

ESTUDIO DE CASO



Alternativa tecnológica para la integración de información: estudio de caso de proyectos de bus de servicios empresariales

*Technological alternative for the integration information: case
study of enterprise service bus projects*



Dalila Kindelán Castro

dalilakc@aica.cu • <https://orcid.org/0000-0002-4073-010X>

EMPRESA LABORATORIOS FARMACÉUTICOS AICA, CUBA

Carlos Ramón López Paz

carlosrl@aica.cu • <https://orcid.org/0000-0002-1916-0085>

EMPRESA LABORATORIOS FARMACÉUTICOS AICA, CUBA

Recibido: 2022-09-22 • Aceptado: 2022-12-15

RESUMEN

La Inteligencia de Negocios (BI) implica el conjunto de procesos que se realizan para convertir datos sin procesar en información significativa, para respaldar la toma de decisiones. La integración de información y las técnicas asociadas representan la base para crear una vista unificada de los datos provenientes de diferentes fuentes. Entre las técnicas se destaca la virtualización de datos, que propone como una de las alternativas para su implementación, los Bus de Servicios Empresariales (ESB). Este artículo presenta un estudio de caso en el contexto de tres áreas de procesos de la Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA. El estudio interviene 97 flujos de integración desarrollados con tecnología ESB, como una alternativa tecnológica que permite crear una capa de virtualización, que brinda acceso a la información integrada en tiempo

real, y facilita el proceso de análisis y toma de decisiones en diferentes niveles. Toda la evidencia recolectada permite argumentar las experiencias adquiridas en el desarrollo de este tipo de soluciones y constituyen los hallazgos del estudio de caso.

PALABRAS CLAVE: bus de servicios empresariales; inteligencia de negocio; integración de datos; virtualización de datos; Mule ESB.

ABSTRACT

Business Intelligence (BI) includes the set of processes that are performed to convert raw data into significant information to support commercial decision making. Data integration and related techniques represent the basis for creating a unified view of data from different sources. Among the techniques, data virtualization stands out, proposing Enterprise Service Bus (ESB) as one of the alternatives for its implementation. This article presents a case study in the context of three process areas of the Pharmaceutical Laboratories Enterprise AICA. The study intervenes 97 integration flows developed with ESB technology, as a technological alternative that allows creating a virtualization layer that provides access to integrated information in real time and simplifies the process of analysis and decision making at different levels. All the collected evidence allows to argue the experiences obtained from developing this type of solutions and constitute the findings of the case study.

KEYWORDS: Enterprise Service Bus; Business Intelligence; data integration; data virtualization; Mule ESB.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la Inteligencia de Negocios (BI) se considera como la implementación más importante que puede ayudar a las empresas para obtener una ventaja competitiva (Paradza & Daramola, 2021) (Pontes & Albuquerque, 2021). Los objetivos principales de BI son permitir el acceso interactivo a los datos, su manipulación y disponibilidad para los decisores. Las contribuciones en los estudios acerca de BI se abordan desde perspectivas que centran su análisis en aspectos de gestión, aspectos tecnológicos y

aspectos focalizados en el dominio de aplicación y uso (Liang & Liu, 2022) (Rashid & Khurshid, 2018). También BI se puede analizar como un marco de trabajo que incluya componentes de arquitectura, herramientas, aplicaciones, bases de datos y metodologías, que proporcionen un fácil acceso a la información. Todo configurado en función de facilitar un proceso y un contexto de toma de decisiones basado en información oportuna, y que permita comprender las influencias internas y externas que afectan a la organización para alcanzar sus objetivos estratégicos.

Desde la perspectiva de los componentes tecnológicos, la arquitectura de BI es la infraestructura que respalda todas las etapas del proceso de desarrollo de una solución BI. Por ejemplo, son clásicas las etapas de: recopilación de datos, limpieza y estructuración, almacenamiento y análisis (Young, 2018).

Los componentes tecnológicos para construir una arquitectura BI son: fuentes de datos que pueden ser internas y externas; gestión de calidad e integración de datos, que tiene como objetivo consolidar conjuntos de datos de múltiples fuentes para brindar una vista unificada, repositorios de datos que abarca varios repositorios que estructuran y almacenan datos para su posterior procesamiento; y, por último, la capa analítica que comprende soluciones para acceder y trabajar con datos y está dirigida a analistas de datos, científicos de datos o usuarios comerciales (El Ghalbzouri & El Bouhdidi, 2022) (Sreemathy *et al.*, 2021).

En la capa de gestión de calidad e integración de datos existen varios métodos para realizar estos procesos, compuestos por las tecnologías vinculadas a los procesos de extracción transformación y carga Extract Transform Load (ETL). También una alternativa al proceso ETL son las técnicas que pueden utilizarse para la captura de los datos modificados y las diferentes estrategias para la replicación de datos. En dependencia de las fuentes de datos es necesario realizar tareas que son clásicas en los procesos BI, como pueden ser: limpieza, depuración y enriquecimiento de datos como parte de la gestión de la calidad de los datos (Sreemathy *et al.*, 2021).

Específicamente el tema de la virtualización de datos, como método de integración de datos, merece un tratamiento especial. Se distingue del resto en que no implica el movimiento físico de la información y proporciona una vista unificada de los datos accesible a través de una capa semántica (Reeve, 2013). Se recurre a los ETL para la integración de datos, como el clásico enfoque BI. Sin embargo, el movimiento de los datos no siempre es el mejor enfoque, ya que esto da como resultado un nuevo repositorio que necesita mantenimiento. Además, en el caso de que exista un número considerable de procesos ETL ejecutándose cada noche, sincronizados por *scripts*, son difíciles de modificar cuando sea necesario. Otra problemática asociada es que cuando se realice el procesamiento que, por lo general, sucede en lotes entre días o dentro del día, los resultados de esta integración pueden ofrecer datos desactualizados.

La virtualización de datos implementa una solución para estas problemáticas, debido a que crea vistas integradas de datos extraídos de fuentes, ubicaciones y formatos dispares; la entrega de estas vistas es realizada en tiempo real a múltiples

aplicaciones y usuarios, porque no hay replicación involucrada. La capa de virtualización de datos no contiene datos de origen, solo los metadatos necesarios para acceder a cada una de las fuentes aplicables, así como las instrucciones globales que las organizaciones deseen implementar, como los controles de seguridad o la gobernanza. La capa de virtualización de datos abstrae a los usuarios y las aplicaciones de las complejidades del acceso y, para todos los consumidores, la capa de virtualización de datos aparece como un repositorio único y unificado (Mousa & Shiratuddin, 2015).

Técnicamente, existen muchas alternativas disponibles para implementar la virtualización de datos en el contexto BI; una de ellas es utilizar un Bus de Servicios Empresariales (ESB) para desarrollar una capa de servicios que permita el acceso estandarizado a los datos. El ESB se define como una plataforma de infraestructura de *middleware*, que proporciona una fácil integración de servicios y aplicaciones empresariales, utilizando los principios de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA, por sus iniciales en inglés). Representa un punto donde se centralizan todas las integraciones, lo que evita que un sistema se conecte directamente con otro. Como alternativa tecnológica brinda funcionalidades, entre ellas, servicios en una arquitectura BI, que sirve de soporte para el proceso de toma de decisiones (Van der Lans, 2012) (Manik, 2022).

El ESB también puede utilizarse como una infraestructura de integración distribuida, basada en mensajes, que proporciona servicios de enrutamiento de mensajes, invocación y mediación, para facilitar las interacciones entre las aplicaciones en un entorno seguro y fiable. Proporciona componentes genéricos que pueden configurarse para dar solución a diferentes escenarios de integración. Los ESB nacieron de la necesidad de alejarse de la integración punto a punto, que, al igual que los scripts ETL, son difíciles de mantener a lo largo del tiempo. Las principales capacidades de un modelo ESB para asumir el desarrollo de una solución de integración son: soporte multiprotocolo, transformación de mensajes, monitoreo y orquestación de servicios (Manik, 2022) (Aziz *et al.*, 2020).

La empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA, del grupo de las Industrias Farmacéuticas y Biotecnológicas de Cuba (BioCubaFarma), desarrolla múltiples iniciativas de integración de información, utilizando la tecnología ESB. Estos proyectos tienen como antecedente la Aplicación del Marco Metodológico de Consultoría TI, donde se propuso e implementó una estrategia TI, que incluye la integración de fuentes primarias de información, como servicios de datos con este tipo de tecnología Mule ESB (Berna *et al.*, 2018) (Maciá *et al.*, 2018). No obstante, el desarrollo de una estrategia de integración no se limita exclusivamente a la tecnología ESB o al empleo de una herramienta específica como Mule ESB. También son viables otras herramientas ESB como WSO2 ESB, Oracle Service Bus, IBM Websphere ESB, Microsoft BizTalk. Incluso podrían ser utilizadas otras tecnologías de integración de datos por lotes utilizando ETL. El resultado de aplicación de la tecnología Mule ESB permitió la obtención de prototipos de flujos de integración en un lenguaje específico de dominio,

donde el flujo es una colección de componentes conectados que consta de tres partes. La primera parte se corresponde con un componente de entrada que desencadena la ejecución del flujo; la segunda, los procesadores que contienen la lógica de integración (transformaciones, componentes de enrutamiento, entre otros); y, por último, un componente de salida que devuelve la respuesta a las aplicaciones.

La disponibilidad (Runeson *et al.*, 2012) de estos proyectos ESB es la base de evidencias que permite a esta investigación sistematizar, mediante la ejecución de un estudio de caso, los factores que facilitan o dificultan la adopción de la tecnología ESB, como alternativa para la integración de datos en entornos donde se requiera la virtualización en un contexto BI. Este artículo presenta un estudio de caso que sistematiza las experiencias en el desarrollo de 97 flujos de integración, a lo largo de cinco proyectos ESB, durante el período 2020-2022. Estos flujos con la tecnología Mule ESB brindan información primaria a las aplicaciones informáticas que configuran un contexto y proceso de toma de decisiones, asistido por tecnologías digitales en tres áreas de procesos de AICA.

METODOLOGÍA

Este estudio de caso se inserta como parte de los resultados del grupo de Investigación en Consultoría TI y aplicaciones de las Ciencias del Diseño de la Cujae que, en cooperación con la Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA, aplica el Marco Metodológico de Consultoría TI (MMCTI) (Pérez *et al.*, 2018). AICA está inmersa en un proceso de integración posfusión. En este tipo de contexto organizacional, los decisores TI consideraron la oportunidad de evaluar las tecnologías ESB como un medio que facilitara el desarrollo de procesos de normalización de sus sistemas de trabajo y sus fuentes primarias de información, en correspondencia con las prácticas internacionales en este tipo de escenario (Schönreiter, 2018).

La aplicación de MMCTI facilita un proceso riguroso y basado en evidencias para la selección de tecnologías digitales. De esta forma la selección fundamentada de este tipo de tecnología será generadora de valor, lo cual es fundamental para esta empresa cubana de alta tecnología. Entonces, una estrategia TI inadecuada para la adopción de las tecnologías digitales puede ser una fuente de destrucción de valor para una organización. Las tecnologías digitales, como fuente de generación de valor, deben concebirse como un ecosistema de tecnologías y sistemas de información que se alinean con los procesos de negocio, tanto en los niveles operativos como en los estratégicos. Cuando esta alineación, ajuste o coadaptación entre «negocio» y «tecnología» no se alcanza y se logra sostener en el tiempo, las operaciones de la empresa podrían verse afectadas. Por tanto, lejos de ser un recurso estratégico que impulse la transformación digital (TD) y la excelencia en el desempeño organizacional, propiciará operaciones que se enlentecen, flujos de trabajos mal coordinados y procesos de toma de decisiones poco transparentes y sesgados por un acceso a fuentes de información no primarias.

El estudio de caso ha sido el método empleado para estudiar a profundidad estos contextos tecnológicos, pues resulta apropiado cuando no se puede tener el control sobre el fenómeno observado —el contexto de adopción de tecnología ESB— o este control es muy difícil de realizar (Sreemathy *et al.*, 2021). El estudio de caso es un método de investigación observacional y fundamentalmente cualitativo, basado en evidencias donde el proceso de generación analítica —una vez diseñados y ejecutados los casos— permite la generalización del conocimiento tecnológico o la replicación o transferencia de los hallazgos en contextos análogos.

Los hallazgos en este dominio de consultoría TI se definen en términos de facilitar la adopción de las tecnologías objeto de adopción. Además, podrían estar estructuradas como artefactos de las Ciencias del Diseño del tipo *guideline*, donde el cliente recibiría del consultor una estructura en la recomendación del tipo «*Suggestion regarding behavior in a particular situation (if in situation X do Y)*», según define Offermann (Reeve, 2013) y fundamentada con una cadena de evidencias.

El estudio de caso, como medio de llevar a cabo otros procesos de adopción de tecnologías, también se utiliza en dominios como la adopción del paradigma de programación Orientado a Objeto (Berna *et al.*, 2018), estudios longitudinales de las dimensiones organizacionales del proceso de desarrollo de *software* como un proceso complejo (Maciá *et al.*, 2018), puntos de contacto y diferencias entre las metodologías ágiles y tradicionales a escala de proyectos de desarrollo de *software* global (Runeson *et al.*, 2012) y en el análisis de los procesos de innovación abierta que ocurren en la gestión de múltiples repositorios de proyectos de *software*, en un escenario de integración continua con herramientas como Jenking y Gerrit (Pérez *et al.*, 2018).

Como parte de este escenario real de investigación aplicada entre AICA y la Cujae, se inserta el proyecto I+D «Marco de trabajo para la administración de Interfaces de Programación de Aplicaciones. Estudio de caso de las fuentes primarias de información de Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA». En este escenario están disponibles, en cinco proyectos ESB, un total de noventa y siete flujos de integración desarrollados de 2020 a 2022. Estos flujos facilitan de forma automática la integración de información en los dominios funcionales de capital humano, inventarios, ventas y mercados. Además, se tiene acceso al sistema de toma de decisiones y el contexto de negocio en que estas decisiones se producen.

La conceptualización del tópico objeto de estudio para la determinación del contexto del caso es, en la práctica, la disponibilidad en su escenario real. Este tópico es la diversidad de los flujos de integración con tecnología ESB. Estos flujos diseñados constituyen las unidades de análisis de este estudio de caso. Esta decisión de diseño está en correspondencia con Runeson *et al.* (2012), donde se plantea que en muchos casos en el dominio de la Ingeniería de *Software* y Sistema de Información, los tópicos se seleccionan sobre la base de su disponibilidad. Sin embargo, puede ser difícil de antemano saber si un caso será típico. Por ejemplo, muchos proyectos de *software* sobrepasan su presupuesto y calendario; pero esto no es esperado al inicio del Proyecto.

Si un investigador está intentando estudiar proactivamente un proyecto, en vez de retrospectivamente, el investigador no puede saber al comienzo del proyecto y del estudio de caso de ese proyecto, si este terminará dentro del presupuesto y en tiempo.

Por lo tanto, para algunos fenómenos de interés puede ser muy difícil seleccionar de antemano casos que sean extremos, o de lo contrario que sean típicos. En este escenario en particular y basado en lo anterior, la estrategia de recolección de evidencias de este estudio de caso se basa en la reconstrucción mediante observación participante, de todos los flujos de integración con tecnología Mule ESB en los repositorios de proyectos ESB. Estos flujos aportan, como solución digital, las fuentes primarias de información a los contextos de toma de decisiones en las áreas de proceso de Gestión de Capital Humano, Gestión de Estrategia de Negocio y Gestión de la Documentación. En estas tres áreas de procesos se toman decisiones facilitadas con diferentes *software* que consume la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, por las iniciales del inglés), desarrolladas con tecnología Mule ESB.

En resumen, las pautas del diseño del estudio de caso son las siguientes:

- Contexto del caso y unidades de análisis: cada uno de los contextos del caso se identifican como cada uno de las áreas de proceso que, asistidas por diversos *software*, configuran un escenario de toma de decisiones. Las unidades de análisis son los flujos de integración con componentes que abstraen lógica de integración en un lenguaje específico de dominio propio de Mule ESB.
- Clasificación del estudio de caso: es un estudio de caso múltiple (tres contextos) y de tipo explicativo que interviene (a manera de reconstrucción) los diferentes flujos de integración desarrollados y refinados a lo largo de 2 años en cinco proyectos ESB.
- Estrategia de recolección de evidencias: observación directa y participante a los proyectos en Gitlab, de la infraestructura del departamento de I+D donde están los flujos de integración. Estas observaciones, siguiendo el protocolo de «Pensando en Voz Alta», analizan las particularidades y los aspectos invariantes de estos flujos a nivel de reutilización de componentes del flujo, la lógica de integración modelada y el nivel de complejidad que estos componentes abstraen. Esta estrategia es coherente con las buenas prácticas en el diseño de estudios de caso (Dubé & Paré, 2003) (Elsahn *et al.*, 2020).
- Pregunta del caso: ¿Cómo influye el empleo de flujos de integración con tecnología Mule ESB como alternativa de desarrollo de API en un dominio de integración de información, que apoye múltiples contextos de toma de decisiones?

Estrategia de análisis: basarse en el seguimiento de las proposiciones teóricas bajo una técnica de análisis, que se fundamenta en la construcción de explicaciones Explanation Building (Yin, 2018). En este tipo de análisis se identifican patrones basados en relaciones causa-efecto y se buscan explicaciones subyacentes.

DESARROLLO

PROPOSICIONES TEÓRICAS

Para la definición de las proposiciones teóricas de este estudio de caso se aplican estrategias sistemáticas de revisión en el contexto de los métodos de investigación de la Ingeniería de *Software* basada en Evidencias (Kitchenham, Budgen & Brereton, 2015). Para ello, se utilizan combinaciones de tres niveles de estudios: primarios, secundarios y terciarios. Estos dos últimos, tanto en sus variantes de mapeos sistemáticos (Kitchenham, Budgen & Pearl, 2011), como de revisiones sistemáticas. La estrategia sistemática de revisión que se emplea al combinar estos tipos de estudios, no es generadora propiamente de una contribución en el dominio de las revisiones sistemáticas, sino en consumir sus hallazgos teóricos para tomarlos como referentes teóricos para el estudio de caso. Esta teoría puede tener un basamento en las regularidades empíricas de experiencias de la industria. Esto sucede, por ejemplo, cuando los estudios secundarios toman como estudios primarios trabajos de tipo literatura gris (figura 1) (Kitchenham, Madeyski & Budgen, 2022) (Zhang *et al.*, 2022).

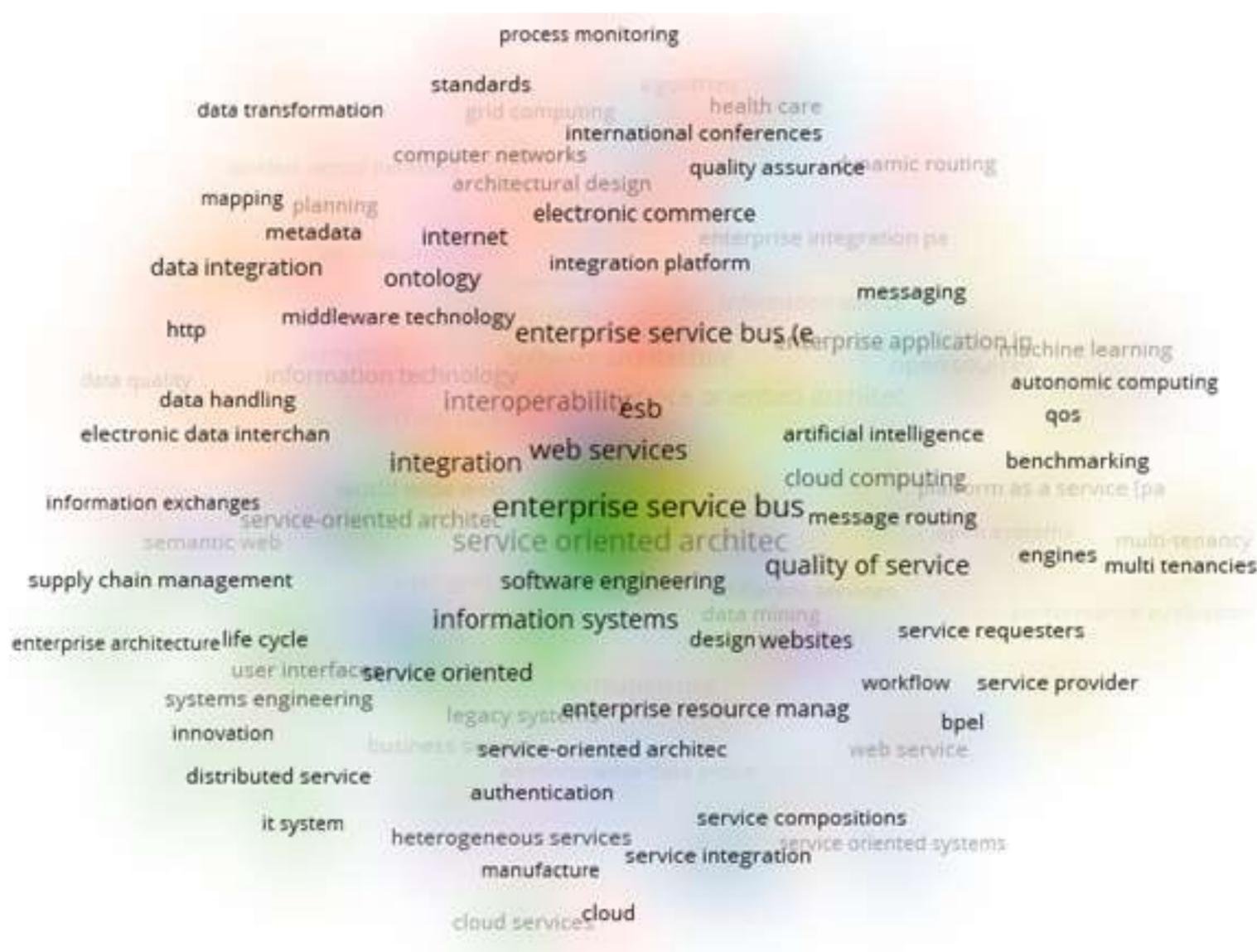


Figura 1 Resultado del análisis de la coocurrencia de palabras clave en el metadato Scopus.

Como punto de partida, se inicia con el análisis del término *Enterprise Service Bus*, en la herramienta VOSviewer (*VOSviewer, Visualizing scientific landscapes*, 2022). Esta es una

herramienta para construir y visualizar redes bibliométricas. En este caso se construye una red tomando como base la coocurrencia de los términos empleados en las palabras clave del metadato obtenido en el buscador de publicaciones científicas de Scopus (*VOSviewer, Visualizing scientific landscapes, 2022*), al generar un metadato con extensión RIS con la cadena de búsqueda *Enterprise Service Bus* y exportarlo para su procesamiento en VOSviewer (figura 1).

Con este primer resultado, se analiza la red bibliométrica y se constata la relación de la tecnología ESB con conceptos relacionados con la ingeniería y gestión del servicio (*quality of services, service integration, service compositions, cloud services*). Además, se ilustran diferentes dimensiones tecnológicas subyacentes para su desarrollo y aspectos relacionados con la reutilización de componentes y algunos dominios de aplicación como la salud (*healthcare, dynamic routing, message routing, data transformation*). De este análisis se revisan los ochenta y ocho estudios terciarios disponibles en Scopus y se analizan los estudios secundarios, como un subconjunto de los resultados de la cadena de búsqueda *application programming interface*, término que abstrae los dominios que reveló la cadena de Enterprise Service Bus. La Tabla 1 muestra los estudios seleccionados.

Tabla 1. Estudios secundarios y terciarios como proposiciones teóricas

Nº	Estudios	Tipo (autores)
1	Interoperability Types Classifications: A Tertiary Study	Terciario (Santos, Pinheiro & R.S.P., 2021)
2	Microservice architecture: A tertiary study	Terciario (Costa <i>et al.</i> , 2020)
3	Trends in software reuse research: A tertiary study	Terciario (Barros, Benitti & Matalonga, 2019)
4	A study on application programming interface recommendation: state-of-the-art techniques, challenges and future directions	Secundario (Nawaz <i>et al.</i> , 2022)
5	A systematic gray literature review: The technologies and concerns of microservice application programming interfaces	Secundario (Chen, Zhang & Lian, 2021)
6	Application programming interface (API) research: A review of the past to inform the future	Secundario (Ofoeda, Boateng & Effah, 2019)

Los estudios secundarios y terciarios acerca de las API evidencian un énfasis en su dimensión tecnológica relacionada con temas como: desarrollo de API, documentación de API, reutilización de componentes y administración de API (seguridad, monitoreo, acceso y análisis de su uso). Por tanto, esos aspectos teóricos son los que soportarán la estrategia de análisis y constatarán que el desarrollo de API con la tecnología Mule ESB es reveladora de temas que facilitan todos estos aspectos.

Ejecución del caso y recolección de evidencias

La Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA, perteneciente al grupo empresarial BioCubaFarma, produce medicamentos genéricos, esencialmente inyectables, anestésicos, colirios, citostáticos, sueros y hemoderivados, en distintas formas farmacéuticas (bulbos, ampollitas y carpules). La empresa tiene un programa de transformación digital (TD), que se instrumenta en el Departamento de Investigación y Desarrollo de la Dirección de Informática, el cual concibe, prioriza y desarrolla proyectos estratégicos que impacten en la implementación de la estrategia de TD. El desarrollo de estos proyectos se ejecuta bajo el concepto de ciclo cerrado (proyecto concebido y priorizado-solución desarrollada e implantada). El diseño de la estrategia de TD está sujeto a un proceso de mejora continua, en función de alinear los aspectos tecnológicos, organizacionales y regulatorios, que podrían ser influencias internas y externas que afecten el posicionamiento estratégico de la empresa en el mercado de los inyectables estériles genéricos.

El diseño de este estudio multicaso tiene tres contextos que involucran tres de las catorce áreas de procesos de la empresa: Gestión de Estrategia y Negocios, Gestión de Capital Humano y Gestión de la Documentación. Las unidades de análisis representan los noventa y siete flujos de integración que fueron recolectados en la infraestructura del Departamento de Investigación y Desarrollo, en el período 2020-2022 y están contenidos en cinco proyectos ESB. Los contextos son:

1.Contexto 1: Área de proceso Gestión de Estrategia y Negocios. Aquí las decisiones se asisten en los sistemas Producto-Recurso (PR) y el sistema Situación de Medicamentos (SM). El sistema PR permite establecer las relaciones normalizadas entre cientos de familias de productos y sus familias de recursos, a través de decenas de sistemas de inventarios que no tienen una concepción normalizada de la relación entre los productos y los diferentes tipos de recursos que intervienen en el proceso de fabricación de medicamentos. El sistema SM ofrece información crítica en un entorno de toma de decisión, caracterizado por fuertes tensiones en los abastecimientos de los medicamentos. Su utilización es esencial en la transparencia e inmediatez del proceso de reportar sistemáticamente la situación de los medicamentos producidos en la empresa, a lo largo de toda la cadena de producción y distribución a las droguerías (existencias en los almacenes de la empresa, en las droguerías, en el estado de predespacho y en tránsito hacia las droguerías, detalles de los diferentes estados productivos, etc.). Por el volumen e impacto de los medicamentos que AICA produce y asegura para el Cuadro Básico de Medicamentos del Ministerio de Salud Pública, el sistema SM es crítico en el proceso de toma de decisiones. En este contexto, las unidades de análisis son diecinueve flujos de integración, contenidos en cuatro proyectos ESB diseñados en Mule ESB, como solución tecnológica para las fuentes primarias de información. Estos flujos fueron desarrollados del segundo trimestre de 2020 al primer trimestre de 2022. La información que le proporcionan a los sistemas PR y SM es esencial para el proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, información de las existencias de los productos y recursos como materias primas,

material de envase, insumos y reactivos, de todos los almacenes de inventario de la empresa (con sus múltiples plantas productivas distribuidas geográficamente), así como conocer los medicamentos que se exportan y los países destinos. De igual forma, permite realizar el análisis de las ventas por producto (mercado nacional y extranjero), para conocer cómo se está ejecutando el plan de ventas tanto nacional como de exportación.

2.Contexto 2: Área de proceso Gestión de Capital Humano. En este contexto de toma de decisiones se apoya en el sistema Personal, que es un sistema de estadísticas de los trabajadores de toda la empresa y sus múltiples Unidades Empresariales de Base (UEB). La fuente primaria de información está contenida y fraccionada en diversas aplicaciones de tipo escritorio. El sistema Personal soporta el cálculo de múltiples indicadores necesarios para la actividad de Capital Humano en la empresa y que son reportados sistemáticamente a diferentes instancias externas. También exporta y facilita una alta operatividad en la conformación de múltiples vistas y reportes de trabajadores, a través de su integración con los relojes biométricos instalados en la empresa. Las unidades de análisis son setenta y ocho flujos de integración contenidos en un proyecto Mule ESB, en el período del último trimestre de 2020, hasta el segundo trimestre de 2022. El volumen de información que maneja los setenta y ocho flujos es de más de mil quinientos trabajadores que trabajan en las cinco UEB que conforman la empresa AICA. Además, facilita el análisis de indicadores de recursos humanos como es promedio de trabajadores, ausentismo, entre otros.

3.Contexto 3: Área de proceso Gestión de la Documentación. Este contexto, para el proceso de toma de decisiones, se apoya en el sistema de documentación que constituye la base de todos los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad en la empresa. El sistema de documentación permite la visualización, creación, modificación y derogación de todos los tipos de documentos que se utilizan en la empresa a lo largo de sus catorce áreas de procesos y a todos los niveles de alcance y tipo de documento. La estructura del sistema de documentación en la industria farmacéutica es un proceso muy engorroso y particular que constituye un reto en la estrategia cero papeles. En este proceso escalonado, el sistema se complementa con la firma digital y asegura la coordinación de cincuenta áreas de trabajos que interactúan con las áreas de documentación. Las unidades de análisis son dos flujos de integración contenidos en un proyecto ESB, diseñados en Mule ESB en el último trimestre de 2020. Los flujos diseñados asisten a múltiples módulos de configuración y parametrización a nivel de la estructura organizacional y el propio personal de la empresa. Para el desarrollo de los noventa y siete flujos se utilizaron diferentes componentes. En los primeros flujos desarrollados se utilizaron conectores para recibir y enviar datos hacia/desde Mule, combinados con conectores a bases de datos y con componentes para realizar transformaciones sencillas. A medida que se fue avanzando en el desarrollo de los restantes flujos, también se fue adquiriendo más experiencia en la tecnología y se pasó a realizar transformaciones más complejas, utilizando un lenguaje específico de Mule para manipular los datos del mensaje. Uno de los componentes primordiales en el desarrollo de los flujos fue el de enrutar el procesamiento de subflujos según el contenido, ya que era necesario realizar una lógica

determinada sobre la base de la información recibida. Se utilizaron otros componentes que permitieron resolver problemas relacionados con la manipulación de listas y con los manejos de excepciones durante la ejecución de un flujo. En la última etapa se incorporó un componente para realizar el procesamiento en paralelo de varios flujos, que mejoró de manera considerable el rendimiento con respecto a la ejecución secuencial. En todos los flujos se utilizó para transformar y también como componente de salida, uno de los transformadores, que convierte a formato a JSON, tanto los resultados de las bases de datos como la respuesta final que expone el API, que luego es consumida por las aplicaciones clientes.

Durante la implementación de estos flujos de integración, siempre estuvieron latentes determinados riesgos asociados a, la disponibilidad de las fuentes primarias de información, debido a que las bases de datos de los sistemas están distribuidas en las diferentes UEB de la empresa. En este sentido, el fallo de conexión siempre fue un riesgo a asumir. Los proyectos ESB se encuentra desplegados en una infraestructura proporcionada por un proveedor de TI que brinda un conjunto de servicios de infraestructura, despliegue y soporte a la empresa, por lo que la disponibilidad de la infraestructura depende de un servicio contratado a terceros lo que constituye un riesgo a tener en cuenta. Por otra parte, se enfrentaron algunas barreras relacionadas con la disponibilidad de los modelos de datos de las fuentes primarias. Esto se debió a que los sistemas tanto de Inventario como Recursos Humanos fueron proporcionados por distintos proveedores. En una primera instancia fue necesario la subcontratación de servicios de tercero al no poder tener acceso al modelo de datos de la base de datos y obtuvieron de este servicio consultas SQL específicas. En el caso del sistema de recursos humanos se colaboró con el proveedor y de conjunto se propició el desarrollo de las consultas SQL necesarias para la recuperación de los datos. Por último, la integridad de los datos fue otro problema enfrentado, en el caso de las bases de datos de recursos humanos conllevó a implementar una solución de replicación de los datos para que todas las bases de datos de las UEB, tuvieran la misma estructura e información en algunas tablas.

En la figura 2 se muestra la arquitectura implementada para el desarrollo de los flujos, donde en la capa intermedia se encuentran los noventa y siete servicios implementados en Mule ESB, que integran los datos relacionados con la actividad de inventario y recursos humanos de la empresa, que en total suman veinticinco bases de datos Microsoft SQL Server, que se corresponde con igual número de aplicaciones escritorios en las diferentes UEB de la empresa.

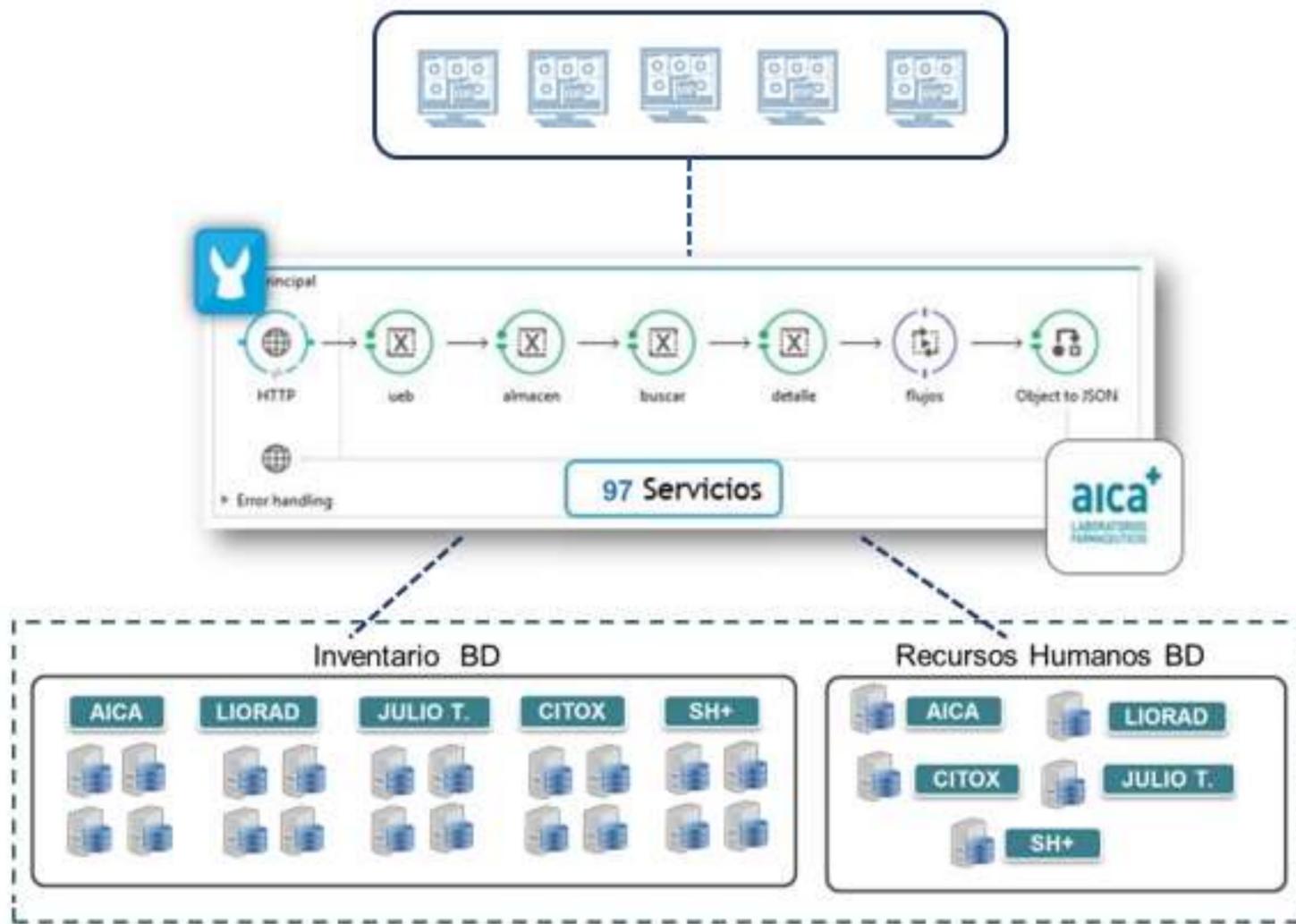


Figura 2 Arquitectura de desarrollo de flujos de integración.

En la figura 3 se visualiza el sistema SM, que como entorno integrado muestra las existencias en los almacenes de productos terminados de la empresa, las existencias en las droguerías, los productos que están en el estado de predespacho y los productos que están en tránsito hacia las droguerías. Cada una de estas informaciones se obtienen en tiempo real, a partir de los flujos de integración desplegados, garantizándose la integridad de los datos al acceder a las fuentes primarias de información de los almacenes de inventario de la empresa.

UEB	Nombre	Demanda nacional	Existencia en droguería	D/A	Inventario PT	D/A	Producción	D/A	Preespacho	D/A	Transito	D/A
SH+	ACD (SOLUCION A) FCO X 500ML (PLASMAFERISIS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JULIO TRIGO	ACETAZOLAMIDA SODICA 500MG	44.233	3.555	29	0	0	11.000	91	0	0	0	0
AICA	ACETILCISTEÍNA 10%	219.234	52.267	87	17.945	29	0	0	0	0	19.700	32
JULIO TRIGO	ACICLOVIR 250MG	33.116	4.789	53	0	0	0	0	0	0	0	0
SH+	AGUA ESTERIL PARA INYECCION 500 ML	778.376	27.430	12	0	0	0	0	0	0	48.549	22
SH+	ALBUMINA HUMANA NORMAL 20% 10ML	800.000	0	0	23.830	10	0	0	0	0	0	0

Figura 3 Sistema de Situación de Medicamentos.

En la figura 4 se muestra información detallada de un medicamento, funcionalidad brindada también por el sistema SM, donde los datos son facilitados por los flujos de integración desarrollados.

Empresa *		Familia de productos *	
AICA+		ACETILCISTEÍNA 10%	
ACETILCISTEÍNA 10%			
UEB: AICA	Formato: 1ml	Reserva: Sí	Forma farmacéutica: AMPULAS
Demanda nacional: 219.234 UF 84.98 %	Existencia en droguería (Comedics): 52.267 UF	Reserva total: 0 UF	Liofilizado: No
Inventario PT total: 17.945 UF	Producción: 0 UF	Inventario de PT y PP: 17.945 UF	ATC: Prioridad: 1
			Fecha de actualización: 2022-07-11
			Días abastecidos en droguería: 87 D/A
			Días abastecidos en reserva: 0 D/A
			Días abastecidos en inventario PT: 30 D/A
			Días abastecidos en producción: 0 D/A
			Días abastecidos de PT y PP: 30 D/A

Figura 4 Información detallada acerca de un medicamento.

Los restantes sistemas que consumen los flujos diseñados en Mule ESB por restricciones de

espacio, no se muestran en este trabajo. Estos están desplegados y disponibles para el personal autorizado en la infraestructura de la empresa.

HALLAZGOS COMO ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE CASO

En relación con lo expuesto en las proposiciones teóricas, donde se afirma que el dominio tecnológico de las API es el más difundido en las investigaciones realizadas, demuestran que varios de los temas que se incluyen en este dominio fueron implementados en los flujos de integración con la plataforma tecnológica Mule. La reutilización de componentes fue un elemento importante durante el desarrollo de los noventa y siete flujos, configurados y combinados según las necesidades de lógica de integración demandadas por las aplicaciones clientes. En la tabla 2 se puede observar el nivel de reutilización de los componentes, con sus cantidades asociadas por los diferentes grupos de flujos desarrollados. También se muestra una leyenda con el significado de cada componente.

Tabla 2. Reutilización de componentes en flujos de integración

Grupos de flujos	Flujos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
Existencia productos recursos	7	2	23	29	1	5	13	29	34	5	11	1	0	1
Existencia droguerías y tránsito	3	3	107	10	82	1	22	91	22	20	10	0	1	3
Mercados	4	4	4	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Ventas	5	5	16	20	13	1	5	30	22	5	5	0	1	5
Recursos Humanos	78	78	400	390	78	5	76	391	13	5	397	3	1	78

Leyenda de componentes para el diseño de los flujos de integración con la tecnología Mule ESB:					
	C1: Recepción de solicitudes de las app clientes		C2: Crear o actualizar variables		C3: Enviar información a otro subflujo
	C4: Convierte un objeto Java en un objeto JSON		C5: Recorre una colección		C6: Enrutamiento basado en el contenido
	C7: Conexión a base de datos		C8: Transforma la estructura del mensaje		C9: Evaluar expresión en lenguaje MEL
	C10: Actualizar el contenido del mensaje		C11: Ejecutar múltiples flujos en paralelo		C12: Validar CORS
	C13: Manipular excepciones				

Otro de los aspectos presentes en la dimensión tecnológica de la investigación de API tiene que ver con su documentación. Los flujos de integración expuestos como API están documentados siguiendo el estándar Open API Specification.¹ Este estándar permite conocer cómo funciona el API, sus capacidades y cómo usarlo. Es importante resaltar que esta documentación no fue generada desde Mule, debido a que la herramienta no proporciona esta funcionalidad. Fue necesario realizar de forma manual la documentación de cada uno de los

¹ Initiative, O. *Open API Specification*. 2021. Available from: <https://spec.openapis.org/oas/latest.html>.

proyectos ESB utilizando un editor,² que implementa el estándar, lo que constituye un proceso complejo de realizar por el volumen de flujos que tuvo que ser documentado manualmente. Esta documentación, además, facilita el despliegue del API en una infraestructura de administración de API, que garantiza un acceso autorizado, protegido y monitoreado a las API, donde se deben registrar las aplicaciones cliente, para que a través de credenciales puedan acceder a las API.

En la implementación de esta infraestructura de gestión se utilizó la tecnología WSO2,³ específicamente la plataforma integrada con los productos: WSO2 API Manager⁴ y WSO2 Identity Server,⁵ como servidor de identidad para gestionar roles, usuarios y aplicaciones cliente. Hubo que diseñar este ecosistema de herramientas para la administración de las API, porque no están disponibles libre de pago las que propone la compañía Mule Soft. Como parte del Proyecto de Marco de Trabajo para la Administración de Interfaces de Programación de Aplicaciones se asimilaron ambas herramientas WSO2 y se integraron al marco tecnológico Mule. El resultado permitió el poder desplegar las API de manera que estuvieran aseguradas, controladas y disponibles para las múltiples aplicaciones que están implantadas.

CONCLUSIONES

Los proyectos de integración de información utilizando el marco tecnológico ESB que se han presentado en este estudio de caso, demuestran que es posible desarrollar una capa de virtualización de datos orientada a BI, que brinde acceso a la información integrada en tiempo real y que permita el análisis de datos actualizados con alto impacto en diferentes áreas de procesos de la Empresa Laboratorios Farmacéuticos AICA. Las soluciones de integración de datos implementadas bajo este enfoque, representan una alternativa tecnológica para integrar fuentes primarias de información, desarrolladas como servicios de datos con la tecnología ESB, que facilita de manera oportuna y transparente el proceso de toma de decisiones.

REFERENCIAS

- Aziz, O. *et al.* (2020). *Research Trends in Enterprise Service Bus (ESB) Applications: A Systematic Mapping Study*. IEEE Access, (8): 31180-31197.
- Barros Justo, J. L., F. B. V. Benitti & S. Matalonga (2019). *Trends in software reuse research: A tertiary study*. Computer Standards and Interfaces, 66.
- Berna Martínez, J. *et al.* (2018). *Method for the Integration of Applications based on Enterprise Service Bus Technologies*.
- Chen, F., L. Zhang & X. Lian (2021). *A systematic gray literature review: The technologies and concerns of microservice application programming interfaces*. Software-Practice and Experience, 51(7): 1483-1508.
- Costa, D. I. C. *et al.* (2020). *Microservice architecture: A tertiary study*. in *14th Brazilian*

² Software, S. *Swagger Editor*. 2022. Available from: <https://editor.swagger.io/>.

³ WSO2. *WSO2*. 2022. Available from: <https://wso2.com/>.

⁴ WSO2. *WSO2 API Manager Documentation*. 2022. Available from: <https://apim.docs.wso2.com/en/latest/>.

⁵ WSO2. *WSO2 Identity Server Documentation*. 2022. Available from: <https://is.docs.wso2.com/en/5.9.0/>.

- Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse, SBCARS 2020, co-located with the Brazilian Conference on Software: Theory and Practice, CBSOFT 2020.*
Association for Computing Machinery.
- Dubé, L. & G. Paré (2003). *Rigor in information systems positivist case research: Current practices, trends, and recommendations.* MIS Quarterly: Management Information Systems, 27(4): 597-635.
- El Ghalbzouri, H. & J. El Bouh (2021). *Integrating Business Intelligence with Cloud Computing: State of the Art and Fundamental Concepts*, in *4th International Conference on Networking, Intelligent Systems and Security, NISS 2021*, M. Ben Ahmed, et al., Editors, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. 197-213.
- Elsahn, Z. et al. (2020). *Are rigor and transparency enough? Review and future directions for case studies in technology and innovation Management.* In *R and D Management*. Blackwell Publishing Ltd.
- Kitchenham, B. A., D. Budgen & O. Pearl Brereton (2011). *Using mapping studies as the basis for further research-A participant-observer case study.* Information and Software Technology, 53(6): 638-651.
- Kitchenham, B. A., D. Budgen & P. Brereton (2015). *Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews.* Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews. CRC Press, 1-391.
- Kitchenham, B.A., L. Madeyski & D. Budgen (2022). *How Should Software Engineering Secondary Studies Include Grey Material.* IEEE Transactions on Software Engineering.
- Liang, T. P. & Y. H. Liu (2018). *Research Landscape of Business Intelligence and Big Data analytics: A bibliometrics study.* Expert Systems with Applications, (111): 2-10.
- Maciá Pérez, F. et al. (2018). *Conceptualising it consulting services: An approach from it-business alignment models and design sciences.* Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 96.
- Manik, L.P. (2022). *Performance Factors Effect on the Performance Metrics of the Enterprise Service Bus.* International Journal of Computing and Digital Systems, (11): 107-115.
- Mousa, A.H. & N. Shiratuddin (2015). *Data Warehouse and Data Virtualization Comparative Study.* in *Proceedings-2015 International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2015.* Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Nawaz, M. S. et al. (2022). *A study on application programming interface recommendation: state-of-the-art techniques, challenges and future directions.* Library Hi Tech.
- Ofoeda, J., R. Boateng & J. Effah (2019). *Application programming interface (API) research: A review of the past to inform the future.* International Journal of Enterprise Information Systems, 15(3): 76-95.
- Paradza, D. & O. Daramo (2021). *Business intelligence and business value in organisations: A systematic literature review.* Sustainability (Switzerland), 13(20).
- Pérez, F. M., et al. (2018). *Conceptualising it consulting services: An approach from it-business alignment models and design sciences.* Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 96(16): 5363-5384.
- Pontes, L. & A. Albuquerque (2021). *Business Intelligence Development Process: A*

- Systematic Literature Review*, in *World Conference on Information Systems and Technologies, WorldCIST 2021*, A. Rocha, *et al.*, Editors, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. , 560-569.
- Rashid, A. & M. M. Khurshid (2022). *A Descriptive Literature Review and Classification of Business Intelligence and Big Data Research*, in *Computing Conference, 2022*, K. Arai, Editor, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 865-879.
- Reeve, A. (2013). *Chapter 20-Data Virtualization*, in *Managing Data in Motion*, A. Reeve, Editor, Morgan Kaufmann: Boston, 135-140.
- Runeson, P. *et al.* (2012). *Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples*. Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples. John Wiley and Sons.
- Santos, K. S. S., L. B. L. Pinheiro & R. S. P. Maciel (2021). *Interoperability Types Classifications: A Tertiary Study*. in *17th Brazilian Symposium on Information Systems: Intelligent and Ubiquitous Information Systems: New Challenges and Opportunities, SBSI 2021*. Association for Computing Machinery.
- Schönreiter, I. M. (2018). *Methodologies for process harmonization in the post merger integration phase - a literature review*. Business Process Management Journal.
- Sreemathy, J. *et al.* (2021). *Data Integration and ETL: A Theoretical Perspective*. In *2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*.
- Van der Lans, R. F. (2012). *Chapter 1-Introduction to Data Virtualization*, in *Data Virtualization for Business Intelligence Systems*, R. F. van der Lans, Editor, Morgan Kaufmann: Boston, 1-26.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Sixth Edition ed., Thousand Oaks, California 91320: SAGE Publications, Inc.
- Young Lee, S. (2018). *Architecture for Business Intelligence in the Healthcare Sector*. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Institute of Physics Publishing.
- Zhang, H. *et al.* (2021). *Processes, challenges and recommendations of Gray Literature Review: An experience report*. Information and Software Technology, 137.

