Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa*. ESIC.
- Díaz Pérez, A. (2008). *América Latina y el Caribe: la propiedad intelectual después de los tratados de libre comercio*.
- Dumas, M., la Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). Introduction to Business Process Management. In *Fundamentals of Business Process Management* (pp. 1–33). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4_1
- Espacenet. (2019). *Cooperative Patent Classification*. <https://worldwide.espacenet.com/classification#!/CPC>
- Hernán Rivas, M., & Bayona-Oré, S. (2019). Algoritmos de Minería de Proceso para el Descubrimiento Automático de Procesos. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 31, 33–49.
- Jedrusek, A. (2017). *Patent protection for software-implemented inventions*. https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2017/01/article_0002.html
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*.
- Lemos, A. M., Sabino, C. C., Lima, R. M. F., & Oliveira, C. A. L. (2011). Using process mining in software development process management: A case study. *2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 1181–1186. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2011.6083858>
- Valle, A. M., Santos, E. A. P., & Loures, E. R. (2017). Applying process mining techniques in software process appraisals. *Information and Software Technology*, 87, 19–31. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.01.004>
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2008). *Patentes ¿Qué es una patente?* <https://www.wipo.int/patents/es/>
- Raghupathi, V., & Raghupathi, W. (2017). Innovation at country-level: association between economic development and patents. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 6(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13731-017-0065-0>

- Rubin, V., Lomazova, I., & van der Aalst, W. (2014). Agile development with software process mining. *Proceedings of the 2014 International Conference on Software and System Process - ICSSP 2014*, 70–74. <https://doi.org/10.1145/2600821.2600842>
- Štolfa, J. (2018). *Application of Process Mining in Intelligent Process Support* [Tesis Doctoral]. <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/133118>
- Tran, T., & Kavuluru, R. (2017). Supervised Approaches to Assign Cooperative Patent Classification (CPC) Codes to Patents. In *Mining Intelligence and Knowledge Exploration. MIKE 2017. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 22–34). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71928-3_3
- Urrea-Contreras, S. J., Flores-Rios, B. L., Astorga Vargas, M. A., Ibarra-Esquer, J. E., González-Navarro, F. F., Velazquez-Solis, P. E., Buitrón Ruiz, S. L., & Ardila Albarracín, C. A. (2020). Propuesta de un marco de trabajo para la Identificación y Selección de algoritmos y herramientas de Minería de Procesos orientado a las organizaciones de desarrollo de software. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informaçã*, E25, 348–363.
- Urrea-Contreras, S. J., Flores-Rios, B. L., Astorga-Vargas, M. A., Ibarra-Esquer, J. E., & Burtseva, L. (2018). Adopción de Herramientas de Minería de Procesos en la Ingeniería de Software. *Abstraction & Application*, 20, 24–37.
- van der Aalst, W., Adriansyah, A., de Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., Bose, J. C., van den Brand, P., Brandtjen, R., Buijs, J., Burattin, A., Carmona, J., Castellanos, M., Claes, J., Cook, J., Costantini, N., Curbera, F., Damiani, E., de Leoni, M., ... Wynn, M. (2012). Process Mining Manifesto. In *Business Process Management Workshops. BPM 2011. Lecture Notes in Business Information Processing* (Vol. 99, pp. 169–194). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28108-2_19
- van der Aalst, W. (2016). *Process Mining: Data Science in Action*. Springer.
- World Intellectual Property Organization. (2020). *World Intellectual Property Indicators 2020*. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2020.pdf
- Zarate, L. (2019). *El Registro del software ante INDAUTOR en México y la posibilidad de patentamiento en algunos casos* [Tesis de Maestría]. <https://infotec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1027/351>
- Zhang, L., Li, L., & Li, T. (2015). Patent Mining. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 16(2), 1–19. <https://doi.org/10.1145/2783702.2783704>