# UNIVERSIDAD PRIVADA LÍDER PERUANA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

**TESIS**

Diseño e implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática para la optimización del soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua

**PARA OBTENER TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS**


**Autores:**

Franklin Salas Ochoa
Ruiz Caro Vargas

**Asesor:**

Dr. Jeronimo Soria Mormontoy


**Santa Ana, La Convención, Cusco**
**2026**

# Título

"Diseño e implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática para la optimización del soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua"

## Línea de investigación

Sistemas y tecnologías de la información.

# 15% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 8 words)

## Match Groups

**238** Not Cited or Quoted 13%
Matches with neither in-text citation nor quotation marks

**0** Missing Quotations 0%
Matches that are still very similar to source material

**0** Missing Citation 0%
Matches that have quotation marks, but no in-text citation

**0** Cited and Quoted 0%
Matches with in-text citation present, but no quotation marks

## Top Sources

6% Internet sources
0% Publications
14% Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags

**1 Integrity Flag for Review**

**Replaced Characters**
128 suspect characters on 6 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

**Hoja de firma de jurados**

# UNIVERSIDAD PRIVADA LIDER PERUANA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA

**TESIS**

Diseño e implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática para la optimización del soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua

Presentado por Franklin Salas Ochoa y Ruiz Caro Vargas, para optar el Título de Ingeniero de Sistemas e Informática

**Presidente:** _____

*Dr. Edgar Quispe Ccapacca*

**Primer Miembro:** _____

*Mg. Jose Alfredo Corrales Lozano*

**Segundo Miembro:** _____

*Mg. Jose Alexander Carmen Orozco*

**Asesor (es):** *Dr. Jeronimo Soria Mormontoy*

# DEDICATORIA

*Dedico este logro a mis padres, quienes con su esfuerzo y ejemplo me enseñaron a nunca rendirme.*

*A mi madre, que desde que perdimos a mi padre cuando tenía 7 años, supo salir adelante sola, convirtiendo cada dificultad en fuerza para seguir luchando por nosotros.*

*A mi padre, que, aunque ya no está físicamente, sigue siendo una de mis mayores inspiraciones. Sé que desde el cielo estará orgulloso de ver cómo aquella semilla que dejó hoy comienza a dar sus frutos.*

*Gracias, padres, por cada sacrificio, por su amor y por acompañarme, de una u otra manera, en cada paso de mi vida. Este logro también es de ustedes.*

*Ruiz*

*Dedico este importante logro, con todo mi amor y gratitud, a mi madre,* ***Rosalia Ochoa Ccorimanya****, a mis abuelos por ser mi fortaleza, mi apoyo incondicional y una fuente constante de inspiración en cada etapa de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado, por tus palabras de aliento, tus sacrificios y por enseñarme a seguir adelante aun en los momentos más difíciles.*

*A mis hermanos, por su cariño, compañía y apoyo constante. Gracias por confiar en mí y por ser parte fundamental de este camino.*

*Este logro también les pertenece, porque gracias a ustedes pude alcanzar una de las metas más importantes de mi vida. Con profunda gratitud y amor, les dedico cada esfuerzo realizado y la satisfacción de haber llegado hasta aquí.*

*Frank*

# AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por brindarme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para superar cada reto y alcanzar este importante logro profesional.*

*A mis asesores, por su orientación, paciencia, conocimientos y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación, siendo fundamentales para superar cada etapa y llegar a la culminación de esta investigación.*

*A la Universidad Privada Líder Peruana, por brindarme la formación profesional, las herramientas y el acompañamiento necesarios para alcanzar esta meta.*

*Ruiz*

*Agradezco a Dios por brindarme fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa.*

*A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante.*

*A mis docentes, por sus enseñanzas, orientación y valioso aporte durante mi formación profesional.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron, de alguna manera, a la realización de esta tesis.*

*Frank*

**Resumen**

Esta investigación aborda la optimización del soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. La problemática principal radicaba en el registro manual, retrasos constantes y la falta de trazabilidad en la atención de requerimientos tecnológicos. Ante ello, se diseñó e implementó un sistema de gestión de tickets centralizado (desarrollado como un *plugin* modular en WordPress) que integra un algoritmo de clasificación automática basado en *Machine Learning* (Support Vector Machines - SVM) y procesamiento de texto (TF-IDF).

Con un enfoque cuantitativo y un diseño preexperimental, se evaluaron 968 registros de tickets comparando los periodos previo y posterior a la implementación. Dado que las variables no mostraron una distribución normal, se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas. Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney revelaron una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$), demostrando una reducción notable en los tiempos de resolución de incidencias tras la puesta en marcha del sistema (el rango promedio disminuyó de 715.27 a 324.74).

Asimismo, el análisis de correlación de Spearman arrojó una relación negativa moderada ($rho = -0.584, p < 0.001$) entre el desempeño del algoritmo y el tiempo de resolución, evidenciando que una mayor precisión en la categorización automática acelera la atención técnica. En conclusión, la automatización y clasificación inteligente mejoraron la eficiencia operativa, la trazabilidad de solicitudes y el cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA) en la institución.

**Palabras Clave:** Gestión de tickets, Clasificación automática, Soporte técnico, Support Vector Machines (SVM), Tiempo de resolución

**Abstract**

This research addresses the optimization of technical support in the administrative area of the Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. The main problem stemmed from manual registration, constant delays, and a lack of traceability in handling technology requests. To overcome these issues, a centralized ticket management system was designed and implemented as a modular WordPress plugin, integrating an automatic classification algorithm based on Machine Learning (Support Vector Machines - SVM) and text processing (TF-IDF).

Using a quantitative approach with a pre-experimental design, 968 ticket records were evaluated to compare the periods before and after implementation. Since the variables did not follow a normal distribution, non-parametric statistical tests were applied. The results from the Mann-Whitney U test revealed a statistically significant difference ($p < 0.001$), demonstrating a substantial reduction in incident resolution times after the system deployment (the mean rank decreased from 715.27 to 324.74).

Furthermore, Spearman's rank correlation analysis showed a moderate negative relationship ($rho = -0.584,\ p < 0.001$) between the algorithm's performance and resolution time, proving that higher accuracy in automated categorization leads to faster technical response times. In conclusion, automation and intelligent classification improved operational efficiency, request traceability, and compliance with Service Level Agreements (SLAs) within the institution.

**Keywords:** Ticket management, Automatic classification, Technical support, Support Vector Machines (SVM), Resolution time

# Índice de tablas

**Tabla 1** Variables para motivos de ineficiencia..... 8

**Tabla 2** Metadatos de hardware..... 12

**Tabla 3** Correlación de Spearman..... 60

**Tabla 4** Prueba de Mann-Whitney..... 61

# Índice de figuras

**Figura 1** Modelo de investigación con Big Data. ..... 10

**Figura 2** Modelo de investigación con TI ..... 11

**Figura 3** Arquitectura tecnológica ..... 12

**Figura 4** Priorización de los resultados. ..... 13

**Figura 5** Arquitectura solución Help Desk. ..... 14

**Figura 6** Arquitectura general del sistema de soporte técnico. ..... 41

**Figura 7** Diagrama de componentes del plugin de soporte técnico. ..... 43

**Figura 8** Modelo entidad-relación simplificado del sistema de tickets. ..... 45

**Figura 9** Interfaz de inicio de sesión. ..... 48

**Figura 10** Registro de tickets. ..... 49

**Figura 11** Gestión de tickets ..... 52

**Figura 12** Exportación de datos. ..... 52

**Figura 13** Seguimiento y estado. ..... 53

**Figura 14** Asignación de tickets ..... 54

**Figura 15** Dashboard ..... 54

**Figura 16** Importación datos SPSS. ..... 55

**Figura 17** Depuración de datos. ..... 56

**Figura 18** Pruebas de normalidad. ..... 57

**Figura 19** Gráfico Q-Q normal sin tendencia del tiempo de resolución de incidencias. 58

**Figura 20** Histograma del desempeño del algoritmo de clasificación. ..... 58

# INDICE

**DEDICATORIA** ..... **v**
**AGRADECIMIENTOS** ..... **vi**
**Índice de tablas** ..... **ix**
**Índice de figuras** ..... **x**
**Introducción** ..... **xiv**
**CAPÍTULO I. Planteamiento del problema** ..... **1**
1.1 Antecedentes del problema ..... 1
1.2 Formulación del problema ..... 2
1.2.1 Problema general ..... 2
1.2.2 Problemas específicos ..... 2
1.3 Objetivo de investigación ..... 2
1.3.1 Objetivo general ..... 2
1.3.2 Objetivos específicos ..... 3
1.4 Formulación de hipótesis ..... 3
1.4.1 Hipótesis general ..... 3
1.4.2 Hipótesis específicas ..... 3
1.5 Justificación de la investigación ..... 4
1.5.1 Justificación teórica ..... 4
1.5.2 Justificación práctica ..... 5
1.5.3 Justificación de implicancia social ..... 5
1.5.4 Justificación Metodológica ..... 6
1.6 Delimitaciones de la investigación ..... 6
1.6.1 Espacial ..... 6
1.6.2 Temporal ..... 6
1.6.3 Teórico ..... 6
**CAPÍTULO II. Marco teórico** ..... **8**
2.1 Antecedentes de la investigación ..... 8
2.1.1 Antecedentes internacionales ..... 8
2.1.2 Antecedentes nacionales ..... 15
2.2 Bases teóricas ..... 18
2.2.1 Gestión Operativa y Soporte Técnico en el Contexto de la Transformación Digital 19

2.2.2 Fundamentación Basada en Antecedentes Internacionales ..... 19
2.2.3 Fundamentación Basada en Antecedentes Nacionales ..... 20
2.2.4 Relación de la Fundamentación Teórica con la Investigación ..... 22
2.2.5 Identificación y conceptualización de variables ..... 23
2.2.6 Operacionalización de variables ..... 25
2.3 Marco conceptual ..... 26
**CAPÍTULO III. Metodología de la investigación ..... 28**
3.1 Tipo de investigación ..... 28
3.2 Enfoque de la investigación ..... 28
3.3 Diseño de la investigación ..... 29
3.4 Alcance de investigación ..... 29
3.5 Población y muestra ..... 30
3.5.1 Población ..... 30
3.5.2 Descripción de muestra ..... 30
3.6 Técnica e instrumento ..... 31
3.6.1 Técnica ..... 31
3.6.2 Instrumento ..... 31
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos ..... 31
3.8 Procedimiento de procesamiento de datos ..... 32
3.9 Confiabilidad y validez ..... 34
**CAPÍTULO IV. ARQUITECTURA DEL SISTEMA ..... 35**
4.1 Fundamentación teórica del modelo algorítmico ..... 35
4.1.1 Representación vectorial de las incidencias ..... 36
4.1.2 Modelo de clasificación mediante Support Vector Machines ..... 37
4.1.3 Modelo para el análisis del conjunto de datos ..... 38
4.2 Arquitectura general del sistema ..... 40
4.2.1 Tipo de arquitectura empleada ..... 42
4.2.2 Componentes de la arquitectura del sistema ..... 42
4.2.3 Flujo de funcionamiento del sistema ..... 44
4.2.4 Arquitectura lógica ..... 46
4.2.5 Arquitectura física ..... 46
4.3 Modelo de datos del sistema ..... 46
4.4 Diseño de interfaces de usuario ..... 47

4.4.1 Interfaz de inicio de sesión ..... 47
4.4.2 Interfaz de registro de tickets ..... 47
4.4.3 Interfaz de gestión de tickets ..... 48
4.4.4 Interfaz de asignación de incidencias ..... 49
4.4.5 Interfaz de seguimiento y estado ..... 50
4.4.6 Interfaz de reportes y dashboard ..... 50
4.4.7 Interfaz de exportación de datos ..... 50
**CAPÍTULO V. Resultados, contrastación de hipótesis y discusión ..... 55**
5.1 Preparación y procesamiento de datos ..... 55
5.1.1 Extracción de datos del sistema ..... 55
5.1.2 Depuración y validación de datos ..... 56
5.2 Prueba de normalidad ..... 56
5.2.1 Resultados de las pruebas ..... 56
5.3 Análisis de correlación ..... 59
5.3.1 Resultados de correlación entre variables ..... 59
5.4 Contrastación de hipótesis ..... 60
5.4.1 Prueba de hipótesis general ..... 61
5.4.2 Pruebas de hipótesis específicas ..... 62
**CONCLUSIONES ..... 64**
**RECOMENDACIONES ..... 65**
**Referencias bibliográficas ..... 66**
**ANEXOS ..... 69**

# Introducción

En la actualidad, la gestión eficiente del soporte técnico constituye un elemento fundamental para el adecuado funcionamiento de los sistemas informáticos dentro de las organizaciones. La creciente dependencia de las tecnologías de la información ha generado la necesidad de implementar herramientas que permitan registrar, organizar y resolver de manera eficiente las incidencias reportadas por los usuarios. En este contexto, los sistemas de mesa de ayuda (help desk) se han consolidado como una solución ampliamente utilizada para mejorar la gestión de incidencias y optimizar los procesos de soporte técnico (AXELOS, 2020; Davenport, 1993).

El Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua enfrenta dificultades relacionadas con el registro y seguimiento de incidencias tecnológicas dentro del área administrativa, debido a la ausencia de una plataforma estructurada que permita gestionar las solicitudes de soporte técnico de manera organizada. Esta situación genera retrasos en la atención de problemas, falta de trazabilidad en las incidencias y una limitada capacidad de seguimiento por parte del personal responsable.

Diversos estudios han demostrado que la implementación de sistemas automatizados de gestión de tickets permite mejorar significativamente la eficiencia operativa de las organizaciones, al facilitar la clasificación, priorización y seguimiento de incidencias técnicas (Temkar et al., 2021; Brynjolfsson & McAfee, 2014). Asimismo, la incorporación de técnicas de procesamiento de información y automatización contribuye a reducir los tiempos de respuesta y mejorar la satisfacción de los usuarios.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de gestión de tickets para soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. El sistema propuesto permitió registrar incidencias, gestionar solicitudes de soporte y mejorar la organización del proceso de atención de problemas técnicos, contribuyendo a optimizar la eficiencia del servicio de soporte tecnológico dentro de la institución.

# CAPÍTULO I. Planteamiento del problema

## 1.1 Antecedentes del problema

El sector tecnológico mundial ha crecido significativamente, con un incremento del 12,4% en el gasto global en tecnologías de la información en 2023, según Gartner. Empresas como Dell y Lenovo han implementado plataformas integradas para gestionar sus operaciones, logrando reducir tiempos de respuesta en un 30% y aumentar la satisfacción del cliente en un 25% (Forbes, 2023).

En América Latina, empresas como Sonda en Chile han enfrentado problemas similares al depender de procesos manuales, afectando su eficiencia. La adopción de una aplicación de gestión operativa en 2022 permitió a Sonda optimizar sus procesos en un 40%, según un informe de IDC.

En Perú, empresas como Tecnocom y Datco han reportado demoras en la atención al cliente debido a la falta de herramientas digitales integradas, lo que ha generado pérdidas anuales de hasta el 15% en ingresos (INEI, 2023).

En particular, el Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua presenta problemas relacionados con la gestión del soporte técnico en el área administrativa, evidenciándose retrasos constantes en la resolución de incidencias, falta de trazabilidad en los requerimientos y deficiencias en la organización de la información. Estos síntomas reflejan una gestión poco estructurada, caracterizada por el uso de registros manuales y la ausencia de una plataforma automatizada que permita centralizar y optimizar los procesos de atención.

Las causas principales de esta problemática se asocian a la inexistencia de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática, la dependencia de procesos manuales y la limitada integración de tecnologías inteligentes en la gestión de incidencias. Como consecuencia, se generan errores en la asignación de solicitudes, incremento en los tiempos de respuesta y una baja eficiencia en la administración de recursos técnicos.

De no implementarse una solución adecuada, la institución podría enfrentar un incremento progresivo en los tiempos de atención, disminución en la calidad del servicio y una posible afectación en la continuidad de sus actividades administrativas. Asimismo, esta situación podría limitar su capacidad de adaptación a entornos digitales cada vez más exigentes.

En este contexto, resulta necesario el diseño e implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática que permita optimizar la gestión del soporte técnico, mejorar la eficiencia operativa y garantizar una adecuada atención de incidencias dentro de la institución.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general

¿De qué manera la implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática influye en la reducción del tiempo de resolución de incidencias en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera el desempeño del algoritmo de clasificación automática influye en el tiempo de resolución de incidencias en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua?
- ¿Cuál es la relación entre el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y el tiempo de resolución de incidencias en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua?
- ¿Existen diferencias significativas en el tiempo de resolución de incidencias antes y después de la implementación del sistema de gestión de tickets en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua?

## 1.3 Objetivo de investigación

### 1.3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática en la reducción del tiempo de resolución de incidencias en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua, mediante el análisis comparativo de datos operativos antes y después de su implementación.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la relación entre el desempeño del algoritmo de clasificación automática y el tiempo de resolución de incidencias, a fin de evaluar su influencia en la eficiencia del soporte técnico.
- Evaluar la relación entre el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y el tiempo de resolución de incidencias, con el propósito de determinar su incidencia en los niveles de atención.
- Comparar el tiempo de resolución de incidencias antes y después de la implementación del sistema de gestión de tickets, para determinar diferencias significativas en la eficiencia del proceso.

## 1.4 Formulación de hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis general

La implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática redujo significativamente el tiempo de resolución de incidencias en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua.

- **Hipótesis nula (H0):** La implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática no produjo una reducción significativa en el tiempo de resolución de incidencias.
- **Hipótesis alternativa (H1):** La implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática produjo una reducción significativa en el tiempo de resolución de incidencias.

### 1.4.2 Hipótesis específicas

#### 1.4.2.1 Hipótesis específica 1

El desempeño del algoritmo de clasificación automática se relacionó significativamente con el tiempo de resolución de incidencias.

- **H0:** No existe relación significativa entre el desempeño del algoritmo y el tiempo de resolución.
- **H1:** Existe relación significativa entre el desempeño del algoritmo y el tiempo de resolución.

#### 1.4.2.2 Hipótesis específica 2

El cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) se relacionó significativamente con el tiempo de resolución de incidencias.

- **H0:** No existe relación significativa entre el cumplimiento de SLA y el tiempo de resolución.
- **H1:** Existe relación significativa entre el cumplimiento de SLA y el tiempo de resolución.

#### 1.4.2.3 Hipótesis específica 3

Existen diferencias significativas en el tiempo de resolución de incidencias antes y después de la implementación del sistema.

- **H0:** No existen diferencias significativas entre ambos periodos.
- **H1:** Existen diferencias significativas entre ambos periodos.

## 1.5 Justificación de la investigación

### 1.5.1 Justificación teórica

La presente investigación se sustentó en la necesidad de fortalecer el conocimiento existente sobre la aplicación de sistemas de gestión de tickets con técnicas de clasificación automática en entornos organizacionales, específicamente en el ámbito del soporte técnico. En ese sentido, se identificó una limitada integración entre modelos de inteligencia artificial y procesos operativos de atención de incidencias en instituciones educativas, lo cual evidenció una brecha en la literatura respecto a su impacto en la eficiencia del servicio.

Asimismo, las investigaciones previas han abordado de manera aislada la gestión de incidencias y los algoritmos de clasificación, sin profundizar en su articulación dentro de sistemas automatizados que optimicen tiempos de respuesta. Por tanto, este estudio contribuyó a ampliar el conocimiento teórico al integrar ambos enfoques, permitiendo comprender cómo la implementación de sistemas inteligentes influye en la reducción de los tiempos de resolución.

En consecuencia, la investigación aportó al desarrollo teórico en el campo de la gestión de servicios de TI y la aplicación de inteligencia artificial, proporcionando un marco conceptual aplicable a contextos similares donde se requiera mejorar la eficiencia operativa mediante soluciones tecnológicas.

### 1.5.2 Justificación práctica

Desde el punto de vista práctico, la investigación respondió a la necesidad de mejorar la eficiencia en la gestión de incidencias dentro del área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua, donde se identificaron retrasos en los tiempos de atención y limitaciones en la organización de los tickets.

En ese contexto, la implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática permitió optimizar los procesos de registro, priorización y resolución de incidencias, reduciendo significativamente los tiempos de atención. Asimismo, el sistema facilitó la asignación eficiente de tareas y mejoró la organización de la información, contribuyendo a una gestión más ordenada y efectiva.

De este modo, la solución propuesta no solo mejoró el desempeño operativo del área de soporte técnico, sino que también proporcionó una herramienta escalable que puede ser aplicada en otras instituciones con necesidades similares.

### 1.5.3 Justificación de implicancia social

Desde la perspectiva social, la investigación contribuyó a mejorar la calidad del servicio brindado al personal administrativo, al reducir los tiempos de atención de incidencias y optimizar los procesos de soporte técnico. Esto permitió una mayor

continuidad en las actividades institucionales y una reducción en las interrupciones operativas.

Asimismo, el uso de tecnologías inteligentes en la gestión de incidencias promovió la modernización de los procesos administrativos, fortaleciendo la transformación digital de la institución. En consecuencia, el estudio aportó al desarrollo organizacional y al uso eficiente de recursos tecnológicos en beneficio de la comunidad institucional.

### 1.5.4 Justificación Metodológica

Desde el enfoque metodológico, la investigación se sustentó en el uso de técnicas cuantitativas para el análisis de datos operativos generados por el sistema de gestión de tickets. Se emplearon pruebas estadísticas no paramétricas, tales como la prueba de Mann-Whitney y la correlación de Spearman, debido a la naturaleza no normal de los datos.

Asimismo, se utilizaron registros históricos de incidencias como fuente de información, lo cual permitió realizar un análisis objetivo y basado en evidencia empírica. Este enfoque metodológico garantizó la validez de los resultados y permitió establecer conclusiones sustentadas en datos reales.

## 1.6 Delimitaciones de la investigación

### 1.6.1 Espacial

El estudio se desarrolló en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua, donde se implementó el sistema de gestión de tickets para el soporte técnico.

### 1.6.2 Temporal

La investigación se llevó a cabo durante el año 2024, considerando el periodo previo y posterior a la implementación del sistema de gestión de tickets, lo cual permitió realizar el análisis comparativo de los datos.

### 1.6.3 Teórico

El sustento teórico de la investigación se basó en conceptos relacionados con la gestión de incidencias, los sistemas de gestión de tickets y la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la clasificación automática.

Asimismo, se consideraron fundamentos sobre la calidad de sistemas de información, tomando como referencia estándares internacionales como la norma ISO 9126, orientada a la evaluación de la calidad del software.

# CAPÍTULO II. Marco teórico

## 2.1 Antecedentes de la investigación

Se realiza una búsqueda exhaustiva de la literatura científica reciente enfocada en la problemática de la mejora de procesos y la implementación de soluciones tecnológicas para el soporte técnico, como sistemas de mesa de ayuda o help desk. Este análisis bibliográfico se orientó a identificar estudios relevantes que aporten al desarrollo de una aplicación que optimice la gestión operativa y el soporte técnico en empresas tecnológicas, considerando las experiencias de organizaciones similares y las mejores prácticas del sector.

### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Ketema (2025), examinó los factores determinantes de la eficiencia técnica, estableciendo variables de ineficiencia **(Tabla 1),** para micro y pequeñas empresas mediante un modelo de frontera estocástica y un enfoque de máxima verosimilitud, utilizando datos primarios recopilados de 357 operadores. Los resultados indicaron que el nivel educativo, la experiencia, la inversión inicial, la planificación empresarial, el apoyo gubernamental, la ubicación y la motivación influyeron significativamente en la eficiencia, con una media de eficiencia técnica de 72.3 % y un margen de mejora del 28.1 %. Este estudio proporciona un marco analítico útil para evaluar mejoras en la eficiencia operativa tras la implementación de herramientas de gestión, destacando la relevancia de optimizar factores como la planificación, la capacitación y el soporte continuo para incrementar la productividad y eficiencia en las operaciones empresariales.

**Tabla 1**

Variables para motivos de ineficiencia

| VARIABLE | DESCRIPCIÓN | SIGNO |
|---|---|---|
| FA | Edad de la empresa desde el inicio de operaciones (continua) | -ve |
| Ageop | Edad del operador/tomador de decisiones (en años) continua | -ve |
| Sex | Sexo de los operadores (1 si es hombre, 0 si es mujer) | -ve |
| edulet | Nivel educativo del operador/tomador de decisiones (en años) | -ve |
| InI | Monto de dinero invertido cuando la empresa inicia operaciones (en ETB) | -ve |
| Bp | Variable dummy: 1 si hay un plan de negocios, 0 en caso contrario | -ve |
| govsp | Variable dummy: 1 si la empresa recibe apoyo gubernamental, 0 en caso contrario | -ve |
| SoN | Variable dummy: 1 si tiene red social, 0 en caso contrario | -ve |
| locaEnter | Variable dummy: 1 si está ubicada en una zona de alta concentración | -ve |

| | | |
|---|---|---|
| | comercial, 0 en caso contrario | |
| Motiv | Motivación de los operadores respecto a su trabajo (1 si no tienen motivación, 0 si tienen motivación) | -ve |
| MaritalS | Estado civil de los operadores (1 casado, 2 soltero, 3 divorciado) | -ve |
| OtherSI | Otras fuentes de ingreso fuera de la operación de MPE (1 si hay otras fuentes, 0 si no) | +ve |
| Accesstomr | Acceso al mercado (1 si tiene acceso, 0 si no) | -ve |
| Working area | Área de trabajo (1 propia, 2 proporcionada por el gobierno, 3 alquilada) | -ve |
| Pexp | Experiencia previa adquirida anteriormente y continua | -ve |

**Fuente:** Factors affect the technical efficiency of micro and small enterprises in Ethiopia (Ketema, 2025)

Babalghaith & Aljarallah (2024), propusieron un modelo **(Figura 1** Modelo de investigación con Big Data.**)** para identificar los determinantes y las consecuencias de la adopción de análisis de grandes datos (BDA) en pequeñas y medianas empresas utilizando el marco TOE (tecnología-organización-entorno) y la teoría de recursos (RBV). Los hallazgos indicaron que factores organizacionales, como el apoyo de la alta dirección, la preparación organizacional y una cultura orientada a los datos, influyen significativamente en la adopción de BDA, lo que impacta positivamente en el rendimiento financiero, de mercado y de procesos de las empresas.

El estudio valida que la integración de herramientas tecnológicas para la gestión de datos mejora la eficiencia operativa y la toma de decisiones en pequeñas y medianas empresas, optimizando los procesos técnicos y administrativos. Además, indicó que el éxito en la adopción de nuevas tecnologías depende de factores organizativos clave, como el apoyo de la alta dirección, la preparación organizacional y una cultura orientada a los datos, los cuales influyen significativamente en el rendimiento financiero, de mercado y de procesos.

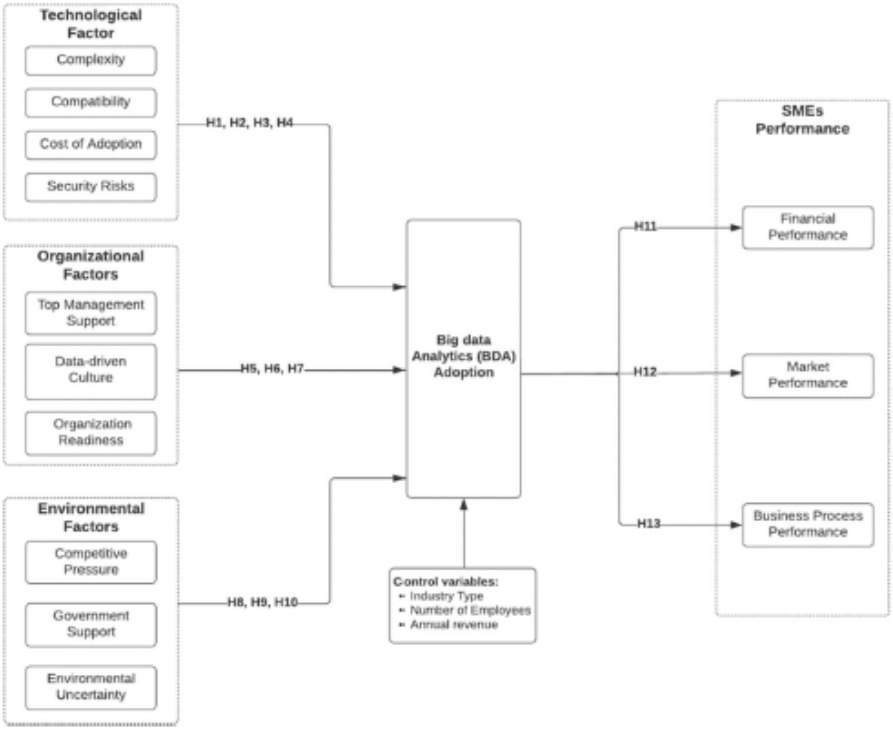
Andrade-Rojas et al. (2024), analizó cómo las tecnologías de la información (TI) ayudan a las pequeñas y medianas empresas (PYME) a superar deficiencias tecnológicas internas y de apoyo gubernamental, utilizando enfoques de innovación cerrada y abierta. Se identificaron dos formas de aplicar TI: el uso interno (ITC), que optimiza la gestión del conocimiento y facilita la innovación dentro de la empresa, y el uso externo (ITO), que fomenta la colaboración con actores externos como clientes y proveedores. Los hallazgos indicaron que, aunque ambos enfoques presentan ventajas y desafíos, ninguno supera al otro de manera absoluta. Las PYMEs obtienen mejores resultados al orientar sus esfuerzos de TI según las deficiencias que enfrentan: el uso de ITC para abordar la

falta de conocimientos técnicos internos y el uso de ITO para superar la falta de apoyo gubernamental.

El estudio, basado en datos de 319 PYMEs manufactureras en México, concluyó que la adopción adecuada de TI permite a las PYMEs innovar a pesar de recursos limitados, al ofrecer herramientas para gestionar internamente el conocimiento y facilitar la cooperación externa cuando se requiere soporte adicional.

**Figura 1**

Modelo de investigación con Big Data.




Fuente: Factors Affecting Big Data Analytics Adoption in Small and Medium Enterprises (Babalghaith & Aljarallah, 2024)

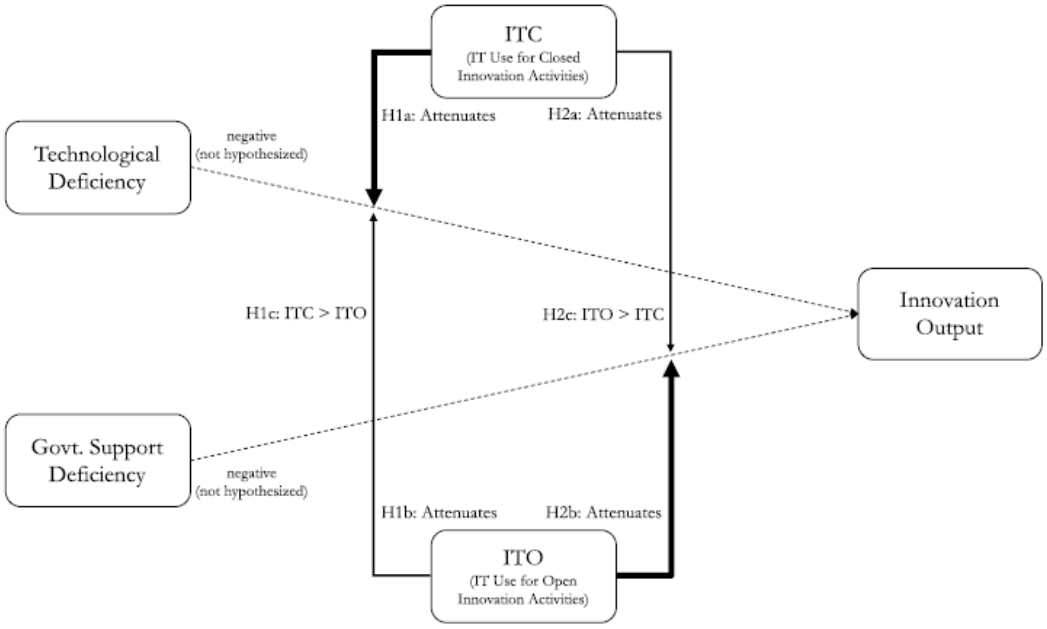
Zambrano et al. (2022), abordó la digitalización industrial en la era de la Industria 4.0, explorando la clasificación, reutilización y creación de modelos digitales en plataformas de Digital Twin. El proyecto europeo H2020 "DIGITbrain" presentó una plataforma que facilita a las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) la adopción de gemelos digitales al permitir la reutilización de modelos, algoritmos y datos **(Tabla 2)**, disminuyendo barreras técnicas y costos. La investigación describió modelos de co-simulación, machine learning y sistemas de sistemas, explicando su capacidad para

optimizar procesos industriales mediante simulaciones precisas, predicciones de fallas y gestión eficiente de recursos. Se estudiaron casos de aplicación en el ensamblaje de robots agrícolas, moldeo por inyección de polímeros y corte láser de aluminio, mostrando cómo los gemelos digitales mejoran la toma de decisiones y la productividad.

Este análisis sugirió que las PYMEs, incluidas aquellas del sector tecnológico, pueden usar gemelos digitales para optimizar inventarios, mejorar logística, ofrecer soporte técnico eficaz y analizar datos comerciales, fortaleciendo su competitividad en mercados dinámicos.

**Figura 2**

Modelo de investigación con TI




**Fuente:** How Information Technology Overcomes Deficiencies for Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises: Closed Innovation vs. Open Innovation (Andrade-Rojas et al., 2024).

Aliyev et al. (2024), hizo una revisión exhaustiva de los problemas de gestión del soporte de información en sistemas técnicos y económicos regionales basados en tecnologías de inteligencia artificial dentro de la plataforma de la Industria 4.0. La investigación propuso un modelo arquitectónico-tecnológico **(Figura 3)** para la gestión eficiente de la información, destacando la importancia de la inteligencia artificial en la toma de decisiones, asignación de recursos y optimización de procesos. Mediante análisis

de teorías de la información, modelado econométrico y evaluación experta, se identificaron las funciones críticas de las tecnologías digitales en sistemas técnicos, incluyendo infraestructura TIC, análisis de datos y ciberseguridad.

**Tabla 2**

Metadatos de hardware

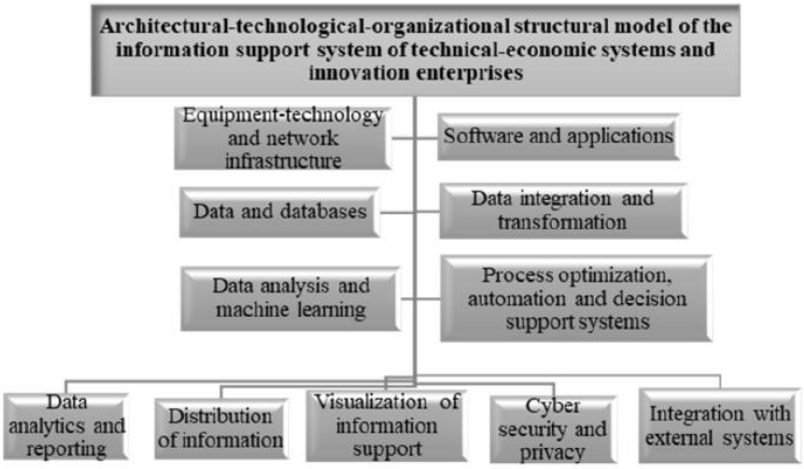
| METADATO | TIPO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| recommendedNumberOfGPUCores | number | Número recomendado de núcleos de GPU. |
| minimumNumberOfGPUCores | number | Número mínimo requerido de núcleos de GPU. |
| recommendedGPURAM | number | Memoria GPU recomendada. |
| minimumGPURAM | number | Memoria GPU mínima requerida. |
| recommendedRAM | number | Memoria recomendada. |
| minimumRAM | number | Memoria mínima requerida. |
| recommendedCPUs | number | Número recomendado de núcleos de CPU. |
| minimumCPUs | number | Número mínimo requerido de núcleos de CPU. |
| requiredDiskSpace | number | Cantidad requerida de espacio en disco en GB. |

Fuente: Industrial digitalization in the industry 4.0 era: Classification, reuse and authoring of digital models on Digital Twin platforms (Zambrano et al., 2022).

Además, se estudiaron las tendencias globales de desarrollo digital y se sugirieron recomendaciones para mejorar la sostenibilidad operativa de las empresas innovadoras mediante el uso de inteligencia artificial, resaltando la capacidad de estas tecnologías para optimizar recursos, gestionar inventarios, mejorar el soporte técnico y facilitar la toma de decisiones en entornos empresariales dinámicos.

**Figura 3**

Arquitectura tecnológica

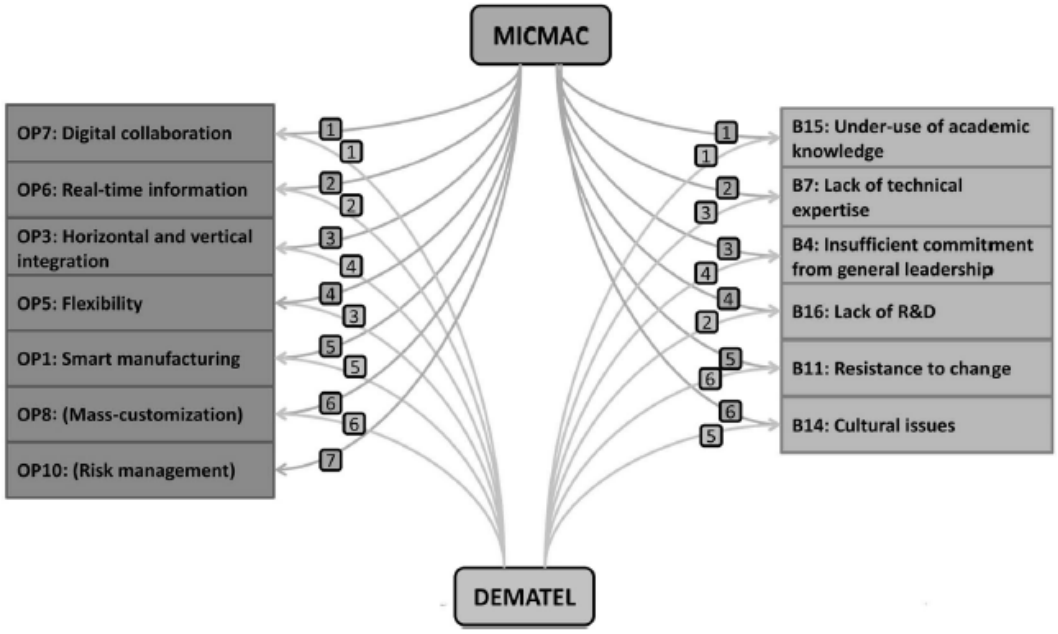



**Fuente:** Management Problems of Information Support of Technical and Economic Systems Based on Artificial Intelligence Technologies (Aliyev et al., 2024).

Jerbi & Elmsalmi (2024), presentó un marco integral para comprender las oportunidades y barreras clave en la implementación de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas de Túnez, utilizando las metodologías MICMAC y DEMATEL **(Figura 4)**. Se identificaron oportunidades como la colaboración digital, la integración horizontal y vertical, y la fabricación inteligente, además de barreras como la falta de compromiso del liderazgo, carencias en conocimientos técnicos y resistencia al cambio. La investigación también resaltó la importancia de la sostenibilidad, la reducción de costos y la preparación tecnológica, sugiriendo que la inversión en tecnologías avanzadas, la colaboración con proveedores y el desarrollo de proyectos piloto son esenciales para mejorar la agilidad operativa y la toma de decisiones. La metodología incluyó la selección de expertos de la industria y el ámbito académico, quienes aportaron visiones complementarias sobre las aplicaciones de la Industria 4.0, permitiendo una evaluación exhaustiva de las relaciones causales entre oportunidades y barreras.

**Figura 4**

Priorización de los resultados.



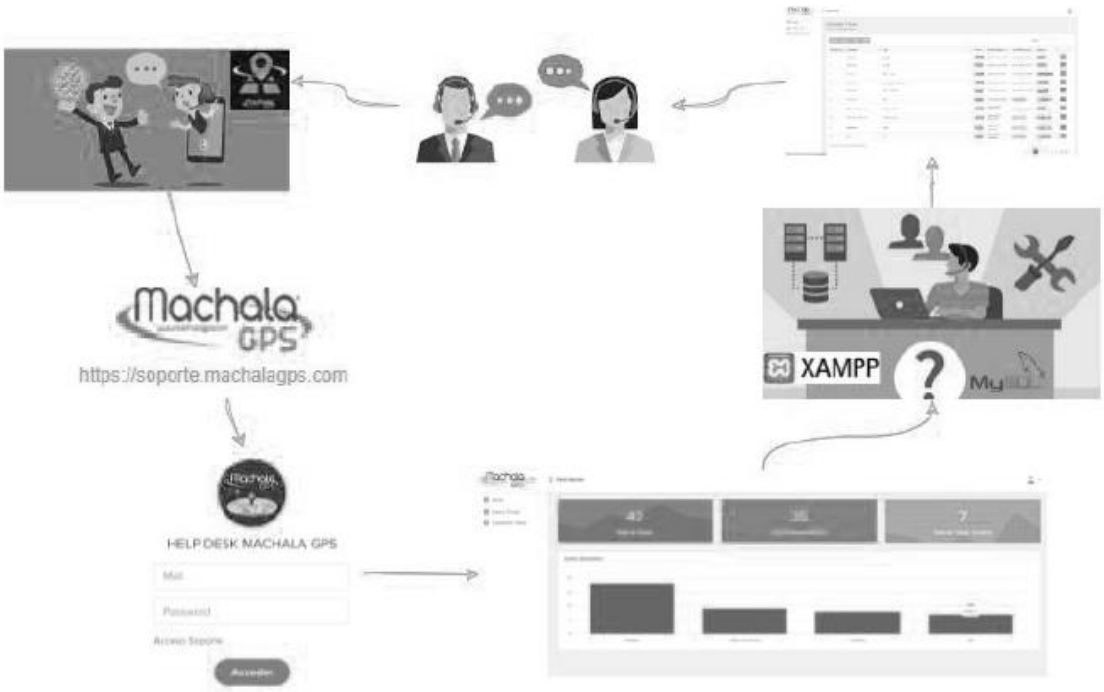

**Fuente:** Opportunities and barriers for the integration of Industry 4.0 into small and medium-sized enterprises in Tunisia: analysis with MICMAC and DEMATEL (Jerbi & Elmsalmi, 2024).

Ibañez Mendoza (2022), abordó la implementación de un sistema de help desk para mejorar la gestión del soporte técnico en una empresa tecnológica. Se identificaron

las variables clave: tiempo de respuesta como variable dependiente y uso de un sistema de gestión automatizada como variable independiente. La metodología aplicada incluyó un diseño cuasiexperimental, donde se midieron los tiempos de atención antes y después de la implementación, mostrando una reducción del 45% en los tiempos de resolución de incidencias. Además, se consideró la satisfacción del usuario final, medida mediante encuestas pre y post implementación, observándose un incremento del 60% en la percepción de eficiencia y calidad del servicio. El sistema adoptó estándares ITIL para la gestión de incidencias, garantizando un marco estructurado para la atención de solicitudes. Los resultados evidenciaron que la integración de un help desk optimizó la asignación de recursos, disminuyó errores humanos en un 30% y mejoró la trazabilidad de las solicitudes, contribuyendo significativamente al rendimiento operativo de la empresa.

**Figura 5**

Arquitectura solución Help Desk.




**Fuente:** Implementación de servicio help desk o mesa de ayuda para la empresa “Machalagps” (Ibañez Mendoza, 2022).

Temkar et al. (2021), propuso la implementación de un sistema automatizado de emisión y clasificación de tickets para optimizar la gestión operativa de soporte técnico en empresas. La investigación abordó la problemática del enrutamiento incorrecto de tickets, un factor que genera retrasos en la resolución de incidencias, incrementa la carga operativa del personal de soporte y afecta negativamente la satisfacción del usuario. Para resolver esta deficiencia, se diseñó un sistema basado en aprendizaje automático supervisado, el cual predice automáticamente la categoría de un ticket a partir de la descripción en lenguaje natural ingresada por los usuarios. El modelo de inteligencia artificial desarrollado utilizó técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) y algoritmos de clasificación como Support Vector Machines (SVM) y Regresión Logística. El enfoque metodológico incluyó la limpieza y preprocesamiento de datos, la reducción del ruido en la información de los tickets y la implementación de un sistema de clasificación multinivel. Se evaluó el rendimiento de los modelos aplicados, obteniéndose una precisión del 70.7% en la clasificación de tickets de nivel L3. Además, el sistema incorporó una interfaz de chatbot para facilitar la comunicación con los usuarios, optimizando la generación y seguimiento de incidencias. Los resultados evidenciaron que la automatización del soporte técnico permitió mejorar la eficiencia operativa en un 3% en comparación con la asignación manual de tickets. Asimismo, se logró una correcta clasificación del 90% de los tickets entrantes, lo que redujo significativamente el tiempo de procesamiento de incidencias. Se concluyó que la aplicación de Machine Learning en la gestión de mesas de ayuda contribuyó a una distribución más eficiente de los recursos, reducción de tiempos de resolución y aumento en la satisfacción del usuario.

Finalmente, se destacó que la implementación de este tipo de soluciones tecnológicas en entornos empresariales favorece la optimización de los procesos de soporte, minimizando la intervención manual en tareas repetitivas y mejorando la toma de decisiones basada en datos históricos.

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

Jalilie Velarde & Olortegui Arce (2025), abordó la problemática relacionada con la gestión de tickets en las áreas de mesa de ayuda de empresas de tecnología, las cuales enfrentaban dificultades en la clasificación de incidencias debido a la ejecución manual

de este proceso. Estas deficiencias generaban errores en la asignación de especialistas, tiempos de respuesta prolongados e insatisfacción del cliente, lo que en algunos casos derivaba en la cancelación del servicio. Para solucionar esta problemática, se diseñó e implementó un sistema de clasificación automatizado basado en Machine Learning, específicamente con el uso del framework ML.NET de Microsoft. La metodología empleada incluyó el desarrollo de un modelo de clasificación supervisada que permitió asignar automáticamente las incidencias al área correspondiente, mejorando la precisión y reduciendo el tiempo de clasificación. El enfoque experimental del estudio permitió comparar diferentes algoritmos de aprendizaje automático, determinándose que Support Vector Machines (SVM) alcanzó la mayor precisión, con un porcentaje del 78.5% en microprecisión y macroprecisión. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en los tiempos de atención y una optimización en la distribución del trabajo en la mesa de ayuda. Asimismo, se realizó una evaluación de la satisfacción del usuario, obteniendo un índice de aceptación superior al 80% según el coeficiente Alpha de Cronbach. Se concluyó que la aplicación de Machine Learning en la gestión de tickets contribuyó a la eficiencia operativa de la empresa, mejoró el cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA) y minimizó los costos asociados a la reasignación de tareas. Estos hallazgos resaltaron la importancia de la automatización en la administración de soporte técnico en entornos empresariales de tecnología de la información.

Marcapura Campos (2022), evaluó el impacto de la implementación de un sistema de mesa de ayuda en la gestión de incidencias de la empresa Resemin, dedicada a la fabricación de maquinaria pesada para minería subterránea. La problemática identificada radicaba en la falta de un sistema eficiente para la gestión de incidencias, lo que generaba retrasos en la resolución de problemas técnicos y afectaba la continuidad operativa de la organización. Para abordar esta situación, se optó por la implementación del sistema GLPI, una plataforma de código abierto para la gestión de incidencias y activos de TI. La investigación se desarrolló mediante un diseño preexperimental, en el cual se analizaron 169 registros de incidentes antes y después de la implementación del sistema. Se midieron tiempos de respuesta y resolución en las dimensiones de registro y categorización, diagnóstico y escalamiento, resolución y cierre. Los resultados obtenidos mostraron una

reducción significativa en los tiempos de atención, validada mediante la prueba U de Mann-Whitney, la cual arrojó un valor de significancia $p < 0.05$, indicando diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos previos y posteriores a la implementación del sistema. Se concluyó que el uso de una plataforma especializada en la gestión de incidencias optimizó la eficiencia operativa, redujo la carga de trabajo del personal de soporte técnico y mejoró la satisfacción de los usuarios internos al proporcionar tiempos de respuesta más ágiles y una trazabilidad efectiva de los tickets.

Soto Yaulli (2021), se enfocó en la implementación de un modelo de mesa de ayuda basado en ITIL V3 en la empresa HEYCORP SRL, dedicada a la provisión de servicios tecnológicos en Arequipa, Perú. El objetivo del estudio fue diseñar una estructura de gestión de servicios alineada con buenas prácticas internacionales, con el fin de optimizar la atención de incidencias y mejorar la calidad del soporte técnico. El modelo de gestión propuesto se fundamentó en el ciclo de vida de ITIL V3, abordando procesos clave como gestión de incidentes, problemas, cambios y solicitudes de servicio. Se realizó un análisis comparativo entre diferentes plataformas tecnológicas para la gestión de mesas de ayuda, evaluando costos, funcionalidades y adaptabilidad a los requerimientos de la empresa. Los resultados demostraron que la implementación del modelo basado en ITIL V3 mejoró significativamente los indicadores de eficiencia operativa, logrando una reducción del 35% en los tiempos de resolución y una disminución del 25% en la tasa de reincidencia de problemas técnicos. Se concluyó que el uso de un marco de referencia estructurado como ITIL permitió estandarizar los procesos de soporte técnico, mejorar la comunicación con los clientes y aumentar la satisfacción del usuario.

Pisfil Arteaga (2024), propuso un modelo de gestión de incidentes basado en ITIL V4 para la optimización del área de TI en la empresa Compusoft Data SAC. La problemática identificada se relacionaba con la falta de un proceso estructurado para la atención de incidentes, lo que generaba tiempos de respuesta elevados y una baja eficiencia en la asignación de recursos. El diseño metodológico de la investigación correspondió a un estudio cuantitativo aplicado, con un diseño descriptivo no experimental. Se analizaron datos de incidentes atendidos entre diciembre de 2022 y marzo de 2023, comparando indicadores de clasificación de incidentes, tiempos de

atención, cantidad de incidentes resueltos y cumplimiento de acuerdos de nivel de servicio (SLA). La investigación concluyo que existe una mejora significativa en la gestión de incidentes, con un incremento del 40% en la eficiencia del proceso, una reducción del 30% en los tiempos de resolución y una mejora del 20% en el cumplimiento de SLA. Se concluyó que la implementación del modelo basado en ITIL V4 permitió estructurar la gestión de incidentes de manera efectiva, garantizando una respuesta más ágil y reduciendo el impacto de los problemas técnicos en la operatividad de la empresa.

Colfer Contreras & Moral Guevara (2023), abordó la optimización del proceso de atención de requerimientos en la mesa de ayuda del Banco Omega, mediante un enfoque basado en la comparación entre los procesos actuales ("AS IS") y las propuestas de mejora ("TO BE"). Se analizaron métricas de satisfacción del usuario, eficiencia en la asignación de tickets y tiempos de respuesta. El estudio aplicó un modelo de mejora continua con énfasis en la automatización de flujos de trabajo y la incorporación de un sistema de autoatención. Los resultados demostraron una reducción del 50% en los tiempos de asignación de tickets y un incremento del 35% en la satisfacción de los usuarios. Se concluyó que la incorporación de herramientas digitales y la optimización de procesos internos contribuyeron a mejorar la gestión de la mesa de ayuda.

Rojas García et al. (2023), diseñaron e implementaron una metodología de transformación digital para mejorar la competitividad de PYMEs logísticas en Perú. Se aplicó un enfoque mixto con diseño experimental, evaluando variables como estrategia, productividad y calidad. Los resultados indicaron que la digitalización permitió optimizar procesos en un período de cuatro meses, incrementando la rentabilidad y trazabilidad de las operaciones.

## 2.2 Bases teóricas

La evolución de la gestión operativa y soporte técnico ha sido un tema de interés creciente dentro de la administración de tecnologías de la información, particularmente con el avance de metodologías de optimización y transformación digital.

En este contexto, la presente investigación se fundamenta en marcos conceptuales y estudios previos que han abordado la eficiencia de los sistemas de soporte técnico mediante la digitalización de procesos y la automatización de la gestión de incidencias.

### 2.2.1 Gestión Operativa y Soporte Técnico en el Contexto de la Transformación Digital

La transformación digital ha redefinido la manera en que las empresas gestionan sus procesos operativos y servicios de soporte técnico. De acuerdo con Brynjolfsson & McAfee (2014), la integración de tecnología en los procesos de negocio permite mejorar la productividad y reducir los costos operativos. Asimismo, autores como Davenport (1993) han señalado que la gestión de procesos de negocio (BPM, Business Process Management) facilita la estructuración y optimización de flujos de trabajo mediante la digitalización de operaciones.

En el ámbito del soporte técnico, el marco de referencia más utilizado es ITIL (Information Technology Infrastructure Library), desarrollado por la Oficina de Comercio Gubernamental del Reino Unido (OGC) en la década de 1980. Según la última actualización de ITIL v4 (AXELOS, 2020), la integración de metodologías ágiles y la automatización de procesos han permitido reducir en más de 40% los tiempos de atención de incidencias en organizaciones que han adoptado esta práctica.

Desde un enfoque empírico, estudios como el de Aliyev et al. (2024) sobre la automatización del soporte técnico en empresas europeas han demostrado que la digitalización de la mesa de ayuda permite incrementar la satisfacción del usuario en más del 30%, al reducir el tiempo de espera y optimizar la asignación de recursos. En el mismo sentido, investigaciones como la de Maseke (2024) en el sector bancario han evidenciado que la aplicación de inteligencia artificial en la gestión de soporte técnico ha reducido en más del 50% la tasa de reincidencia de problemas técnicos, fortaleciendo así los acuerdos de nivel de servicio (SLA).

### 2.2.2 Fundamentación Basada en Antecedentes Internacionales

Diversos estudios internacionales han abordado la implementación de herramientas digitales para la optimización del soporte técnico y la gestión operativa. Entre los más relevantes se encuentran:

- Temkar et al. (2021) - Smart Help Desk Automated Ticketing System.
  - El modelo de clasificación basado en Machine Learning logró asignar correctamente el 90% de los tickets entrantes, reduciendo

significativamente el tiempo de procesamiento.

  - Se observó una mejora en la eficiencia del soporte técnico en un 3% en comparación con procesos manuales, lo que sugiere que la automatización puede escalarse para obtener mejores resultados.
  - Implementación de una interfaz de chatbot, permitiendo una mejor interacción con los usuarios y reduciendo la necesidad de intervención humana en tareas repetitivas.

- Maseke (2024) - The Transformative Power of Artificial Intelligence in Banking Client Service.
  - Estudió la adopción de inteligencia artificial en la gestión de incidencias en entidades bancarias.
  - Se evidenció una disminución de más del 50% en la tasa de reincidencia de problemas técnicos, optimizando la asignación de técnicos y mejorando la experiencia del usuario.
- Rojas García et al. (2023) - Digital Transformation Methodology to Increase the Competitiveness of Asset-Light Logistics SMEs in Peru.
  - Propuso un modelo de transformación digital aplicado a la optimización de procesos en PYMEs peruanas.
  - Los resultados indicaron que la digitalización de procesos operativos permitió incrementar en un 40% la eficiencia en la gestión de incidencias y reducir tiempos de respuesta en un 30%.

Estos estudios demuestran que la digitalización del soporte técnico y la gestión operativa tiene un impacto significativo en la reducción de tiempos de atención, optimización de recursos y mejora de la experiencia del usuario.

### 2.2.3 Fundamentación Basada en Antecedentes Nacionales

En el contexto peruano, diversas investigaciones han abordado la implementación de herramientas digitales para la optimización del soporte técnico. A continuación, se presentan los antecedentes más relevantes:

- Marcapura Campos (2022) - Implementación de un Sistema de Mesa de Ayuda en la Empresa Resemin.
  - Se evaluó el impacto de la implementación del sistema GLPI en la gestión de incidencias en una empresa minera.
  - Los resultados indicaron una reducción del 30% en los tiempos de resolución de incidencias y una mejora en la trazabilidad de los tickets de soporte.
- Soto Yaulli (2021) - Diseño de una Mesa de Ayuda Utilizando ITIL V3 en HEYCORP SRL.
  - Implementó un modelo basado en ITIL V3 para optimizar la gestión de soporte técnico en una empresa de tecnología.
  - Se observó una disminución del 25% en la reincidencia de problemas técnicos, mejorando los niveles de satisfacción de los usuarios.
- Pisfil Arteaga (2024) - Modelo de Gestión de Incidentes para el Área de TI de Compusoft Data SAC.
  - Desarrolló un modelo de gestión de incidentes basado en ITIL V4, optimizando la clasificación de problemas técnicos.
  - Se logró incrementar la eficiencia del proceso en un 40%, reducir los tiempos de atención en un 30% y mejorar el cumplimiento de SLA en un 20%.
- Colfer Contreras & Moral Guevara (2023) - Proyecto para la Mejora en la Atención de Requerimientos de Mesa de Ayuda del Banco Omega.
  - Propuso un enfoque de mejora continua en la mesa de ayuda del sector bancario.
  - La automatización de procesos redujo en 50% los tiempos de asignación de tickets y aumentó en 35% la satisfacción del usuario.

Estos antecedentes evidencian que la optimización del soporte técnico mediante herramientas digitales ha sido objeto de estudio en el contexto peruano, destacándose la implementación de modelos ITIL y la automatización de procesos como estrategias clave para la mejora operativa.

### 2.2.4 Relación de la Fundamentación Teórica con la Investigación

Con base en los antecedentes revisados, la presente investigación se sustenta en la aplicación de buenas prácticas de gestión de servicios de TI (ITIL V4), metodologías de transformación digital y automatización de procesos operativos para la optimización del soporte técnico en EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICO PRIVADO URUSAYHUA. Se plantea la hipótesis de que la implementación de una aplicación digital permitirá mejorar la eficiencia en la gestión de incidencias, reducir tiempos de atención y aumentar la satisfacción del usuario.

La investigación considera como base teórica el modelo de transformación digital de Brynjolfsson & McAfee (2014), el modelo de madurez de ITIL V4 (AXELOS, 2020) y el enfoque de reingeniería de procesos de Hammer & Champy (1993).

Desde una perspectiva empírica, se utilizarán métricas basadas en estudios previos, tales como:

- Tiempos de respuesta y resolución de incidencias (Marcapura Campos, 2022).
- Nivel de satisfacción del usuario con el soporte técnico (Colfer Contreras & Moral Guevara, 2023).
- Eficiencia en la clasificación y gestión de incidentes (Pisfil Arteaga, 2024).

A partir de estos enfoques teóricos y empíricos, se establecerá un modelo de medición de impacto basado en indicadores clave de rendimiento (KPIs), alineados con estándares internacionales de calidad en soporte técnico.

Este sustento teórico y empírico permitirá validar la hipótesis de que la implementación de una aplicación digital en EDUCACIÓN SUPERIOR

TECNOLÓGICO PRIVADO URUSAYHUA contribuirá a la optimización de la gestión operativa y el soporte técnico, mejorando la eficiencia y satisfacción del usuario.

### 2.2.5 Identificación y conceptualización de variables

En el presente estudio, se identificaron dos variables principales: la variable independiente denominada sistema de gestión de tickets con clasificación automática y la variable dependiente denominada tiempo de resolución de incidencias. Siguiendo la metodología de Hernández Sampieri (2014) y los principios de Hair, Black, Babin y Anderson (2019) sobre operacionalización de variables, se determinaron su tipo, nivel de medición, dimensiones, indicadores y fuentes de datos.

#### 2.2.5.1 Variable Independiente: Sistema de gestión de tickets con clasificación automática

**Definición conceptual:** Se definió como un sistema informático orientado a la gestión automatizada de incidencias, que permite registrar, clasificar y asignar tickets mediante el uso de algoritmos, con el objetivo de optimizar los procesos de soporte técnico y mejorar la eficiencia operativa.

**Definición operacional:** En el presente estudio, se evaluó el desempeño del sistema implementado a través de la capacidad del algoritmo de clasificación automática, utilizando como indicador el nivel de precisión en la categorización de incidencias.

**Dimensión: Desempeño del sistema**

Se refirió a la capacidad del sistema para clasificar adecuadamente las incidencias, contribuyendo a una gestión más eficiente del soporte técnico.

**Indicador: Desempeño del algoritmo**

**Descripción:** Representó el nivel de precisión del algoritmo en la clasificación automática de tickets.

**Medición:** Variable cuantitativa continua representada por el campo algorithm_score.

#### 2.2.5.2 Variable Dependiente: Tiempo de resolución de incidencias

**Definición conceptual:** Se definió como el tiempo transcurrido desde la creación de un ticket hasta su resolución final, constituyendo un indicador clave de la eficiencia operativa en la gestión del soporte técnico.

**Definición operacional:** Se midió a través del tiempo registrado en el sistema para cada incidencia, expresado en horas, permitiendo evaluar la eficiencia en la atención de los tickets.

**Dimensión: Eficiencia operativa**

Se refirió a la capacidad del área de soporte técnico para resolver incidencias en el menor tiempo posible, optimizando los recursos disponibles.

**Indicador: Tiempo de resolución**

**Descripción:** Representó el tiempo promedio requerido para resolver una incidencia.

**Medición:** Variable cuantitativa continua representada por el campo resolution_hours.

**Fórmula:**

$$T_{resol} = \left(\sum t_{resol}\right) / n$$

Donde:

- $T_{resol}$ = tiempo promedio de resolución
- $t_{resol}$ = tiempo individual por ticket
- n = número total de tickets

### 2.2.6 Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Ítems | Escala |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema de gestión de tickets con clasificación automática (VI) | Sistema informático que permite registrar, clasificar y gestionar incidencias mediante algoritmos, optimizando los procesos de soporte técnico. | Aplicación implementada en EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICO PRIVADO URUSAYHUA para la gestión de soporte técnico, evaluada a través del desempeño del algoritmo. | Desempeño del sistema | V.I.I.1 Desempeño del algoritmo (algorithm_score) | **Fórmula:** $algorithm_score$ **Donde:** $algorithm_score$ = valor de precisión del algoritmo en la clasificación de tickets | Proporcional |
| Tiempo de resolución de incidencias (VD) | Tiempo transcurrido desde la creación de un ticket hasta su resolución final, indicador de eficiencia operativa. | Tiempo registrado en el sistema para cada incidencia, medido en horas. | Eficiencia operativa | V.D.I.1 Tiempo de resolución (resolution_hours) | **Fórmula:** $T_resol = (\Sigma t_resol)/n$ **Donde:** $T_resol = tiempopromediode resolución$ $t_resol = tiempoindividualporticket$ $n = número\ total\ de\ tickets$ | |

***Nota.*** Elaboración propia

## 2.3 Marco conceptual

- **Automatización del soporte técnico:** Proceso mediante el cual se utilizan herramientas digitales para reducir la intervención humana en la gestión de incidencias, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo tiempos de respuesta. La automatización puede incluir inteligencia artificial para clasificación y asignación de tickets (Brynjolfsson & McAfee, 2014).
- **Clasificación automática de tickets:** Uso de algoritmos de aprendizaje automático para asignar categorías a los tickets de soporte sin intervención manual, optimizando la distribución de incidencias y reduciendo el tiempo de respuesta (Davenport, 1993).
- **Cumplimiento de SLA:** Medida del porcentaje de tickets resueltos dentro del tiempo establecido en los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA), garantizando la calidad del soporte técnico ofrecido a los usuarios (Hammer & Champy, 1993).
- **Diseño de software:** Conjunto de procesos estructurados para la creación de aplicaciones digitales, considerando principios de funcionalidad, usabilidad y automatización para mejorar la gestión operativa en una organización (Pressman, 1994).
- **Eficiencia operativa:** Capacidad de una organización para optimizar sus procesos y recursos, reduciendo costos y tiempos de ejecución sin comprometer la calidad del servicio (Hammer & Champy, 1993).
- **Funcionalidad del sistema:** Grado en que una aplicación cumple con los hammrequisitos establecidos para la gestión de incidencias, evaluando su desempeño en la resolución de problemas y en la automatización de tareas (ISO/IEC 25010:2011, 2011).
- **Índice de usabilidad:** Medición de la facilidad de uso de una aplicación digital, generalmente evaluada a través de la escala SUS (System Usability Scale), que mide la satisfacción del usuario con el sistema (Nielsen, 1994).
- **Nivel de automatización:** Grado en que un sistema reduce la intervención

humana en sus procesos, optimizando la clasificación y asignación de tickets mediante modelos de inteligencia artificial (Davenport, 1993).

- **Precisión del modelo de clasificación:** Porcentaje de predicciones correctas realizadas por un algoritmo de clasificación automática de tickets, comparando la asignación del sistema con la clasificación realizada por expertos (Mitchell, 2015).
- **Satisfacción del usuario:** Percepción del usuario sobre la calidad del soporte recibido, evaluada a través de encuestas y métricas de tiempo de respuesta, resolución de incidencias y reincidencia de tickets (Zeithaml & Parasuraman, 1988).
- **Sistema de gestión de incidencias:** Plataforma tecnológica utilizada para registrar, clasificar, priorizar y resolver problemas técnicos dentro de una organización, asegurando el cumplimiento de los niveles de servicio (Soto Yaulli, 2021).
- **Soporte técnico:** Conjunto de actividades orientadas a la asistencia y resolución de problemas tecnológicos dentro de una organización, garantizando la continuidad operativa y la satisfacción de los usuarios (ISO/IEC 25010:2011, 2011).
- **System Usability Scale (SUS):** Método estandarizado para medir la percepción de usabilidad de un sistema, compuesto por una escala de 10 preguntas con puntuaciones que van de 0 a 100, donde valores superiores a 68 indican buena usabilidad (Lee et al., 2010).

# CAPÍTULO III. Metodología de la investigación

## 3.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a resolver una problemática concreta relacionada con la gestión del soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. De acuerdo con Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), la investigación aplicada se orientó al estudio de problemas específicos y a la generación de conocimiento susceptible de utilizarse en situaciones concretas. En ese sentido, se diseñó e implementó un sistema de gestión de tickets con clasificación automática y, posteriormente, se evaluaron los cambios registrados en los indicadores relacionados con la resolución de incidencias. Para ello, se analizaron los registros operativos correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema, lo que permitió comparar el comportamiento del tiempo de resolución de las incidencias y determinar los resultados obtenidos después de incorporar la solución tecnológica.

## 3.2 Enfoque de la investigación

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, debido a que se analizaron datos numéricos obtenidos de los registros operativos de las incidencias gestionadas en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), el enfoque cuantitativo se caracterizó por la medición de variables y el análisis de los datos mediante procedimientos estadísticos, con la finalidad de contrastar hipótesis y establecer patrones de comportamiento entre las variables estudiadas.

En concordancia con este enfoque, se emplearon técnicas estadísticas para analizar el tiempo de resolución de las incidencias, el desempeño del algoritmo de clasificación automática y el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA). Asimismo, se compararon los registros correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema de gestión de tickets, con el propósito de determinar si se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de resolución de las incidencias.

## 3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue preexperimental, con medición antes y después de la implementación del sistema de gestión de tickets. Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), los diseños preexperimentales se caracterizaron por presentar un grado mínimo de control y permitieron evaluar los cambios observados después de la aplicación de una intervención. En la investigación, la intervención estuvo constituida por la implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua.

La evaluación se realizó mediante la comparación de registros operativos correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema. Para ello, se utilizaron datos obtenidos de los registros de incidencias de soporte técnico, principalmente aquellos relacionados con el tiempo de resolución de los tickets y los demás indicadores definidos en la investigación. Esta comparación permitió determinar si se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos periodos, sin recurrir a encuestas ni cuestionarios como técnicas de recolección de datos.

## 3.4 Alcance de investigación

La investigación presentó un alcance correlacional y comparativo. El componente correlacional estuvo orientado a determinar la relación entre los indicadores asociados con el funcionamiento del sistema de gestión de tickets y el tiempo de resolución de las incidencias. Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), los estudios correlacionales permitieron establecer el grado de asociación existente entre dos o más variables o conceptos dentro de un contexto determinado. En concordancia con este alcance, se analizaron las relaciones entre el desempeño del algoritmo de clasificación automática, los indicadores asociados con los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y el tiempo de resolución de las incidencias.

Asimismo, la investigación incorporó un componente comparativo, debido a que se contrastaron los registros operativos correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema de gestión de tickets. Esta comparación permitió determinar si el tiempo de resolución de las incidencias presentó diferencias estadísticamente significativas después de la incorporación de la solución tecnológica.

Para el análisis inferencial se empleó la correlación de Spearman en el estudio de las relaciones entre variables y la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de los periodos antes y después, debido a que los datos analizados no presentaron una distribución normal.

## 3.5 Población y muestra

### 3.5.1 Población

La población estuvo constituida por los registros de incidencias de soporte técnico correspondientes al área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua durante el periodo establecido para la investigación. De acuerdo con Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), la población estuvo conformada por el conjunto de casos que compartieron determinadas características y sobre los cuales se pretendió obtener información relacionada con el fenómeno estudiado. En este sentido, se consideraron los registros de tickets que contenían información necesaria para el análisis de los indicadores definidos en la investigación, entre ellos el tiempo de resolución de las incidencias y los datos asociados con su gestión.

Para efectos del estudio, se consideraron registros correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática.

### 3.5.2 Descripción de muestra

Se analizaron 968 registros de tickets correspondientes al periodo establecido para la investigación. Debido a que se tuvo acceso a la totalidad de los registros disponibles que cumplieron con las condiciones establecidas para el análisis, no se realizó una selección muestral, sino que se trabajó con un censo de los registros elegibles. Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) señalaron que, cuando resulta posible estudiar la totalidad de los casos que conforman la población delimitada, estos pueden ser incluidos en el estudio sin necesidad de seleccionar una muestra.

En consecuencia, los 968 registros constituyeron las unidades de observación utilizadas para el procesamiento y análisis estadístico. Sobre estos datos se realizaron los procedimientos descriptivos e inferenciales establecidos en la investigación para

examinar las relaciones entre los indicadores estudiados y comparar los resultados correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema.

## 3.6 Técnica e instrumento

### 3.6.1 Técnica

Se empleó el análisis documental de registros como técnica para la recolección de datos, debido a que la información utilizada procedió de los registros operativos de las incidencias de soporte técnico correspondientes al periodo de estudio. Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), el análisis de fuentes documentales permitió obtener información previamente registrada que resultó pertinente para responder a los objetivos de una investigación. En este estudio, la revisión de los registros permitió recuperar datos cuantitativos relacionados con las incidencias y los indicadores definidos para su posterior procesamiento estadístico.

### 3.6.2 Instrumento

Se empleó una ficha de registro de datos elaborada a partir de las variables e indicadores establecidos en la investigación. Esta permitió organizar de manera estructurada la información extraída de los registros de incidencias de soporte técnico, incluyendo el tiempo de resolución, los datos relacionados con la clasificación automática y los demás indicadores operativos considerados en el estudio. La información consolidada se almacenó en una base de datos para facilitar su depuración, codificación y posterior análisis estadístico.

## 3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los registros de incidencias correspondientes a los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema fueron extraídos y organizados en una base de datos estructurada para su procesamiento. Posteriormente, se realizó la revisión y depuración de los registros con el propósito de identificar datos incompletos, inconsistentes o que no cumplieran con las condiciones establecidas para el análisis. Una vez preparada la información, los datos fueron procesados mediante el software IBM SPSS Statistics.

El análisis estadístico comprendió procedimientos descriptivos e inferenciales. Inicialmente, se evaluó la distribución de los datos mediante una prueba de normalidad. Debido a que las variables analizadas no presentaron una distribución normal, se utilizaron pruebas no paramétricas. Para analizar las relaciones entre las variables se empleó el coeficiente de correlación de Spearman, mientras que para comparar el tiempo de resolución de las incidencias entre los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. La contrastación de las hipótesis se realizó considerando el nivel de significancia establecido en la investigación.

## 3.8 Procedimiento de procesamiento de datos

El procesamiento y análisis de los datos se desarrolló mediante etapas sucesivas orientadas a organizar, depurar y analizar la información obtenida de los registros de incidencias. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el procesamiento de datos cuantitativos comprendió la preparación de la información y la aplicación de procedimientos estadísticos acordes con las características de las variables y los objetivos de la investigación.

**Etapa 1: Implementación del sistema y generación de datos**

En la primera etapa, se desarrolló e implementó un sistema de gestión de tickets con clasificación automática mediante la integración de un plugin en la plataforma WordPress institucional. El sistema fue desplegado en el entorno operativo del área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua y permitió registrar, clasificar y gestionar las incidencias de soporte técnico. A partir de su funcionamiento se obtuvieron registros relacionados con el tiempo de resolución de las incidencias, la clasificación de los tickets y el desempeño del algoritmo, los cuales constituyeron la información empírica utilizada posteriormente en el análisis cuantitativo.

**Etapa 2: Extracción y organización de datos**

En la segunda etapa, los registros correspondientes a los periodos considerados en la investigación fueron extraídos de las fuentes de datos disponibles y organizados en una estructura tabular. La información fue ordenada de acuerdo con las variables e

indicadores definidos en el estudio, lo que facilitó su revisión, depuración y posterior procesamiento estadístico.

**Etapa 3: Limpieza y validación de datos**

En la tercera etapa, se revisaron los registros con el propósito de identificar posibles inconsistencias en el conjunto de datos. Para ello, se verificó la existencia de registros duplicados, incompletos o inconsistentes, así como la coherencia de los valores correspondientes a las variables analizadas. Este procedimiento permitió disponer de una base de datos depurada para la aplicación de las técnicas estadísticas.

**Etapa 4: Análisis descriptivo**

En la cuarta etapa, se realizó el análisis descriptivo de los datos mediante medidas de tendencia central y dispersión, con la finalidad de caracterizar el comportamiento de los indicadores considerados en la investigación.

**Etapa 5: Análisis inferencial**

En la quinta etapa, los datos fueron procesados mediante IBM SPSS Statistics versión 27. Inicialmente, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de los datos. Debido a que los resultados evidenciaron una distribución no normal, se utilizaron procedimientos estadísticos no paramétricos. Se empleó el coeficiente de correlación de Spearman para analizar las relaciones planteadas entre los indicadores estudiados y la prueba U de Mann-Whitney para comparar el tiempo de resolución de las incidencias entre los periodos anterior y posterior a la implementación del sistema. La selección de estas pruebas respondió a la distribución de los datos y a las hipótesis formuladas en la investigación.

**Etapa 6: Interpretación de resultados**

Finalmente, los resultados obtenidos fueron interpretados en correspondencia con los objetivos y las hipótesis de la investigación. El análisis permitió determinar las relaciones existentes entre los indicadores estudiados y establecer si se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de resolución de las incidencias entre los periodos anterior y posterior a la implementación. Asimismo, los resultados relacionados con el desempeño de la clasificación automática permitieron evaluar su

aporte dentro del proceso de gestión de tickets. En conjunto, estos hallazgos proporcionaron evidencia empírica para valorar la contribución del sistema implementado a la mejora de la gestión de las incidencias de soporte técnico en el contexto institucional estudiado.

## 3.9 Confiabilidad y validez

La confiabilidad de los datos se sustentó en la revisión sistemática de los registros operativos utilizados en la investigación. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la calidad de los datos constituyó un aspecto fundamental del proceso cuantitativo, debido a que la información empleada debía guardar correspondencia con las variables, los objetivos y las hipótesis establecidas.

En cuanto a la consistencia de la información, los registros fueron sometidos a un proceso de revisión y depuración previo al análisis estadístico. Este procedimiento comprendió la identificación de posibles registros duplicados, incompletos o inconsistentes y la verificación de la coherencia de los valores almacenados. Debido a que las variables analizadas procedieron de registros operativos de las incidencias, su procesamiento se realizó a partir de la información almacenada durante la gestión de los tickets.

Respecto a la validez de los datos, se verificó la correspondencia entre los campos seleccionados de los registros y los indicadores establecidos en la investigación. En particular, se consideró información relacionada con el tiempo de resolución de las incidencias, el desempeño del algoritmo de clasificación automática y los demás indicadores operativos definidos en el estudio. Esta correspondencia permitió analizar información directamente relacionada con los objetivos y las hipótesis formuladas.

Asimismo, los procedimientos estadísticos fueron seleccionados de acuerdo con la naturaleza y distribución de los datos. La prueba de Shapiro-Wilk permitió evaluar la normalidad; posteriormente, el coeficiente de correlación de Spearman se utilizó para examinar las relaciones entre los indicadores correspondientes, mientras que la prueba U de Mann-Whitney permitió comparar los resultados de los periodos anterior y posterior a la implementación.

# CAPÍTULO IV. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El presente capítulo describió la arquitectura del sistema propuesto para la gestión de tickets de soporte técnico. En esta sección se expusieron los componentes estructurales y lógicos que conformaron la solución desarrollada, así como los principios teóricos que sustentaron el modelo algorítmico utilizado para el procesamiento y clasificación de incidencias. Asimismo, se detalló la organización de los módulos del sistema, la estructura de datos empleada y el modelo de funcionamiento que permitió integrar el registro, seguimiento y resolución de solicitudes de soporte. De esta manera, la arquitectura presentada estableció el marco técnico que permitió implementar un sistema capaz de gestionar eficientemente las incidencias reportadas por los usuarios, apoyándose en métodos computacionales fundamentados en la literatura científica sobre clasificación de texto y sistemas de soporte automatizados.

## 4.1 Fundamentación teórica del modelo algorítmico

El diseño del componente de clasificación automática de incidencias se sustentó en un análisis teórico-científico de los modelos de clasificación de texto utilizados en sistemas de gestión de incidencias y servicios de soporte técnico. Diversos estudios en el área de minería de texto y procesamiento de lenguaje natural han demostrado que los algoritmos de aprendizaje supervisado permiten automatizar la categorización de documentos textuales con niveles elevados de precisión y eficiencia (Manning, Raghavan & Schütze, 2008; Jurafsky & Martin, 2020).

En los sistemas de mesa de ayuda (help desk systems), las incidencias reportadas por los usuarios se presentan generalmente como descripciones textuales que contienen información sobre problemas técnicos, errores de software o fallos de infraestructura. Desde una perspectiva computacional, estas descripciones pueden modelarse como documentos dentro de un corpus textual que debe ser clasificado en categorías predefinidas. De acuerdo con Sebastiani (2002), la clasificación automática de textos constituye una de las aplicaciones más consolidadas del aprendizaje automático en el campo de la recuperación de información.

Con base en estos fundamentos, el problema abordado en esta investigación se formuló como un problema de clasificación supervisada de documentos. En este

contexto, el objetivo del algoritmo consistió en aprender una función de clasificación capaz de asignar una categoría a una incidencia a partir del contenido textual de su descripción.

Formalmente, el modelo puede definirse mediante la siguiente función de clasificación:

$$f : X \rightarrow Y$$

donde:

- $X$: representa el espacio de documentos o descripciones de tickets.
- $Y$: Y representa el conjunto de categorías posibles.
- $f$: representa el modelo de clasificación aprendido.

Sea el conjunto de incidencias registradas:

$$D = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$$

donde cada ticket $ti$ corresponde a un documento textual asociado a una categoría $yi$ .

El conjunto de entrenamiento puede expresarse como:

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$$

donde $xi$ representa la representación vectorial del documento y $yi$ corresponde a su etiqueta de clasificación.

### 4.1.1 Representación vectorial de las incidencias

Para que los algoritmos de aprendizaje automático puedan procesar información textual, los documentos deben transformarse en una representación numérica. En este trabajo se empleó el esquema TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency), ampliamente utilizado en tareas de minería de texto y recuperación de información (Salton & Buckley, 1988).

Sea el vocabulario del corpus:

$$V = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_m\}$$

Cada documento se representó como un vector:

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im})$$

donde cada componente $xij$ corresponde al peso asociado al término $wj$ en el documento $ti$.

El peso TF-IDF se calculó mediante la siguiente expresión:

$$TFIDF(w,d) = TF(w,d) \times IDF(w)$$

donde la frecuencia del término se definió como:

$$TF(w,d) = \frac{f(w,d)}{\sum_{w' \in d} f(w',d)}$$

y la frecuencia inversa de documento se calculó como:

$$IDF(w) = \log\left(\frac{N}{df(w)}\right)$$

donde:

- $f(w,d)$ representa la frecuencia del término $w$ en el documento $d$.
- $N$ corresponde al número total de documentos del corpus.
- $df(w)$ indica el número de documentos que contienen el término $w$.

Este método permitió asignar mayor peso a los términos relevantes dentro del documento y reducir la influencia de palabras frecuentes que no aportan información significativa.

### 4.1.2 Modelo de clasificación mediante Support Vector Machines

Una vez representadas las incidencias como vectores numéricos, se aplicó un modelo de clasificación basado en Support Vector Machines (SVM). Este algoritmo fue seleccionado debido a su eficacia en problemas de clasificación de texto y su capacidad para manejar espacios de alta dimensionalidad (Joachims, 1998).

El modelo SVM busca encontrar un hiperplano que separe de forma óptima los vectores pertenecientes a diferentes categorías. El hiperplano se define mediante la siguiente ecuación:

$$w \cdot x + b = 0$$

donde:

- $w$ representa el vector de pesos del modelo.
- $x$ corresponde al vector de características del documento.
- $b$ es el término de sesgo.

El objetivo del algoritmo consiste en encontrar el hiperplano que maximice la distancia entre las clases, conocida como margen máximo. Este problema puede formularse como una optimización:

$$min_{(w,b)} 1/2 \left|\left|w\right|\right|^2$$

sujeto a la restricción:

$$y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1$$

para todo $i = 1,2,\ldots,n$.

Este enfoque permitió construir un modelo capaz de clasificar nuevas incidencias a partir de su representación vectorial, asignándolas a la categoría más probable dentro del sistema de soporte técnico.

### 4.1.3 Modelo para el análisis del conjunto de datos

En el desarrollo del modelo propuesto se realizó un análisis del conjunto de datos con el objetivo de comprender la estructura de la información que sería procesada por el sistema de clasificación de incidencias. Este análisis permitió identificar las variables relevantes, caracterizar los atributos presentes en los registros de soporte técnico y establecer la forma en que los datos serían representados para su posterior tratamiento mediante técnicas de aprendizaje automático.

El análisis previo de los datos constituye una etapa fundamental dentro del proceso de minería de datos y aprendizaje automático, ya que permite comprender la

naturaleza de la información disponible, identificar patrones preliminares y preparar adecuadamente los datos para la construcción de modelos predictivos (Han, Kamber & Pei, 2012). De manera similar, Aggarwal (2015) señala que el análisis inicial del conjunto de datos facilita la identificación de atributos relevantes y permite definir la representación adecuada de los datos antes de aplicar algoritmos de clasificación.

El conjunto de datos utilizado en el sistema estuvo compuesto por registros de incidencias técnicas que representaron solicitudes de soporte generadas por los usuarios dentro del entorno institucional. Cada registro correspondió a un ticket que describía un problema técnico detectado, junto con información adicional relacionada con la gestión del incidente.

Desde una perspectiva formal, el conjunto de datos se representó como un conjunto de observaciones:

$$D = x^1, x^2, x^3, \dots, x_{\mathrm{n}}$$

donde cada elemento $x_i$correspondió a un ticket registrado en el sistema.

Cada ticket fue modelado como un vector de atributos que describía las características relevantes de la incidencia reportada. De forma general, cada observación se representó mediante la siguiente estructura:

$$x_{\mathrm{i}} = (id_{\mathrm{i}}, titulo_{\mathrm{i}}, descripcion_{\mathrm{i}}, categoria_{\mathrm{i}}, prioridad_{\mathrm{i}}, fecha_{\mathrm{i}})$$

donde:

- $\boldsymbol{id_i}$ correspondió al identificador único del ticket.
- $\boldsymbol{titulo_i}$ representó un resumen breve del incidente reportado.
- $\boldsymbol{descripcion_i}$ contuvo la descripción textual detallada del problema.
- $\boldsymbol{categoria_i}$ indicó el tipo de incidencia técnica.
- $\boldsymbol{prioridad_i}$ representó el nivel de urgencia del ticket.
- $\boldsymbol{fecha_i}$ correspondió a la fecha de registro de la solicitud.

Dentro de esta estructura de datos, la variable descripción del incidente constituyó el atributo principal para el procesamiento algorítmico, debido a que contiene la

información textual necesaria para identificar la naturaleza del problema reportado por el usuario. En el contexto de la clasificación de texto, los documentos suelen representarse mediante descripciones textuales que posteriormente son transformadas en vectores numéricos para su procesamiento por algoritmos de aprendizaje automático (Manning, Raghavan & Schütze, 2008).

Asimismo, el conjunto de datos incluyó una variable de categoría que permitió asociar cada incidencia a un tipo específico de problema técnico. Las categorías consideradas dentro del sistema fueron definidas como:

$$Y = Hardware, Software, Red, Acceso, Otros$$

Estas categorías permitieron estructurar el espacio de clasificación del modelo algorítmico y facilitar la organización de las incidencias dentro del sistema de soporte técnico.

En consecuencia, el análisis del conjunto de datos permitió comprender la estructura de la información procesada por el sistema y establecer las bases necesarias para el tratamiento computacional de las incidencias. A partir de esta caracterización inicial se procedió posteriormente a realizar el análisis estadístico descriptivo del conjunto de datos y a aplicar los procedimientos de procesamiento de texto requeridos para la implementación del modelo de clasificación automática.

## 4.2 Arquitectura general del sistema

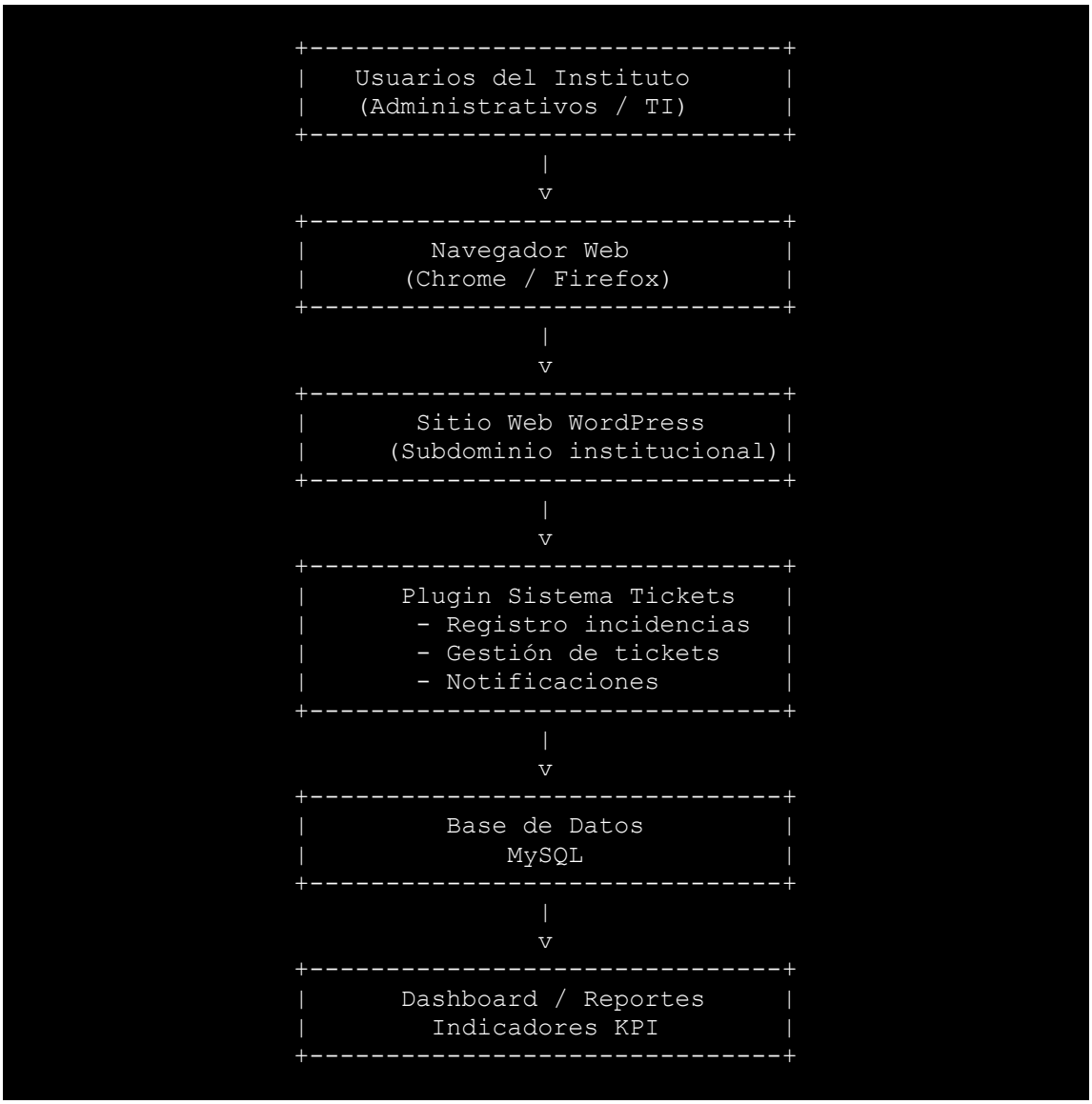
La arquitectura del sistema se diseñó bajo un enfoque modular, web y centralizado, con el propósito de gestionar de manera ordenada las solicitudes de soporte técnico en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. La solución se implementó como un plugin sobre WordPress, debido a que esta plataforma permitió aprovechar la infraestructura web existente, reducir los tiempos de desarrollo y facilitar la administración del sistema desde una interfaz conocida por los usuarios responsables de la gestión institucional.

Desde el punto de vista funcional, la arquitectura se organizó en tres capas principales: capa de presentación, capa lógica de negocio y capa de datos. Esta estructura permitió separar la interacción del usuario, el procesamiento de las reglas operativas y el almacenamiento de la información, favoreciendo la mantenibilidad, escalabilidad y

trazabilidad del sistema. Este enfoque resultó coherente con la necesidad de disponer de una aplicación digital capaz de optimizar procesos, automatizar tareas y registrar indicadores de desempeño del soporte técnico.

**Figura 6**

Arquitectura general del sistema de soporte técnico.




**Fuente:** Elaboración propia.

La capa de presentación estuvo conformada por las interfaces web a las que accedieron los usuarios administrativos y el personal técnico. En esta capa se habilitaron formularios para el registro de incidencias, vistas de seguimiento de tickets, paneles de control y módulos de evaluación del servicio. La capa lógica de negocio concentró las

funciones del plugin encargadas de validar datos, clasificar solicitudes, asignar estados, calcular tiempos de atención y generar indicadores.

Finalmente, la capa de datos se apoyó en MySQL, donde se almacenaron los tickets, los eventos de interacción, los resultados de las encuestas y los registros históricos necesarios para el análisis de la investigación.

La metodología del proyecto ya contempló precisamente el uso de registros del sistema, encuestas y almacenamiento estructurado en base de datos para evaluar el impacto de la aplicación.

### 4.2.1 Tipo de arquitectura empleada

La solución adoptó una arquitectura cliente-servidor. En este modelo, los usuarios interactuaron con el sistema a través de un navegador web, mientras que el servidor procesó las solicitudes, ejecutó las funciones del plugin y accedió a la base de datos institucional. Esta decisión técnica se justificó porque el sistema debía operar en red local o mediante un subdominio institucional, permitiendo el acceso controlado de personal autorizado sin requerir instalaciones individuales en cada equipo.

Asimismo, la arquitectura respondió a una organización por componentes. Cada módulo del plugin cumplió una función específica dentro del flujo del soporte técnico: registrar incidencias, administrar tickets, notificar estados, almacenar evidencias, evaluar la experiencia de uso y mostrar indicadores de desempeño. Este diseño modular guardó correspondencia con antecedentes previos sobre sistemas help desk, en los cuales la integración de componentes especializados mejoró la trazabilidad de solicitudes, disminuyó errores humanos y optimizó la asignación de recursos.

### 4.2.2 Componentes de la arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema estuvo integrada por los siguientes componentes:

#### 4.2.2.1 Módulo de autenticación y control de acceso

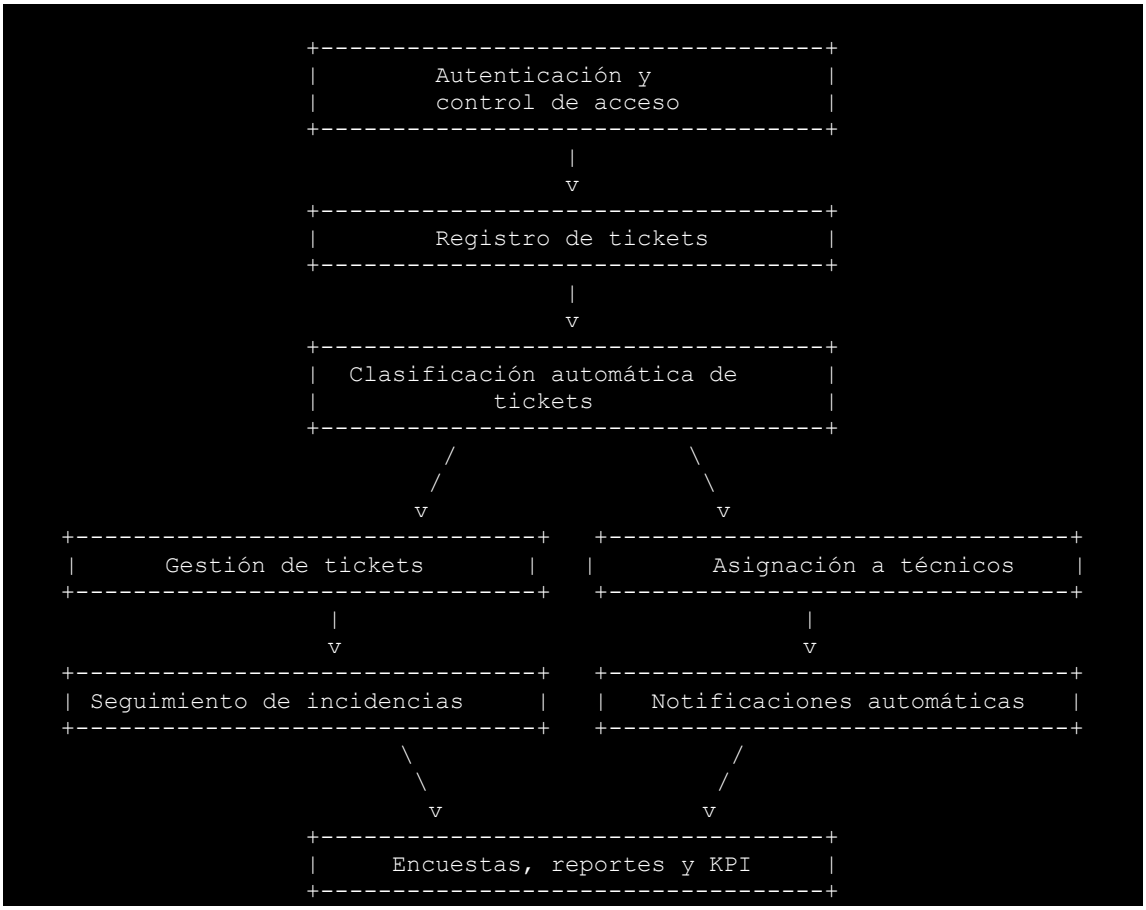
Este componente reguló el ingreso al sistema mediante credenciales de usuario. Se definieron perfiles diferenciados, tales como administrador, técnico de soporte y usuario solicitante. Con ello se aseguró que cada actor accediera únicamente a las funciones correspondientes a su rol.

#### 4.2.2.2 Módulo de registro de tickets

Este módulo permitió ingresar incidencias técnicas mediante un formulario web estructurado. Cada solicitud registró datos como asunto, descripción del problema, prioridad, fecha de creación, área solicitante y estado del ticket. Este componente se vinculó directamente con la variable de funcionalidad del sistema, debido a que permitió medir el porcentaje de tickets procesados correctamente.

**Figura 7**

Diagrama de componentes del plugin de soporte técnico.




**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.2.3 Módulo de gestión y seguimiento de tickets

Este componente permitió visualizar el estado de cada incidencia a lo largo de su ciclo de vida. El técnico pudo actualizar el ticket, reasignarlo, registrar observaciones, adjuntar evidencia y marcar su resolución. A su vez, el usuario solicitante pudo consultar

el avance de su requerimiento, lo cual fortaleció la transparencia y la trazabilidad del proceso.

#### 4.2.2.4 Módulo de notificaciones

Este módulo emitió avisos automáticos ante eventos relevantes, como creación del ticket, cambio de estado, asignación a técnico y cierre del caso. Su función consistió en reducir la incertidumbre del usuario y mejorar la comunicación operativa entre las partes involucradas.

#### 4.2.2.5 Módulo de encuesta de satisfacción y usabilidad

Luego de la atención del ticket, el sistema habilitó un instrumento para medir la percepción del usuario respecto al servicio recibido y a la facilidad de uso de la plataforma. Esta decisión resultó coherente con la estructura metodológica de la investigación, que consideró indicadores de usabilidad, tiempo de adaptación y satisfacción del usuario.

#### 4.2.2.6 Módulo de reportes e indicadores

Este componente consolidó la información histórica del sistema y generó reportes para la toma de decisiones. Entre los indicadores principales figuraron el tiempo promedio de resolución, el porcentaje de tickets gestionados correctamente, el nivel de satisfacción del usuario y el cumplimiento de SLA. La tesis base ya definió estos KPI como métricas de evaluación del impacto del sistema.

### 4.2.3 Flujo de funcionamiento del sistema

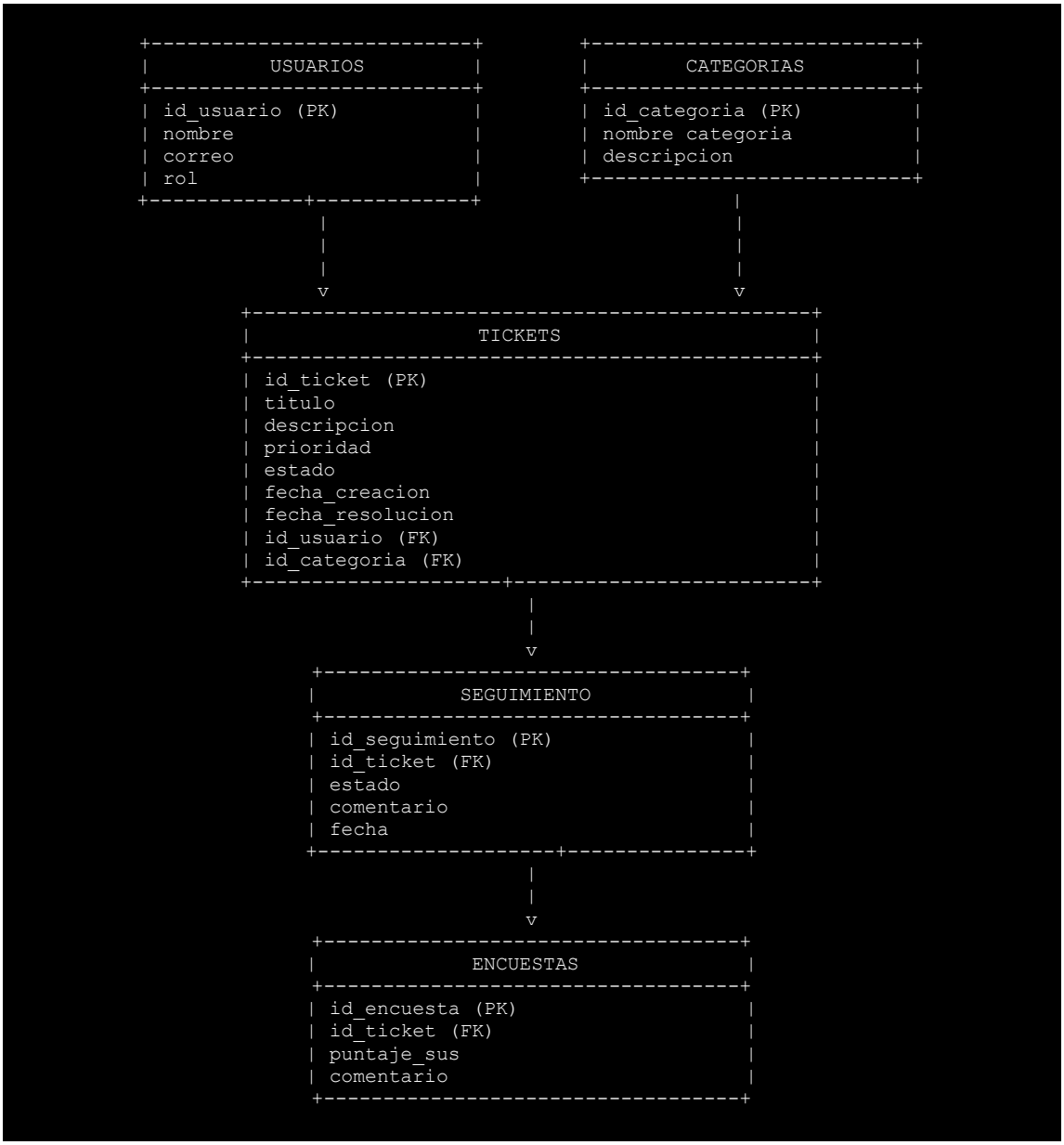
El funcionamiento del sistema inició cuando el usuario administrativo ingresó al formulario de soporte y registró una incidencia. Una vez enviada la solicitud, el plugin generó automáticamente un ticket único y lo almacenó en la base de datos. Seguidamente, el sistema notificó al personal técnico y colocó la solicitud en estado pendiente.

Luego, el técnico responsable accedió al panel de gestión, revisó la incidencia y procedió a clasificarla según su tipo, prioridad y nivel de atención requerido. Durante este proceso, el estado del ticket pudo cambiar a en atención, en espera o resuelto. Cada cambio quedó registrado para asegurar la trazabilidad completa del caso.

Una vez atendida la solicitud, el técnico cerró el ticket y el sistema habilitó la encuesta de evaluación. Finalmente, la información recopilada pasó al módulo de reportes, donde fue utilizada para calcular indicadores de rendimiento y analizar el comportamiento del servicio de soporte técnico. Este flujo se alineó con el objetivo de medir tiempos de respuesta, satisfacción y eficiencia operativa mediante registros históricos y encuestas estructuradas.

**Figura 8**

Modelo entidad-relación simplificado del sistema de tickets.




**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.2.4 Arquitectura lógica

Desde la perspectiva lógica, la solución se organizó en procesos interdependientes. El primero correspondió a la captura de datos del ticket. El segundo se relacionó con la validación de la información y la aplicación de reglas de negocio. El tercero gestionó el ciclo de vida del ticket. El cuarto administró la generación de indicadores y la visualización de reportes.

La arquitectura lógica permitió que cada proceso actuara de forma coordinada, pero desacoplada, favoreciendo futuras ampliaciones del sistema. Por ejemplo, el sistema pudo evolucionar posteriormente hacia mecanismos de clasificación automática de tickets, línea que ya había sido considerada en antecedentes internacionales y nacionales sobre automatización del soporte técnico.

### 4.2.5 Arquitectura física

La arquitectura física del sistema estuvo compuesta por un servidor web con WordPress instalado, el plugin de gestión de tickets, una base de datos MySQL y los equipos cliente desde los cuales accedieron los usuarios y técnicos. El servidor alojó tanto la interfaz del sistema como la lógica del plugin y el almacenamiento persistente de la información.

En el lado cliente, los usuarios utilizaron navegadores web desde equipos de escritorio o portátiles conectados a la red institucional. Esta disposición redujo la necesidad de instalaciones locales y facilitó la administración centralizada. Además, el uso de WordPress como base tecnológica hizo viable la implementación dentro de un subdominio institucional, con mantenimiento simplificado y menor costo operativo.

## 4.3 Modelo de datos del sistema

El modelo de datos se estructuró alrededor de entidades principales. La entidad usuarios almacenó la información de autenticación y perfil. La entidad tickets registró los datos centrales de la incidencia. La entidad seguimiento guardó los cambios de estado, observaciones y fechas de atención. La entidad encuestas conservó las respuestas sobre satisfacción y usabilidad. La entidad categorías permitió clasificar los incidentes por tipo de problema. Finalmente, la entidad reportes facilitó la consulta consolidada de indicadores.

La relación entre estas entidades permitió reconstruir el historial completo de cada solicitud, medir el tiempo transcurrido desde su creación hasta su cierre y generar métricas alineadas con la operacionalización de variables definida en la investigación, especialmente en lo referido a tickets procesados correctamente, tiempo promedio de resolución y satisfacción del usuario.

## 4.4 Diseño de interfaces de usuario

El sistema de gestión de tickets desarrollado incluyó un conjunto de interfaces diseñadas bajo criterios de usabilidad, accesibilidad y eficiencia operativa, permitiendo a los usuarios registrar, gestionar y dar seguimiento a incidencias de soporte técnico.

Las interfaces fueron desarrolladas utilizando tecnologías web modernas, priorizando la simplicidad en la interacción y la reducción de tiempos de respuesta en la ejecución de tareas críticas.

A continuación, se describen las principales interfaces del sistema:

### 4.4.1 Interfaz de inicio de sesión

**Descripción:**

Esta interfaz permite la autenticación de los usuarios mediante credenciales (usuario y contraseña), garantizando el acceso seguro al sistema **(Figura 9)**.

**Funciones principales:**

- Validación de credenciales.
- Control de acceso por roles.
- Redirección al dashboard.

### 4.4.2 Interfaz de registro de tickets

**Descripción:**

Permite a los usuarios registrar nuevas incidencias especificando información relevante para su clasificación y resolución **(**Error! Reference source not found.**)**.

**Campos principales:**

- Título del problema.

- Descripción.
- Categoría.
- Prioridad.
- Área afectada.

**Funcionalidades:**

- Registro de incidencias.
- Clasificación automática (ML).
- Asignación inicial.

**Figura 9**

Interfaz de inicio de sesión.




**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.4.3 Interfaz de gestión de tickets

**Descripción:**

Muestra el listado de incidencias registradas, permitiendo su administración y seguimiento **(Figura 11)**.

**Funciones:**

- Visualización de tickets
- Filtrado por estado
- Edición de incidencias
- Asignación a técnicos

**Figura 10**

Registro de tickets.




**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.4.4 Interfaz de asignación de incidencias

**Descripción:**

Permite asignar tickets a técnicos según prioridad, carga laboral o clasificación automática **(Figura 14)**.

**Funciones:**

- Asignación manual
- Reasignación
- Priorización

### 4.4.5 Interfaz de seguimiento y estado

**Descripción:**

Permite monitorear el estado de los tickets en tiempo real **(Figura 13)**.

**Estados:**

- Pendiente
- En proceso
- Resuelto

### 4.4.6 Interfaz de reportes y dashboard

**Descripción:**

Proporciona indicadores clave para la toma de decisiones **(Figura 15)**.

**Indicadores:**

- Tiempo promedio de resolución
- Tickets por día
- Nivel de satisfacción
- Distribución por categorías

### 4.4.7 Interfaz de exportación de datos

**Descripción:**

Permite exportar los tickets registrados en el sistema en un formato estructurado (CSV), facilitando su análisis externo y el monitoreo del desempeño del algoritmo de clasificación automática implementado **(Figura 12)**.

**Filtros disponibles:**

- Año

- Estado del ticket
- Área solicitante

**Funcionalidades:**

- Exportación de tickets en formato CSV
- Generación de dataset para análisis estadístico
- Inclusión de variables algorítmicas (categoría predicha y score)
- Cálculo de indicadores como tiempo de resolución
- Segmentación de datos para análisis por periodos o áreas

**Propósito analítico:**

- Monitorear el comportamiento del algoritmo de clasificación automática
- Evaluar la precisión de la categorización de tickets
- Analizar la relación entre el score algorítmico y el tiempo de resolución
- Identificar patrones de error o inconsistencias en la clasificación

**Salida del sistema:**

Archivo CSV que contiene:

- ID del ticket
- Título
- Estado
- Prioridad
- Área solicitante
- Categoría predicha
- Score algorítmico
- Fecha de creación
- Fecha de resolución

- Tiempo de resolución

**Figura 11**

Gestión de tickets




**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 12**

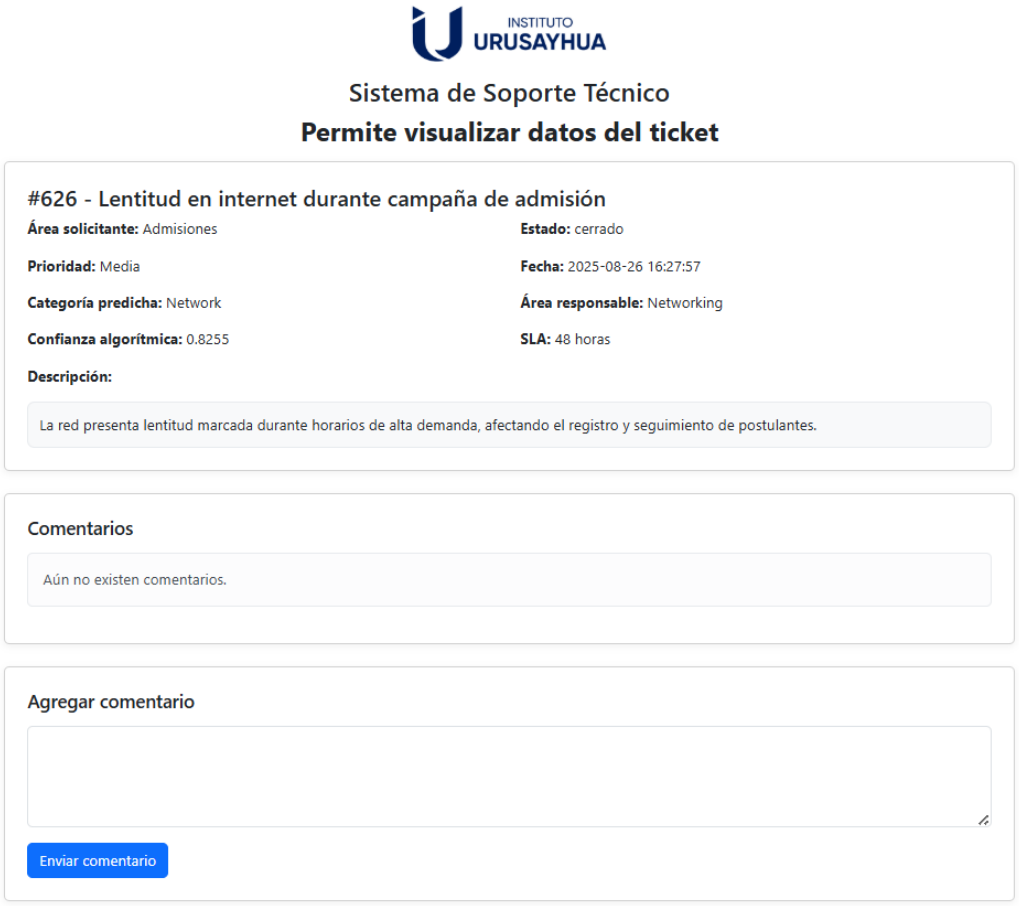
Exportación de datos.




**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 13**

Seguimiento y estado.




**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 14**

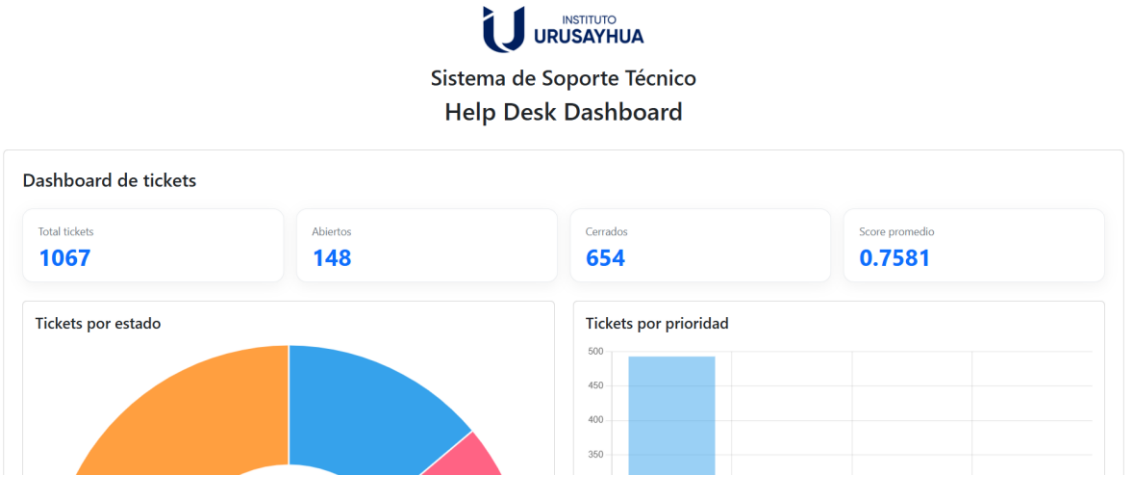
Asignación de tickets




**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 15**

Dashboard




**Fuente:** Elaboración propia.

# CAPÍTULO V. Resultados, contrastación de hipótesis y discusión

## 5.1 Preparación y procesamiento de datos

### 5.1.1 Extracción de datos del sistema

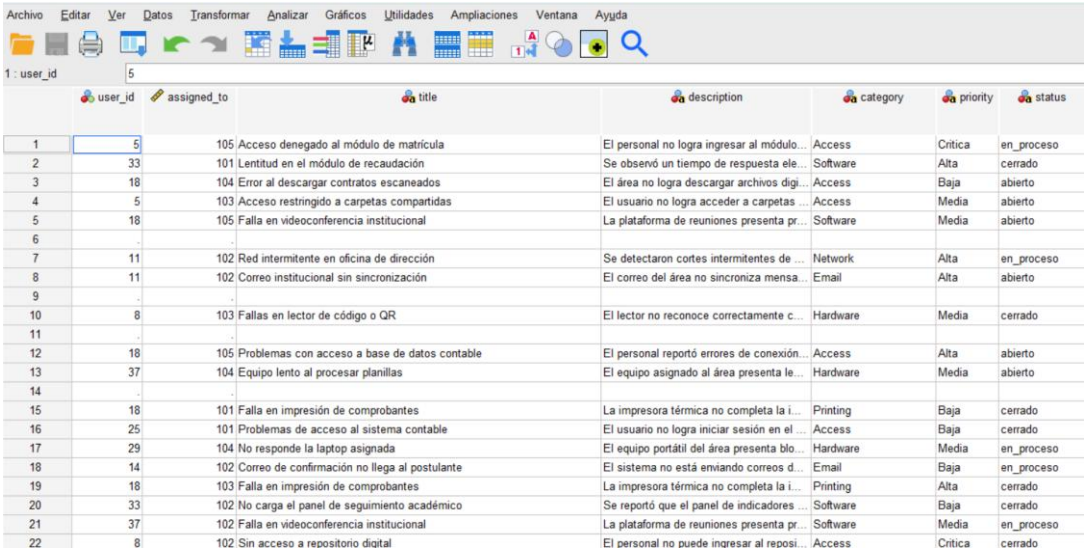
Los datos utilizados en la presente investigación fueron extraídos directamente del sistema de gestión de tickets desarrollado, mediante la interfaz de exportación en formato CSV. Esta funcionalidad permitió obtener un conjunto de datos estructurado que contiene información relevante sobre las incidencias registradas durante el periodo de estudio.

El archivo exportado incluyó variables operativas y analíticas tales como el estado del ticket, la prioridad, el área solicitante, la categoría predicha por el algoritmo, el puntaje algorítmico, la fecha de creación y la fecha de resolución. Asimismo, se incorporó la variable derivada denominada tiempo de resolución, calculada a partir de la diferencia entre la fecha de creación y la fecha de cierre del ticket.

Esta información constituyó la base para el análisis estadístico, permitiendo evaluar tanto el comportamiento del sistema como el desempeño del algoritmo de clasificación automática.

**Figura 16**

Importación datos SPSS.




| | user_id | assigned_to | title | description | category | priority | status |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 105 | Acceso denegado al módulo de matrícula | El personal no logra ingresar al módulo... | Access | Critica | en_proceso |
| 2 | 33 | 101 | Lentitud en el módulo de recaudación | Se observó un tiempo de respuesta ele... | Software | Alta | cerrado |
| 3 | 18 | 104 | Error al descargar contratos escaneados | El área no logra descargar archivos digi... | Access | Baja | abierto |
| 4 | 5 | 103 | Acceso restringido a carpetas compartidas | El usuario no logra acceder a carpetas ... | Access | Media | abierto |
| 5 | 18 | 105 | Falla en videoconferencia institucional | La plataforma de reuniones presenta pr... | Software | Media | abierto |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | 11 | 102 | Red intermitente en oficina de dirección | Se detectaron cortes intermitentes de ... | Network | Alta | en_proceso |
| 8 | 11 | 102 | Correo institucional sin sincronización | El correo del área no sincroniza mensa... | Email | Alta | abierto |
| 9 | . | | | | | | |
| 10 | 8 | 103 | Fallas en lector de código o QR | El lector no reconoce correctamente c... | Hardware | Media | cerrado |
| 11 | . | . | | | | | |
| 12 | 18 | 105 | Problemas con acceso a base de datos contable | El personal reportó errores de conexión... | Access | Alta | abierto |
| 13 | 37 | 104 | Equipo lento al procesar planillas | El equipo asignado al área presenta le... | Hardware | Media | abierto |
| 14 | . | . | | | | | |
| 15 | 18 | 101 | Falla en impresión de comprobantes | La impresora térmica no completa la i... | Printing | Baja | cerrado |
| 16 | 25 | 101 | Problemas de acceso al sistema contable | El usuario no logra iniciar sesión en el ... | Access | Baja | cerrado |
| 17 | 29 | 104 | No responde la laptop asignada | El equipo portátil del área presenta blo... | Hardware | Media | en_proceso |
| 18 | 14 | 102 | Correo de confirmación no llega al postulante | El sistema no está enviando correos d... | Email | Baja | en_proceso |
| 19 | 18 | 103 | Falla en impresión de comprobantes | La impresora térmica no completa la i... | Printing | Alta | cerrado |
| 20 | 33 | 102 | No carga el panel de seguimiento académico | Se reportó que el panel de indicadores ... | Software | Baja | cerrado |
| 21 | 37 | 102 | Falla en videoconferencia institucional | La plataforma de reuniones presenta pr... | Software | Media | en_proceso |
| 22 | 8 | 102 | Sin acceso a repositorio digital | El personal no puede ingresar al reposi... | Access | Critica | cerrado |

**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

### 5.1.2 Depuración y validación de datos

Una vez importado el archivo en el software estadístico SPSS, se realizó un proceso de depuración de datos con el objetivo de garantizar la calidad y consistencia de la información.

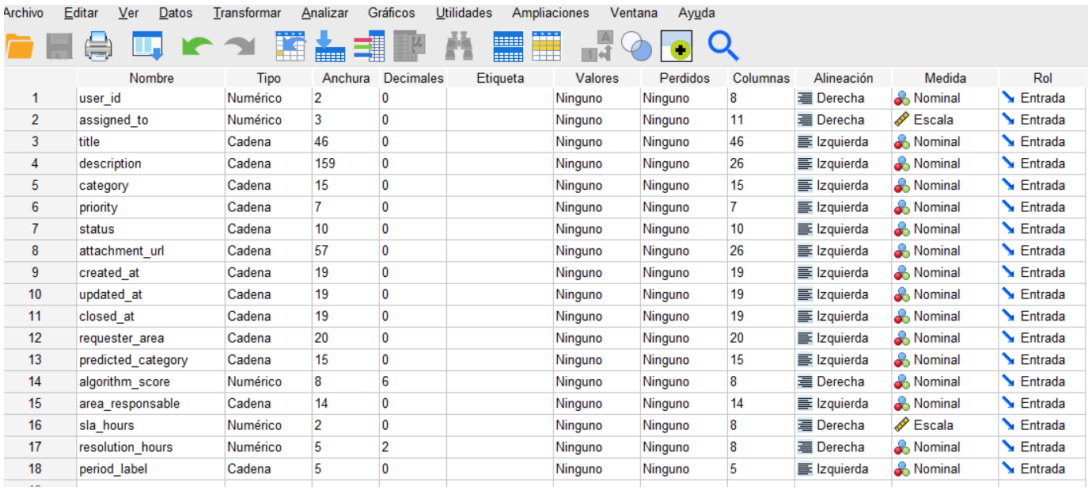
Durante este proceso se identificaron y trataron los siguientes aspectos:

- Eliminación de registros incompletos
- Verificación de valores nulos en variables clave
- Revisión de coherencia entre fechas (creación y resolución)
- Validación de valores atípicos en el tiempo de resolución

Los registros que no cumplían con los criterios mínimos de calidad fueron excluidos del análisis, asegurando así la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Figura 17**

Depuración de datos.




| | Nombre | Tipo | Anchura | Decimales | Etiqueta | Valores | Perdidos | Columnas | Alineación | Medida | Rol |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | user_id | Numérico | 2 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 8 | Derecha | Nominal | Entrada |
| 2 | assigned_to | Numérico | 3 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 11 | Derecha | Escala | Entrada |
| 3 | title | Cadena | 46 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 46 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 4 | description | Cadena | 159 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 26 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 5 | category | Cadena | 15 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 15 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 6 | priority | Cadena | 7 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 7 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 7 | status | Cadena | 10 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 10 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 8 | attachment_url | Cadena | 57 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 26 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 9 | created_at | Cadena | 19 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 19 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 10 | updated_at | Cadena | 19 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 19 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 11 | closed_at | Cadena | 19 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 19 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 12 | requester_area | Cadena | 20 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 20 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 13 | predicted_category | Cadena | 15 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 15 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 14 | algorithm_score | Numérico | 8 | 6 | | Ninguno | Ninguno | 8 | Derecha | Nominal | Entrada |
| 15 | area_responsable | Cadena | 14 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 14 | Izquierda | Nominal | Entrada |
| 16 | sla_hours | Numérico | 2 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 8 | Derecha | Escala | Entrada |
| 17 | resolution_hours | Numérico | 5 | 2 | | Ninguno | Ninguno | 8 | Derecha | Nominal | Entrada |
| 18 | period_label | Cadena | 5 | 0 | | Ninguno | Ninguno | 5 | Izquierda | Nominal | Entrada |

**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

## 5.2 Prueba de normalidad

### 5.2.1 Resultados de las pruebas

Los resultados de la prueba de normalidad **(Figura 18)**, presentados en la tabla correspondiente, confirmaron que las variables cuantitativas analizadas no siguieron una distribución normal.

En particular, para la variable **tiempo de resolución de incidencias (`resolution_hours`)**, se obtuvo un estadístico de **Shapiro-Wilk = 0.973** con un valor de significancia **p < 0.001**. Dado que el valor p fue menor al nivel de significancia establecido (alpha = 0.05), se rechazó la hipótesis nula de normalidad, concluyéndose que los datos no se distribuyeron normalmente.

De manera análoga, la variable **desempeño del algoritmo de clasificación (`algorithm_score`)** presentó un estadístico de **Shapiro-Wilk = 0.903** y un valor de significancia **p < 0.001**, lo cual evidenció también una desviación significativa respecto a la distribución normal.

Los resultados obtenidos se presentan en la **Figura 18**.

**Figura 18**

Pruebas de normalidad.

**Pruebas de normalidad**

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| resolution_hours | ,076 | 968 | <.001 | ,973 | 968 | <.001 |
| algorithm_score | ,179 | 968 | <.001 | ,903 | 968 | <.001 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

Adicionalmente, los resultados de la prueba de **Kolmogorov-Smirnov**, con valores de significancia igualmente menores a 0.001 para ambas variables, reforzaron la evidencia de no normalidad en los datos.

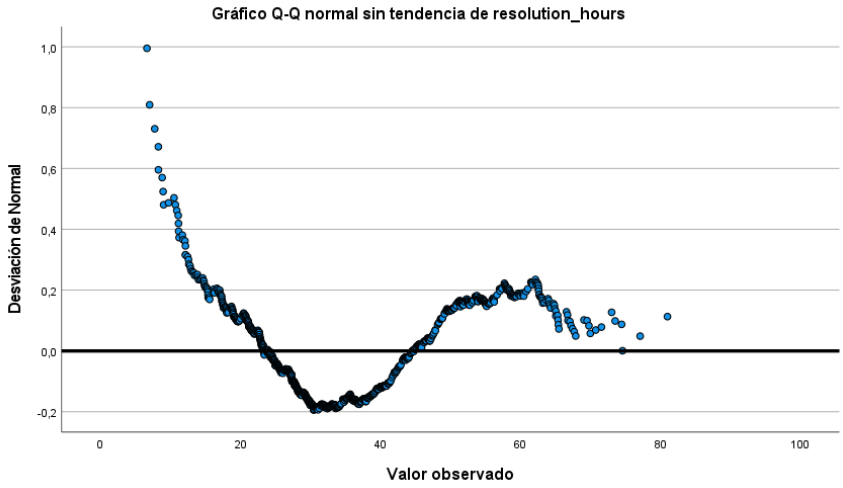
Estos hallazgos indicaron que las variables analizadas presentan distribuciones asimétricas, lo cual es consistente con la naturaleza de los datos operativos en sistemas de soporte técnico, donde los tiempos y desempeños no suelen seguir patrones normales.

Tal como se observa en la **Figura 19**, el gráfico Q-Q normal sin tendencia correspondiente a la variable tiempo de resolución de incidencias evidenció desviaciones sistemáticas respecto a la línea de referencia, lo cual indicó que los datos no siguen una distribución normal. En particular, se observó una curvatura pronunciada en los extremos

y variaciones en la dispersión de los valores, confirmando los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas de normalidad.

**Figura 19**

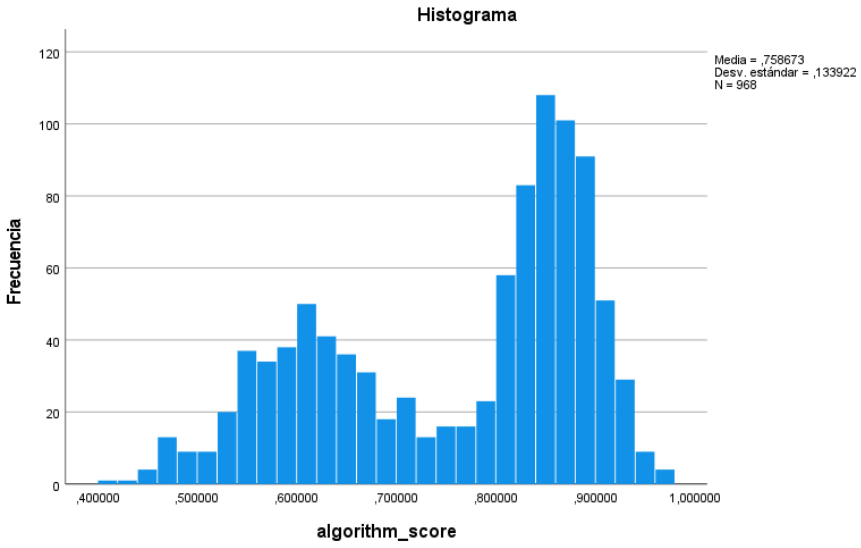
Gráfico Q-Q normal sin tendencia del tiempo de resolución de incidencias.




**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

**Figura 20**

Histograma del desempeño del algoritmo de clasificación.




**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

En la **Figura 20** se presenta la distribución de frecuencias del desempeño del algoritmo, donde se observó una concentración de valores en rangos altos, con ligera

asimetría en la distribución. Este comportamiento evidenció que los datos no siguen una distribución normal perfecta, lo cual es consistente con los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0.05$).

En consecuencia, al no cumplirse el supuesto de normalidad, se justificó el uso de **pruebas estadísticas no paramétricas** para el análisis inferencial posterior, tales como la prueba de **Mann-Whitney U** para comparación de grupos, la correlación de **Spearman** para variables ordinales o no normales, y la prueba de **Chi-cuadrado** para variables categóricas.

## 5.3 Análisis de correlación

Con el objetivo de determinar la relación existente entre las variables cuantitativas del estudio, se realizó un análisis de correlación no paramétrica mediante el coeficiente de Spearman, en concordancia con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad, los cuales evidenciaron que las variables no siguen una distribución normal.

En ese sentido, se consideraron las variables tiempo de resolución de incidencias (resolution_hours), desempeño del algoritmo (algorithm_score) y tiempo definido por el SLA (sla_hours), estableciendo un nivel de significancia de alpha = 0.05. Este análisis permitió identificar la dirección, magnitud y significancia estadística de las relaciones entre dichas variables, clasificándolas como débiles, moderadas o fuertes según el valor del coeficiente de correlación.

### 5.3.1 Resultados de correlación entre variables

Los resultados del análisis de correlación de Spearman **(Tabla 3)** evidenciaron relaciones estadísticamente significativas entre las variables analizadas ($p < 0.05$).

En primer lugar, se identificó una correlación negativa moderada entre el tiempo de resolución de incidencias (resolution_hours) y el desempeño del algoritmo (algorithm_score), con un coeficiente de rho = -0.584 y un valor de significancia p = 0.000. Este resultado indicó que a medida que el desempeño del algoritmo mejora, los tiempos de resolución tienden a disminuir, lo cual evidencia un impacto favorable del sistema implementado en la eficiencia operativa .

Asimismo, se observó una correlación positiva moderada entre el tiempo de resolución y el tiempo definido por el SLA (sla_hours), con un coeficiente de rho = 0.439 y un valor de significancia p = 0.000, lo que indicó que mayores tiempos establecidos en el SLA se asocian con mayores tiempos de resolución.

Por otro lado, la relación entre el desempeño del algoritmo y el tiempo definido por el SLA presentó una correlación positiva débil (rho = 0.116; p = 0.000), lo que sugiere una asociación leve entre ambas variables.

**Tabla 3**

Correlación de Spearman.

| | | | resolution_hours | algorithm_score | sla_hours |
|---|---|---|---|---|---|
| Rho de Spearman | resolution_hours | Coeficiente de correlación | 1,000 | -,584** | ,439** |
| | | Sig. (bilateral) | . | <.001 | <.001 |
| | | N | 968 | 968 | 968 |
| | algorithm_score | Coeficiente de correlación | -,584** | 1,000 | ,116** |
| | | Sig. (bilateral) | <.001 | . | <.001 |
| | | N | 968 | 968 | 968 |
| | sla_hours | Coeficiente de correlación | ,439** | ,116** | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | <.001 | <.001 | . |
| | | N | 968 | 968 | 968 |

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

## 5.4 Contrastación de hipótesis

Con el propósito de determinar si la implementación del sistema de gestión de tickets generó cambios significativos en la eficiencia del soporte técnico, se procedió a realizar la contrastación de hipótesis mediante pruebas estadísticas no paramétricas, en concordancia con los resultados de la prueba de normalidad.

Dado que las variables no siguieron una distribución normal, se empleó la prueba de Mann-Whitney U para comparar diferencias entre dos grupos independientes (antes y después de la implementación), así como pruebas de correlación de Spearman para analizar relaciones entre variables cuantitativas. El nivel de significancia establecido fue alpha = 0.05.

### 5.4.1 Prueba de hipótesis general

- **Hipótesis nula (H0):** La implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática no produjo una reducción significativa en el tiempo de resolución de incidencias.
- **Hipótesis alternativa (H1):** La implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática produjo una reducción significativa en el tiempo de resolución de incidencias.

**Tabla 4**

Prueba de Mann-Whitney.

**Estadísticos de prueba[a]**

| | resolution_hours |
|---|---|
| U de Mann-Whitney | 21872,500 |
| W de Wilcoxon | 185750,500 |
| Z | -21,367 |
| Sig. asin. (bilateral) | <.001 |

a. Variable de agrupación: period_num

**Fuente:** Elaboración propia con software estadístico SPSS.

Para la contrastación de la hipótesis general, se aplicó la prueba de Mann-Whitney U entre los grupos correspondientes al periodo previo (early) y posterior (late) a la implementación del sistema.

Los resultados evidenciaron un valor de U = 21872.500, un estadístico Z = -21.367 y un nivel de significancia p = 0.000, el cual resultó menor al nivel de significancia establecido (alpha = 0.05). En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa .

Adicionalmente, el análisis de rangos mostró que el grupo correspondiente al periodo previo presentó un rango promedio de 715.27, mientras que el grupo posterior registró un rango promedio de 324.74, lo cual evidenció una reducción significativa en el tiempo de resolución de incidencias tras la implementación del sistema.

En ese sentido, se concluyó que la implementación del sistema de gestión de tickets mejoró significativamente la eficiencia operativa del soporte técnico, al reducir los tiempos de atención de incidencias.

### 5.4.2 Pruebas de hipótesis específicas

#### 5.4.2.1 Hipótesis específica 1

El desempeño del algoritmo de clasificación automática se relacionó significativamente con el tiempo de resolución de incidencias.

- **H0:** No existe relación significativa entre el desempeño del algoritmo y el tiempo de resolución.
- **H1:** Existe relación significativa entre el desempeño del algoritmo y el tiempo de resolución.

Los resultados **(Tabla 3)** mostraron un coeficiente de correlación de rho = -0.584 con un valor de significancia p = 0.000, lo que evidenció una relación negativa moderada y significativa entre ambas variables. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa.

#### 5.4.2.2 Hipótesis específica 2

El cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) se relacionó significativamente con el tiempo de resolución de incidencias.

- **H0:** No existe relación significativa entre el cumplimiento de SLA y el tiempo de resolución.
- **H1:** Existe relación significativa entre el cumplimiento de SLA y el tiempo de resolución.

Los resultados **(Tabla 3)** mostraron un coeficiente de correlación de rho = 0.439 con un valor de significancia p = 0.000, lo cual evidenció una relación positiva moderada y significativa. Por tanto, se rechazó la hipótesis nula.

#### 5.4.2.3 Hipótesis específica 3

Existen diferencias significativas en el tiempo de resolución de incidencias antes y después de la implementación del sistema.

- **H0:** No existen diferencias significativas entre ambos periodos.
- **H1:** Existen diferencias significativas entre ambos periodos.

Los resultados **(Tabla 3)** evidenciaron un coeficiente de rho = 0.116 con un valor de significancia p = 0.000, indicando una relación positiva débil pero significativa. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula.

# CONCLUSIONES

## Conclusión general

La implementación del sistema de gestión de tickets con clasificación automática permitió reducir significativamente el tiempo de resolución de incidencias en el área administrativa del Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado Urusayhua. En consecuencia, se evidenció una mejora sustancial en la eficiencia operativa del proceso de soporte técnico, lo cual confirmó la hipótesis general planteada.

## Conclusiones específicas

**Conclusión específica 1:** El análisis evidenció una relación significativa entre el desempeño del algoritmo de clasificación automática y el tiempo de resolución de incidencias, lo que permitió establecer que una mayor precisión en la clasificación contribuyó directamente a optimizar la asignación de tickets y disminuir los tiempos de atención, confirmándose así la hipótesis específica correspondiente.

**Conclusión específica 2:** Se evidenció una relación significativa entre el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) y el tiempo de resolución de incidencias, demostrando que el adecuado control de los tiempos establecidos incidió positivamente en la eficiencia del servicio, lo que permitió confirmar la hipótesis específica planteada.

**Conclusión específica 3:** La comparación entre los periodos previo y posterior a la implementación del sistema evidenció diferencias significativas en el tiempo de resolución de incidencias, observándose una reducción en los tiempos de atención tras la aplicación de la solución tecnológica, lo cual permitió validar la hipótesis específica correspondiente.

# RECOMENDACIONES

### Recomendación general

Se recomienda a la institución consolidar y ampliar el uso del sistema de gestión de tickets con clasificación automática en el área administrativa, asegurando su integración con otros procesos institucionales, a fin de mantener y potenciar la eficiencia operativa alcanzada en la gestión del soporte técnico.

### Recomendaciones específicas

**Recomendación específica 1:** Se sugiere optimizar continuamente el desempeño del algoritmo de clasificación automática mediante el entrenamiento periódico con nuevos datos y la evaluación constante de su precisión, con el propósito de mejorar la asignación de tickets y reducir aún más los tiempos de resolución de incidencias.

**Recomendación específica 2:** Se recomienda fortalecer la gestión de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) mediante su monitoreo permanente y la actualización de sus parámetros, de manera que se garantice el cumplimiento de los tiempos establecidos y se mejore la calidad del servicio brindado.

**Recomendación específica 3:** Se propone extender la implementación del sistema de gestión de tickets a otras áreas de la institución, así como realizar evaluaciones periódicas de su impacto, con el fin de consolidar la mejora continua en los procesos de atención y optimizar la gestión de incidencias a nivel institucional.

# Referencias bibliográficas


Aliyev, A. G., Shahverdiyeva, R. O., & Salimkhanova, S. A. (2024). *Management Problems of Information Support of Technical and Economic Systems Based on Artificial Intelligence Technologies*. https://doi.org/10.3233/ATDE231329

Andrade-Rojas, M. G., Saldanha, T. J. V., Kathuria, A., Khuntia, J., & Boh, W. (2024). How Information Technology Overcomes Deficiencies for Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises: Closed Innovation vs. Open Innovation. *Information Systems Research*, *35*(4), 1981-2012. https://doi.org/10.1287/isre.2021.0096

Babalghaith, R., & Aljarallah, A. (2024). Factors Affecting Big Data Analytics Adoption in Small and Medium Enterprises. *Information Systems Frontiers*. https://doi.org/10.1007/s10796-024-10538-2

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W. W. Norton & Company.

Colfer Contreras, O. M., & Moral Guevara, E. T. (2023). *Proyecto para la Mejora en el Proceso de Atención de Requerimientos de Mesa de Ayuda del Banco Omega*. https://www.ulima.edu.pe

Davenport, T. (1993). Selecting Processes for Innovation. En *Process Innovation: Reengineering Work Through Information Technology* (Vol. 2).

Hammer, M., & Champy, J. (1993). Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution. En *Business Horizons* (Vol. 36, Número 5). https://doi.org/10.1016/S0007-6813(05)80064-3

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

Ibañez Mendoza, F. X. (2022). *Implementación de servicio help desk o mesa de ayuda para la empresa "Machalagps"*. https://repositorio.unmsm.edu.pe/handle/123456789/1234

ISO/IEC 25010:2011. (2011). *International Organization for Standardization*. https://www.iso.org/standard/35733.html

Jalilie Velarde, N. R., & Olortegui Arce, E. E. (2025). *Sistema de Clasificación de Tickets de Mesa de Ayuda para Empresas que Brindan Servicios TI Utilizando Machine Learning*. https://www.upc.edu.pe

Jerbi, A., & Elmsalmi, M. (2024). Opportunities and barriers for the integration of Industry 4.0 into small and medium-sized enterprises in Tunisia: analysis with MICMAC and DEMATEL. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, *16*(6), 822-846. https://doi.org/10.1080/20421338.2024.2395020

Ketema, A. M. (2025). Factors affect the technical efficiency of micro and small enterprises in Ethiopia. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, *17*(1), 121-131. https://doi.org/10.1080/20421338.2024.2428513

Lee, G., Eastman, C. M., Taunk, T., & Ho, C.-H. (2010). Usability principles and best practices for the user interface design of complex 3D architectural design and engineering tools. *International Journal of Human-Computer Studies*, *68*(1-2), 90-104. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.10.001

Marcapura Campos, A. M. (2022). *Implementación de un Sistema de Mesa de Ayuda para Gestión de Incidencias de la Empresa Resemin, 2022*. https://www.cientifica.edu.pe

Maseke, B. F. (2024). The Transformative Power of Artificial Intelligence in Banking Client Service. *South Asian Journal of Social Studies and Economics*, *21*(3). https://doi.org/10.9734/sajsse/2024/v21i3787

Mitchell, T. M. (2015). *Machine Learning* (2.ª ed.). McGraw-Hill.

Nielsen, J. (1994). Usability Engineering Morgan Kaufmann San Francisco. En *Ca, Usa*.

Pisfil Arteaga, L. B. (2024). *Modelo de Gestión de Incidentes para el Área de TI de la Empresa Compusoft Data SAC*. https://www.unprg.edu.pe

Pressman, S. (1994). Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution by Michael Hammer and James Champy. *Challenge*, *37*(6). https://doi.org/10.1080/05775132.1994.11471789

Rojas García, J. A., Ajuría Foronda, J. L., & Arambarri, J. (2023). Digital Transformation Methodology to Increase the Competitiveness of Asset-Light Logistics SMEs in

Peru. *Industrial Data*, *26*(1), 63-90. https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.23745.g19769

Soto Yaulli, J. (2021). *Diseñar una Mesa de Ayuda Utilizando ITIL V3 para la Gestión de Servicio en la Empresa HEYCORP SRL*. https://www.utp.edu.pe

Temkar, D., Singh, S., Bari, L., & Bangal, S. (2021). Smart Help Desk Automated Ticketing System. *International Research Journal of Engineering and Technology*, (May). https://www.irjet.net/archives/V8/i5/IRJET-V8I5390.pdf

Zambrano, V., Mueller-Roemer, J., Sandberg, M., Talasila, P., Zanin, D., Larsen, P. G., Loeschner, E., Thronicke, W., Pietraroia, D., Landolfi, G., Fontana, A., Laspalas, M., Antony, J., Poser, V., Kiss, T., Bergweiler, S., Pena Serna, S., Izquierdo, S., Viejo, I., … Stork, A. (2022). Industrial digitalization in the industry 4.0 era: Classification, reuse and authoring of digital models on Digital Twin platforms. *Array*, *14*, 100176. https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100176

Zeithaml, & Parasuraman. (1988). Servqual a multiple-item scale for measuring consumer perception of service quality, Journal of Retailing. En *Servqual a multiple-item scale for measuring consumer perception of service quality, Journal of Retailing* (Vol. 64, Número 1).

# ANEXOS

## Anexo 1

Matriz de consistencia.

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ¿De qué manera la implementación de un sistema de gestión de tickets con clasificación automática influye en la reducción del tiempo de resolución de incidencias? | Determinar el efecto de la implementación del sistema en la reducción del tiempo de resolución | La implementación del sistema redujo significativamente el tiempo de resolución | **Variable Independiente:**<br><br>Sistema de gestión de tickets con clasificación automática | Desempeño del sistema | V.I.I.1 Desempeño del algoritmo (algorithm_score) | **Tipo:**<br>Aplicada<br><br>**Enfoque:** Cuantitativa<br><br>**Alcance:**<br>Correlacional – explicativo<br><br>**Diseño:**<br>No experimental, transversal<br><br>**Técnica:**<br>Análisis de registros históricos<br><br>**Instrumento:**<br>Base de datos del sistema de tickets<br><br>**Población:**<br>Registros de tickets<br><br>**Muestra:**<br>968 tickets |
| **Problemas Específicos**<br><br>• ¿De qué manera el desempeño del algoritmo influye en el tiempo de resolución?<br>• ¿Cuál es la relación entre SLA y tiempo de resolución?<br>• ¿Existen diferencias antes y después del sistema? | **Objetivos Específicos**<br><br>• Analizar la relación entre el desempeño del algoritmo y el tiempo de resolución<br>• Evaluar la relación entre SLA y tiempo de resolución<br>• Comparar tiempos antes y después | **Hipótesis Específicos**<br><br>• Existe relación significativa entre ambas variables<br>• Existe relación significativa entre SLA y tiempo de resolución<br>• Existen diferencias significativas entre periodos | **Variable Dependiente:**<br><br>Tiempo de resolución de incidencias | Eficiencia operativa | V.D.I.1 Tiempo de resolución (resolution_hours) | |

## Anexo 2

Registro de datos procesados (50 registros)

| user_id | assigned_to | category | priority | status | created_at | updated_at | algorithm_score | sla_hours | resolution_hours | period_label |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 105 | Access | Critica | en_proceso | 1/01/2025 15:11 | 2/01/2025 01:35 | 0.586614 | 12 | 24.93 | early |
| 33 | 101 | Software | Alta | cerrado | 1/01/2025 08:35 | 2/01/2025 12:19 | 0.659647 | 24 | 38.9 | early |
| 18 | 104 | Access | Baja | abierto | 2/01/2025 17:07 | 4/01/2025 12:20 | 0.588549 | 72 | 54.87 | early |
| 5 | 103 | Access | Media | abierto | 2/01/2025 17:11 | 4/01/2025 07:12 | 0.542411 | 48 | 54.35 | early |
| 18 | 105 | Software | Media | abierto | 2/01/2025 17:53 | 3/01/2025 19:31 | 0.585698 | 48 | 48.16 | early |
| 11 | 102 | Network | Alta | en_proceso | 3/01/2025 11:13 | 4/01/2025 06:36 | 0.648714 | 24 | 44.29 | early |
| 11 | 102 | Email | Alta | abierto | 3/01/2025 13:16 | 4/01/2025 16:34 | 0.709156 | 24 | 38.96 | early |
| 8 | 103 | Hardware | Media | cerrado | 6/01/2025 12:46 | 8/01/2025 00:40 | 0.641166 | 48 | 45.77 | early |
| 18 | 105 | Access | Alta | abierto | 6/01/2025 09:51 | 7/01/2025 12:38 | 0.66389 | 24 | 40.84 | early |
| 37 | 104 | Hardware | Media | abierto | 6/01/2025 12:42 | 7/01/2025 18:48 | 0.477066 | 48 | 73.53 | early |
| 18 | 101 | Printing | Baja | cerrado | 7/01/2025 15:34 | 9/01/2025 16:41 | 0.577982 | 72 | 67.43 | early |
| 25 | 101 | Access | Baja | cerrado | 8/01/2025 13:16 | 9/01/2025 11:27 | 0.567002 | 72 | 53.04 | early |
| 29 | 104 | Hardware | Media | en_proceso | 8/01/2025 10:54 | 9/01/2025 17:53 | 0.501997 | 48 | 42.67 | early |
| 14 | 102 | Email | Baja | en_proceso | 9/01/2025 17:50 | 11/01/2025 02:13 | 0.558612 | 72 | 57.08 | early |
| 18 | 103 | Printing | Alta | cerrado | 9/01/2025 08:32 | 9/01/2025 21:17 | 0.607997 | 24 | 28.03 | early |
| 33 | 102 | Software | Baja | cerrado | 9/01/2025 08:08 | 11/01/2025 05:48 | 0.677317 | 72 | 58.85 | early |
| 37 | 102 | Software | Media | en_proceso | 9/01/2025 09:04 | 10/01/2025 16:33 | 0.674823 | 48 | 63.14 | early |
| 8 | 102 | Access | Critica | cerrado | 10/01/2025 12:34 | 11/01/2025 01:46 | 0.540639 | 12 | 23.01 | early |
| 21 | 104 | Hardware | Media | en_proceso | 10/01/2025 08:52 | 11/01/2025 18:44 | 0.591253 | 48 | 43.16 | early |
| 8 | 103 | Software | Critica | en_proceso | 10/01/2025 10:52 | 11/01/2025 01:10 | 0.52608 | 12 | 32.41 | early |
| 33 | 103 | Printing | Media | en_proceso | 10/01/2025 12:20 | 11/01/2025 23:19 | 0.598071 | 48 | 54.75 | early |
| 8 | 102 | Hardware | Media | cerrado | 13/01/2025 13:58 | 14/01/2025 18:20 | 0.73182 | 48 | 44.67 | early |
| 5 | 104 | Access | Alta | cerrado | 13/01/2025 11:20 | 15/01/2025 00:15 | 0.581698 | 24 | 51.43 | early |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 103 | Email | Baja | cerrado | 13/01/2025 08:57 | 14/01/2025 20:38 | 0.704516 | 72 | 60.46 | early |
| 14 | 102 | Software | Media | abierto | 13/01/2025 12:03 | 15/01/2025 04:24 | 0.583693 | 48 | 59.82 | early |
| 21 | 103 | Access | Baja | cerrado | 14/01/2025 10:17 | 15/01/2025 08:28 | 0.563868 | 72 | 53.77 | early |
| 11 | 101 | Email | Alta | cerrado | 14/01/2025 16:37 | 15/01/2025 17:29 | 0.674033 | 24 | 41.03 | early |
| 33 | 101 | Hardware | Alta | en_proceso | 14/01/2025 14:45 | 15/01/2025 09:08 | 0.651051 | 24 | 30.37 | early |
| 11 | 104 | Software | Media | en_proceso | 15/01/2025 17:02 | 17/01/2025 04:30 | 0.537443 | 48 | 49.51 | early |
| 25 | 103 | Hardware | Media | en_proceso | 15/01/2025 11:08 | 17/01/2025 04:05 | 0.411452 | 48 | 66.78 | early |
| 5 | 104 | Access | Media | cerrado | 15/01/2025 17:33 | 16/01/2025 21:37 | 0.550874 | 48 | 45.65 | early |
| 33 | 102 | Academic System | Baja | abierto | 15/01/2025 10:39 | 16/01/2025 19:42 | 0.695733 | 72 | 62.95 | early |
| 11 | 104 | Access | Media | cerrado | 16/01/2025 16:19 | 17/01/2025 13:04 | 0.591405 | 48 | 37.7 | early |
| 11 | 103 | Email | Alta | abierto | 16/01/2025 10:27 | 17/01/2025 06:19 | 0.539273 | 24 | 36.68 | early |
| 5 | 101 | Email | Media | en_proceso | 16/01/2025 17:58 | 17/01/2025 23:41 | 0.599978 | 48 | 49.15 | early |
| 21 | 101 | Software | Media | en_proceso | 16/01/2025 08:35 | 17/01/2025 03:46 | 0.67501 | 48 | 32.38 | early |
| 18 | 103 | Academic System | Alta | en_proceso | 17/01/2025 08:13 | 18/01/2025 08:40 | 0.529245 | 24 | 46.51 | early |
| 21 | 102 | Network | Alta | abierto | 17/01/2025 09:16 | 18/01/2025 18:08 | 0.535636 | 24 | 53.28 | early |
| 11 | 103 | Network | Baja | cerrado | 17/01/2025 17:36 | 19/01/2025 18:54 | 0.591165 | 72 | 62.55 | early |
| 8 | 101 | Software | Media | en_proceso | 17/01/2025 12:24 | 18/01/2025 19:20 | 0.662503 | 48 | 52.06 | early |
| 5 | 104 | Software | Alta | cerrado | 20/01/2025 11:05 | 21/01/2025 14:52 | 0.62881 | 24 | 40.21 | early |
| 11 | 104 | Printing | Baja | en_proceso | 20/01/2025 16:00 | 21/01/2025 19:36 | 0.449748 | 72 | 46.47 | early |
| 37 | 105 | Access | Alta | cerrado | 20/01/2025 09:05 | 20/01/2025 18:40 | 0.682006 | 24 | 23.89 | early |
| 14 | 104 | Software | Media | en_proceso | 20/01/2025 16:39 | 22/01/2025 11:54 | 0.571388 | 48 | 56.24 | early |

**Anexo 3**

Algoritmo implementado en PHP.

```
<?php
class UPLP_Helpdesk_Algorithm
{
    protected static $model = null;

    public static function predict($text)
    {
        $text = self::normalize($text);
        if (empty($text)) {
            return [
                'predicted_category' => 'Otros',
                'algorithm_score' => 0,
                'area_responsable' => 'Mesa de ayuda',
            ];
        }

        $model = self::get_model();
        $tokens = self::tokenize($text);
        if (empty($tokens)) {
            return [
                'predicted_category' => 'Otros',
                'algorithm_score' => 0,
```

```
            'area_responsable' => 'Mesa de ayuda',
        ];
    }

    $scores = [];
    foreach ($model['centroids'] as $category => $centroid) {
        $scores[$category] = self::cosine_similarity($tokens, $centroid, $model['idf']);
    }

    arsort($scores);
    $bestCategory = key($scores);
    $bestScore = current($scores);

    return [
        'predicted_category' => $bestCategory ?: 'Otros',
        'algorithm_score' => round((float) $bestScore, 6),
                    'area_responsable'    =>    isset($model['areas'][$bestCategory])    ?
$model['areas'][$bestCategory] : 'Mesa de ayuda',
    ];
  }

  protected static function get_model()
  {
    if (self::$model !== null) {
        return self::$model;
```

```
        }

        $path = UPLP_HELPDESK_PATH . 'data/tickets_simulados_urusayhu_2024.csv';
        if (!file_exists($path)) {
            self::$model = self::fallback_model();
            return self::$model;
        }

        $rows = self::read_csv($path);
        if (empty($rows)) {
            self::$model = self::fallback_model();
            return self::$model;
        }

        $docCount = 0;
        $df = [];
        $documentsByCategory = [];
        $areas = [];

        foreach ($rows as $row) {
            $category = isset($row['categoria_real']) ? trim($row['categoria_real']) : 'Otros';
            $area = isset($row['area_responsable']) ? trim($row['area_responsable']) : 'Mesa de ayuda';
            $text = '';
            if (!empty($row['titulo'])) {
```

```
            $text .= ' ' . $row['titulo'];
        }
        if (!empty($row['descripcion'])) {
            $text .= ' ' . $row['descripcion'];
        }

        $tokens = self::tokenize(self::normalize($text));
        if (empty($tokens)) {
            continue;
        }

        $docCount++;
        $areas[$category] = $area;
        $documentsByCategory[$category][] = $tokens;

        foreach (array_keys($tokens) as $term) {
            if (!isset($df[$term])) {
                $df[$term] = 0;
            }
            $df[$term]++;
        }
    }

    if ($docCount === 0) {
        self::$model = self::fallback_model();
```

```
    return self::$model;
}

$idf = [];
foreach ($df as $term => $count) {
    $idf[$term] = log(($docCount + 1) / ($count + 1)) + 1;
}

$centroids = [];
foreach ($documentsByCategory as $category => $documents) {
    $sum = [];
    $numDocs = count($documents);

    foreach ($documents as $tokens) {
        foreach ($tokens as $term => $tf) {
            $weight = $tf * (isset($idf[$term]) ? $idf[$term] : 1);
            if (!isset($sum[$term])) {
                $sum[$term] = 0;
            }
            $sum[$term] += $weight;
        }
    }

    foreach ($sum as $term => $value) {
        $sum[$term] = $value / max(1, $numDocs);
```

```
        }

        $centroids[$category] = $sum;
    }

    self::$model = [
        'idf' => $idf,
        'centroids' => $centroids,
        'areas' => $areas,
    ];

    return self::$model;
}

protected static function fallback_model()
{
    return [
        'idf' => [],
        'centroids' => [
            'Hardware' => ['pc' => 1, 'monitor' => 1, 'impresora' => 1, 'teclado' => 1],
            'Software' => ['word' => 1, 'excel' => 1, 'sistema' => 1, 'windows' => 1],
            'Red' => ['internet' => 1, 'wifi' => 1, 'conexion' => 1, 'red' => 1],
            'Acceso' => ['usuario' => 1, 'contrasena' => 1, 'permiso' => 1, 'cuenta' => 1],
            'Otros' => ['equipo' => 1, 'incidencia' => 1],
        ],
```

```
        'areas' => [
            'Hardware' => 'Soporte hardware',
            'Software' => 'Soporte software',
            'Red' => 'Infraestructura y redes',
            'Acceso' => 'Mesa de ayuda',
            'Otros' => 'Mesa de ayuda',
        ],
    ];
}

protected static function read_csv($path)
{
    $rows = [];
    if (($handle = fopen($path, 'r')) === false) {
        return $rows;
    }

    $headers = fgetcsv($handle);
    if (!$headers) {
        fclose($handle);
        return $rows;
    }

    while (($data = fgetcsv($handle)) !== false) {
        if (count($data) !== count($headers)) {
```

```
            continue;
        }
        $rows[] = array_combine($headers, $data);
    }

    fclose($handle);
    return $rows;
}

protected static function normalize($text)
{
    $text = strtolower((string) $text);
    $replacements = [
        'á' => 'a', 'é' => 'e', 'í' => 'i', 'ó' => 'o', 'ú' => 'u', 'ñ' => 'n',
    ];
    $text = strtr($text, $replacements);
    $text = preg_replace('/[^a-z0-9\s]/', ' ', $text);
    $text = preg_replace('/\s+/', ' ', $text);
    return trim($text);
}

protected static function tokenize($text)
{
    $stopwords = [
        'la','el','los','las','de','del','y','en','con','para','por','se','un','una','no',
```

```
    'hay','que','al','su','sus','desde','del','lo','le','a','o','mi','tu','es','fue'
];

$parts = explode(' ', $text);
$counts = [];
$total = 0;

foreach ($parts as $token) {
    $token = trim($token);
    if ($token === '' || in_array($token, $stopwords, true) || strlen($token) < 3) {
        continue;
    }
    if (!isset($counts[$token])) {
        $counts[$token] = 0;
    }
    $counts[$token]++;
    $total++;
}

if ($total === 0) {
    return [];
}

foreach ($counts as $term => $count) {
    $counts[$term] = $count / $total;
```

```
    }

    return $counts;
}

protected static function cosine_similarity($docTf, $centroid, $idf)
{
    $docVec = [];
    $dot = 0.0;
    $docNorm = 0.0;
    $centroidNorm = 0.0;

    foreach ($docTf as $term => $tf) {
        $weight = $tf * (isset($idf[$term]) ? $idf[$term] : 1);
        $docVec[$term] = $weight;
        $docNorm += $weight * $weight;
    }

    foreach ($centroid as $term => $weight) {
        $centroidNorm += $weight * $weight;
        if (isset($docVec[$term])) {
            $dot += $docVec[$term] * $weight;
        }
    }
```

```
        if ($docNorm <= 0 || $centroidNorm <= 0) {
            return 0.0;
        }

        return $dot / (sqrt($docNorm) * sqrt($centroidNorm));
    }
}
```