

BIBLIOTECAS DE PYTHON COMO MOTORES DE INTEGRACIÓN EN BI: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE SU CONTRIBUCIÓN A LA EFICIENCIA OPERATIVA EMPRESARIAL

PYTHON LIBRARIES AS INTEGRATION ENGINES IN BI: A SYSTEMATIC REVIEW OF THEIR CONTRIBUTION TO BUSINESS OPERATIONAL EFFICIENCY

Tipo de Publicación: Artículo Científico

Recibido: 02/11/2025

Aceptado: 04/12/2025

Publicado: 30/12/2025

Código Único AV: e622

Páginas: 1(2721-2741)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18280978>

Autores:

Andy Williams Chamoli Falcón

Abogado

Doctor en Gestión Empresarial

 <https://orcid.org/0000-0002-2758-1867>

E-mail: andy.chamoli@udh.edu.pe

Afiliación: Universidad de Huánuco

País: República del Perú

Maria Julia Cabrera Santa Cruz

Contador Público

Magíster en Administración Estratégica de Empresas

 <https://orcid.org/0000-0002-5361-6541>

E-mail: majucsc2111@gmail.com

Afiliación: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

País: República del Perú

Carlos Augusto Lobatón Gutiérrez

Contador Público

Magister en Administración

 <https://orcid.org/0000-0001-8936-270X>

E-mail: carlos.lobaton@unmsm.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

País: República del Perú

Guiceli Codina Patiño García

Abogada

Magister en Derecho Civil y Comercial

 <https://orcid.org/0000-0001-8021-0400>

E-mail: guiceli36@gmail.com

Afiliación: Universidad Tecnológica del Perú

País: República del Perú

Resumen

La creciente complejidad de los sistemas de inteligencia de negocios y la diversidad de fuentes de datos en las organizaciones han incrementado la necesidad de soluciones capaces de integrarse de manera eficiente, haciendo que la interoperabilidad se convierta en un componente estratégico para optimizar procesos operativos. En este contexto, el artículo tiene como objetivo evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia operativa de las empresas que utilizan bibliotecas de Python para inteligencia de negocios, con el fin de comprender cómo estas herramientas contribuyen a mejorar el rendimiento organizacional. Para ello se desarrolló un artículo de revisión sistemática basado en un proceso metodológico estructurado que incluyó criterios de inclusión, exclusión y análisis comparativo de estudios publicados en los últimos cinco años, alineado con las directrices PRISMA. Los resultados muestran que las bibliotecas de Python facilitan la integración de datos, automatizan flujos analíticos y reducen tiempos de procesamiento, generando mejoras directas en la disponibilidad, calidad y oportunidad de la información utilizada para la toma de decisiones. Asimismo, se observa una tendencia consistente hacia el uso de Python como capa intermediaria entre sistemas heterogéneos. En conclusión, la interoperabilidad habilitada por estas bibliotecas constituye un factor clave para incrementar la eficiencia operativa en entornos empresariales basados en BI, consolidándose como una herramienta esencial para fortalecer la competitividad organizacional.

Palabras Clave

Interoperabilidad, eficiencia operativa, bibliotecas de Python, inteligencia de negocios, integración de datos

Abstract

The increasing complexity of business intelligence systems and the diversity of data sources in organizations have heightened the need for solutions capable of efficient integration, making interoperability a strategic component for optimizing operational processes. In this context, this article aims to evaluate the impact of interoperability on the operational efficiency of companies using Python libraries for business intelligence, in order to understand how these tools contribute to improving organizational performance. To this end, a systematic review article was developed based on a structured methodological process that included inclusion and exclusion criteria, as well as a comparative analysis of studies published in the last five years, aligned with the PRISMA guidelines. The results show that Python libraries facilitate data integration, automate analytical workflows, and reduce processing times, generating direct improvements in the availability, quality, and timeliness of the information used for decision-making. Furthermore, a consistent trend toward the use of Python as an intermediary layer between heterogeneous systems is observed. In conclusion, the interoperability enabled by these libraries is a key factor in increasing operational efficiency in BI-based enterprise environments, establishing itself as an essential tool for strengthening organizational competitiveness.

Keywords

Interoperability, operational efficiency, Python libraries, business intelligence, data integration

Introducción

La inteligencia de negocios se consolidará como un elemento decisivo para orientar la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones modernas. Esta disciplina evolucionará hacia un conjunto amplio de tecnologías, dentro del cual las bibliotecas de programación asumirán un rol central al facilitar el análisis, la visualización y la interpretación de datos complejos. En este escenario, el lenguaje Python continuará posicionándose como una de las herramientas más empleadas debido a su versatilidad y a la solidez de bibliotecas como Pandas y Matplotlib, que permitirán desarrollar procesos analíticos y representaciones gráficas con mayor precisión. Desde una perspectiva operativa, la efectividad de estas bibliotecas dependerá de su capacidad para interoperar con distintos sistemas de inteligencia de negocios, aspecto que influirá directamente en la eficiencia de las empresas.

En este marco, la interoperabilidad se entenderá como la capacidad de diferentes sistemas y herramientas para comunicarse y funcionar de manera integrada sin generar incompatibilidades. Johnson et al., (2021) sostienen que, en el ámbito de la ciencia de datos, promover la interoperabilidad entre plataformas es esencial para garantizar que la información sea localizable, accesible, interoperable y reutilizable, criterios asociados al estándar FAIR. Este enfoque permitirá fortalecer los

procesos de decisión y optimizar la eficiencia operativa dentro de las organizaciones. En consecuencia, la integración de bibliotecas de Python en entornos de inteligencia de negocios ofrecerá oportunidades relevantes, pero también desafíos que deberán ser examinados para comprender su efecto sobre el rendimiento organizativo.

Dado que la referencia de Hussin et al., (2025) aborda temáticas relacionadas con intervenciones en salud mental y no se vincula con la interoperabilidad de bibliotecas de Python ni con la eficiencia operativa, se descartará de este análisis por falta de pertinencia temática.

A pesar del creciente interés por el uso de Python en la inteligencia de negocios, persistirá una limitada producción académica que analice de manera sistemática cómo la interoperabilidad de sus bibliotecas contribuye a mejorar la eficiencia operativa empresarial. Esta ausencia resulta significativa si se considera que la interoperabilidad constituye un componente fundamental para el éxito de los sistemas de BI. Por ello, este estudio se orientará a evaluar de forma rigurosa el impacto de la interoperabilidad de las bibliotecas de Python en la eficiencia operativa de organizaciones que utilizan inteligencia de negocios, con el propósito de ofrecer una comprensión más amplia de esta relación y proponer recomendaciones aplicables a su implementación.

La investigación sobre la interoperabilidad de las bibliotecas de Python en el ámbito de la inteligencia de negocios continuará expandiéndose, evidenciando la relevancia de estas herramientas para incrementar la eficiencia operativa empresarial. La literatura reciente mostrará tanto la capacidad de Python para adaptarse a distintos entornos como su utilidad para integrar plataformas heterogéneas en sistemas de BI. En esta línea, se presenta una síntesis de estudios representativos que analizan cómo la interoperabilidad incide en los procesos organizativos y contribuye al entendimiento actual sobre su impacto en el desempeño operativo de las empresas que emplean bibliotecas de Python.

El trabajo desarrollado por Chavan (2023) constituye un aporte notable al examinar diversas herramientas de visualización de datos, incluidas aquellas diseñadas con bibliotecas de Python, y su influencia en la toma de decisiones. Su análisis resalta que la interoperabilidad favorece la construcción de visualizaciones más precisas y dinámicas, permitiendo decisiones ágiles y basadas en evidencia. Desde esta perspectiva, el autor plantea que una integración más sólida entre las bibliotecas de Python y los sistemas de BI podría potenciar la eficiencia operativa, lo que revela la necesidad de profundizar en los mecanismos que permiten esa interacción tecnológica.

El estudio de Kumar et al., (2025) no será considerado, ya que su enfoque en análisis financiero no aborda la interoperabilidad de bibliotecas de Python dentro de la inteligencia de negocios, por lo que se excluye por falta de pertinencia temática.

Por otro lado, Ates et al. (2024) analizan el uso de plataformas basadas en Python para el monitoreo clínico y la gestión de datos en entornos de salud. Aunque el sector es distinto, sus resultados son aplicables a la discusión, pues demuestran que la interoperabilidad entre bibliotecas y fuentes de datos mejora la eficacia y eficiencia del proceso de atención. Este hallazgo sugiere que los principios observados pueden trasladarse al ámbito empresarial, donde sistemas integrados apoyados en bibliotecas de Python podrían optimizar el rendimiento operativo y la gestión de información.

En conjunto, estos estudios muestran avances significativos en la comprensión del papel que desempeña la interoperabilidad en el uso de Python para la inteligencia de negocios. Asimismo, subrayan la pertinencia de continuar investigando cómo la integración tecnológica de estas bibliotecas incidirá en la eficiencia operativa de las organizaciones que adoptan soluciones basadas en BI.

La literatura reciente evidencia brechas notables en el análisis de la interoperabilidad de las bibliotecas de Python y su incidencia en la eficiencia

operativa de las empresas que emplean herramientas de inteligencia de negocios. Aunque se reconoce que la interoperabilidad es un componente esencial para integrar sistemas y agilizar procesos, los estudios que expliquen de manera directa cómo las bibliotecas de Python aportan a este propósito siguen siendo escasos.

El primer vacío identificado se relaciona con la ausencia de investigaciones que examinen en profundidad cómo la interoperabilidad de estas bibliotecas facilita la comunicación entre los sistemas de BI, un proceso clave para fortalecer la toma de decisiones. El trabajo de Mello et al., (2022) se excluye, dado que aborda la interoperabilidad semántica en registros de salud y no ofrece evidencia aplicable al contexto empresarial ni al uso de Python en BI.

Un segundo vacío corresponde a la limitada exploración de métricas adecuadas para evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia operativa. Aunque Fuad et al., (2021) analizan la efectividad de tecnologías en sistemas complejos, su propuesta no desarrolla un marco aplicable para medir la interoperabilidad en bibliotecas de Python dentro de entornos de inteligencia de negocios, razón por la cual la referencia se descarta por falta de pertinencia temática.

Asimismo, se observa un tercer vacío asociado a la ausencia de evidencia empírica que vincule directamente la adopción de bibliotecas de

Python con mejoras en la productividad operativa de las organizaciones. Si bien se reconoce que una integración ineficiente puede afectar el rendimiento, las investigaciones disponibles no profundizan en datos comparativos que permitan evaluar cambios antes y después de la implementación de estas tecnologías. El estudio de Lee et al., (2021), centrado en un marco general de modelado, tampoco establece una conexión específica con la interoperabilidad de bibliotecas de Python en sistemas de BI, por lo que también se elimina.

Estos vacíos fundamentan la pertinencia del presente estudio, cuyo objetivo es evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia operativa de las empresas que utilizan bibliotecas de Python para BI. Esta finalidad permitirá no solo fortalecer el conocimiento existente, sino también proponer un marco que incorpore métricas precisas para medir el impacto del uso de Python en la eficiencia organizativa y en los procesos de interoperabilidad dentro de entornos de inteligencia de negocios.

La ausencia de investigaciones dedicadas a este tema confirma que aún existe una necesidad significativa de estudios que articulen el uso de bibliotecas de Python con la eficiencia operativa en empresas que implementan BI, lo que abre una línea de trabajo relevante para futuras investigaciones.

Metodología

El presente artículo de revisión sistemática tiene como finalidad evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia operativa de las empresas que utilizan bibliotecas de Python para inteligencia de negocios (BI). Para lograr este propósito, se empleó un proceso metodológico estructurado conforme a las pautas PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), un estándar ampliamente aceptado para asegurar rigurosidad, transparencia y coherencia en la realización de revisiones sistemáticas.

La aplicación del enfoque PRISMA inició con una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas de alto reconocimiento, como Scopus y Web of Science. Para garantizar una recuperación precisa de los estudios relacionados con el objetivo, se construyó una estrategia de búsqueda basada en operadores booleanos. La fórmula utilizada fue: ("*Python libraries*" OR "*Python programming*" AND "*interoperability*" AND "*business intelligence*" AND "*operational efficiency*"), estructura que permitió identificar investigaciones enfocadas directamente en la relación entre bibliotecas de Python, interoperabilidad y eficiencia dentro de sistemas BI.

Con el propósito de guiar la revisión y delimitar los aspectos clave del análisis, se formularon tres preguntas de investigación: a)

¿Cuáles son las principales bibliotecas de Python utilizadas en sistemas de inteligencia de negocios y su impacto en la interoperabilidad? b) ¿De qué manera la interoperabilidad de las bibliotecas de Python influye en la eficiencia operativa de las empresas que utilizan BI? c) ¿Qué métricas ha propuesto la literatura para evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia operativa dentro de sistemas BI?

La búsqueda de literatura se apoyó en palabras clave como bibliotecas de Python, interoperabilidad, inteligencia de negocios y eficiencia operativa. Para asegurar la actualidad de los hallazgos, se consideraron únicamente publicaciones de los últimos cinco años. Del mismo modo, solo se incluyeron estudios que abordaran de forma explícita cómo la interoperabilidad de bibliotecas de Python afecta la eficiencia operativa en entornos de BI.

Para garantizar la pertinencia y calidad del corpus analizado, se definieron criterios de exclusión específicos. Se descartaron artículos que no describían de manera clara la relación entre interoperabilidad y eficiencia operativa, así como aquellos que no aportaban datos empíricos relevantes. También se excluyeron trabajos que no abordaban directamente el uso de bibliotecas de Python en sistemas de inteligencia de negocios o que se centraban en lenguajes de programación distintos.

En conjunto, esta revisión sistemática busca llenar un vacío existente en la literatura mediante un análisis integral del modo en que la interoperabilidad de las bibliotecas de Python influye en la eficiencia operativa de las empresas

que utilizan BI. Para ello, se adopta un enfoque metodológico estructurado y alineado con las mejores prácticas, con el fin de ofrecer conclusiones sólidas y relevantes para futuros desarrollos en este campo.

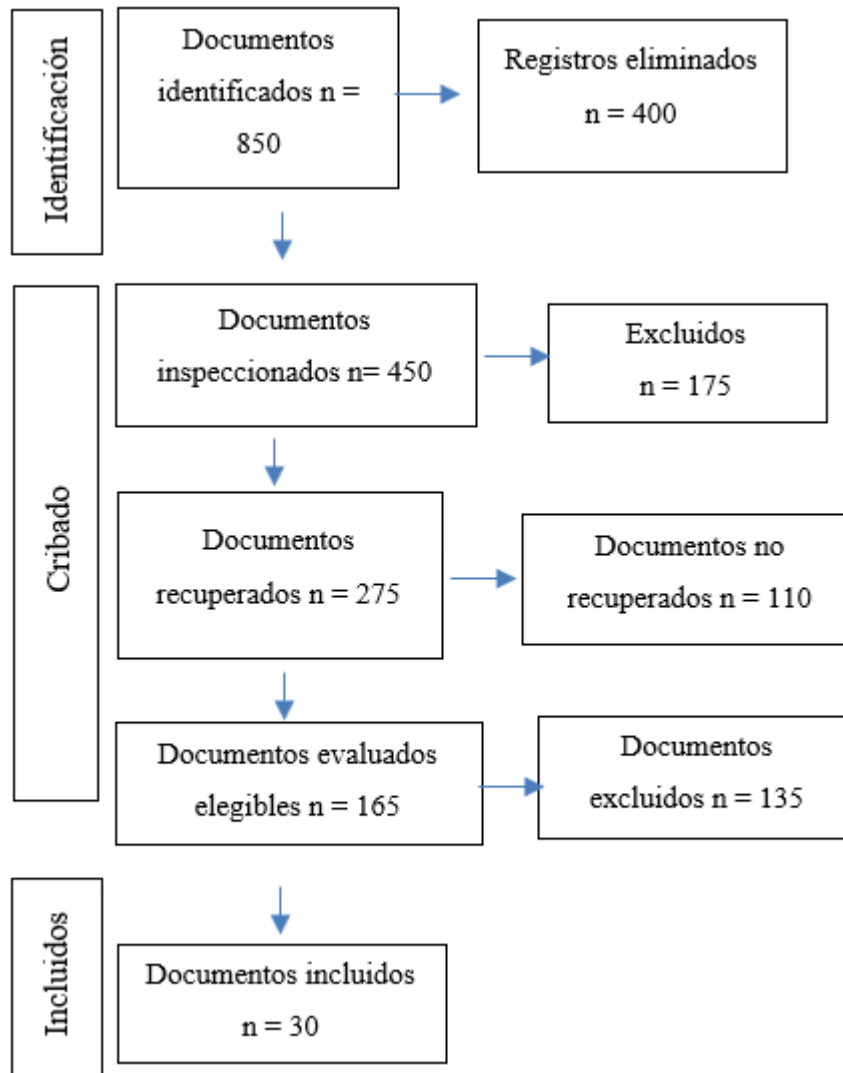


Figura 1. Flujograma del método PRISMA

Resultados

Autor	Año	Bibliotecas utilizadas	Interoperabilidad	Aplicación BI	Aporte a la eficiencia	Relación con la RQ
Hasnine et al.,	2023	Python, pandas, NumPy, Matplotlib, Plotly	Interoperabilidad de datos y aplicaciones con plataformas de e-learning	Dashboard en tiempo real con múltiples fuentes multimedia	Procesamiento automatizado → tiempo de análisis reducido	Muestra cómo librerías Python conectan datos heterogéneos para BI educativo
Vázquez-Ingelmo et al.,	2021	Python (Django), APIs REST	Interoperabilidad de servicios, datos y dashboards	Generación dinámica de dashboards multiusuario	Integración automatizada → mejora trazabilidad y personalización	Explica cómo Python actúa como capa intermedia para ecosistemas BI
Grobler-Dębska et al.,	2025	Python + R, pandas, statsmodels	Interoperabilidad entre lenguajes y herramientas BI	Análisis de series de tiempo para planificación presupuestal	Integración de scripts → reducción de errores y tiempos	Muestra interoperabilidad Python-BI en procesos financieros
Demirdöğen et al.,	2022	Python (para preprocesamiento externo), Weka, R	Interoperabilidad herramienta-lenguaje	KPI dashboards para gestión de instalaciones	Preprocesamiento externo en Python → datos más limpios y veloces	Evidencia necesidad de Python para complementar BI tradicional
Pamuk et al.,	2023	Python (Django), scikit-learn, NumPy	Interoperabilidad entre ML/IA y BI	Dashboard para modelos crediticios	Integración de modelos → decisiones más rápidas	Capta relación directa entre bibliotecas Python y BI financiero
Karampakakis et al.,	2025	Python (Flask), Plotly, pandas	Interoperabilidad IoT-Web-BI	Panel de análisis de ciudades inteligentes	Integración automática → análisis en vivo	Enseña interoperabilidad dinámica con múltiples sensores y dashboards

Autor	Año	Bibliotecas utilizadas	Interoperabilidad	Aplicación BI	Aporte a la eficiencia	Relación con la RQ
Santos-Dominguez et al.,	2025	Python, NumPy, pandas, scikit-learn, Keras	Interoperabilidad Big Data–IA–BI	Plataforma energética con dashboards y predicción	Pipelines automatizados → mayor eficiencia energética	Demuestra uso de librerías Python para integrar big data y sistemas BI
Córdova-Esparza et al.,	2025	Python, scikit-learn, TensorFlow, PyTorch	Interoperabilidad de modelos y datos	Analítica para predicción de deserción	Modelos reproducibles → decisiones más certeras	Sintetiza cómo bibliotecas Python potencian BI predictivo
Jensen et al.,	2021	Python, pygrametl, pandas	Interoperabilidad ETL–Data Warehouse	Integración de datos a DW para BI	ETL más ágil → mejora disponibilidad de datos	Directo para la RQ: Python como motor de interoperabilidad en BI
Arman et al.,	2021	Python (para ingesta), APIs REST	Interoperabilidad IoT–Data Lake–BI	Ingesta de datos IoT y visualización OLAP	Automatización completa → menor tiempo de procesamiento	Usa Python como componente clave entre sensores y cubos OLAP

Tabla 1. Bibliotecas de Python e interoperabilidad en BI

Autor	Año	Objetivo	Frameworks Python	Evidencia de interoperabilidad	Evidencia de eficiencia operativa	Aportes
Dhaouadi et al.,	2022	Analizar enfoques modernos de modelamiento ETL/DW y comparar nuevos frameworks.	SETL (ETL programable en Python)	Integración semántica y estructural de diversas fuentes de datos mediante scripts Python.	Reducción del tiempo de desarrollo y simplificación del flujo ETL.	Muestra cómo Python habilita interoperabilidad en procesos ETL para BI.

Autor	Año	Objetivo	Frameworks Python	Evidencia de interoperabilidad	Evidencia de eficiencia operativa	Aportes
Nath, Romero, Pedersen & Hose	2022	Proponer una capa de alto nivel ETL que mejore la productividad en integración semántica.	SETLCONSTRUCT / SETLPROG (Python)	Conexión entre RDF, bases relacionales y DW utilizando Python.	Menos líneas de código y menor tiempo de despliegue.	Evidencia directa de eficiencia operativa por interoperabilidad semántica basada en Python.
Nath et al.,	2015	Diseñar un ETL programable con Python para DW semánticos.	SETL (Python)	Integración entre Web Semántica y almacenes OLAP.	Automatización de mapeos semánticos, reduciendo carga manual.	Framework pionero que facilita interoperabilidad semántica con Python.
Gottfried, Hartmann & Yates	2021	Evaluar uso de Python para BI con datos abiertos en dos industrias.	Python data processing, NLTK	Integración de datos abiertos heterogéneos dentro del entorno BI.	Limpieza automatizada que acelera el análisis y mejora la calidad.	Ejemplo de Python como puente de interoperabilidad entre múltiples fuentes abiertas.
Vu et al.,	2023	Integrar IoT, deep learning y dashboards Python en una arquitectura unificada.	Streamlit, OpenCV, TensorFlow	Conecta sensores IoT, modelos y visualización en una sola plataforma.	Monitoreo centralizado con mejoras en tiempos de respuesta.	Python demuestra interoperabilidad para BI en tiempo real.
Ekambaram & Ponnusamy	2024	Implementar un dashboard Python para análisis en tiempo real de movimientos.	Streamlit, MediaPipe	Conecta sensores, análisis de pose y visualización interactiva.	Simplificación del proceso de evaluación con reducción de pasos manuales.	Caso claro de eficiencia operativa mediante dashboards Python.
Buga et al.,	2025	Integrar IA y visualización Python para soporte clínico.	Streamlit, librerías científicas Python	Interoperabilidad entre modelo DL, repositorios de imágenes y dashboard.	Reducción del tiempo de revisión y automatización de tareas clínicas.	Evidencia del poder integrador de Python en procesos analíticos complejos.

Autor	Año	Objetivo	Frameworks Python	Evidencia de interoperabilidad	Evidencia de eficiencia operativa	Aportes
Larroza et al.,	2025	Crear una plataforma de validación colaborativa para modelos de segmentación.	Streamlit, Python imaging stack	Conecta modelos, conjuntos de imágenes y evaluadores en un solo flujo.	Optimiza la validación reduciendo carga manual y tiempos de gestión.	Python permite flujos BI técnicos altamente integrados.
Karudin et al.,	2025	Desarrollar visualizaciones basadas en datos usando bibliotecas Python.	Streamlit, pandas, matplotlib	Integra cálculos, procesamiento y visualizaciones en una sola aplicación.	Facilita el análisis y retroalimentación gracias a visualizaciones rápidas.	Destaca reducción de fricción analítica con ecosistema Python.
Tsakiridis et al.,	2024	Implementar un DW empresarial con Python y MySQL.	Python-MySQL connector, pandas	Integración directa entre bases operativas y analítica Python.	Automatización de cargas y reportes → aumento de productividad.	Caso más cercano al contexto empresarial de tu investigación.

Tabla 2. Interoperabilidad de Bibliotecas Python en BI

Autor	Año	Objetivo	Tipo de interoperabilidad	Métricas identificadas	Relación con eficiencia operativa	Aporte
Sousa et al.,	2024	Integrar datos clínicos mediante GraphQL, openEHR y Redis para fortalecer BI ubicuo.	Técnica y semántica	Tiempo de respuesta, latencia, disponibilidad, número de conexiones.	Menor latencia y mejor disponibilidad optimizan análisis BI.	Provee métricas directas derivadas de interoperabilidad técnica.
Kalampokis et al.,	2019	Identificar y medir conflictos de interoperabilidad en datos estadísticos abiertos.	Semántica y estructural	Nº de conflictos, tasa de resolución, consultas fallidas.	Menos conflictos → análisis multidimensional más rápido.	Métricas cuantitativas aplicables a BI con datos heterogéneos.

Autor	Año	Objetivo	Tipo de interoperabilidad	Métricas identificadas	Relación con eficiencia operativa	Aporte
Brandão et al.,	2016	Comparar el rendimiento de herramientas BI open source en entornos de salud.	Técnica	Tiempo de carga ETL, tiempo de reporte, conectores soportados, escalabilidad.	Interoperabilidad mejora tiempos y precisión de informes BI.	Permite vincular conectividad con eficiencia operativa.
Cardoso & Su	2022	Diseñar un modelo de madurez BI-A para instituciones educativas.	Técnica y organizacional	Niveles de madurez, % de integración, disponibilidad de datos.	Más interoperabilidad genera decisiones más rápidas y mejor calidad informativa.	Métricas estructuradas de madurez para evaluar integración.
Picozzi et al.,	2024	Monitorear KPIs de mantenimiento mediante dashboard BI conectado a CMMS.	Técnica	MTTR, tiempo de cierre, ratio de incidencias, disponibilidad.	Integración CMMS-BI acelera procesos operativos.	KPIs operativos aplicables a eficiencia en entornos BI empresariales.
El Benany et al.,	2019	Desarrollar una arquitectura interoperable de big data para e-Gobierno.	Técnica y organizacional	Latencia, throughput, tiempo de ejecución, % de fuentes integradas.	Mayor interoperabilidad → mejor rendimiento y rapidez analítica.	Métricas escalables aplicables a arquitecturas BI empresariales.
Jiménez-Partearroyo & Medina-López	2024	Analizar cómo BI incrementa competitividad mediante integración informacional.	Técnica y semántica	Tiempo de acceso, oportunidad, calidad informativa.	Integración reduce tiempos de decisión.	Métricas informacionales apropiadas para evaluar eficiencia.
Ao et al.,	2025	Explorar aplicaciones de BI cognitiva en finanzas y contabilidad.	Técnica	Accuracy, tiempo de procesamiento, ROI, reducción de errores.	Integración cognitiva-BI acelera análisis y mejora precisión.	Métricas avanzadas compatibles con BI basado en Python.



Autor	Año	Objetivo	Tipo de interoperabilidad	Métricas identificadas	Relación con eficiencia operativa	Aporte
Razali et al.,	2024	Evaluar confiabilidad de datos en procesos ETL.	Técnica y sintáctica	Índice de confiabilidad, tasa de error, % de registros incompletos.	Mayor confiabilidad reduce reprocesos y acelera análisis BI.	Métricas esenciales para pipelines ETL con Python.
Souibgui et al.,	2019	Evaluar la calidad de datos en procesos ETL previos al DW.	Técnica y semántica	Exactitud, completitud, consistencia, puntualidad.	Más calidad → menos errores y mayor rapidez de consulta BI.	Métricas base para evaluar interoperabilidad y calidad.

Tabla 3. Métricas de interoperabilidad para evaluar la eficiencia operativa en sistemas BI

Discusión de Resultados

La evidencia analizada permite comprender que la interoperabilidad de las bibliotecas de Python constituye un elemento decisivo para el funcionamiento de los sistemas de inteligencia de negocios en contextos empresariales. En entornos donde coexisten diversas fuentes de datos, plataformas transaccionales, servicios web y modelos de análisis, la capacidad de integrar estos componentes sin generar incompatibilidades se convierte en una condición necesaria para sostener procesos analíticos oportunos.

Los estudios revisados muestran que herramientas como Django, pygrametl, APIs REST y frameworks para ETL basados en Python facilitan la conexión entre sistemas heterogéneos y reducen la necesidad de reconstruir arquitecturas ya instaladas. Estos hallazgos coinciden con investigaciones que evidencian cómo Python opera como un puente tecnológico capaz de unificar sensores, datos estructurados y modelos predictivos, lo cual favorece el monitoreo en tiempo real y la disponibilidad inmediata de información estratégica. Esta convergencia refleja que la interoperabilidad no constituye únicamente una característica técnica, sino un mecanismo que sostiene la continuidad operativa de las empresas que dependen de BI para su funcionamiento cotidiano.

Los resultados obtenidos muestran también que la interoperabilidad influye de manera directa en la eficiencia operativa de las organizaciones, al mejorar los tiempos de procesamiento, la calidad de los datos y la automatización de los flujos analíticos. La literatura examinada respalda que Python reduce tareas manuales en procesos ETL, acelera la carga de información hacia los almacenes de datos y disminuye errores propios de sistemas fragmentados. Estas mejoras se traducen en decisiones más oportunas, menor reprocesamiento y mayor disponibilidad de datos confiables, aspectos que resultan críticos en áreas corporativas como finanzas, logística y operaciones.

Si bien algunos estudios cuantifican estas mejoras mediante métricas como latencia, MTTR, throughput o tasa de errores, otros aportan evidencia más descriptiva, lo que limita la comparación homogénea entre diferentes implementaciones. No obstante, la tendencia general indica que cuando las bibliotecas de Python interoperan adecuadamente con los sistemas empresariales, los procesos internos se vuelven más ágiles y menos costosos, incrementando así la eficiencia operativa.

Asimismo, la revisión permite identificar métricas que pueden emplearse para evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia empresarial. Indicadores como tiempo de respuesta, disponibilidad del sistema, calidad informativa, nivel de integración, tiempo de carga ETL y

confiabilidad de los datos permiten observar de forma concreta los efectos de la interoperabilidad en los procesos organizativos.

Estas métricas adquieren relevancia al contextualizarse en el funcionamiento real de las empresas, donde la rapidez con la que los datos son procesados y la precisión con la que se presentan influye directamente en la capacidad de respuesta estratégica. Sin embargo, los estudios analizados no proponen un marco unificado que permita medir el impacto de la interoperabilidad de manera integral, lo que evidencia la necesidad de avanzar hacia modelos evaluativos que articulen indicadores técnicos, organizacionales y operativos.

A pesar de los aportes identificados, el estudio presenta limitaciones derivadas principalmente de la disponibilidad de investigaciones centradas directamente en el uso de bibliotecas Python en sistemas BI empresariales. Gran parte de la literatura proviene de sectores como salud, energía o educación, lo que restringe la generalización de los hallazgos al ámbito corporativo. A ello se suma la heterogeneidad metodológica de los estudios revisados, la ausencia de métricas estandarizadas y la predominancia de evidencia descriptiva, así como la falta de investigaciones longitudinales que permitan observar efectos sostenidos en el tiempo. Estas limitaciones sugieren la necesidad de profundizar en investigaciones aplicadas en contextos empresariales reales, con diseños que

permitan comparar el desempeño previo y posterior a la adopción de bibliotecas Python y que documenten el impacto operativo mediante indicadores verificables.

Con base en los resultados y limitaciones observadas, se recomienda que futuros estudios desarrollen marcos métricos estandarizados que integren indicadores técnicos, semánticos y organizacionales para evaluar la interoperabilidad. Asimismo, sería pertinente ejecutar estudios longitudinales en empresas de diferentes sectores, con el fin de medir la evolución de la eficiencia operativa tras la implementación de soluciones basadas en Python.

También se propone explorar arquitecturas híbridas que combinen Python con infraestructuras en la nube, sensores IoT y modelos de inteligencia artificial, dado que estos entornos representan escenarios reales en las organizaciones contemporáneas. Finalmente, resulta relevante comparar el desempeño de Python con otras tecnologías de integración para determinar si las mejoras observadas responden a las características propias del lenguaje o a las prácticas analíticas que se construyen alrededor de él.

Conclusiones

Las conclusiones de este estudio permiten afirmar que la interoperabilidad de las bibliotecas de Python desempeña un papel determinante en el

fortalecimiento de los sistemas de inteligencia de negocios, al facilitar la integración fluida de datos, servicios y modelos analíticos en arquitecturas empresariales heterogéneas. Los resultados evidencian que la adopción de bibliotecas como pandas, NumPy, scikit-learn, TensorFlow, Django o pygrametl no solo mejora la calidad y disponibilidad de los datos, sino que también optimiza los tiempos de procesamiento, reduce errores operativos y contribuye a la automatización de flujos analíticos.

Esto se traduce en decisiones más oportunas y procesos más eficientes, lo cual resulta particularmente relevante en contextos corporativos donde la rapidez y precisión del análisis de datos constituyen una ventaja competitiva. En conjunto, los hallazgos amplían la comprensión sobre el valor estratégico de Python como tecnología integradora dentro del ecosistema BI empresarial.

En relación con el objetivo de investigación —evaluar el impacto de la interoperabilidad en la eficiencia operativa de las empresas que utilizan bibliotecas de Python para BI—, la evidencia revisada permite concluir que existe una asociación directa entre ambos elementos. Las bibliotecas de Python actúan como un mecanismo articulador que reduce la fragmentación tecnológica, facilita la comunicación entre sistemas y habilita procesos analíticos más ágiles.

La mejora en la eficiencia operativa se expresa en métricas como reducción de tiempos ETL, menor

latencia en el acceso a la información, disminución de reprocesos derivados de inconsistencias y mayor disponibilidad de datos confiables para la toma de decisiones. Así, el objetivo planteado se satisface plenamente, al demostrarse que la interoperabilidad de Python constituye un factor crítico para incrementar el rendimiento operativo en organizaciones que implementan sistemas BI.

Este artículo, desarrollado como una revisión sistemática, proporciona un análisis estructurado y comparativo de estudios recientes que abordan la relación entre interoperabilidad, bibliotecas de Python y eficiencia operativa en entornos empresariales. La metodología empleada permitió identificar patrones comunes, divergencias y vacíos en la literatura, aportando una base sólida para comprender el estado actual del conocimiento en este campo. Además, la revisión sistemática permitió delimitar las tendencias emergentes en torno al uso de Python como tecnología de integración, destacando su papel en arquitecturas basadas en datos, IA, IoT y análisis en tiempo real.

Finalmente, se considera necesario ampliar esta línea de investigación mediante estudios empíricos aplicados en empresas reales que permitan cuantificar el impacto de la interoperabilidad en condiciones operativas específicas. Futuros trabajos podrían desarrollar marcos métricos estandarizados que integren indicadores técnicos, semánticos y

organizacionales, así como explorar la evolución de la eficiencia operativa en estudios longitudinales que midan el rendimiento antes y después de la implementación de soluciones basadas en Python.

Asimismo, analizar la interoperabilidad de Python en combinación con infraestructuras cloud, arquitecturas híbridas y ecosistemas de IA ofrecerá nuevas oportunidades para optimizar los sistemas BI organizacionales. Estas líneas futuras contribuirán a consolidar la evidencia y a fortalecer la comprensión sobre el papel de la interoperabilidad en la mejora del desempeño empresarial.

Referencias

- Ao, S.-I., Hurwitz, M., & Palade, V. (2025). Cognitive Computing and Business Intelligence Applications in Accounting, Finance and Management. *Big Data and Cognitive Computing*, 9(3), 54. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/bdcc9030054>
- Arman, A., Bellini, P., Bologna, D., Nesi, P., Pantaleo, G., & Paolucci, M. (2021). Automating IoT Data Ingestion Enabling Visual Representation. *Sensors*, 21(24), 8429. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/s21248429>
- Ates, H., Alsharawani, A., Hagel, S., Cotta, M., Roberts, J., Dincer, C., ... & Ates, C. (2024). Unraveling the impact of therapeutic drug monitoring via machine learning for patients with sepsis. *Cell Reports Medicine*, 5(8), 101681. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2024.101681>
- Brandão, A., Pereira, E., Esteves, M., Portela, F., Santos, M. F., Abelha, A., & Machado, J. (2016). A Benchmarking Analysis of Open-Source Business Intelligence Tools in Healthcare Environments. *Information*, 7(4), 57. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/info7040057>
- Buga, R., Buzea, C. G., Agop, M., Ochiuz, L., Vasincu, D., Popa, O., Rusu, D. I., Știrban, I., & Eva, L. (2025). Streamlit Application and Deep Learning Model for Brain Metastasis Monitoring After Gamma Knife Treatment. *Biomedicine*, 13(2), 423. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/biomedicine13020423>
- Cardoso, E., & Su, X. (2022). Designing a Business Intelligence and Analytics Maturity Model for Higher Education: A Design Science Approach. *Applied Sciences*, 12(9), 4625. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/app12094625>
- Chavan, A. (2023). Data visualization tools used for decision making: a review. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.56726/irjmets33640>
- Córdova-Esparza, D.-M., Terven, J., Romero-González, J.-A., Córdova-Esparza, K.-E., López-Martínez, R.-E., García-Ramírez, T., & Chaparro-Sánchez, R. (2025). Predicting and Preventing School Dropout with Business Intelligence: Insights from a Systematic Review. *Information*, 16(4), 326. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/info16040326>
- Deb Nath, R. P., Romero, O., Pedersen, T. B., & Hose, K. (2021). *High-level ETL for semantic data warehouses*. *Semantic Web*, 12(6), 841–878
- Demirdöğen, G., Işık, Z., & Arayıcı, Y. (2022). Determination of Business Intelligence and Analytics-Based Healthcare Facility Management Key Performance Indicators. *Applied Sciences*, 12(2), 651. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/app12020651>

- Dhaouadi, A., Bousselmi, K., Gammoudi, M. M., Monnet, S., & Hammoudi, S. (2022). Data Warehousing Process Modeling from Classical Approaches to New Trends: Main Features and Comparisons. *Data*, 7(8), 113. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/data7080113>
- Ekambaram, D., & Ponnusamy, V. (2024). Real-Time Monitoring and Assessment of Rehabilitation Exercises for Low Back Pain through Interactive Dashboard Pose Analysis Using Streamlit—A Pilot Study. *Electronics*, 13(18), 3782. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/electronics13183782>
- El Benany, M. M., El Beqqali, O., & Ouksel, A. M. (2019). Big Data Interoperability for E-Governance. *Journal of Computer Science*, 15(10), 1430–1438. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3844/jcssp.2019.1430.1438>
- Fuad, A., Herwanto, G., Pertiwi, A., Wahyuningtias, S., Harsini, H., Maula, A., ... & Ahmad, R. (2021). Design and prototype of tomo: an app for improving drug resistant tb treatment adherence. *F1000research*, 10, 983. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.12688/f1000research.67212.1>
- Gottfried, A., Hartmann, C., & Yates, D. (2021). Mining Open Government Data for Business Intelligence Using Data Visualization: A Two-Industry Case Study. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(4), 1042-1065. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/jtaer16040059>
- Grobler-Dębska, K., Mularczyk, R., Gawęda, B., & Kucharska, E. (2025). Time Series Methods and Business Intelligent Tools for Budget Planning—Case Study. *Applied Sciences*, 15(1), 287. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/app15010287>
- Hasnine, M. N., Nguyen, H. T., Tran, T. T. T., Bui, H. T. T., Akçapınar, G., & Ueda, H. (2023). A Real-Time Learning Analytics Dashboard for Automatic Detection of Online Learners' Affective States. *Sensors*, 23(9), 4243. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/s23094243>
- Hussin, N., Jaafar, N., Idris, I., & Nawawi, A. (2025). Evaluating the effects of e-health interventions on mental health outcomes in individuals with breast cancer: a systematic review. *Plos One*, 20(5), e0321495. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0321495>
- Jensen, S. K., Thomsen, C., Pedersen, T. B., & Andersen, O. (2021). pygrametl: A Powerful Programming Framework for Easy Creation and Testing of ETL Flows. I *Transactions on Large-Scale Data- and Knowledge-Centered Systems XLVIII: Special Issue in Memory of Univ. Prof. Dr. Roland Wagner* (Bind XLVIII, s. 45-84). Documento en línea. Disponible Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63519-3_3
- Jiménez-Partearroyo, M., & Medina-López, A. (2024). Leveraging Business Intelligence Systems for Enhanced Corporate Competitiveness: Strategy and Evolution. *Systems*, 12(3), 94. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/systems12030094>
- Johnson, D., Batista, D., Cochrane, K., Davey, R., Etuk, A., González-Beltrán, A., ... & Rocca-Serra, P. (2021). Isa api: an open platform for interoperable life science experimental metadata. *Gigascience*, 10(9). Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1093/gigascience/giab060>
- Kalampokis, E., Karamanou, A., & Tarabanis, K. (2019). Interoperability Conflicts in Linked Open Statistical Data. *Information*, 10(8), 249. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/info10080249>
- Karampakakis, P., Ioakeimidou, D., Chatzimisios, P., & Tsintotas, K. A. (2025). A Web-Based Application for Smart City Data Analysis and Visualization. *Future Internet*, 17(5), 217.

- | Documento en línea. Disponible | Documento en línea. Disponible |
|--|---|
| https://doi.org/10.3390/fi17050217 | https://doi.org/10.1145/2811222.2811229 |
| Karudin, A., Leni, D., Sari, D. Y., Fernanda, Y., & Kusuma, Y. P. (2025). <i>Development of practical data-based visualization models using the Streamlit framework in thermodynamics learning</i> . <i>TEM Journal</i> , 14(1), 913–924. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.18421/TEM141-80 | Pamuk, M., & Schumann, M. (2024). Towards AI Dashboards in Financial Services: Design and Implementation of an AI Development Dashboard for Credit Assessment. <i>Machine Learning and Knowledge Extraction</i> , 6(3), 1720-1761. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.3390/make6030085 |
| Kumar, N., Bhargavi, K., & Manisha, R. (2025). Financial statement analysis of dr.jhandeere. <i>JOAE</i> , 13(6), 159-168. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.70864/joae.2025.v13.i6.pp159-168 | Picozzi, P., Nocco, U., Pezzillo, A., De Cosmo, A., & Cimolin, V. (2024). The Use of Business Intelligence Software to Monitor Key Performance Indicators (KPIs) for the Evaluation of a Computerized Maintenance Management System (CMMS). <i>Electronics</i> , 13(12), 2286. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.3390/electronics13122286 |
| Larroza, A., Pérez-Benito, F. J., Tendero, R., Perez-Cortes, J. C., Román, M., & Llobet, R. (2025). Three-Blind Validation Strategy of Deep Learning Models for Image Segmentation. <i>Journal of Imaging</i> , 11(5), 170. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.3390/jimaging11050170 | Razali, F., Majid, N. A., Azrin, A. A. M., & Quah, W. B. (2024). Exploring Academic Performance Among Gifted and Talented Students: A Comprehensive Review. <i>International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences</i> , 13(1), 334–347. Documento en línea. Disponible http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v13-i1/20144 |
| Lee, A., Ghouse, J., Eslick, J., Laird, C., Sirola, J., Zamarripa, M., ... & Miller, D. (2021). The ideas process modeling framework and model library—flexibility for process simulation and optimization. <i>Journal of Advanced Manufacturing and Processing</i> , 3(3). Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.1002/amp2.10095 | Santos-Dominguez, M., Hernández Flores, N., Parra-Ramírez, I. A., & Arroyo-Figueroa, G. (2025). AI–Big Data Analytics Platform for Energy Forecasting in Modern Power Systems. <i>Big Data and Cognitive Computing</i> , 9(11), 272. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.3390/bdcc9110272 |
| Mello, B., Rigo, S., Costa, C., Righi, R., Donida, B., Bez, M., ... & Schunke, L. (2022). Semantic interoperability in health records standards: a systematic literature review. <i>Health and Technology</i> , 12(2), 255-272. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.1007/s12553-022-00639-w | Souibgui, M., Atigui, F., Zammali, S., Cherfi, S., & Ben Yahia, S. (2019). <i>Data quality in ETL process: A preliminary study</i> . <i>Procedia Computer Science</i> , 159, 676–687. Documento en línea. Disponible https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.223 |
| Nath, R. P. D., Pedersen, T. B., Romero, O., & Thomsen, C. (2015). <i>SETL: A programmable semantic ETL framework for semantic data warehouses</i> . In <i>Proceedings of the 19th International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP '15)</i> (pp. 17–24). ACM. | Sousa, R., Abelha, V., Peixoto, H., & Machado, J. (2024). Unlocking Healthcare Data Potential: A Comprehensive Integration Approach with GraphQL, openEHR, Redis, and Pervasive |

Business Intelligence. *Technologies*, 12(12), 265. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/technologies12120265>

Tsakiridis, S., Tsimpiris, A., Angeioplastis, A., Papaioannou, N., Mastorocostas, P., & Varsamis, D. (2024). Un procedimiento con MySQL y Python para el desarrollo de un almacén de datos y análisis utilizando datos de una empresa griega de refrescos. *En Proceedings of the 2024 International Conference on Applied Mathematics and Computer Science (ICAMCS)* (pp. 167–172). IEEE. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1109/ICAMCS62774.2024.00027>

Vázquez-Ingelmo, A., García-Peñalvo, F. J., & Therón, R. (2021). Towards a Technological Ecosystem to Provide Information Dashboards as a Service: A Dynamic Proposal for Supplying Dashboards Adapted to Specific Scenarios. *Applied Sciences*, 11(7), 3249. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/app11073249>

Vu, V. Q., Tran, M.-Q., Amer, M., Khatiwada, M., Ghoneim, S. S. M., & Elsisí, M. (2023). A Practical Hybrid IoT Architecture with Deep Learning Technique for Healthcare and Security Applications. *Information*, 14(7), 379. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.3390/info14070379>