



Universidad
Gerardo Barrios

Evaluación de calidad en productos software para inteligencia de negocios con el estándar ISO/IEC 25000 mediante lógica difusa

Informe Técnico de Investigación

Unidad de Investigación

2024

Informe Técnico de Investigación

Autores:

Inga. Kriscia Vanessa Zapata Vargas – UGB | Investigadora Principal

MIW. Jenny Elizabeth Flores Bonilla – UGB | Investigadora Asociado

Dr. Francisco Valdés Souto – UNAM | Investigador Adjunto



Editorial

1ra. Edición

El Salvador, 2026

© Universidad Gerardo Barrios

Edición, Diseño y Diagramación:

Editorial Universidad Gerardo Barrios

Ing. Saúl Alvarenga

Corrector de Estilo

Lcda. Katherine Flores

Diseño y diagramación

Cualquier reproducción total o parcial por cualquier medio electrónico, tecnológico, mecánico o de fotocopia deberá hacerse con apego a la fuente y con autorización escrita por la Universidad Gerardo Barrios.

Universidad Gerardo Barrios

Calle Las Flores y Avenida Las Magnolias, Colonia Escolán, San Miguel, El Salvador.

(503) 2645-6500

www.ugb.edu.sv

editorial@ugb.edu.sv



Contenido

INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	31
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	55
Anexo 1. Carta de intención de colaboración internacional en investigación entre la Universidad Gerardo Barrios y la Universidad Nacional Autónoma de México.	55

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Negocios (BI = *Business Intelligence*, por sus siglas en inglés), se ha convertido en un componente clave en el mundo empresarial, transformando la forma en que las organizaciones toman decisiones estratégicas. Estas herramientas permiten recopilar, analizar y visualizar eficazmente los datos corporativos, ofreciendo una visión general de las operaciones. Su importancia radica en el potencial para convertir datos brutos en información significativa, ofreciendo una comprensión del negocio más profunda sobre tendencias, patrones y oportunidades. Este enfoque no solo agiliza la toma de decisiones, sino que también optimiza los procesos internos al identificar áreas de mejora, fortaleciendo así la competitividad en un mercado cada vez más dinámico.

En el contexto salvadoreño, la adopción de herramientas de inteligencia de negocios varía significativamente dependiendo del tamaño y características de las empresas. Según el registro empresarial elaborado por el Banco Central de Reserva de El Salvador (2022), con datos que reflejan la situación del 2021, se contabilizan un total de 24,654 empresas registradas en el país, clasificadas en categorías micro, pequeña, mediana y gran empresa. En particular, en la zona oriental se registran 1,075 pequeñas y medianas empresas (pymes). Estas pymes, a pesar de su importancia económica y social, a menudo enfrentan desafíos que pueden obstaculizar la adopción de herramientas de inteligencia de negocios. Estudios como el de Argueta & Maldonado (2016), destacan que en muchas de estas empresas el nivel de implementación tecnológica es muy bajo, situación atribuible a la falta de conocimiento sobre la importancia de estas herramientas para el proceso de toma de decisiones estratégicas, tácticas y operacionales.

No obstante, el avance de la digitalización, acelerado por la pandemia, ha comenzado a acortar esta brecha tecnológica en las pymes salvadoreñas. Así lo refleja el estudio realizado por Microsoft (2022), el cual indica que el 91% de Pymes en El Salvador aceleró su proceso de transformación digital durante este periodo; el 48% de dichas empresas afirmó haber realizado inversiones tecnológicas y planean continuar invirtiendo en el futuro; en términos de manejo de datos, el 84% aceleró el uso de datos para la inteligencia del negocio, el 75% capacitó a sus empleados para crear una cultura orientada a datos y 49% optó por reclutar personal especializado en esta área. Estos datos evidencian un cambio positivo hacia la adopción de tecnologías avanzadas, propiciando escenarios para la integración de estrategias más sofisticadas en el corto y mediano plazo.

Estos indicadores no solo reflejan el impacto de la digitalización en el entorno empresarial salvadoreño, sino que también subrayan la necesidad de comprender y evaluar con mayor profundidad la evolución tecnológica en este contexto. En particular, resulta relevante explorar y comparar herramientas de software para inteligencia de negocios, ya que esto constituye el foco principal de la presente investigación.

En este marco, la investigación titulada "Evaluación de calidad en productos software para inteligencia de negocios con el estándar ISO/IEC 25000 mediante lógica difusa" se llevó a cabo durante el año 2024. La investigación fue desarrollada a través de una colaboración sinérgica entre dos destacadas instituciones académicas: la Universidad Gerardo Barrios (UGB) en El Salvador y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) promoviendo la convergencia de conocimientos y experiencias, así como potenciar el desarrollo de proyectos de investigación por medio de redes internacionales explorando áreas de interés mutuo y la promoción de la investigación colaborativa

como motor de innovación y desarrollo. El equipo de investigación ha mediado esta colaboración a través de la Unidad de Relaciones y Cooperación Internacional desde la UGB y Oficina Jurídica de la UNAM a través de una Carta de intención denominada CARTA DE INTENCIÓN DE COLABORACIÓN INTERNACIONAL EN INVESTIGACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD GERARDO BARRIOS Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (ver anexo 3). Para el desarrollo de esta investigación se tomaron como base experiencias adquiridas a través de investigaciones realizadas en el contexto de desarrollo de software, estudio sobre pymes y herramientas de Business Intelligence, así como la documentación oficial sobre las normas de calidad ISO/SEC 25000 y el modelo de Estimación de Proyectos en un Contexto de Incertidumbre (EPCU). Los recursos económicos necesarios para el desarrollo de la investigación serán financiados por la Universidad Gerardo Barrios. Además, se cuenta con acceso a bases de datos científicas confiables, que servirán como fuente de información relevante y actualizada. Estos recursos combinados permitirán maximizar el impacto de la investigación no solo en el ámbito de las pequeñas y medianas empresas; sino también en la industria de Tecnologías de Información y Comunicación.

La ejecución de la investigación, sus hallazgos y los recursos generados beneficiarán a actores en los ámbitos educativo y empresarial. En el sector educativo, docentes y estudiantes contarán con un enfoque metodológico sólido, basado en estándares internacionales como la norma ISO 25022, que fortalecerá su capacidad para evaluar y mejorar la calidad en proyectos y productos de software, potenciando su formación profesional. En el sector empresarial, particularmente en las pymes, los resultados proporcionan un panorama comparativo de herramientas para seleccionar e implementar soluciones de inteligencia de negocios que se adapten a sus necesidades estratégicas y operativas. En el sector TI esta investigación fomenta una cultura de evaluación de calidad en el desarrollo y uso del software, facilitando la toma de decisiones estratégicas y promoviendo la innovación tecnológica en diversos sectores productivos.

JUSTIFICACIÓN

En el 2023 la Universidad Gerardo Barrios a través de la Unidad de Investigación del Centro Regional de Usulután, realizó un estudio en la zona oriental del país sobre «Herramientas de Business Intelligence para la implementación en pymes», se observó que muchas de las empresas encuestadas realizan el manejo de sus datos para tomar decisiones del negocio utilizando métodos tradicionales o incluso la intuición basada en la experiencia acumulada de los propietarios o encargados. No obstante, se evidenció en la mayoría de los empresarios una clara intención de transformación tecnológica; algunas habían adquirido equipos informáticos, software desarrollado a la medida y estaban en vías de incorporarlos para automatizar sus procesos. Esta decisión fue motivada principalmente por la implementación de la Factura Electrónica en El Salvador; implicando un proceso donde las facturas manuales serían sustituidas gradualmente por los Documentos Tributarios Electrónicos, más conocidos como DTE, recibidos, validados y autorizados por el Ministerio de Hacienda de El Salvador (Ministerio de Hacienda de El Salvador, 2022).

Un aspecto clave en la adopción de nuevas tecnológicas para las pequeñas empresas es la percepción de que estas herramientas son costosas y complejas, y puede que en algunos casos así sea, lo que puede disuadir a las pymes con recursos limitados. Además, la falta de conocimiento y comprensión sobre cómo funcionan y las características de estas herramientas de inteligencia de negocios también puede ser un obstáculo significativo.

Otra situación que enfrentan las empresas al momento de implementar una estrategia en el ámbito de la inteligencia de negocios es la variedad de herramientas disponibles en el mercado, ante la falta de comprensión clara de las necesidades específicas de la empresa, puede llevar a una elección inadecuada, resultando en la subutilización de funcionalidades esenciales o, en el peor de los casos, en la inversión en una herramienta que no cumple con las expectativas empresariales.

Pensar que una pyme no necesita ordenar sus procesos de manejo de datos es un error, la gestión eficiente de datos no solo mejora la toma de decisiones, sino que también optimiza recursos y aumenta la competitividad. Implementar algún tipo de herramienta de inteligencia de negocios, aunque puede en un principio parecer complejo, facilita la visualización y análisis de datos clave. Estudios demuestran que las pymes que invierten en Inteligencia de Negocios tienen un 30% más de probabilidad de éxito (MTD Training, 2023).

De lo anterior surgen los siguientes cuestionamientos: ¿De las herramientas existentes para la inteligencia de negocios cuál es la que posee mejor calidad?, ¿Se puede determinar un índice de calidad para las herramientas analizadas de forma cuantitativa?

El propósito de esta investigación es evaluar la calidad de uso de tres herramientas con las que se puede aplicar inteligencia de negocios, utilizando modelos de calidad reconocidos a nivel mundial.

Para ello se tomaron como elemento clave las directrices de la ISO (Organización Mundial para la Estandarización) que son pautas a nivel mundial que establecen especificaciones para productos, servicios y sistemas de una empresa, asegurando altos estándares de calidad y eficiencia en sus resultados y operaciones (ISO 25000, 2022). La familia ISO/IEC 25000, también conocida como SQuaRE (***System and Software Quality Requirements and Evaluation***), es una norma presentada por la ISO que permite evaluar y comparar la calidad de un producto software.

Estos modelos proporcionan un marco para evaluar la calidad de un producto o servicio indicando qué se debe medir más no estandarizan el cómo medirlo; es ahí, donde radica la importancia de esta investigación, donde se evaluará de manera cuantitativa la calidad en productos de software para Inteligencia de Negocios, analizando las especificaciones establecidas en la norma ISO/IEC 25000, considerando los aspectos subjetivos de la calidad respecto a productos de software y transformándolos en elementos cuantitativos comparables.

La ISO/IEC 25000 ha sido utilizada en diferentes estudios como el realizado por Mera et al. (2017), denominada Análisis sistemático de información de la Norma ISO 25010 como base para la implementación en un laboratorio de Testing de software, con el propósito de identificar herramientas, técnicas y metodologías para la implementación de un laboratorio de testing para los desarrollos de aplicaciones móviles en la universidad Cooperativa de Colombia. A nivel internacional las IES han mostrado interés en desarrollar investigaciones aplicando modelos de calidad para la evaluación de productos software como el realizado por García (2023) que analiza las características de la calidad de uso (ISO/IEC 25022, 2016).

ISO/IEC 25000 plantea una evaluación integral de la calidad, contemplando dos perspectivas fundamentales: la calidad interna del producto y la calidad de uso del software en términos externos. Cada una de estas perspectivas abarca una serie de características, y a su vez, cada característica puede desglosarse en una o más subcaracterísticas.

El modelo EPCU, propuesto por el Dr. Valdés y Abran (2007), ha sido utilizado en estudios como el realizado por (Duarte, 2015), este modelo permite la obtención de un valor cuantitativo razonable mediante la consideración de opiniones (evaluaciones de expertos) sobre varias variables subjetivas. Este valor se deriva de la evaluación de reglas de inferencia establecidas por expertos (Valdés Souto, 2012).

Se analizó SUS (System Usability Scale) como un estándar de facto para medir la percepción de usabilidad de los usuarios, gracias a su simplicidad. Estudios previos han demostrado que la SUS proporciona resultados consistentes y permite una comparación efectiva entre sistemas, facilitando la interpretación de datos cuantitativos de usabilidad. Por ejemplo, Lewis y Sauro (2009) destacaron la confiabilidad de la SUS en estudios de usabilidad al mostrar su capacidad para correlacionar con métricas objetivas, como la eficiencia y la efectividad.

Como ya se mencionó la norma ISO/IEC 25000 sirvió como parámetro para realizar la evaluación y comparación de la calidad de las herramientas de software Power BI, Tableau y Microsoft Excel; sin embargo, al no establecer la norma de manera estandarizada como debe ser medida la calidad en los productos software, esta investigación se apoyó en modelo EPCU propuesto por el Dr. Valdés y la escala SUS propuesta por John Brooke.

En esta investigación, el enfoque se centró en la evaluación de la calidad de uso de las herramientas seleccionadas, integrando diversos estándares. Por lo tanto, el alcance del estudio no especifica aspectos técnicos como compatibilidad, rendimiento, modularidad, mantenibilidad u otras características técnicas. La evaluación se limitó a analizar factores relacionados con la usabilidad, experiencia del usuario y la adaptabilidad de las herramientas a las necesidades empresariales

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar de manera cuantitativa la calidad de uso en productos de software para Inteligencia de Negocios, considerando las especificaciones establecidas en la norma ISO/IEC 25000 y el modelo Estimación de Proyectos en un Contexto de Incertidumbre (EPCU).

Objetivos Específicos

- Configurar el instrumento de evaluación a partir de las características y subcaracterísticas de la norma ISO 25022 y el modelo EPCU para determinar la calidad de productos software para Inteligencia de Negocios Power BI, Tableau y Microsoft Excel.
- Probar en entornos controlados la calidad de los productos software de inteligencia de negocios Power BI, Tableau y Microsoft Excel.

- Diseñar una propuesta de protocolo para la evaluación de calidad de software, basado en normas internacionales de calidad y orientado al fortalecimiento de competencias en el área de calidad de software.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene un enfoque mixto, con una metodología de tipo descriptiva (Hernández Sampieri, Roberto et al., 2014), se hizo una integración de modelos para evaluar la calidad de uso en productos de software para Inteligencia de Negocios, considerando las especificaciones establecidas en la norma ISO/IEC 25022 y el modelo EPCU. Para el desarrollo, se estableció una metodología de trabajo estructurada en las siguientes etapas:

Análisis Conceptual, durante esta fase se sentaron las bases para el desarrollo de las siguientes etapas del estudio, ya que permitió estructurar y delimitar los elementos teóricos y metodológicos necesarios para la evaluación de calidad de uso de los productos software. Durante esta etapa, se llevó a cabo un proceso de búsqueda y recopilación de información sobre los principales conceptos teóricos relacionados con la temática de la investigación y evaluación de calidad de los productos software. A partir de este análisis, se determinaron las características que se tomarían en cuenta para la evaluación, a fin de que estas fueran pertinentes y alineadas con los objetivos del estudio.

Se revisó la lógica de funcionamiento del modelo EPCU. Posteriormente, se revisaron los estándares SUS (Escala para la Usabilidad de los Sistemas) e ISO 25022, los cuales proporcionaron criterios técnicos esenciales para la evaluación de usabilidad. A partir de esta revisión, se integraron ambos estándares con el fin de diseñar el instrumento de recolección de datos para su uso en la fase de evaluación de la calidad del software; asegurando su alineación con parámetros internacionalmente reconocidos. En paralelo, se trabajó en la visión del protocolo, estableciendo líneas base para su desarrollo.

Evaluación de la calidad del software, se planificó el proceso de recolección de datos y la ejecución de pruebas en fase de campo. Esto incluyó la definición de estrategias para la recolección de datos, la definición de la muestra; así como la preparación específica de entornos y escenarios de prueba, con el objetivo de evaluar la calidad de los productos de software Power BI, Microsoft Excel y Tableau en entornos controlados.

Creación de una propuesta de protocolo de control de calidad. En esta fase, se definieron los fundamentos y procedimientos metodológicos necesarios para diseñar una propuesta innovadora en la integración de inteligencia artificial (IA) como un aporte transformador de la enseñanza en calidad de software. El componente principal consistió en un protocolo inteligente, concebido para operar como tutor y evaluador automatizado, dirigido a docentes, estudiantes y desarrolladores de software y especialistas en calidad que buscan actualizar sus competencias. Esta herramienta buscará reforzar el aprendizaje integral mediante la combinación de enfoques teóricos (análisis de estándares como ISO/IEC 25010) y prácticos (simulación de escenarios de evaluación), optimizando así la adquisición de competencias en función de calidad.

Esta metodología fue seleccionada debido a que cumple con las condiciones necesarias para responder a los objetivos de la investigación, que es evaluar de manera cuantitativa la calidad de uso en productos de software para Inteligencia de Negocios, tomando como base las especificaciones

establecidas en la norma ISO/IEC 25000 y el modelo Estimación de Proyectos en un Contexto de Incertidumbre (EPCU). Estuvo amparada por el uso en estudios como el realizado por (Carrión & Torres, 2016) , (Valdes-Souto et al., 2019) y (Duarte, 2015).

Los resultados de esta investigación establecieron un marco metodológico al validar la efectividad de modelos mixtos (descriptivos y prácticos) para temáticas de aplicabilidad tecnológica, ofreciendo una base replicable en futuras investigaciones sobre herramientas emergentes. La propuesta de un protocolo de calidad establece que su desarrollo e implementación permitiría vincular los fundamentos teóricos de la calidad de software con su aplicación en entornos tecnológicos reales. Mediante el uso de criterios de evaluación basados en estándares internacionales, facilitando el análisis y la mejora de herramientas tecnológicas utilizadas en distintos contextos organizacionales.

ETAPA ANÁLISIS CONCEPTUAL

1. Fundamentos de Inteligencia de Negocios (BI)

La Inteligencia de Negocios (Business Intelligence, BI) es considerada un pilar fundamental para la toma de decisiones informadas en el ámbito empresarial. Su capacidad para transformar datos en información valiosa permite a las organizaciones optimizar procesos, identificar oportunidades y anticiparse a riesgos (Atehortúa et al., 2018). Cuando se habla de Inteligencia de Negocios, no se hace referencia a una tecnología en sí, sino a un conjunto de metodologías, procesos, arquitecturas y tecnologías diseñadas para recopilar, integrar, analizar y presentar datos empresariales. El objetivo principal es proporcionar información que facilite la toma de decisiones estratégicas y operativas (Pérez Marqués, 2015).

La Inteligencia de Negocios, tradicionalmente es asociada con grandes organizaciones, también puede implementarse en pequeñas y medianas empresas (pymes) ajustando sus componentes para alinearlos con sus recursos y capacidades (Parm AG, 2024). Las pymes pueden adoptar herramientas y metodologías de BI adaptadas, como el uso de hojas de cálculo avanzadas o plataformas gratuitas para análisis y visualización, lo que permite democratizar el acceso a la toma de decisiones basada en datos. Además, Oliveira (2023) destaca que es posible iniciar con herramientas básicas de recopilación y organización de datos y con el tiempo, evolucionar hacia soluciones más complejas y escalables. Esta flexibilidad en la implementación asegura que las pymes puedan aprovechar las ventajas del BI, como la optimización de recursos y la identificación de oportunidades, sin incurrir en costos excesivos ni requerir infraestructuras tecnológicas con altos costos.

Los componentes esenciales de BI incluyen:

- **Fuentes de datos:** En las pymes las fuentes de datos suelen incluir hojas de cálculo, registros en papel, bases de datos simples y sistemas de facturación básicos (Zapata & Flores, 2023). Estas fuentes constituyen la base para iniciar el proceso de recopilación de información relevante.

- **Procesos ETL (Extract, Transform, Load):** En lugar de herramientas complejas, las pymes pueden implementar procesos semi-automatizados utilizando software accesible, como Excel o herramientas gratuitas de integración de datos, para extraer y limpiar la información disponible.
- **Almacenes de datos (Data Warehouses):** Repositorios centralizados y organizados para almacenar grandes volúmenes de datos históricos, optimizados para consultas y análisis (PowerData, 2024). Las pymes pueden optar por bases de datos en la nube o soluciones locales económicas para centralizar y organizar datos esenciales, priorizando la escalabilidad futura.
- **Herramientas de análisis y visualización:** Software que permiten interpretar y comunicar hallazgos clave (Insight Software, 2023). Las pymes pueden beneficiarse de herramientas accesibles o en su versión gratuita, o soluciones de código abierto que permiten generar reportes y dashboards intuitivos.
- **Usuarios finales:** En las pequeñas empresas, los usuarios finales suelen ser los propietarios, gerentes y equipos pequeños responsables de las decisiones estratégicas y operativas. Es fundamental que las herramientas sean fáciles de usar y que la capacitación sea parte integral del proceso de implementación.

1.1 Importancia de la calidad en productos de BI

Al centrar el desarrollo de soluciones de BI en las necesidades de los usuarios finales —propietarios, gerentes y equipos operativos en pequeñas empresas—, es evidente que su participación activa y la usabilidad de las herramientas son elementos que influyen para el éxito en la implementación de estas herramientas. Por ello, la evaluación de calidad se posicionó como un aspecto fundamental y por la amplitud de este tema, en este estudio se realizó una evaluación de la calidad en uso de productos software enfocado en el análisis y la visualización de datos. Este enfoque permitirá analizar aspectos como la usabilidad, eficiencia y satisfacción de los usuarios al interactuar con herramientas específicas, lo cual es esencial para asegurar que los sistemas sean intuitivos y efectivos en su propósito.

2. Selección de herramientas de BI para la evaluación de calidad

Dado que existen numerosas herramientas en el mercado, la evaluación de la calidad del software de BI es esencial para seleccionar la solución más adecuada según las necesidades empresariales. Para el desarrollo de esta investigación fue necesario realizar una selección de herramientas para la evaluación de calidad en BI.

Tras un análisis, se seleccionaron tres herramientas clave:

- **Power BI:** Reconocida por su facilidad de integración con el ecosistema Microsoft y su enfoque en la accesibilidad para usuarios sin conocimientos avanzados en análisis de datos (Vizuite-Chancay & Margarita, 2024).
- **Tableau:** Destacada por su capacidad de visualización interactiva y compatibilidad con diversas fuentes de datos (Cajas Chuqui, 2022).
- **Microsoft Excel:** Aunque tradicionalmente considerada una hoja de cálculo, su uso en BI sigue siendo relevante gracias a complementos como Power Query y Power Pivot (Su, 2016).

La selección de Power BI, Tableau y Microsoft Excel para este estudio se fundamenta en su destacada posición en el ámbito empresarial y en su reconocimiento en el Cuadrante Mágico de Gartner (Gartner, 2024) para plataformas de análisis y Business Intelligence.

Ilustración 1

Cuadrante Mágico para plataformas de Analítica e Inteligencia de Negocios (Gartner, 2024)



3. Estándar ISO/IEC 25000 para evaluación de calidad del software

La evaluación de las herramientas Power BI, Tableau y Microsoft Excel requirió un marco de referencia objetivo que garantizara la rigurosidad técnica del análisis. Se analizó el estándar ISO/IEC 25000, el cual proporciona un modelo estructurado para evaluar tanto la calidad del producto software como la calidad en uso. Según Sommerville (Sommerville, 2016), la calidad de software se refiere a “la conformidad con los requisitos funcionales, de rendimiento y de mantenibilidad”, lo que implica que un software de calidad debe ser confiable, seguro y eficiente, cumpliendo con las expectativas del usuario y adaptándose a necesidades futuras.

Según Callejas-Cuervo et al. (2017) La calidad de un producto software debe evaluarse utilizando un modelo de calidad claramente definido; este modelo sirve como base para establecer los objetivos de calidad del producto. Dado que es imposible medir la calidad de un software de forma directa, se descompone jerárquicamente en un modelo estructurado por características y subcaracterísticas; generalmente, los modelos de calidad para productos de software se dividen en dos áreas: calidad interna y externa, y calidad en uso.

El estándar ISO/IEC 25000 también conocido como "SQuaRE" (System and Software Quality Requirements and Evaluation), proporciona un marco para la evaluación y gestión de la calidad del software. Establece métricas, características y criterios de calidad para asegurar que los sistemas software cumplan con los requisitos funcionales y no funcionales esperados.

La serie de estándares ISO 25000 consta de cinco divisiones:

- División de Gestión de Calidad (ISO 2500n): Enfocada en proporcionar guías y requisitos generales para gestionar la calidad del software.
- División de Modelo de Calidad (ISO 2501n): Describe modelos para evaluar características de calidad del producto de software.
- División de Medición de la Calidad (ISO 2502n): Proporciona métricas y métodos para medir características específicas de calidad.
- División de Requisitos de Calidad (ISO 2503n): Define requisitos para especificar y evaluar la calidad del producto.
- División de Evaluación de la Calidad (ISO 2504n): Establece procesos para realizar evaluaciones de calidad confiables y repetibles.

Ilustración 2

La familia de normas ISO/IEC 25000



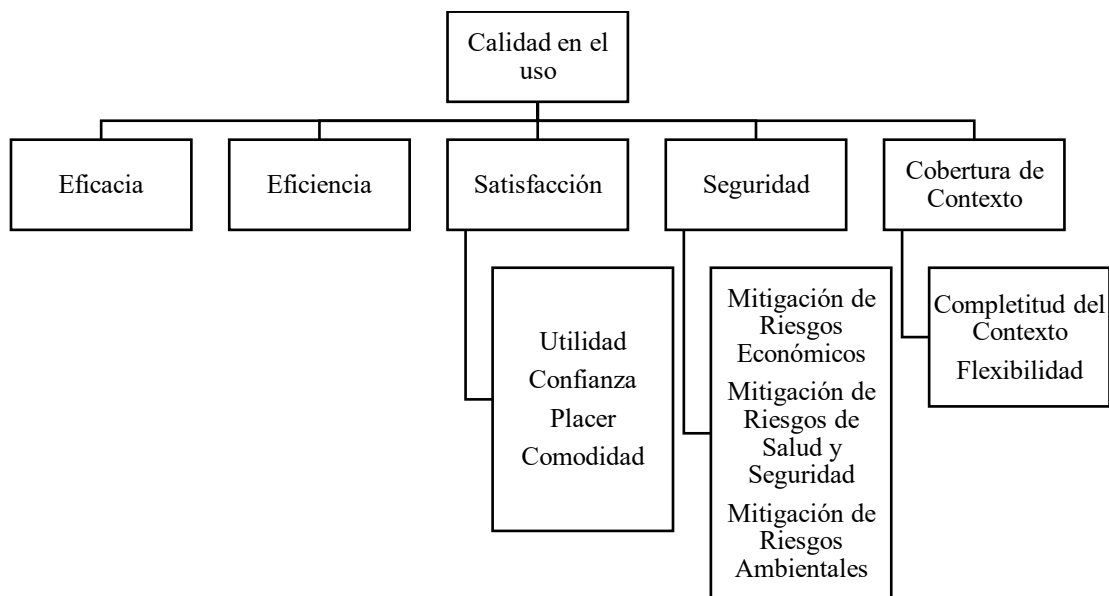
3.1 Estructura del estándar ISO/IEC 25022 para evaluar la calidad en uso

Según Hanna Oktaba (2010) , la calidad en uso se refiere al grado en que un producto satisface las necesidades de usuarios específicos al ayudarlos a alcanzar sus objetivos de manera efectiva, eficiente, segura y satisfactoria en un entorno real. Esto significa evaluar cómo el software facilita el éxito en la realización de tareas bajo condiciones reales, teniendo en cuenta las limitaciones del entorno y las características de los usuarios, siempre enfocándose en su experiencia.

La norma ISO/IEC 25022, parte de la serie ISO/IEC 25000 (SQuaRE), proporciona un conjunto de métricas para evaluar las dimensiones de calidad en uso, considerando la interacción entre los usuarios y el software durante la operación del sistema en escenarios reales. A continuación, se describen sus características principales y subcaracterísticas.

Ilustración 3

Norma ISO/IEC 25022



- Eficacia: evalúa el grado en el que un producto software permite a los usuarios alcanzar sus objetivos de manera precisa y confiable, asegurando que los datos procesados y los resultados generados sean exactos y cumplan con los requisitos funcionales establecidos. Esto implica que el software proporciona la información correcta, en el formato adecuado y dentro del contexto esperado, garantizando que los usuarios logren sus metas con precisión y sin errores.
- Eficiencia: mide la capacidad de un producto software para permitir a los usuarios alcanzar sus objetivos optimizando el uso de recursos, como tiempo, esfuerzo y costos; esto implica un desempeño óptimo del software, asegurando tiempos de respuesta adecuados, un consumo equilibrado de recursos del sistema y una ejecución fluida de las funcionalidades, sin comprometer la calidad ni la precisión de los resultados.

- **Satisfacción:** analiza el grado de comodidad, agrado y confianza que experimentan los usuarios al interactuar con un producto software, influenciado por factores como la facilidad de uso, la intuitividad de la interfaz y la percepción de cumplimiento de sus expectativas. Esta característica abarca tanto aspectos emocionales, como la sensación de seguridad y control, como elementos prácticos, tales como la usabilidad, la estética y la adaptabilidad del software a las necesidades del usuario.
- **Seguridad:** examina la capacidad de un producto software para proteger la información y los sistemas contra accesos no autorizados, pérdida de datos y vulnerabilidades, minimizando riesgos operativos, económicos, de salud, seguridad y ambientales asociados a su uso. Esto incluye la implementación de mecanismos de autenticación, control de acceso, integridad de datos, resistencia a ataques y cumplimiento de normativas de seguridad, garantizando la confiabilidad y protección de la información.
- **Cobertura de Contexto:** mide la capacidad de un producto software para adaptarse eficazmente a distintos entornos, necesidades específicas y perfiles de usuarios, garantizando su funcionalidad y relevancia en múltiples escenarios. Esto implica flexibilidad en la configuración, compatibilidad con diversas plataformas y entornos operativos, así como la capacidad de ajustarse a cambios en los requisitos sin comprometer el desempeño ni la experiencia del usuario.

En este estudio, se aplica el estándar ISO/IEC 25022 como marco de referencia para evaluar la calidad en uso de tres productos software ampliamente utilizados en Inteligencia de Negocios: Power BI, Tableau y Microsoft Excel permitiendo medir mediante cuestionarios adaptados y técnicas de lógica difusa, cómo estas herramientas cumplen con los requisitos de calidad en escenarios reales de análisis de datos, visualización y toma de decisiones empresariales.

4. Lógica difusa en evaluación de calidad

La Lógica Difusa (LD) es una extensión de la lógica booleana tradicional que permite representar grados de verdad en lugar de limitarse a valores binarios como "completamente verdadero" o "completamente falso" (Bello, 2021). Este enfoque, propuesto por Lofti Zadeh en 1965, facilita la modelación de la incertidumbre mediante un lenguaje natural que refleja mejor la ambigüedad presente en muchos sistemas del mundo real (Zadeh, 2008).

La capacidad de la Lógica Difusa (LD) para gestionar la imprecisión y la incertidumbre se debe a la teoría de los conjuntos difusos (UNAM, 2023), la cual se basa en funciones de afiliación o pertenencia que definen las categorías dentro del sistema. Según Zadeh, la LD amplía la teoría clásica de conjuntos al introducir variables lingüísticas y reglas condicionales del tipo "si-entonces" (if-then), lo que permite interpretar y modelar información con mayor flexibilidad. Estos elementos proporcionan una representación funcional que mejora la precisión en la interpretación de los significados (Zadeh, 2008).

Un sistema difuso está compuesto por varios elementos clave, incluyendo variables de entrada, un componente de fusificación, un mecanismo de inferencia basado en reglas lógicas, una variable de salida generada por dicho mecanismo y un proceso de defuzzificación. Estos elementos trabajan en conjunto para transformar datos imprecisos en información procesable, permitiendo la toma de decisiones en entornos con incertidumbre (Ali & Alain, 2001).

4.1 Modelo de estimación de proyectos en entornos de incertidumbre (EPCU)

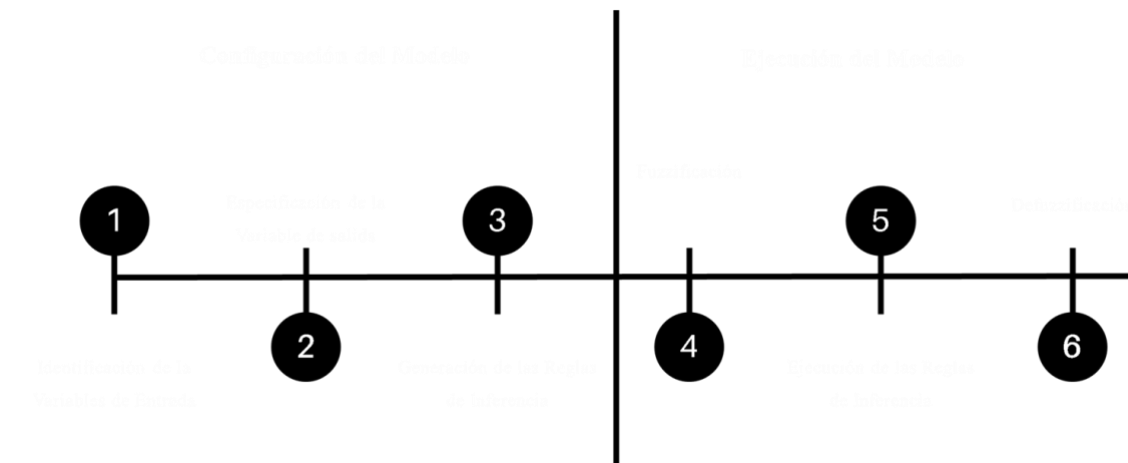
El modelo EPCU, desarrollado por Francisco Valdés Souto y Alain Abran en 2007, se basa en la lógica difusa y busca abordar el desafío de estimar proyectos en las etapas iniciales de su ciclo de vida. En esta fase, la incertidumbre es elevada y la información disponible suele ser imprecisa, describiéndose principalmente a través de variables lingüísticas (Valdés Souto & Abran, 2007)

La estructura del modelo EPCU se divide en seis pasos: los tres primeros pasos identificación de las variables de entrada, generación de las reglas de inferencia, especificación de las variables de salida se centran en la configuración del "contexto EPCU", mientras que los tres siguientes implican la ejecución del modelo, incluyendo la fusificación definida por expertos, la aplicación de reglas de inferencia y finalmente, la defuzzificación del resultado, lo que permite su interpretación y aplicación en la planificación del proyecto (Marco Yáñez & Francisco Valdés, 2015)

Un "contexto EPCU" es un conjunto de variables (de entrada/salida) y las relaciones entre ellas que afectan a un proyecto o a un conjunto de proyectos similares" (Valdés Souto & Abran, 2007). Es importante notar que, si bien el contexto inicial para el que fue creado EPCU fue para estimación, la definición de contexto permite una flexibilidad para poder evaluar distintos escenarios dónde usualmente las variables suelen ser subjetivas, como el caso de la calidad (Valdés & Pérez & Núñez, 2019).

Ilustración 4

Etapas del Modelo EPCU. Marco Yáñez & Francisco Valdés (2015)



A continuación, se presentan los pasos del modelo EPCU tomando como ejemplo un contexto de evaluación de la complejidad de una aplicación móvil, donde las variables de

entrada son la *experiencia del equipo de desarrollo* y la *claridad en la especificación de requerimientos*. La variable de salida sería el *índice de complejidad* de la aplicación móvil.

Las variables de entrada y de salida, estarán definidas por cinco posibles valores lingüísticos, representados como conjuntos difusos. El dominio de las funciones de pertenencia asociadas a las variables de entrada se define en el eje X como un conjunto de valores enteros en el intervalo discreto $[1, 5]$, mientras que el dominio de las funciones de pertenencia para la variable de salida se define en el intervalo continuo $[0, 100]$ (valores reales). Para mayor referencia sobre los pasos del EPCU referirse a (Valdés Souto & Abran, 2007).

1. Definición de variables de entrada

En el contexto de evaluación de complejidad de una aplicación móvil, cada variable de entrada puede tomar uno de los siguientes valores lingüísticos:

1. Muy baja
2. Baja
3. Media
4. Alta
5. Muy alta

Cada valor lingüístico (Muy baja, Baja, Media, Alta, Muy alta) se asocia con un conjunto difuso que describe su comportamiento en términos de una función de pertenencia. Estas funciones de pertenencia permiten representar la incertidumbre y subjetividad en la evaluación de las variables de entrada.

Se debe de considerar las variables relevantes al contexto, se recomienda que al menos sean dos variables de entrada.

2. Especificación de la variable de salida

Para el contexto de evaluación de la complejidad de una aplicación móvil, el *índice de complejidad* se define como la variable de salida del modelo EPCU. Este índice refleja el nivel de complejidad de una aplicación móvil en función de las variables de entrada seleccionadas (en este caso, la experiencia del equipo de desarrollo y la claridad en la especificación de requerimientos). La variable de salida, al igual que las variables de entrada, se define mediante cinco valores lingüísticos que representan diferentes niveles de complejidad:

1. Muy bajo
2. Bajo

- 3. Medio
- 4. Alto
- 5. Muy alto

El dominio de las funciones de pertenencia asociadas a la variable de salida se define en el intervalo continuo [0, 100] (números reales). Este rango representa el índice de complejidad de la aplicación móvil, donde:

0 corresponde a un índice de complejidad "Muy bajo".

100 corresponde a un índice de complejidad "Muy alto"

3. Generación de reglas de inferencia

Este paso consiste en establecer las relaciones entre las variables de entrada (*experiencia del equipo de desarrollo* y la claridad en la especificación de requerimientos) y la variable de salida (*índice de complejidad de la aplicación móvil*) mediante un conjunto de reglas tipo "si-entonces".

La base de reglas es el conjunto completo de reglas de inferencia que relacionan todas las combinaciones posibles de los valores lingüísticos de las variables de entrada con los valores lingüísticos de la variable de salida. Dado que cada variable de entrada tiene cinco valores lingüísticos (Muy baja, Baja, Media, Alta, Muy alta), y hay dos variables de entrada, el número total de combinaciones posibles es $5 \times 5 = 25$ reglas.

Estas reglas reflejan cómo las combinaciones de las variables de entrada afectan el *índice de complejidad*. Por ejemplo, si el equipo tiene poca experiencia y la claridad en la especificación de requerimientos es muy compleja, el índice de complejidad será alto. Por el contrario, si el equipo tiene mucha experiencia y la claridad en la especificación de requerimientos sencilla, el índice de complejidad será bajo.

Es importante identificar la totalidad de reglas de inferencia entre las variables definidas.

La construcción de la base de reglas se realiza combinando sistemáticamente los valores lingüísticos de las variables de entrada. A continuación, se muestra una tabla que ilustra cómo se pueden combinar las variables de entrada para generar las reglas:

Tabla 1

Posibles combinaciones de variables de entrada para generar las reglas de inferencia

Experiencia del equipo	Claridad en la especificación de requerimientos	Índice de Complejidad
Muy baja	Muy baja	Medio
Muy baja	Baja	Alto
Muy baja	Media	Muy alto

Muy baja	Alta	Muy alto
Muy baja	Muy alta	Muy alto
Baja	Muy baja	Bajo
Baja	Baja	Medio
Baja	Media	Alto
Baja	Alta	Alto
Baja	Muy alta	Muy alto
Media	Muy baja	Bajo
Media	Baja	Medio
Media	Media	Medio
Media	Alta	Alto
Media	Muy alta	Muy alto
Alta	Muy baja	Muy bajo
Alta	Baja	Bajo
Alta	Media	Medio
Alta	Alta	Alto
Alta	Muy alta	Muy alto
Muy alta	Muy baja	Muy bajo
Muy alta	Baja	Muy bajo
Muy alta	Media	Bajo
Muy alta	Alta	Medio
Muy alta	Muy alta	Alto

Para el ejemplo en desarrollo se podrían establecer las siguientes reglas:

1. Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Muy baja y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Muy alta, entonces el *índice de complejidad* es Muy alto.
2. Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Baja y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Alta, entonces el *índice de complejidad* es Alto.
3. Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Media y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Media, entonces el *índice de complejidad* es Medio.

4. Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Alta y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Baja, entonces el *índice de complejidad* es Bajo.
5. Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Muy alta y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Muy baja, entonces el *índice de complejidad* es Muy bajo.

4. Fuzzificación

Este paso permite representar la incertidumbre y subjetividad asociadas a las variables de entrada, asignando grados de pertenencia a cada conjunto difuso correspondiente. Se convierten los valores numéricos de los evaluadores o usuarios en representaciones difusas, o grados de pertenencia de acuerdo a las funciones definidas.

Por ejemplo, al solicitar a los evaluadores o usuarios que proporcionen un valor numérico (crisp) para cada variable de entrada:

Experiencia del equipo de desarrollo: 3 (en una escala de 1 a 5)

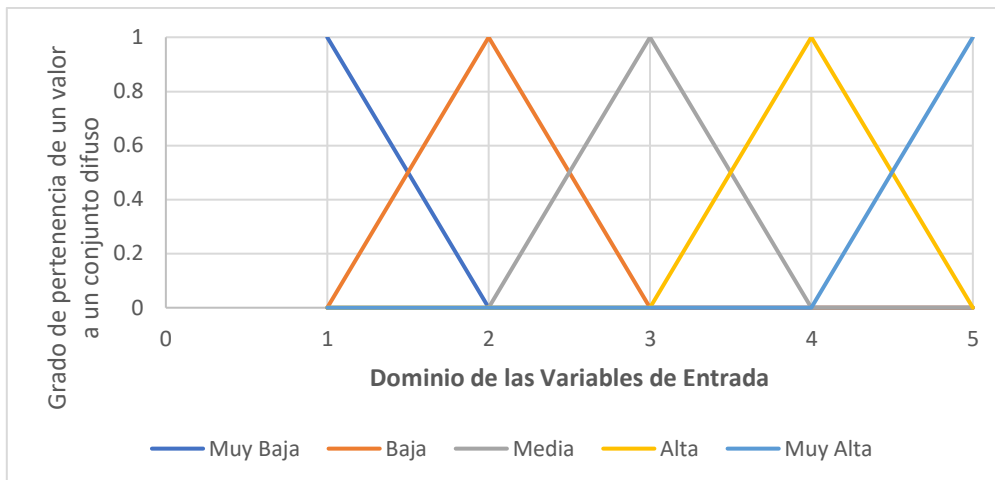
Claridad en la especificación de requerimientos: 4 (en una escala de 1 a 5)

Cada valor crisp se evalúa en las funciones de pertenencia definidas para los conjuntos difusos de la variable correspondiente generando un grado de pertenencia para cada conjunto difuso. Por ejemplo, si la experiencia del equipo es 3, podría tener los siguientes grados de pertenencia.

- Muy baja: 0
- Baja: 0
- Media: 1
- Alta: 0
- Muy alta: 0

Gráfica 1

Conjuntos difusos



5. Ejecución de las reglas de inferencia

Consiste en aplicar las reglas definidas en la base de reglas (Paso 3) utilizando los valores fuzzificados obtenidos en el Paso 4. Este proceso combina los grados de pertenencia de las variables de entrada para determinar los grados de pertenencia de la variable de salida. El objetivo es evaluar las reglas de inferencia para obtener un conjunto difuso asociado a la variable de salida *índice de complejidad de la aplicación móvil*. Esto se logra utilizando operadores de lógica, como el mínimo (AND) y el máximo (OR), para combinar los grados de pertenencia de las variables de entrada.

Si $X \text{ y } Y$, entonces Z , o

Si $X \text{ o } Y$, entonces Z .

Por ejemplo:

Regla 1: Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Media **y** la *claridad en la especificación de requerimientos* es Alta, entonces el *índice de complejidad* es Alto.

Regla 2: Si la *experiencia del equipo de desarrollo* es Baja **o** la *claridad en la especificación de requerimientos* es Muy Alta, entonces el *índice de complejidad* es Muy Alto.

Para cada regla, se evalúan los grados de pertenencia de las variables de entrada (obtenidos en el Paso 4) y se combinan utilizando operadores de lógica difusa:

Operador AND (mínimo): Se toma el menor grado de pertenencia entre las variables de entrada.

Operador OR (máximo): Se toma el mayor grado de pertenencia entre las variables de entrada.

El resultado de cada regla se asigna al conjunto difuso correspondiente de la variable de salida.

Supongamos que *Experiencia del equipo* ha sido evaluado por parte del usuario con 3.

Grados de pertenencia:

Baja: 0

Media: 1

Alta: 0

Claridad en la especificación de requerimientos ha sido evaluado por parte del usuario con 4.

Grados de pertenencia:

Media: 0.2

Alta: 0.8

Muy Alta: 0

Regla 1: Si la *experiencia del equipo* es Media y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Alta, entonces el *índice de complejidad* es Alta.

Grado de pertenencia para "Alta" = $\min(1, 0.8) = 0.8$

Regla 2: Si la *experiencia del equipo* es Media y la *claridad en la especificación de requerimientos* es Media, entonces el *índice de complejidad* es Media.

Grado de pertenencia para "Media" = $\min(1, 0.2) = 0.2$

Regla 3: Si la *experiencia del equipo* es Baja o la *claridad en la especificación de requerimientos* es Muy Alta, entonces el *índice de complejidad* es Muy Alta.

Grado de pertenencia para "Muy Alta" = $\max(0, 0) = 0$

Después de evaluar todas las reglas, los grados de pertenencia de la variable de salida (*índice de complejidad*) son:

Muy Baja: 0

Baja: 0

Media: 0.2

Alta: 0.8

Muy Alta: 0

Estos valores representan el conjunto difuso asociado a la variable de salida.

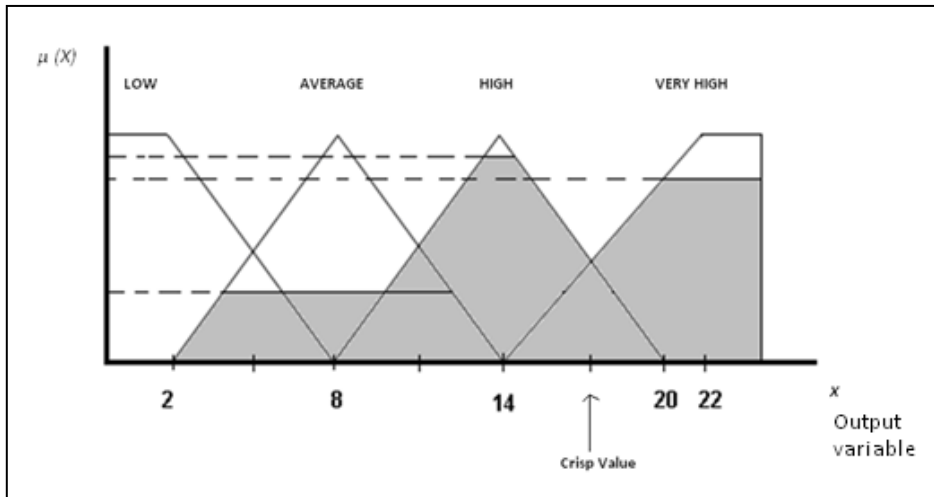
6. Defuzzificación

El propósito de la defuzzificación es obtener un único valor numérico que sintetice la información contenida en los conjuntos difusos de la variable de salida, es el proceso contrario a la fuzzificación. Este valor crisp es más fácil de interpretar y utilizar en la toma de decisiones. El método de defuzzificación utilizado por el modelo EPCU es el del centroide (o centro de gravedad).

Esquemáticamente, el proceso de defuzzificación se puede observar en la figura siguiente.

Ilustración 5

Proceso de defuzzificación



Para realizar esto se requieren dos subpasos, que son:

1. Obtener la fuerza de cada conjunto difuso perteneciente a la función de pertenencia de salida (RSS).
2. Obtener el centroide difuso del área.

Obtener la fuerza de cada conjunto difuso perteneciente a la función de pertenencia de salida (RSS).

Considerando los valores obtenidos en la ejecución de la regla de inferencia (paso 5), la fuerza de cada conjunto difuso definido para la variable de salida se calcula con la siguiente fórmula:

$$FSk = \sum_i R_i \quad (4.3)$$

Donde:

- FSk es el conjunto difuso definido por un mismo valor lingüístico.
- Ri es la regla que activó un conjunto difuso específico.

Obtener el centroide difuso del área.

Las fuerzas ponderadas de cada función miembro de salida se multiplican por sus respectivos puntos centrales de la función de pertenencia de salida y se suman. El área obtenida se divide por la suma de las fortalezas de las funciones miembro ponderadas, y el resultado se toma como la salida nítida.

$$\begin{aligned} \text{Valor nítido (FSk)} &= \text{Centroide} \\ &= \frac{\sum ("FSk"_{\text{centro}} * "FSk"_{\text{fuerza}})}{\sum ("FSk"_{\text{fuerza}})} \quad (4.4) \end{aligned}$$

Donde FSk es el conjunto difuso definido por los mismos valores lingüísticos.

5. Escala para la Usabilidad de los Sistemas (SUS)

La usabilidad es un atributo fundamental e intangible del software, esencial para determinar su calidad, aunque a menudo difícil de visualizar, medir y reconocer como un factor crítico en el éxito de un producto. Según Nielsen et al. (1993) la usabilidad no se limita a que un producto sea funcional, sino que implica la facilidad con la que usuarios específicos pueden interactuar con un sistema, producto o servicio para alcanzar objetivos específicos, maximizando la efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto particular de uso. Para comprender mejor la usabilidad, Nielsen et al. (1993, 2012), desglosa este concepto en cinco componentes clave:

- **Facilidad de aprendizaje:** los usuarios deben poder realizar tareas básicas rápidamente cuando usan el sistema por primera vez.
- **Eficiencia:** una vez que los usuarios han aprendido el diseño, deberían ser capaces de realizar tareas con rapidez.
- **Memorabilidad:** después de un período de no uso, los usuarios deberían recordar fácilmente cómo usar el sistema sin necesidad de reaprender.
- **Errores:** el sistema debe minimizar los errores, y aquellos que ocurran deben ser fáciles de entender y corregir.
- **Satisfacción:** los usuarios deben encontrar la experiencia de uso agradable y gratificante.

Para evaluar estos aspectos de la usabilidad, se ha desarrollado el Sistema Usabilidad de los Sistemas (SUS, por sus siglas en inglés "System Usability Scale"), un cuestionario estandarizado que permite medir la percepción de la usabilidad en diversos sistemas y productos de software. Este cuestionario de diez ítems proporciona una visión global sobre la efectividad, eficiencia y satisfacción que un usuario experimenta al interactuar con un sistema, ofreciendo una herramienta útil para obtener retroalimentación sobre la experiencia del usuario y mejorar la calidad del software.

FASE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE

6. Muestra

Durante la planificación de la evaluación, se definieron tres grupos de usuarios con características específicas que permitieran evaluar las herramientas de Business Intelligence (BI) desde diferentes perspectivas y niveles de experiencia. El primer grupo incluyó profesionales en manejo de TI, quienes poseen conocimientos técnicos generales sobre tecnologías, pero no experiencia directa con las herramientas. Este grupo permitió analizar la curva de aprendizaje y la facilidad de uso de las herramientas en estudio. El segundo grupo estuvo compuesto por encargados del área de TI en pequeñas y medianas empresas (pymes), quienes tienen un dominio práctico de las tecnologías y operan en entornos empresariales reales. Este grupo aportó una visión operativa y contextual sobre la aplicabilidad de las herramientas en escenarios empresariales cotidianos. Finalmente, el tercer grupo incluyó profesionales expertos en BI, usuarios con experiencia directa en el uso de

herramientas de inteligencia de negocios, lo que permitió evaluar la calidad de uso de las herramientas desde la experiencia de su aplicación en el día a día.

El tipo de muestreo aplicado fue muestreo intencional o por conveniencia, ya que los participantes fueron seleccionados en función de su experiencia y relevancia para los objetivos del estudio. Este enfoque es aplicable en investigaciones donde se busca obtener información específica de grupos específicos en una población. Este muestreo lo define Arias (2012) como aquel donde los elementos son escogidos con base a criterios o juicios preestablecidos por el investigador. La combinación de estos tres grupos permitió obtener una evaluación integral de las herramientas, considerando tanto la experiencia técnica como la aplicabilidad práctica en entornos empresariales.

Tabla 2

Segmentación de usuarios participantes en la evaluación de calidad en uso

Segmentos de usuarios	Cantidad de participantes
Profesionales en manejo de TI	6
Encargados del área TI pymes	6
Profesionales expertos en BI	5

7. Diseño y elaboración de instrumentos de recolección de datos

7.1 Integración de SUS con ISO 25022

Para el diseño del instrumento de recolección de datos, que permitiría a los usuarios evaluar la calidad de las herramientas Power BI, Tableau y Microsoft Excel, se realizó una integración metodológica basada en la norma ISO/IEC 25022, que establece directrices para medir la calidad en uso del software, y el estándar System Usability Scale (SUS), ampliamente utilizado para evaluar la usabilidad.

A partir de esta revisión, se alinearon las características de SUS: eficacia/ facilidad de uso, eficiencia y satisfacción con las características de ISO/IEC 25022: eficacia, eficiencia, satisfacción, libertad de riesgo/seguridad y cobertura de contexto, para desarrollar un conjunto de preguntas orientadas a evaluar la calidad en uso, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 3

Integración de las características del SUS con las subcaracterísticas de la Norma ISO/IEC 25022

Características del SUS	Características de ISO/IEC 25022	Descripción	Sub características de ISO/IEC 25022
Eficacia/ facilidad de uso	Eficacia	Evalúan la exactitud y la integridad con la cual los usuarios logran los objetivos especificados.	
Eficiencia	Eficiencia	Evalúan los recursos gastados en relación con la exactitud y la integridad con la cual los usuarios alcanzan objetivos.	
Satisfacción	Satisfacción	Evalúan la comodidad, aceptación y actitudes positivas hacia el uso del producto. Se descompone en: utilidad, confianza, placer y comodidad.	Utilidad Confianza Placer Comodidad
Satisfacción	Libertad de riesgo/seguridad	Evalúan el grado en que un producto o sistema mitiga o evita el riesgo potencial para la situación económica, la vida humana, la salud o el medio ambiente. Se descompone en mitigación del riesgo: económico, de la salud y para la seguridad y ambientales.	Mitigación de riesgos económicos Mitigación de riesgos de salud y seguridad Mitigación de riesgos ambientales.
Eficiencia		Evalúan el grado en que un producto o sistema puede	Compleitud del contexto

Características del SUS	Características de ISO/IEC 25022	Descripción	Sub características de ISO/IEC 25022
	Cobertura de contexto	de utilizarse con eficacia, eficiencia, satisfacción y libre de riesgos en ambos contextos de uso específicos y en contextos que van más allá de los inicialmente explícitamente identificados.	Flexibilidad

7.2 Integración de SUS con ISO 25022 con Inteligencia Artificial

Como resultado del proceso Integración de SUS con ISO/IEC 25022, se obtuvo un instrumento compuesto por 12 preguntas. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de refinamiento en el que se utilizó inteligencia artificial, específicamente ChatGPT, con el propósito de optimizar la redacción y estructura de las preguntas generando una pregunta para cada tópico que sería considerado como variable en la aplicación del modelo EPCU. Este refinamiento permitiría una mayor claridad, precisión y coherencia en el instrumento, a fin de que las preguntas fueran adecuadas para recopilar datos relevantes, consistentes y obtener las entradas requeridas por el modelo EPCU para la determinación cuantitativa de la calidad del producto software. Para la valoración por parte de los usuarios, se utilizó una escala de respuestas tipo Likert, compuesta por cinco opciones cualitativas: "Muy bajo", "Bajo", "Medio", "Alto" y "Muy Alto".

Tabla 4

Instrumento de Evaluación Integrado

Características del SUS	Características de ISO/IEC 25022	Preguntas del SUS	Instrumento de evaluación	Pregunta integrada con CHATGPT
Eficacia/facilidad de uso	Eficacia	Pregunta 3: Pensé que [sistema/función/producto] era fácil de usar Pregunta 7: Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este [sistema/función/producto] muy rápidamente.	Pregunta: en que nivel consideras que el producto es fácil de usar y considero que la mayoría de	¿Qué tan fácil de usar y rápido de aprender considera que es este producto software? Escala de respuesta: 1. Muy bajo – Es difícil de

			la gente aprendería a utilizarlo rápidamente .	usar y aprender a utilizar. 2. Bajo – Es algo complicado de usar y toma tiempo aprenderlo. 3. Medio – Es moderadamente fácil de usar y de aprender. 4. Alto – Es fácil de usar y se aprende rápidamente. 5. Muy alto – Es muy fácil de usar y aprender a utilizar es inmediato.
Eficiencia	Eficiencia	Pregunta 2: Encontré el [sistema/función/producto] innecesariamente complejo. Pregunta 5: Descubrí que las diversas funciones de este [sistema/característica/producto] estaban bien integradas. Pregunta 8: Encontré el [sistema/función/producto] muy complicado de usar.	Pregunta Las diversas funcionalidades que brinda este producto están bien integradas. Pregunta Encontré el producto muy	¿Qué tan fácil de usar y bien integrado considera que es este producto software? Escala de respuesta: 1. Muy bajo – El software es complejo y sus funciones no están

			complicado de usar.	bien integradas.
				2. Bajo – El software es algo complejo y su integración es limitada.
				3. Medio – La complejidad y la integración de las funciones del software son aceptables.
				4. Alto – El software es fácil de usar y sus funciones están bien integradas.
				5. Muy alto – El software es muy fácil de usar y sus funciones están muy bien integradas.
Satisfacción	Satisfacción	Pregunta 1: Creo que me gustaría utilizar este [sistema/función/producto] con frecuencia. Pregunta 9: Me sentí muy seguro al utilizar	Pregunta Creo que me gustaría utilizar este producto con frecuencia	¿Qué tan seguro, cómodo y agradable encuentra utilizar este producto software, le gustaría usarlo con frecuencia?

[sistema/función/producto
].

para trabajar
con los datos
del negocio.

Pregunta

Me sentí
muy seguro
al utilizar
este
producto
para analizar
los datos del
negocio

Pregunta

Me siento
satisfecho al
interactuar
con este
producto
para el
manejo de
datos del
negocio.

Pregunta

Me sentí
muy
cómodo
utilizando
este
producto al
manejar
datos.

Escala de respuesta:

1. Muy bajo –

No es
seguro,
cómodo ni
agradable
de usar, y no
me gustaría
utilizarlo
frecuentem
ente.

2. Bajo – Es

algo
incómodo y
no me
siento
completame
nte seguro al
usarlo, no
me gustaría
usarlo a
menudo.

3. Medio – Es

razonablem
ente
cómodo y
seguro, y me
gustaría
usarlo
ocasionalme
nte.

4. Alto – Es

cómodo,
seguro y
agradable
de usar, y
me gustaría
utilizarlo con
frecuencia.

5. Muy alto –

Me siento

completamente seguro, cómodo y satisfecho, y me encantaría utilizarlo muy a menudo.

Satisfacción Libertad de riesgo/seguridad

Pregunta 4: Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este [sistema/función/producto]. **Pregunta 10:** Necesitaba aprender muchas cosas antes de poder empezar con este [sistema/función/producto].

Pregunta Creo que necesitaría una capacitación técnica para poder utilizar este producto.

Pregunta El producto software proporciona funcionalidades que contribuyen a identificar, evaluar y mitigar riesgos económicos en la organización.

Pregunta El producto software proporciona

¿Qué tan fácil de utilizar y comenzar a usar considera que es este producto software sin necesidad de ayuda técnica?

Escala de respuesta:

1. **Muy bajo** – Es muy difícil de usar sin asistencia técnica y requiere mucho aprendizaje previo.
2. **Bajo** – Es algo complicado de usar sin ayuda técnica y requiere cierta preparación.
3. **Medio** – Es moderadamente fácil de

			funcionalidades que contribuyen a identificar, evaluar y mitigar los riesgos de salud y seguridad que puedan afectar a la organización .	utilizar, aunque puede necesitar algo de orientación inicial.
				4. Alto – Es fácil de usar y comenzar sin ayuda técnica, con poco aprendizaje previo. 5. Muy alto – Es extremadamente fácil de usar y comenzar sin ninguna ayuda técnica o aprendizaje.
Eficiencia	Cobertura de contexto	Pregunta 4: Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este [sistema/función/producto]. Pregunta 9: Me sentí muy seguro al utilizar [sistema/función/producto].	Pregunta El software proporciona toda la información y funcionalidades necesarias para que los usuarios puedan alcanzar sus objetivos en su contexto	¿Qué tan seguro y capaz se siente al utilizar este producto software sin necesidad de ayuda técnica? Escala de respuesta: 1. Muy bajo – Me siento inseguro y necesitaría mucha ayuda técnica.

específico de uso.

Pregunta El software se adapta fácilmente a diferentes entornos de trabajo y a las necesidades específicas de los usuarios.

2. **Bajo** – Me siento algo inseguro y requeriría ayuda técnica en algunos aspectos.
3. **Medio** – Me siento razonablemente seguro, pero podría necesitar algo de apoyo técnico.
4. **Alto** – Me siento seguro al utilizarlo y necesitaría poca o ninguna ayuda técnica.
5. **Muy alto** – Me siento completamente seguro y capaz de usarlo sin ninguna ayuda técnica.

La validez del contenido del instrumento utilizado se evaluó mediante el juicio de expertos. Según Escobar y Cuervo (2008), el juicio de expertos es un proceso en el cual un grupo de especialistas analiza y evalúa, con base en su experiencia y conocimiento, la pertinencia, claridad y relevancia de los ítems en un instrumento de investigación. Este análisis permitió sintetizar las preguntas en un instrumento de evaluación más conciso y específico, diseñado para medir la calidad en uso de las

herramientas seleccionadas, manteniendo su coherencia con ambos estándares y asegurando su aplicabilidad en el contexto de evaluación definido.

Una vez validado el cuestionario, este fue trasladado a la plataforma QuestionPro para su implementación y levantamiento de datos. Con los datos recopilados, la fiabilidad del instrumento de medición se determinó a través la obtención del alfa de Cronbach, la cual evaluó el grado de consistencia del cuestionario, en la tabla 4.2 se muestra que el valor obtenido fue de Alfa = .89, esto indica que el instrumento de evaluación de la calidad del producto software presenta una alta fiabilidad interna.

7.3 Configuración de escenarios de prueba

El proceso de configuración de los escenarios de prueba se estructuró en tres momentos. Primero, se diseñó un test de usabilidad compuesto por un conjunto de tareas específicas que los participantes debían ejecutar durante la evaluación. Estas pruebas se aplicaron únicamente a los segmentos de usuarios Profesionales en manejo de TI y Encargados del área TI en pymes, ya que los Profesionales expertos en BI no participaron en las pruebas prácticas debido a su experiencia previa con las herramientas evaluadas. Al finalizar las tareas los participantes completaron el cuestionario diseñado para registrar su experiencia a través de la plataforma QuestionPro, proporcionando datos clave para el análisis de la calidad en uso.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

8. Evaluación de calidad en uso

Pruebas de uso de las herramientas

Este proceso incluyó la interacción de los participantes con las plataformas Power BI, Tableau y Excel. Se les explicó el procedimiento y se les presentaron las tareas a realizar en cada una de las herramientas. Para garantizar la uniformidad en la experiencia, se utilizó un dataset común en todas las pruebas. Además, se proporcionaron computadoras con las tres herramientas previamente instaladas, asegurando la disponibilidad de los recursos tecnológicos necesarios.

La ilustración 6 muestra las tareas diseñadas para evaluar la usabilidad de las herramientas Power BI, Tableau.

Ilustración 6

Tareas para evaluación de usabilidad de las herramientas Power BI y Tableau

Tareas estándar para Power BI, Tableau y Excel/Power Pivot

Descripción:

El usuario debe cargar un conjunto de datos proporcionado, crear una visualización gráfica que represente información clave, y aplicar un filtro básico para mostrar datos relevantes.

Herramienta a utilizar: **Power BI, Tableau**

- **Tarea 1:** Importar un conjunto de datos.
- **Tarea 2:** Crear un gráfico de barras para mostrar una tendencia en las ventas, por ejemplo, saber en qué región hay más ventas – mostrando columnas ventas y en filas región, País/región.
- **Tarea 3:** Filtrar por una categoría específica.

La ilustración 7 muestra las tareas diseñadas para evaluar la usabilidad de la herramienta Microsoft Excel con Power Pivot.

Ilustración 7

Tareas para evaluación de usabilidad de las herramientas Excel con Power Pivot

Herramienta a utilizar: **Excel/Power Pivot**

- ✓ **Tarea 1:** Importar un conjunto de datos – Desde Datos en Excel, generando una nueva consulta desde un libro.
- ✓ **Tarea 2:** Utilizar el archivo DATOS_Muestra – Supertienda.xls ubicado en el escritorio y cargar solamente la hoja “Compras”. Agregar los datos al modelo de datos.
- ✓ **Tarea 3:** Crear un gráfico de barras para mostrar una tendencia en las ventas, por ejemplo, saber en qué región hay más ventas – mostrando columnas ventas y en filas región, País/región.
- ✓ **Tarea 4:** Filtrar por una categoría específica.

Análisis cuantitativo de la calidad de uso de las herramientas Power BI, Tableau y Microsoft Excel con el modelo EPCU

Se trabajó con el modelo de estimación de proyectos en entornos de incertidumbre (EPCU) como el proceso de evaluación para determinar la calidad del producto software basado en la norma ISO/IEC 25022.

Con la lógica difusa, en lugar de usar valores fijos (1. Muy bajo, 2. Bajo, 3. Medio, 4. Alto, 5. Muy Alto), cada categoría tiene un rango de pertenencia, lo que permite representar la subjetividad en la percepción del usuario. Para una representación equilibrada dentro del rango difuso, a través de la lógica difusa se asigna un grado de pertenencia a los valores dentro del intervalo, como cada

categoría no tiene un único valor central, sino un rango, el punto medio es el mejor candidato para representar la categoría sin favorecer un extremo, como lo muestra la ilustración 8.

Ilustración 8

Procesamiento de los datos registrados en el instrumento

		Eficacia		Eficiencia		Satisfacción		Libertad de riesgo/seguridad		Cobertura de contexto	
TIPO DE USUARIO	HERRAMIENTA	Clasificación	Asignación de Valor	Clasificación	Asignación de Valor	Clasificación	Asignación de Valor	Clasificación	Asignación de Valor	Clasificación	Asignación de Valor
Especialista en Análisis de Datos	Power BI	Media [2.1,3]	2.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Baja [1.1,2]	1.6	Baja [1.1,2]	1.6
Especialista en Análisis de Datos	Power BI	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Media [2.1,3]	2.6	Muy alta [4.1,5]	4.6
Especialista en Análisis de Datos	Power BI	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6
Especialista en Análisis de Datos	Power BI	Baja [1.1,2]	1.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Media [2.1,3]	2.6
Encargado de área de sistemas - pyme	Power BI	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6
Encargado de área de sistemas - pyme	Tableau	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6
Encargado de área de sistemas - pyme	Microsoft Excel / Power Pivot	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Muy alta [4.1,5]	4.6
Especialista en Tecnologías de la información (TI)	Microsoft Excel / Power Pivot	Alta [3.1, 4]	3.6	Muy alta [4.1,5]	4.6	Media [2.1,3]	2.6	Media [2.1,3]	2.6	Media [2.1,3]	2.6
Especialista en Tecnologías de la información (TI)	Tableau	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Media [2.1,3]	2.6	Media [2.1,3]	2.6
Especialista en Tecnologías de la información (TI)	Power BI	Media [2.1,3]	2.6	Alta [3.1, 4]	3.6	Media [2.1,3]	2.6	Media [2.1,3]	2.6	Media [2.1,3]	2.6

Tabla 5

Conversión de la escala cualitativa a la escala difusa

Categoría	Rango Difuso	Punto medio
Muy baja	[0,1]	0.6
Baja	[1.1,2]	1.6
Media	[2.1,3]	2.6
Alta	[3.1,4]	3.6
Muy alta	[4.1,5]	4.6

El contexto EPCU definido para esta evaluación consideró como variables de entrada, las correspondientes a las características de la calidad en uso de la norma ISO/IEC 25022. Además, se estableció una variable de salida representada por un índice de calidad. Este índice se determinó mediante reglas de inferencia, que relacionaron las etiquetas de las variables de entrada (como "Mínimo", "Más probable" y "Máximo") con el grado de pertenencia (Muy Baja, Baja, Media, Alta, Muy Alta) de la variable de salida.

Luego se realizó el análisis descriptivo y comparación de los indicadores de la calidad de uso de las herramientas y fue a partir del promedio aritmético de los datos obtenidos del cuestionario sobre la calidad del producto software que se calculó el índice de calidad en uso para cada herramienta. Este cálculo se realizó utilizando los mecanismos definidos en el modelo EPCU, generando como

resultado un índice promedio que representa cuantitativamente la calidad general del producto evaluado.

Análisis Global de calidad en uso de las tres herramientas de software: Power BI, Tableau y Microsoft Excel

Gráfica 2

Evaluaciones totales por registros

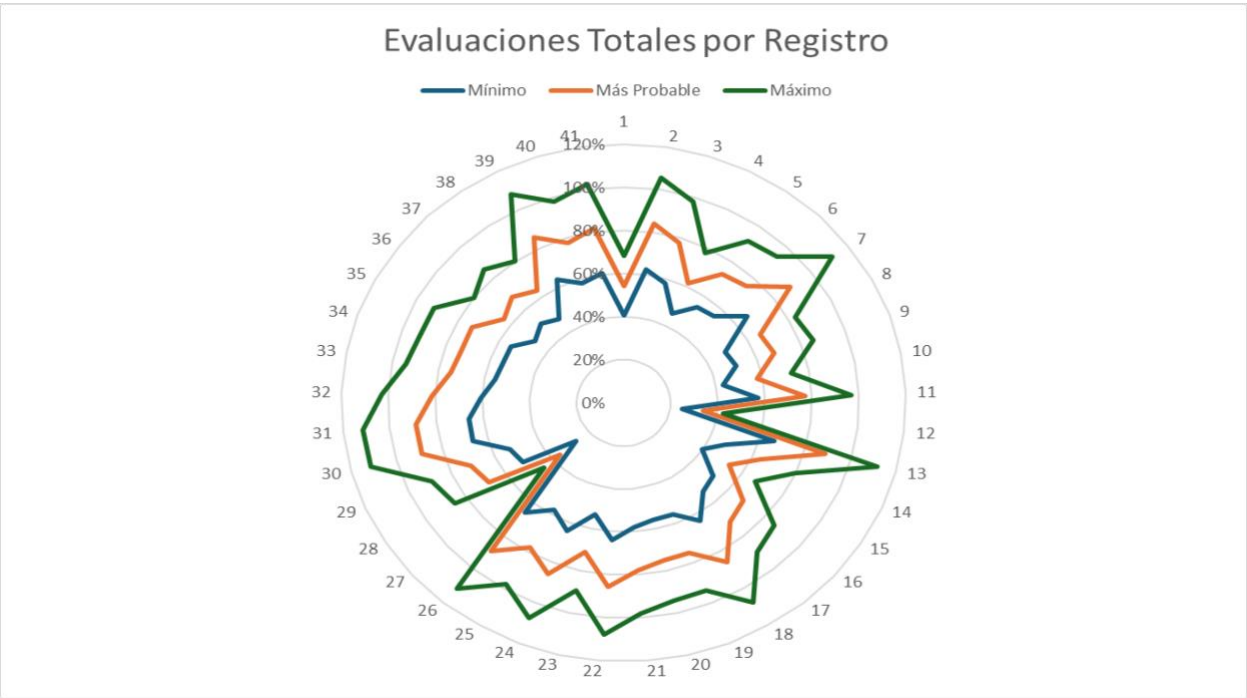


Tabla 6

Estadística descriptiva de la evaluación global

<i>Esperado</i>	
Media	0.727555418
Error típico	0.02020007
Mediana	0.749091662
Moda	0.888631314
Desviación estándar	0.129343557
Varianza de la muestra	0.016729756
Curtosis	1.84594841

Coefficiente de asimetría	-1.162964575
Rango	0.549796724
Mínimo	0.33883459
Máximo	0.888631314
Suma	29.82977213
Cuenta	41
Nivel de confianza (95.0%)	0.040825864

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La gráfica 2 resume las evaluaciones globales de calidad en uso de las tres herramientas de software: Power BI, Tableau y Microsoft Excel, considerando las perspectivas de tres segmentos de usuarios participantes en el estudio especialistas en Tecnologías de la Información (TI), encargados de área de sistemas en pymes, y especialistas en análisis de datos. Este gráfico permite visualizar las diferencias entre los valores mínimos, más probables y máximos registrados en cada evaluación, proporcionando una perspectiva integral de la variabilidad y consistencia en la percepción de la calidad en uso de las herramientas analizadas.

La tabla 6 proporciona un resumen estadístico de los datos obtenidos en el estudio de los valores más probables, lo que permite identificar tendencias generales y características clave de las evaluaciones de calidad en uso. A continuación, se destacan los puntos más relevantes:

Media (0.7276): Representa un desempeño promedio aceptable en las herramientas evaluadas, cercano al 73%. Esto indica que, en general, las herramientas cumplen con los estándares de calidad en uso, aunque hay margen para mejorar.

Desviación estándar (0.1293): La dispersión moderada sugiere que las herramientas tienen diferencias notables en su calidad, pero no son extremadamente dispares.

Rango (0.5498): La diferencia entre el valor mínimo (0.3388) y el máximo (0.8886) muestra una variabilidad considerable en la calidad de las herramientas.

Este análisis sugiere que es necesario realizar una revisión más detallada de las herramientas con valores extremos (muy altos o muy bajos) para identificar las causas de estas diferencias y proponer estrategias de mejora específicas.

Evaluación de la calidad en uso del producto software Power BI

Gráfica 3

Evaluación de la calidad en uso del producto software Power BI

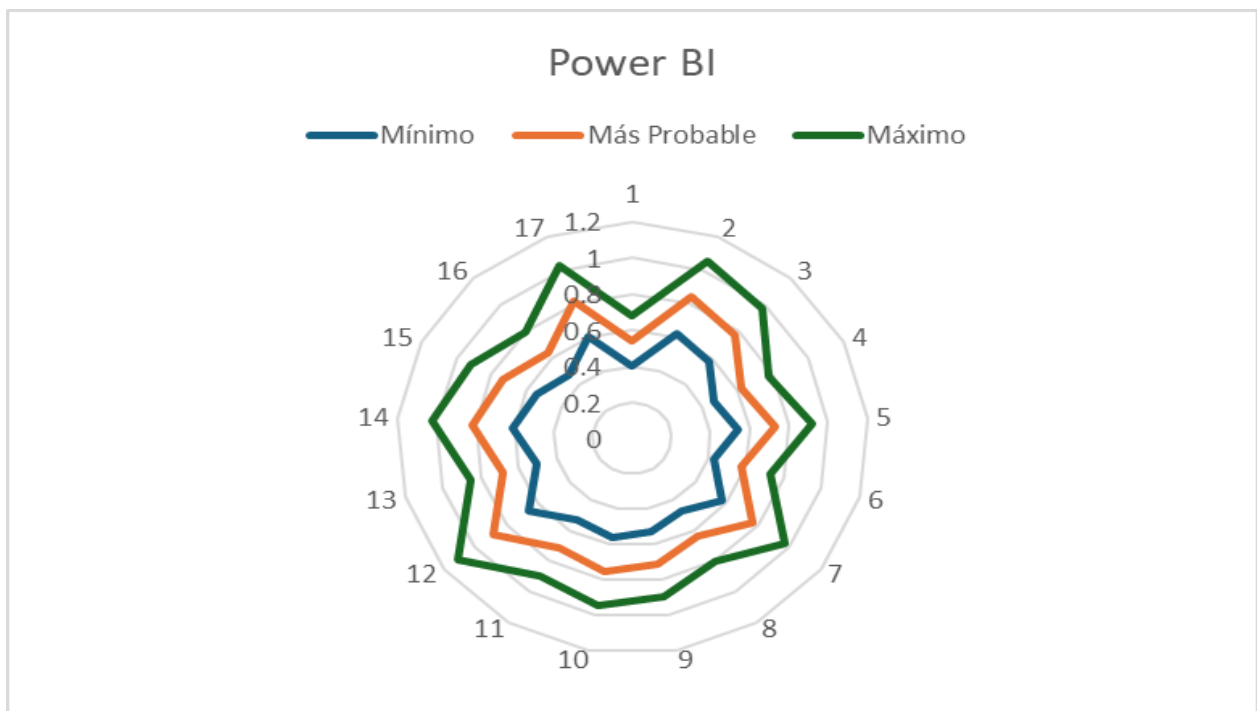


Tabla 7

Estadística descriptiva de la evaluación de la herramienta Power BI

Power BI	
Media	0.72025908
Error típico	0.02315235
Mediana	0.73150721
Moda	0.73150721
Desviación estándar	0.09545959
Varianza de la muestra	0.00911253
Curtosis	-0.5657566
Coefficiente de asimetría	-0.17314
Rango	0.34710021
Mínimo	0.54153111
Máximo	0.88863131
Suma	12.2444044
Cuenta	17

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Respecto a la gráfica 3 en el caso de Power BI, se observan las siguientes características:

Línea azul (Mínimo):

Los valores mínimos para Power BI están más cercanos al centro del gráfico, lo que refleja los registros con menor desempeño en calidad en uso (alrededor del 54%). Aunque estos valores mínimos son aceptables, están significativamente alejados del desempeño máximo.

Línea naranja (Más probable):

La línea naranja, que representa los valores más frecuentes, está más cercana al promedio (72%), mostrando la percepción predominante de los usuarios en torno a un desempeño adecuado.

Línea verde (Máximo):

Los valores máximos de Power BI están representados en la línea más externa del gráfico, alcanzando hasta el 88%. Esto evidencia que, en ciertos aspectos o para algunos usuarios, Power BI ofrece una calidad en uso sobresaliente.

Observaciones clave:

- La diferencia entre las líneas azul (mínimo) y verde (máximo) confirma la variabilidad moderada en las evaluaciones, pero con una tendencia general hacia registros positivos.
- La consistencia de la línea naranja con la media y mediana refleja que la percepción predominante de los usuarios es positiva y cercana al promedio.

La tabla estadística asociada a Power BI Tabla 7 para los valores más probables, refleja a través de su estadística descriptiva los siguientes puntos clave:

Media (0.7203): La evaluación promedio de calidad en uso de Power BI es del 72.03%, lo que lo posiciona como una herramienta que cumple de manera adecuada con los estándares de calidad esperados.

Mediana (0.7315): La mediana, ligeramente superior a la media, indica que la mayoría de las evaluaciones están concentradas en torno a este valor (73.15%), lo que sugiere una distribución relativamente equilibrada.

Desviación estándar (0.0955): La baja dispersión en los datos muestra que las evaluaciones de Power BI son bastante consistentes y cercanas al promedio, lo que refuerza su estabilidad en términos de calidad percibida.

Rango (0.3471): La diferencia entre el valor mínimo (0.5415) y el máximo (0.8886) indica una variabilidad moderada en las evaluaciones de calidad, con un desempeño mínimo aceptable, pero lejos del máximo registrado.

En general, los datos describen a Power BI como una herramienta que mantiene un desempeño consistente y bien evaluado por los usuarios, con una tendencia hacia valores altos y una baja variabilidad.

Evaluación de la calidad en uso del producto software Tableau

Gráfica 4

Evaluación de la calidad en uso del producto software Tableau

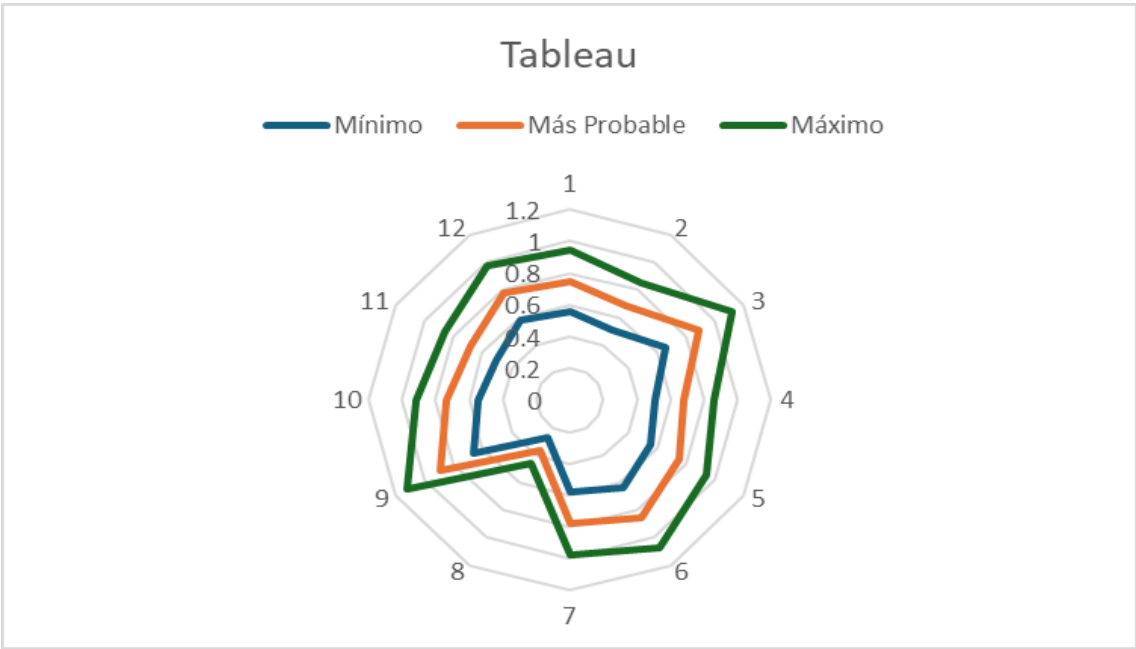


Tabla 8

Estadística descriptiva de la evaluación de la herramienta Tableau

Tableau	
Media	0.7355929
Error típico	0.04027398
Mediana	0.74909166
Moda	0.68116029
Desviación estándar	0.13951315
Varianza de la muestra	0.01946392

Curtosis	4.6189886
Coeficiente de asimetría	-1.7448705
Rango	0.52649556
Mínimo	0.36213576
Máximo	0.88863131
Suma	8.82711479
Cuenta	12
Nivel de confianza (95.0%)	0.08864242

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La gráfica 4 presenta información sobre las evaluaciones de calidad de uso de la herramienta Tableau. Se observan las siguientes características:

Línea azul (Mínimo):

Los valores mínimos para Tableau están más cercanos al centro del gráfico, reflejando los registros con menor desempeño en calidad en uso (alrededor del 36%). Estos valores mínimos son aceptables, pero están significativamente alejados del desempeño máximo.

Línea naranja (Más probable):

La línea naranja, que representa los valores más frecuentes, está más cercana al promedio (73%), mostrando la percepción predominante de los usuarios en torno a un desempeño adecuado.

Línea verde (Máximo):

Los valores máximos de Tableau están representados en la línea más externa del gráfico, alcanzando hasta el 88%. Esto evidencia que, en ciertos aspectos o para algunos usuarios, Tableau ofrece una calidad en uso sobresaliente.

Observaciones clave:

- La diferencia entre las líneas azul (mínimo) y verde (máximo) confirma la variabilidad en las evaluaciones, con registros que van desde aceptables hasta sobresalientes.
- La consistencia de la línea naranja con la media y mediana refleja que la percepción predominante de los usuarios es positiva y cercana al promedio.
- La mayor dispersión en comparación con Power BI sugiere que Tableau tiene un rango más amplio de desempeño percibido, con algunos usuarios experimentando niveles más bajos de calidad.

En comparación con el gráfico global de evaluaciones totales por registro, Tableau muestra una tendencia similar a la observada en su gráfico individual. Las líneas de mínimo, más probable y máximo reflejan una variabilidad moderada, con valores máximos que destacan en varios registros. Sin embargo, los valores mínimos más cercanos al centro del gráfico global refuerzan la idea de que algunos usuarios perciben un desempeño inferior en ciertos aspectos.

La tabla 8 presenta la estadística asociada a Tableau refleja los siguientes puntos clave:

Media (0.7356): La evaluación promedio de calidad en uso de Tableau es del 73.56%, lo que lo posiciona como una herramienta con un desempeño sólido y confiable en términos de calidad percibida.

Mediana (0.7491): La mediana, cercana a la media, indica que la mayoría de las evaluaciones están concentradas en torno a este valor, lo que sugiere una distribución equilibrada.

Desviación estándar (0.1395): La dispersión moderada en los datos muestra que las evaluaciones de Tableau presentan cierta variabilidad, aunque no excesiva.

Rango (0.5265): La diferencia entre el valor mínimo (0.3621) y el máximo (0.8886) indica una variabilidad considerable en las evaluaciones de calidad, con un desempeño mínimo aceptable y un máximo sobresaliente.

En resumen, los datos describen a Tableau como una herramienta con un desempeño sólido y evaluaciones predominantemente positivas, aunque con una mayor dispersión en comparación con Power BI.

Evaluación de la calidad en uso del producto software Microsoft Excel / Power Pivot

Gráfica 5

Evaluación de la calidad en uso del producto software Microsoft Excel / Power Pivot

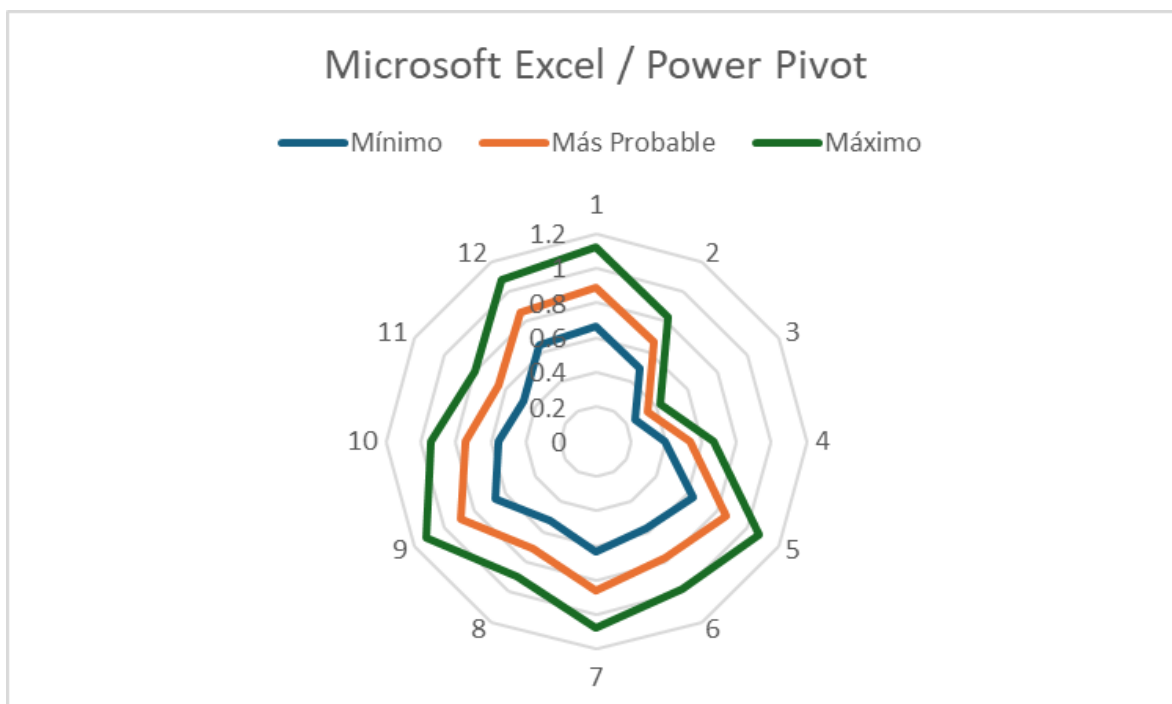


Tabla 9

Estadística descriptiva de la evaluación de la herramienta Microsoft Excel / Power Pivot

Microsoft Excel / Power Pivot	
Media	0.72985441
Error típico	0.04826873
Mediana	0.7638479
Moda	0.85733672
Desviación estándar	0.1672078
Varianza de la muestra	0.02795845
Curtosis	1.42281459
Coefficiente de asimetría	-1.2667345
Rango	0.54979672
Mínimo	0.33883459

Máximo	0.88863131
Suma	8.75825295
Cuenta	12
Nivel de confianza (95.0%)	0.10623877

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La gráfica 5 muestra las evaluaciones de calidad en uso respecto a la herramienta Microsoft Excel / Power Pivot. A continuación, se destacan las observaciones principales:

Línea azul (Mínimo):

Los valores mínimos para Microsoft Excel / Power Pivot están más cercanos al centro del gráfico, reflejando los registros con menor desempeño en calidad en uso (alrededor del 34%). Estos valores mínimos son aceptables, pero están significativamente alejados del desempeño máximo, lo que indica que algunos usuarios perciben un desempeño limitado en ciertos aspectos de la herramienta.

Línea naranja (Más probable):

La línea naranja, que representa los valores más frecuentes, está más cercana al promedio (73%), mostrando la percepción predominante de los usuarios en torno a un desempeño adecuado.

Línea verde (Máximo):

Los valores máximos de Microsoft Excel / Power Pivot están representados en la línea más externa del gráfico, alcanzando hasta el 88%. Esto evidencia que, en ciertos aspectos o para algunos usuarios, esta herramienta ofrece una calidad en uso sobresaliente.

Observaciones clave:

- La diferencia entre las líneas azul (mínimo) y verde (máximo) confirma la variabilidad significativa en las evaluaciones, con registros que van desde aceptables hasta sobresalientes.
- La consistencia de la línea naranja con la media y mediana refleja que la percepción predominante de los usuarios es positiva y cercana al promedio.
- La mayor dispersión en comparación con otras herramientas sugiere que Microsoft Excel / Power Pivot tiene un rango más amplio de desempeño percibido, con algunos usuarios experimentando niveles más bajos de calidad.

Comparado con el gráfico global de evaluaciones totales por registro, Microsoft Excel / Power Pivot muestra una tendencia similar a la observada en su gráfico individual. Las líneas de mínimo, más probable y máximo reflejan una variabilidad moderada-alta, con valores máximos que destacan en varios registros. Sin embargo, los valores mínimos más cercanos al centro del gráfico global refuerzan la idea de que algunos usuarios perciben un desempeño inferior en ciertos aspectos.

La tabla 9 sobre la estadística asociada a Microsoft Excel / Power Pivot refleja los siguientes puntos clave:

Media (0.7299): La evaluación promedio de calidad en uso es del 72.99%, lo que posiciona a esta herramienta como una opción sólida y confiable en términos de calidad percibida.

Mediana (0.7638): La mediana, superior a la media, indica que la mayoría de las evaluaciones están concentradas en torno a valores más altos, lo que sugiere una percepción positiva predominante.

Desviación estándar (0.1672): La dispersión moderada-alta en los datos muestra que las evaluaciones presentan una variabilidad significativa, con registros que van desde valores bajos hasta muy altos.

Rango (0.5498): La diferencia entre el valor mínimo (0.3388) y el máximo (0.8886) indica una variabilidad considerable en las evaluaciones de calidad, con un desempeño mínimo aceptable y un máximo sobresaliente.

Los datos describen a Microsoft Excel / Power Pivot como una herramienta con un desempeño sólido, aunque con una mayor dispersión en comparación con otras herramientas evaluadas.

Comparativa descriptiva de las herramientas evaluadas en términos de media, mediana, desviación estándar y rango

Tabla 10

Comparativa descriptiva de las herramientas evaluadas en términos de media, mediana, desviación estándar y rango

Herramienta	Media	Mediana	Desviación estándar	Rango
Power BI	0.7203	0.7315	0.0955	0.3471
Tableau	0.7356	0.7491	0.1395	0.5265
Microsoft Excel / Power Pivot	0.7299	0.7638	0.1672	0.3388

La tabla 10 permite realizar una comparación directa entre las herramientas evaluadas (Power BI, Tableau y Microsoft Excel / Power Pivot) en relación con métricas descriptivas como media, mediana, desviación estándar y rango.

Las tres herramientas tienen valores de media cercanos, lo que indica un desempeño general similar en calidad percibida. Tableau presenta la media más alta (0.7356), seguida por Microsoft Excel / Power Pivot (0.7299) y Power BI (0.7203). Además, la mediana más alta de Microsoft Excel / Power Pivot (0.7638) indica que la mayoría de sus evaluaciones están concentradas en un rango superior, aunque también presenta la mayor variabilidad (desviación estándar de 0.1672). Tableau, por su parte, tiene el rango más amplio (0.5265), reflejando mayor dispersión en los valores extremos.

Características de calidad en uso evaluadas para cada herramienta

Gráfica 6

Características de calidad en uso evaluadas para cada herramienta

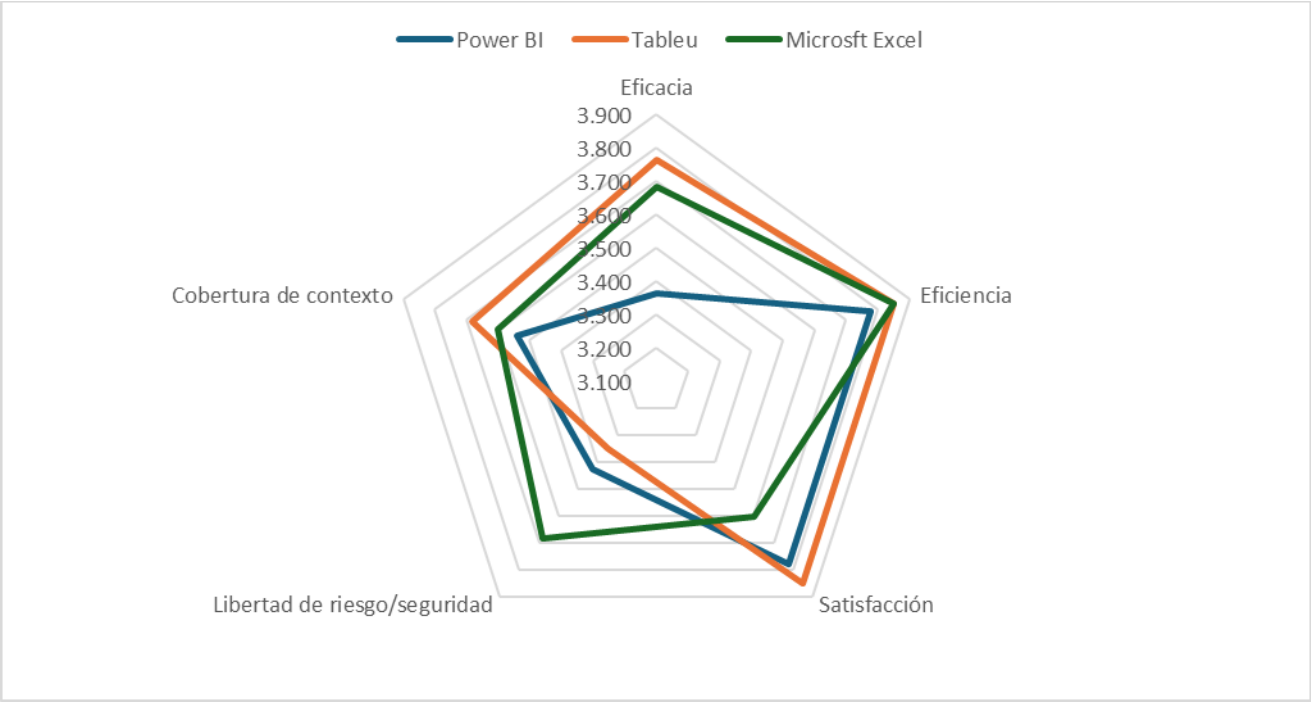


Tabla 11

Características de calidad en uso evaluadas para cada herramienta

	Eficacia	Eficiencia	Satisfacción	Libertad de riesgo/seguridad	Cobertura de contexto
Power BI	3.365	3.776	3.776	3.424	3.541
Tableau	3.767	3.850	3.850	3.350	3.683
Microsoft Excel/Power Pivot	3.683	3.850	3.600	3.683	3.600

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

La gráfica 6 muestra las evaluaciones de las cinco características de calidad en uso (eficacia, eficiencia, satisfacción, libertad de riesgo/seguridad y cobertura de contexto) para las herramientas Power BI, Tableau y Microsoft Excel / Power Pivot. A continuación, se destacan las observaciones principales:

Power BI (Línea azul):

Eficiencia y satisfacción: Estas son las características mejor evaluadas, con valores cercanos a 3.8, lo que indica que los usuarios perciben a Power BI como una herramienta eficiente y satisfactoria en su uso.

Cobertura de contexto: También tiene una evaluación positiva (3.54), lo que sugiere que Power BI se adapta bien a diferentes escenarios de uso.

Libertad de riesgo/seguridad: Es una de las características con menor evaluación (3.42), lo que podría indicar preocupaciones relacionadas con la seguridad o la confianza en el manejo de datos desde la perspectiva de un usuario.

Eficacia: Es la característica con menor evaluación (3.36), lo que indica que Power BI podría mejorar en la capacidad de cumplir con los objetivos específicos de los usuarios.

Tableau (Línea naranja):

Eficiencia y satisfacción: Tableau destaca en estas características, con valores de 3.85, siendo las más altas entre las tres herramientas. Esto refleja que los usuarios consideran a Tableau como una herramienta altamente eficiente y satisfactoria.

Eficacia: También tiene una evaluación alta (3.77), lo que indica que Tableau cumple de manera efectiva con los objetivos de los usuarios.

Cobertura de contexto: Otra característica que destaca (3.68), lo que sugiere que Tableau es percibido como versátil y adaptable a diferentes escenarios.

Libertad de riesgo/seguridad: Es la característica con menor evaluación (3.35), aunque sigue siendo aceptable.

Microsoft Excel / Power Pivot (Línea verde):

Eficiencia: Es la característica mejor evaluada (3.85), lo que indica que los usuarios perciben a Excel como una herramienta muy eficiente.

Libertad de riesgo/seguridad: También tiene una evaluación alta (3.68), lo que sugiere que los usuarios confían en la seguridad y el manejo de datos de Excel.

Eficacia: Es otra característica destacada (3.68), lo que indica que Excel cumple de manera efectiva con los objetivos de los usuarios.

Satisfacción: Aunque tiene una evaluación positiva (3.60), es ligeramente inferior a las otras herramientas en esta característica.

Cobertura de contexto: Tiene una evaluación positiva (3.60), pero no destaca tanto como en las otras características.

De acuerdo con los datos analizados de la Gráfica 6 y Tabla 11, las características mejor evaluadas para cada herramienta son las siguientes: Power BI destaca en eficiencia y satisfacción (3.776), lo que refleja que los usuarios valoran su capacidad para realizar tareas de manera efectiva y su experiencia general de uso. Sin embargo, presenta áreas de mejora en eficacia (3.365) y libertad de riesgo/seguridad (3.424), donde obtuvo las evaluaciones más bajas. Por otro lado, Tableau sobresale en eficiencia, satisfacción y eficacia, con una puntuación de 3.850 en las dos primeras y 3.767 en la última, posicionándose como la herramienta más eficiente y satisfactoria entre las tres. No obstante, su menor puntuación se encuentra en libertad de riesgo/seguridad (3.350), aunque sigue siendo aceptable.

En cuanto a Microsoft Excel / Power Pivot, su característica mejor evaluada es la eficiencia (3.850), igualando a Tableau en este aspecto. También destaca en libertad de riesgo/seguridad y eficacia, ambas con una puntuación de 3.683, lo que indica confianza en su manejo de datos y capacidad para cumplir objetivos. En general, Tableau lidera en eficiencia, satisfacción y eficacia, mientras que Microsoft Excel / Power Pivot sobresale en eficiencia y seguridad, y Power BI, aunque bien evaluado, tiene margen de mejora en eficacia y seguridad.

9. Propuesta de un Protocolo con IA para la formación en Calidad de Software

La calidad del software constituye un factor fundamental para la confiabilidad, sostenibilidad y competitividad de los sistemas digitales en el contexto actual de transformación tecnológica. En este sentido, la formación de profesionales capaces de comprender, evaluar y mejorar la calidad de los productos software se ha convertido en una necesidad estratégica tanto para las instituciones educativas como para la industria tecnológica.

Como fase final de la investigación “*Evaluación de calidad en productos software para inteligencia de negocios con el estándar ISO/IEC 25000 mediante lógica difusa*” se propone la creación de un **Protocolo con Inteligencia Artificial para la Formación en Calidad de Software**. Esta propuesta se fundamenta en la experiencia y los resultados obtenidos durante el estudio, particularmente en la configuración de instrumentos de evaluación y el análisis de herramientas de software (Power BI, Tableau y Microsoft Excel).

El protocolo tiene como propósito integrar principios de evaluación de calidad establecidos por estándares internacionales, con el fin de crear un ecosistema formativo inteligente que apoye tanto el aprendizaje como el desarrollo de competencias en la evaluación de calidad de software. De esta forma, la propuesta se limita a la medición de atributos de calidad, sino que considera la incorporación de mecanismos de acompañamiento pedagógico que permitan fortalecer las competencias analíticas y críticas de los usuarios, aportando valor tanto en procesos educativos como en la práctica profesional.

Fundamentos conceptuales y metodológicos del protocolo de evaluación

El protocolo se sustenta en tres pilares conceptuales:

1. **Normas internacionales de calidad.**

Este pilar corresponde a la integración de estándares internacionales de calidad, entre ellos, la norma ISO/IEC 25000 (*SQuaRE – System and Software Quality Requirements and Evaluation*) como base de conocimiento y marco de referencia para la evaluación objetiva y estandarizada de productos software.

2. **Modelo EPCU (Estimación de Proyectos en Contextos de Incertidumbre)**

Aporta una base teórica robusta para la incorporación de lógica difusa, permitiendo modelar atributos cualitativos de la calidad bajo condiciones de ambigüedad, donde muchos atributos de calidad dependen de percepciones humanas, criterios expertos y contextos de uso específicos.

3. **Innovación pedagógica con IA**

El tercer pilar del protocolo corresponde a la incorporación de inteligencia artificial como tecnología de apoyo al aprendizaje, a través del desarrollo de módulos inteligentes capaces de operar como tutores y evaluadores automatizados, proporcionando orientación adaptativa, retroalimentación formativa y recomendaciones a los usuarios.

La integración de estos tres pilares permite el diseño de un modelo de apoyo a los procesos de formación que combina estándares internacionales, métodos de evaluación avanzados y tecnologías emergentes de aprendizaje inteligente.

Componentes del protocolo de evaluación:

El protocolo propuesto se estructura en tres componentes funcionales que interactúan entre sí para facilitar el aprendizaje y la evaluación de la calidad de software.

1. Módulo de tutora inteligente - IA Tutora

Este componente actúa como un asistente formativo basado en inteligencia artificial, cuyo objetivo es apoyar el proceso de aprendizaje de los usuarios. Entre sus funciones se encuentran:

- Personalizar el proceso de aprendizaje mediante la identificación de niveles de competencia (básico, intermedio y avanzado).
- Explicar los conceptos clave de calidad de software vinculando características de calidad con ejemplos reales.
- Proponer rutas de aprendizaje adaptativas, que permitan a los usuarios avanzar progresivamente desde la comprensión teórica hacia la aplicación práctica de los conceptos.

2. Módulo de evaluación inteligente - IA Evaluadora

Este componente tiene como finalidad potenciar la evaluación automatizada de productos software. Entre sus funciones:

- Generación de escenarios de prácticas contextualizadas que permiten a los usuarios experimentar con entornos similares a los que enfrentarán en auditorías de software o desarrollo profesional.
- Aplicación de instrumentos de evaluación apoyados en lógica difusa, que permiten interpretar atributos cualitativos de la calidad.
- Elaboración automática de informes de resultados que incluyan diagnósticos de calidad, visualización de métricas, sugerencias, promoviendo una cultura de mejora continua.

3. Módulo de seguimiento y analítica del aprendizaje

Este componente se orienta al monitoreo del progreso de los usuarios dentro del entorno formativo. Entre las funciones:

- Registro sistemático del progreso y desempeño de los usuarios durante las actividades de aprendizaje y evaluación.

- Identificación de debilidades conceptuales o metodológicas mediante técnicas de analítica del aprendizaje.
- Recomendación automática de actividades formativas para reforzar competencias específicas en calidad de software.

Usuarios beneficiarios del protocolo

La implementación del protocolo propuesto puede beneficiar a diversos actores del ecosistema educativo y profesional relacionado con la ingeniería de software.

Catedráticos

- Los docentes contarán con una herramienta innovadora para dinamizar su rol pedagógico, al disponer de contenido actualizado, simulaciones prácticas y retroalimentación automática que refuerza la enseñanza basada en estándares internacionales.
- El protocolo les permitirá integrar en sus asignaturas componentes de calidad de software de forma interactiva y significativa, alineados con los perfiles de egreso de carreras tecnológicas.

Estudiantes de carreras tecnológicas

- Los estudiantes podrán desarrollar competencias en evaluación de calidad de software mediante un enfoque práctico y adaptativo mediado por inteligencia artificial.
- La interacción con el módulo tutor permitirá comprender de manera progresiva los fundamentos teóricos, mientras que el módulo evaluador facilitará la aplicación de estos conocimientos en escenarios de análisis de software reales o simulados, lo que aumentará su capacidad crítica, analítica y técnica respecto a la calidad de software.

Profesionales del sector tecnológico

Los profesionales del área de desarrollo de software podrán utilizar el módulo de evaluación inteligente como una herramienta de diagnóstico y mejora continua, permitiendo analizar la calidad de sus productos y actualizar sus conocimientos en relación con estándares internacionales de calidad.

Impacto esperado

El desarrollo e implementación del protocolo propuesto tiene el potencial de generar avances significativos en los procesos de formación y evaluación de competencias en calidad de software. Su implementación permitirá:

- La promoción de una **cultura de calidad en el desarrollo de software**, desde la formación académica hasta el ejercicio profesional.
- Generar evidencias cuantificables sobre el nivel de competencias adquiridas en relación con estándares internacionales de calidad.
- Democratizar el acceso a procesos formativos especializados mediante el uso de entornos educativos inteligentes basados en inteligencia artificial.

El Protocolo con Inteligencia Artificial para la Formación en Calidad de Software constituye una propuesta innovadora para responder a los desafíos actuales en el ámbito de la educación tecnológica y la ingeniería de software al vincular normas internacionales como la ISO/IEC 25000, el modelo EPCU y las capacidades de la IA, se potencia una formación integral, sistemática y de alta calidad, alineada con los requerimientos de la industria 4.0.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La integración de la norma ISO 25022, el modelo EPCU y la escala SUS aporta un marco metodológico integral en la evaluación de calidad de software. Este enfoque permite la combinación de estándares internacionales con herramientas específicas y métricas ampliamente aceptadas, lo que lo convierte en una base metodológica replicable en futuros estudios.

El análisis comparativo de las herramientas de inteligencia de negocios (Power BI, Tableau y Microsoft Excel / Power Pivot) proporciona información valiosa para empresas que buscan implementar soluciones analíticas. La evaluación de las características y métricas descriptivas evidencia que las tres herramientas tienen un desempeño general similar en calidad percibida, pero con diferencias en aspectos como eficiencia, satisfacción, seguridad y dispersión de resultados. Este enfoque permite a las organizaciones identificar la solución que mejor se adapta a sus necesidades operativas y estratégicas.

Para el ámbito de inteligencia de negocios, estas herramientas representan soluciones clave para la toma de decisiones basada en datos. De acuerdo con la consultora Soluciones de plataforma digital (2024), la elección dependerá de las prioridades específicas de cada empresa: Tableau es ideal para análisis avanzados y visualización de datos, Microsoft Excel / Power Pivot para tareas que requieren alta confiabilidad, es importante destacar que Excel incluye herramientas de análisis de datos integradas; sin embargo, es importante destacar que puede volverse lento e inestable cuando se trabaja con grandes conjuntos de datos o cálculos complejos y Power BI para organizaciones que buscan una solución equilibrada y accesible, así lo refleja también el estudio de Mistral Business Solutions (2024) el cual analiza la evolución de herramientas como Power BI, Tableau y Qlik en términos de "completitud de visión" y "habilidad de ejecución", destacando cómo cada plataforma ha enfrentado los desafíos y oportunidades en un mercado competitivo.

Se diseñó una propuesta de protocolo inteligente que integre normas y modelos empleados durante esta investigación, incorporando aprendizaje adaptativo impulsado por inteligencia artificial

(IA). Este protocolo ha de tener como objetivo ofrecer un marco práctico para evaluar y mejorar la calidad del software, beneficiando tanto al sector empresarial como educativo.

Para enriquecer el análisis de la calidad de software, se recomienda que investigaciones futuras también consideren la evaluación de otras características de desempeño de las herramientas, específicamente desde la perspectiva de calidad del producto de software, tal como se define en la norma ISO/IEC 25010. Este estándar permite analizar atributos como adecuación funcional, eficiencia de desempeño, mantenibilidad, portabilidad, compatibilidad e interoperabilidad, que son esenciales en entornos dinámicos y en constante evolución.

Además, se sugiere incorporar la participación de diferentes segmentos de usuarios, como desarrolladores de software, especialistas en análisis de datos, para obtener una visión más completa de cómo perciben la calidad de las herramientas estudiadas. Esto complementará las conclusiones planteadas, permitiendo a las organizaciones y académicos avanzar en la evaluación integral de herramientas de software, alineando los resultados con estándares internacionales y necesidades específicas de los usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, I., & Alain, A. (2001). A fuzzy logic based set of measures for software projectsimilarity: validation and possible improvements. *Software Metrics Symposium, 2001. METRICS 2001. Proceedings. Seventh International*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/METRIC.2001.915518>
- Argueta, C. I., & Maldonado, C. A. (2016). *Business Intelligence como soporte de las decisiones estratégicas, tácticas y operacionales de las organizaciones*. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/7190>
- Arias Odón, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (6ª ed.). EPISTEME. https://tauniversity.org/sites/default/files/libro_el_proyecto_de_investigacion_de_fidias_g_arias.pdf
- Atehortúa, D., Torres, F., & Caballero, M. (2018). *Inteligencia de Negocios con Excel y Power BI*. Cámara Colombiana del Libro.
- Banco Central de Reserva de El Salvador. (2022). *Registro de empresas en El Salvador, detallando si son micro, pequeña, mediana o gran empresa y a que municipio o departamento pertenecen*.
- Bello, E. (2021). Lógica Difusa o Fuzzy Logic: Qué es y cómo funciona + Ejemplos. *Thinking for Innovation*. <https://www.iebschool.com/hub/fuzzy-logic-que-es-big-data/>
- Cajas Chuqui, L. M. (2022). *Estudio comparativo de Herramientas de Inteligencia de Negocios y sus prestaciones*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23846>
- Callejas-Cuervo, M., Alarcón-Aldana, A. C., & Álvarez-Carreño, A. M. (2017). Modelos de calidad del software, un estado del arte. *Entramado*, 13(1), 236–250. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>
- Carrión, A., & Torres, M. (2016). *Análisis comparativo de herramientas open source para soluciones de inteligencia de negocios (BI) y su aplicación práctica para la toma decisiones en la empresa lácteos de Marco's*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/27142>
- Duarte, G. E. (2015). *Análisis comparativo de la calidad en aplicaciones de emulación de redes inalámbricas definidas por software, utilizando el modelo de estimación de proyectos en entornos de incertidumbre*.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). *Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización*. 6, 27–36. https://www.humanas.unal.edu.co/lab_psicometria/application/files/9416/0463/3548/Vol_6._Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf
- García, S. S. (2023). *Framework dirigido por datos y modelos para evaluar la calidad en uso del Software*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=325135>
- Gartner. (2024). *Magic Quadrant Gartner*. <https://www.gartner.es/es/metodologias/magic-quadrant>
- Hanna Oktaba. (2010). *SQUARE: Modelo actualizado de las características de calidad* | SG Buzz. <https://sg.com.mx/revista/29/square-caracteristicas-calidad>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación - Sexta Edición | Enhanced Reader* (6a ed.). McGraw-Hill.
https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Insight Software. (2023). *¿Qué es el ciclo de Business Intelligence?*
<https://insightsoftware.com/es/blog/what-is-the-business-intelligence-cycle/>
- ISO 25000. (2022). *La familia de normas ISO/IEC 25000*. <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>
- ISO/IEC 25022. (2016). *Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — Measurement of quality in use*.
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25022:ed-1:v1:en>
- Lewis, J. R., & Sauro, J. (2009). The Factor Structure of the System Usability Scale. *LNCS*, 5619, 94–103.
https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-02806-9_12
- Marco Yáñez, & Francisco Valdés. (2015). *Generación de un índice integrado de satisfacción del servicio (IISS) para un área de servicio de soporte técnico en una empresa trasnacional utilizando lógica difusa*.
- Mera, J. A., Miranda, M. Y., & Rosas, S. C. (2017). Análisis sistemático de información de la Norma ISO 25010 como base para la implementación en un laboratorio de Testing de software. *4to Congreso Internacional AmITIC 2017, Aplicando nuevas tecnologías*.
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1483>
- Microsoft. (2022). *El 91% de PyMEs en El Salvador aceleró su proceso de transformación digital durante la pandemia*. <https://news.microsoft.com/es-xl/el-91-de-pymes-en-el-salvador-acelero-su-proceso-de-transformacion-digital-durante-la-pandemia/>
- Ministerio de Hacienda de El Salvador. (2022). *Reformas al código tributario relativas a la Facturación Electrónica (Documentos Tributarios Electrónicos-DTE)*. <https://www.mh.gob.sv/reformas-al-codigo-tributario-relativas-a-la-facturacion-electronica-documentos-tributarios-electronicos-dte/>
- Mistral Business Solutions. (2024). *Evolución de las Herramientas de Business Intelligence: Power BI, Tableau y Qlik*. https://www.mistralbs.com/blog/evolucion-de-las-herramientas-de-business-intelligence-power-bi-tableau-y-qlik/?utm_source=chatgpt.com
https://www.mistralbs.com/blog/evolucion-de-las-herramientas-de-business-intelligence-power-bi-tableau-y-qlik/?utm_source=chatgpt.com
- MTD Training. (2023). *Business Intelligence (BI) for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): How to Get Started*. <https://insights.mtd.info/business-intelligence-bi-for-small-and-medium-sized-enterprises-smes-how-to-get-started/#:~:text=This%20helps%20businesses%20make%20informed,or%20market%20before%20they%20happen.>
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.

- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Oliveira, D. (2023). *¿Power BI o Excel para Business Intelligence?* <https://www.aluracursos.com/blog/powerbi-o-excel-para-business-intelligence>
- Parm AG. (2024). *Revolución basada en datos: Business Intelligence como clave del éxito de las pymes*. <https://parm.com/es/revolucion-basada-en-datos-business-intelligence-como-clave-del-exito-de-las-pymes/>
- Pérez Marqués, M. (2015). *Business Intelligence: Técnicas, herramientas y aplicaciones*. Alfaomega.
- PowerData. (2024). *Data Warehouse: todo lo que necesitas saber sobre almacenamiento de datos*. <https://www.powerdata.es/data-warehouse>
- Sommerville, Ian. (2016). *Software engineering*. Pearson.
- Su, E. (2016). *Tutorial de Power Pivot para Excel: Los Casos y Ejemplos más Usados*. <https://www.toptal.com/management-consultants/excel-experts/tutorial-de-power-pivot-para-excel-los-casos-y-ejemplos-mas-usados>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). *Lógica difusa – Conjuntos difusos*. https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/?page_id=997
- Valdés Souto, F. (2012). *Midiendo la Calidad del Software*. <https://sg.com.mx/revista/40/midiendo-la-calidad-del-software>
- Valdés Souto, F., & Abran, A. (2007). *Industry Case Studies of Estimation Models Using Fuzzy Sets*. <https://s3.amazonaws.com/publicationslist.org/data/a.abran/ref-2029/1086.pdf>
- Valdes-Souto, F., Nunez-Varela, A. S., & Perez-Gonzalez, H. G. (2019). Evaluating the software quality non-functional requirement through a fuzzy logic-based model based on the ISO/IEC 25000 (SQuARE) standard. *Proceedings - 2019 7th International Conference in Software Engineering Research and Innovation, CONISOFT 2019*, 16–25. <https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2019.00014>
- Vizuite-Chancay, J. L., & Margarita, A.-B. (2024). Uso de Power BI en la toma de decisiones empresariales The use of Power BI in Business decision-making. *Revista Latinoamericana de Investigación Social*, 7(1). <https://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/relais/article/view/4120/3776>
- Yáñez, M., & Valdés, F. (2015). Generación de un índice integrado de satisfacción del servicio (IISS) para un área de servicio de soporte técnico en una empresa trasnacional utilizando lógica difusa. *Ciencias de la Tecnología de Información Proceedings T-I*, 53–67. https://www.ecorfan.org/proceedings/CTI_I/P_CTI_T_I.pdf
- Zadeh, L. A. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178(13), 2751–2779. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.02.012>
- Zapata, K. V., & Flores, J. E. (2023). *Herramientas de Business Intelligence para la implementación en pymes*.

ANEXOS

Anexo 1. Carta de intención de colaboración internacional en investigación entre la Universidad Gerardo Barrios y la Universidad Nacional Autónoma de México.



CARTA DE INTENCIÓN DE COLABORACIÓN INTERNACIONAL EN INVESTIGACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD GERARDO BARRIOS Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CARTA DE INTENCIÓN. suscrita entre la Universidad Gerardo Barrios, en lo sucesivo denominada "UGB", representada por la Dra. Diana Elizabeth Jiménez de Contreras, en su calidad de Vicerrectora de Investigación y Proyección Social, y por otra parte la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Facultad de Ciencias en lo sucesivo "LA UNAM", representada por el Dr. Víctor Manuel Velázquez Aguilar, Director de la Facultad, a quienes en su conjunto se les denominará "LAS PARTES", al tenor de lo siguiente.

DECLARACIONES

PRIMERA.- Que "LAS PARTES" se encuentran unidas por una comunidad de intereses y objetivos en los campos académico, científico y cultural.

SEGUNDA.- Ambas partes, se reconocen mutuamente la capacidad para contratar y obligarse en los términos de esta Carta de Intención de Colaboración y Cooperación.

TERCERA.- Que "LAS PARTES" tienen objetivos comunes en cuanto a la docencia, investigación y proyección social, por lo que consideran oportuno establecer una Carta de Intención de Colaboración y Cooperación, que derive a la firma de un Convenio Específico de Colaboración para la investigación denominada: "Evaluación de calidad en productos software para inteligencia de negocios con el estándar ISO/IEC 25000 mediante lógica difusa". Por todo ello, ambas Instituciones firman la presente Carta de Intención de Colaboración y Cooperación con las siguientes

CLÁUSULAS

PRIMERA. OBJETO

La presente carta de intención se establece con motivo de desarrollar colaboración académica, científica-tecnológica y de innovación para la realización de investigación conjunta denominada: "Evaluación de calidad en productos software para inteligencia de negocios con el estándar ISO/IEC 25000 mediante lógica difusa" entre el Laboratorio de Investigación y Aplicación de Ingeniería de Software de la "UGB" y la "LA UNAM"

SEGUNDA. OBJETIVOS

Con la investigación en mención se pretende lo siguiente:

- Configurar el instrumento de evaluación a partir de las características y subcaracterísticas de la norma ISO 25000 y el modelo EPCU para determinar la calidad de productos software para Inteligencia de Negocios Power BI, Pentaho y Tableau.
- Probar en entornos controlados la calidad de los productos software de inteligencia de negocios Power BI, Pentaho, Tableau.

1



- Crear un protocolo para la evaluación de software basado en la norma ISO/IEC 25000 y el modelo EPCU.

TERCERA. TIPOS DE COOPERACIÓN

La cooperación entre "LAS PARTES" académicos podrá incluir lo siguiente:

1. Intercambio de profesores y/o investigadores para el desarrollo de la investigación.
2. Intercambio y desarrollo en conjunto de información y publicaciones que incluya acuerdos de coedición, conforme a los recursos presupuestarios de cada parte.
3. Facilitar el acceso mutuo a instalaciones de laboratorio, equipos especializados y bases de datos necesarios para llevar a cabo las pruebas y mediciones.
4. Compartir bibliografía y material de investigación relevante.
5. Otras actividades de cooperación acordadas entre ambas partes.

CUARTA. COMISIÓN TÉCNICA

Para el adecuado desarrollo de las actividades objeto del presente Instrumento, "LAS PARTES" formarán una comisión técnica, integrada por igual número de representantes de cada una, y cuyas atribuciones serán:

- a) Verificar el adecuado desarrollo de las actividades en términos de los compromisos adquiridos por cada una de "LAS PARTES".
- b) Evaluar continuamente durante la vigencia del presente instrumento, los resultados en cada actividad realizada para su aceptación.
- c) Las demás que acuerden "LAS PARTES".

QUINTA. RESPONSABLES

"LAS PARTES" designan como responsables a:

La "UGB" designa como delegada del Convenio a la Ing. Kriscia Zapata, Docente Investigador.

"LA UNAM" designa al Dr. Francisco Valdés Souto, Profesor Asociado "C" del Departamento de Matemáticas.

"LAS PARTES" se comprometen a establecer mecanismos de coordinación para la realización de acciones orientadas a verificar la implementación de la presente Carta de Intenciones.

SEXTA. DIVULGACIÓN Y COMUNICACIÓN

"LAS PARTES" podrán utilizar cualquier tipo de medio tecnológico de comunicación con el objetivo de publicar y divulgar las acciones o eventos que se deriven del presente instrumento, con el compromiso de incluir los respectivos logotipos de "LAS PARTES" en todo material publicitario, digital e impreso y otras publicaciones impresas como programas e invitaciones a eventos y actividades que emanen de la presente Carta de Intención.

SÉPTIMA. CONDICIONES FINANCIERAS

2



No hay compromiso financiero alguno asumido por las instituciones a la firma de este acuerdo que no sean aquellas que en lo particular acuerden de manera conjunta los cuerpos académicos. El presente Instrumento, de manera particular sin ánimo de lucro y con base en el espíritu de colaboración institucional.

SÉPTIMA. DURACIÓN DE LA COLABORACIÓN

Esta carta de intenciones tiene una duración inicial de un año, contado de enero a diciembre de 2024, sujeto a revisión y renovación según sea necesario, de acuerdo al desarrollo de la investigación.

OCTAVA. MODIFICACIONES

La presente Carta de Intención podrá modificarse por escrito a través de adendas o simple cruce de cartas donde conste el consentimiento de "LAS PARTES" a tales modificaciones, conforme lo demanden las actividades que se ejecuten.

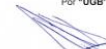
NOVENA. CONTROVERSIAS

"LAS PARTES" convienen que el presente instrumento es producto de la buena fe, por lo que toda controversia e interpretación que se derive del mismo, respecto de su operación, formalización y cumplimiento, será resuelta por estas de común acuerdo a través de la Comisión Técnica a que se refiere la Clausula Cuarta del presente instrumento.

DÉCIMA. ACEPTACIÓN

Leído que fue el presente instrumento y enteradas "LAS PARTES" de su contenido y alcances, lo firman por triplicado, en la Ciudad de México, a los 04 días del mes de diciembre del año 2023.

Por "UGB"


DRA. DIANA ELIZABETH JIMÉNEZ DE CONTRERAS
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Por "LA UNAM"


DR. VÍCTOR MANUEL VELÁZQUEZ AGUILAR
DIRECTOR


ING. KRISCIA ZAPATA
DOCENTE INVESTIGADOR


DR. FRANCISCO VALDES SOUTO
PROFESOR ASOCIADO "C"

3



Editorial