



Aplicación web para la gestión de indicadores y generación de reportes con inteligencia artificial para mejorar el proceso de referencia y contrarreferencia en DUSAKAWI EPSI.

PREPARADO POR:

**Hector Armando Rincon Farelo
Diego Edinson Tique Ramirez**

DIRECTOR:

ING. Adith Bismarck Pérez Orozco

2026

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
SECCIÓN I: DESCRIPCIÓN GENERAL	4
1.1.- TÍTULO DEL PROYECTO	4
1.2.- DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	4
1.3.- LAPSO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	4
1.4.- ORGANISMO Y SECCIÓN RESPONSABLE	4
1.5.- INFORMACION DE CONTACTO DE LOS ESTUDIANTES	4
1.6.- LÍNEA, SUBLÍNEA Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN AL QUE SE SUSCRIBE EL PROYECTO	5
SECCIÓN II. DESCRIPCIÓN SITUACIONAL	5
2.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
2.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
2.1.2 Definición de Variables	8
2.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	8
2.3.- OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
2.3.1 Objetivo General	10
2.3.2 Objetivos Específicos	10
2.4.- BASES TEÓRICAS	11
2.4.1 ANTECEDENTES	11
2.4.1.1 Antecedentes Históricos	11
2.4.1.2 Antecedentes Investigativos	12
2.4.1.3 Antecedentes Legales	13
2.4.2 MARCO TEÓRICO	15
2.4.2.1 Sistemas de Información en Salud y Gestión Digital	15
2.4.2.2 Inteligencia Artificial y Procesamiento de Lenguaje Natural en Medicina	16
2.4.2.3 Indicadores de Gestión y Eficiencia Organizacional	17
2.4.2.4 Dimensiones y Categorización de indicadores en DUSAKAWI EPSI	18
2.4.3 MARCO CONCEPTUAL	19
2.4.3.1 Referencia y Contrarreferencia (RyC)	20
2.4.3.2 Indicadores en Salud	20
2.4.3.3 Gestión de Reportes	21

2.4.3.4 Inteligencia Artificial (IA)	21
2.4.3.5 Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP)	22
2.4.3.6 Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLM)	22
2.4.3.7 Ingeniería de Prompts	23
2.4.3.8 Interoperabilidad en Salud	23
2.4.3.9 Calidad de Datos	23
2.4.3.10 Arquitectura de Software Híbrida	24
2.5 MARCO METODOLÓGICO	24
2.5.1 Hipótesis de Trabajo	25
2.5.2 Enfoque y Método de Investigación	25
2.5.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	26
2.5.4 Población y Muestra	27
2.5.5 Fuentes de Información	27
2.5.6 Variables y Categorías de Análisis	28
2.5.7 Procedimiento de Validación	29
SECCIÓN III. DESARROLLO CIENTÍFICO – TECNOLÓGICO	30
DESARROLLO DE LAS FASES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	33
3.1.1 Fase 1. Definición y análisis de procesos	33
3.1.1.1 Levantamiento de procesos de referencia y contrarreferencia	34
3.1.1.2 Identificación de variables críticas y KPIs	35
3.1.1.3 Diagnóstico de la calidad del dato asistencial	35
3.1.1.4 Requerimientos funcionales	36
3.1.1.5 Requerimientos no funcionales	37
3.1.1.6 Diagrama de casos de uso	38
3.1.1.7 Conclusión de la fase	40
3.1.2 Fase 2. Diseño de la arquitectura y inteligencia artificial	40
3.1.2.1 Diseño de arquitectura de software	40
3.1.2.1.1 Diseño del backend y servicios API	42
3.1.2.1.2 Integración de base de datos relacional	43
3.1.2.2 Diseño de interfaces de usuario (UI/UX) para gestión clínica	47
3.1.2.3 Selección de Modelos de Inteligencia Artificial	47
3.1.2.4 Definición de lógica del motor IA y flujo de prompts	49
3.1.2.5 Seguridad, Privacidad, Trazabilidad y Gestión de Datos Clínicos	50
3.1.3 Fase 3. Construcción y desarrollo de módulos	55
3.1.3.1 Configuración de backend y bases de datos relacionales	55
3.1.3.1.1 Integración de la base de datos	56
3.1.3.1.2 Despliegue e implementación cloud	56

3.1.3.2 Desarrollo del módulo de gestión de registros asistenciales	58
3.1.3.3 Integración y configuración del motor de inteligencia artificial	70
3.1.3.4 Implementación del generador de reportes y visualizador KPI	72
3.1.4 Fase 4. Validación, pruebas y entrega final	73
3.1.4.1 Pruebas de usuario (UAT) y corrección de errores	74
3.1.4.1.1 Validación funcional del sistema	74
3.1.4.1.2 Pruebas de procesamiento de datos y calidad de los datos	74
3.1.4.1.3 Validación de indicadores y dashboards (Precisión de indicadores)	76
3.1.4.1.4 Prueba de control de modificaciones de fórmulas de indicadores	79
3.1.4.1.5 Pruebas de integración con inteligencia artificial	80
3.1.4.1.5.1 Validación de la calidad de las interpretaciones generadas por inteligencia artificial	81
3.1.4.1.6 Pruebas de usabilidad	84
3.1.4.1.7 Encuesta de satisfacción	84
3.1.4.1.8 Aceptación tecnológica	86
3.1.4.1.9 Validación del despliegue e infraestructura	87
3.1.4.1.10 Evaluación de la Calidad del Código	88
3.1.4.1.10.1 Primera iteración de calidad (Versión 1)	90
3.1.4.1.10.2 Segunda iteración de mejora (Versión 2)	91
3.1.4.1.10.3 Tercera iteración de mejora (Versión 3)	93
3.1.4.1.10.4 Discusión de resultados	96
3.1.4.1.10.5 Resultados generales de las validaciones	96
3.1.4.2 Documentación técnica y manuales de usuario	98
3.1.4.3 Consolidación de informe final y sustentación de resultados	99
3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
3.3 CONCLUSIONES	103
3.4 RECOMENDACIONES	106
3.5 BIBLIOGRAFIA	108

ÍNDICES

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Información de contacto	4
Tabla 2 . Correlación del software con antecedentes legales	15
Tabla 3 . Impacto de la solución propuesta	28
Tabla 4 . Herramientas utilizadas	32
Tabla 5 . Requerimientos funcionales	36
Tabla 6 . Requerimientos no funcionales	37
Tabla 7 . Comparación de modelos de inteligencia artificial evaluados	48
Tabla 8 . Resultados del análisis de calidad de los datos	75
Tabla 9 . Comparación de la tasa de errores	75
Tabla 10 . Comparación entre cálculo manual y cálculo generado por el sistema	77
Tabla 11 . Prueba de control sobre la modificación de un indicador	79
Tabla 12 . Evaluación de cada interpretación generada por IA	81
Tabla 13 . Resultado global de la evaluación de inteligencia artificial	83
Tabla 14 . Resultados del análisis de calidad mediante SonarQube	93
Tabla 15 . Evolución de la calidad del código	94
Tabla 16 . Comparación del proceso manual versus sistema web	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Diagrama de la integración de inteligencia artificial para la toma de decisiones clínicas	17
Figura 2 . Casos de uso	39
Figura 3 . Módulo para cargar archivo	41
Figura 4 . Arquitectura global	44
Figura 5 . Diagrama de componentes	45
Figura 6 . Diagrama del modelo de dominio e infraestructura	46
Figura 7 . Diagrama de despliegue	57
Figura 8 . Gestión y visualización de métricas institucionales	58
Figura 9 . Sistema de carga de archivos CSV y Excel.	58
Figura 10 . Kpi monitoreo referencia y contrarreferencia.	59
Figura 11 . Grafico de monitoreo de tendencia de remisiones por mes.	59
Figura 12 . Grafico de especialidades y tipo de traslado.	60
Figura 13 . Grafico de top 10 municipios por origen del afiliado.	60
Figura 14 . Filtros dinámicos de búsqueda.	61
Figura 15 . Clasificación de Kpis.	61
Figura 16 . Módulo de generación de reportes.	62
Figura 17 . Módulo de configuración de indicadores.	62
Figura 18 . Módulo de configuración de indicadores nuevo indicador basicos.	63
Figura 19 . Módulo de configuración de indicadores nuevo indicador formula.	63
Figura 20 . Módulo de configuración de indicadores nuevo indicador descripción.	64
Figura 21 . Historial de versiones de fórmulas de un indicador	64
Figura 22 . Confirmación de restauración de una versión anterior de un indicador	65
Figura 23 . Módulo de carga de archivos y generación de reporte	68

Figura 24 . Diagrama de secuencia	69
Figura 25 . Algoritmo de generación del análisis de KPI mediante IA	71
Figura 26 . Gestión y visualización de métricas institucionales	72
Figura 27 . Módulo de generación de reportes	73
Figura 28 . Fórmula del indicador de tiempo	77
Figura 29 . Cálculo manual en Excel	78
Figura 30 . Indicador de tiempo promedio de aceptación de remisión	78
Figura 31 . Encuesta de satisfacción.	85
Figura 32 . Escala de Likert de cinco niveles	87
Figura 33 . Primera evaluación del backend mediante SonarQube (Versión 1)	90
Figura 34 . Primera evaluación del frontend mediante SonarQube (Versión 1)	91
Figura 35 . Segunda evaluación del backend mediante SonarQube (Versión 2)	92
Figura 36 . Segunda evaluación del frontend mediante SonarQube (Versión 2)	92
Figura 37 . Resultados finales del backend mediante SonarQube (Versión 3)	95
Figura 38 . Resultados finales del frontend mediante SonarQube (Versión 3)	95

RESUMEN

El presente proyecto de grado tuvo como propósito plantear una solución tecnológica orientada a mejorar el manejo de la información en DUSAKAWI EPSI, especialmente en los procesos de referencia y contrarreferencia. A partir del análisis realizado, se identificó la necesidad de fortalecer estos procesos por medio de herramientas digitales que dieran una gestión más organizada y eficiente de los datos asistenciales y administrativos.

La propuesta se centró en el desarrollo de una aplicación web capaz de apoyar el cálculo de indicadores y la generación de reportes por medio del uso de inteligencia artificial. Durante el diagnóstico inicial, se mostró que gran parte de la información era manejada de forma manual, lo que generaba retrasos, inconsistencias y dificultades en el seguimiento de los procesos. Con base en ello, se definieron requerimientos técnicos orientados a estandarizar la captura y organización de los datos, pudiendo transformar registros operativos en información útil para la toma de decisiones. Asimismo, el proyecto tomó como referencia la normativa colombiana relacionada con la gestión de información en salud y la continuidad de la atención a los usuarios.

La solución desarrollada integró una aplicación web basada en Next.js y un backend desarrollado con Express y TypeScript, conectado a la base de datos institucional PostgreSQL. Además, incorpora modelos de inteligencia artificial mediante Google AI Studio (Gemini) y OpenRouter como mecanismo de respaldo para la generación automática de análisis de indicadores y reportes administrativos en formato XLSX.

Los resultados obtenidos evidenciaron una reducción significativa en el tiempo requerido para generar indicadores y reportes administrativos, pasando de procesos manuales que podían tardar entre una y dos semanas a tiempos aproximados de cuatro minutos. Asimismo, las pruebas funcionales, de usabilidad y de validación de indicadores confirmaron la precisión de los cálculos, la aceptación de la plataforma por parte de la usuaria principal y el adecuado funcionamiento de la solución propuesta.

Palabras clave: Salud indígena, interoperabilidad, inteligencia artificial, gestión hospitalaria, indicadores de desempeño, transformación digital.

ABSTRACT

This degree project aimed to propose a technological solution to improve information management at DUSAKAWI EPSI, specifically in the referral and counter-referral processes. Based on the analysis conducted, the need to strengthen these processes through digital tools to achieve a more organized and efficient management of healthcare and administrative data was identified.

The proposal focused on the development of a web application capable of supporting indicator calculations and report generation through the use of artificial intelligence. During the initial diagnosis, it was shown that a large portion of the information was handled manually, leading to delays, inconsistencies, and difficulties in tracking processes. Based on this, technical requirements were defined to standardize data capture and organization, transforming operational records into useful information for decision-making. Likewise, the project referenced Colombian regulations regarding health information management and continuity of user care.

The developed solution integrated a web application based on Next.js and a backend developed with Express and TypeScript, connected to the institutional PostgreSQL database. Additionally, it incorporates artificial intelligence models using Google AI Studio (Gemini) and OpenRouter as a backup mechanism for the automatic generation of indicator analyses and administrative reports in XLSX format.

The results obtained demonstrated a significant reduction in the time required to generate indicators and administrative reports, shifting from manual processes that could take between one and two weeks to approximately four minutes. Furthermore, functional, usability, and indicator validation tests confirmed the accuracy of the calculations, acceptance of the platform by the main user, and the proper functioning of the proposed solution.

Keywords: Indigenous Health, Interoperability, Artificial Intelligence, Hospital Management, Performance Indicators, Digital Transformation.

INTRODUCCIÓN

El documento se diseñó para presentar un proyecto de ingeniería orientado a mejorar los procesos administrativos en el sector de la salud. La gestión de la información resultó fundamental para la sostenibilidad de las entidades promotoras de salud en la era digital. Durante la fase de exploración, se observó que la prestación de servicios en Colombia enfrentó dificultades significativas debido a la desconexión tecnológica entre los niveles de atención. La Ley Estatutaria 1751 de 2015 estableció mandatos claros sobre la continuidad del cuidado, los cuales resultaron difíciles de cumplir bajo esquemas de trabajo basados en herramientas de oficina aisladas.

De este modo, el proyecto de grado planteó la creación de una aplicación web enfocada en automatizar el cálculo de indicadores (KPI). La solución implementada integró el procesamiento de archivos CSV/XLSX, consulta de información desde la base de datos institucional mediante servicios REST, cálculo automático de indicadores, visualización de dashboards interactivos, además de la generación de análisis mediante modelos de inteligencia artificial. Asimismo, incorporó mecanismos de autenticación mediante JWT, registros de auditoría y exportación automatizada de reportes en formato XLSX para apoyar la toma de decisiones dentro del proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI. Se comparó la situación local con estándares latinoamericanos para fundamentar la urgencia de acoger arquitecturas dirigidas a la limpieza de datos junto con la reducción del error humano en la entidad.

En conclusión, la introducción de este trabajo permitió establecer una hoja de ruta técnica en conjunto con una base académica para resolver una problemática operativa real. Se determinó que la integración de algoritmos junto a modelos de lenguaje representó la estrategia más adecuada para transformar la administración hospitalaria en un sistema eficiente, transparente, alineado con las exigencias del Ministerio de Salud.

SECCIÓN I: DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1.- TÍTULO DEL PROYECTO

Aplicación web para la gestión de indicadores y generación de reportes con inteligencia artificial para mejorar el proceso de referencia y contrarreferencia en DUSAKAWI EPSI.

1.2.- DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Calle 8 ##17, Cra. 2a #17-60, Valledupar - Cesar. Teléfono: (601)9171117.

1.3.- LAPSO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto fue ejecutado en 6 meses, comprendidos desde enero de dos mil veintiséis (2026) hasta junio de dos mil veintiséis (2026).

1.4.- ORGANISMO Y SECCIÓN RESPONSABLE

El proyecto se desarrolló en DUSAKAWI EPSI, ubicado en la ciudad de Valledupar-cesar.

1.5.- INFORMACION DE CONTACTO DE LOS ESTUDIANTES

Tabla 1. Información de contacto

Nombre	Apellido	Cédula	Teléfono	Correo
Hector	Rincon	1193562229	3207403002	harmandorincon@unicesar.edu.co
Armando	Farelo			
Diego	Tique	1065570295	3128032967	detique@unicesar.edu.co
Edinson	Ramirez			

Nota. Fuente: propia.

1.6.- LÍNEA, SUBLÍNEA Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN AL QUE SE SUSCRIBE EL PROYECTO

Línea de Investigación: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs)

Sub-Línea de Investigación: Sistemas de Información

Área Temática: Desarrollo de sistemas de información y sistemas de gestión del conocimiento

Grupo de Investigación: GISICO

SECCIÓN II. DESCRIPCIÓN SITUACIONAL

2.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este análisis se centró en entender el funcionamiento del servicio de salud y los problemas estructurales responsables de disminuir la eficiencia tecnológica. También se analizaron los problemas técnicos que afectaban la gestión de datos en el sector salud. Se estudió cómo la falta de información unificada y la ausencia de procesos automatizados impedían una respuesta rápida a las necesidades administrativas. A continuación, se presentan los resultados de la revisión de documentos y la observación directa en la institución estudiada, comparándolos con referentes teóricos actuales.

En Colombia, la atención médica se basó en la Ley Estatutaria 1751 de 2015 [23]. Esta ley dice que la salud es un derecho importante y que los pacientes deben recibir una atención completa. Para que esto funcione, es necesario que los diferentes niveles de atención médica trabajen juntos. De esta manera, se pueden hacer remisiones oportunas dentro del sistema de salud.

En varios países de América Latina se evidenciaron dificultades relacionadas con la fragmentación de la información durante los procesos de referencia y contrarreferencia. Huauya-Cancharí y Medina-Sotelo [1] señalaron inconsistencias en las políticas de derivación sanitaria, situación que afectó la

continuidad del servicio. De manera similar, el modelo chileno presentó problemas asociados a interoperabilidad e intercambio de datos [2].

En DUSAKAWI EPSI se identificó una gestión operativa apoyada en herramientas limitadas para el procesamiento de información. Según Magallón y González [3], el uso de mecanismos manuales además de sistemas estadísticos básicos afectó la confiabilidad de los indicadores institucionales además del seguimiento operativo.

La ausencia de una plataforma centralizada ocasionó procesos administrativos aislados, generando retrasos en el acceso a la información institucional. Esta situación impactó la eficiencia organizacional además del monitoreo de los procesos asistenciales, tal como lo analizaron Saleyvis et al. [4]. Como pronóstico se encontró la omisión en la adopción de nuevas tecnologías representó un obstáculo competitivo frente a otras entidades del sector, conforme a lo expuesto por Quezada [5]. En los centros hospitalarios evaluados, la tecnología se consideró fundamental. ayudó a mitigar los errores que cometen las personas mediante soluciones automatizadas [6].

Como control del pronóstico, se propuso el desarrollo de una aplicación web enfocada en integrar lógica algorítmica para el cálculo de indicadores clave de desempeño (KPI) en conjunto con herramientas de inteligencia artificial. Estas tecnologías se utilizaron durante la generación de reportes de referencia además de contrarreferencia.

El uso de modelos de lenguaje permitió convertir datos en información valiosa para dichos informes, siguiendo las propuestas de Zhang y Boulos [7]. La solución se ajustó a las tendencias de soporte a la decisión discutidas por Liu [8]. Mediante la implementación de este sistema, se buscó normalizar la captura de datos además de agilizar el cálculo de indicadores. El objetivo era garantizar que la información reflejara con precisión la realidad operativa.

En conclusión, se encontró que el incumplimiento de los principios de continuidad en la ley colombiana se debió a una infraestructura tecnológica obsoleta en DUSAKAWI EPSI. La brecha entre la normativa legal y la capacidad operativa institucional representó un riesgo jurídico además de administrativo. Para solucionar esto, se requirió adoptar herramientas avanzadas junto a algoritmos de procesamiento. Estos elementos aseguraron la integridad de la información en el proceso de salud.

2.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera el desarrollo de una aplicación web asistida por inteligencia artificial impacta en la reducción de errores y en la mejora del tiempo de generación de indicadores y reportes de referencia y contrarreferencia en DUSAKAWI EPSI?

Para dar respuesta a la inquietud principal, se plantearon las siguientes subpreguntas orientadoras del desarrollo del proyecto:

1. ¿Cuál es el estado actual del proceso de generación de indicadores y reportes en el área de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI, y cuáles son sus principales limitaciones en términos de tiempo, calidad y consistencia de los datos?
2. ¿Cuáles son los requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para el diseño de una aplicación web que soporte la integración, procesamiento y gestión de datos clínicos?
3. ¿Cómo la implementación de técnicas de procesamiento de lenguaje natural contribuye a la estandarización y reducción de errores en los registros utilizados para la generación de indicadores?
4. ¿Cómo se implementó, configuró y desplegó la aplicación web en el entorno operativo de DUSAKAWI EPSI para apoyar el proceso de referencia y contrarreferencia?

5. ¿Qué impacto tiene la aplicación desarrollada en la reducción del tiempo de generación de reportes y en la mejora de la calidad de la información, en comparación con el proceso manual actual?

2.1.2 Definición de Variables

- a. **Variable Independiente:** Implementación de una aplicación web asistida con inteligencia artificial.
- b. **Variables Dependientes:** Calidad y consistencia de los datos asistenciales, tiempo de generación de reportes y tasa de errores en el registro clínico.

2.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Esta investigación analizó la importancia de mejorar la gestión de procesos en el sector salud mediante el uso de tecnología. Se estudió la necesidad de fortalecer los sistemas de información actuales, sobre todo en situaciones donde la administración de datos así como la toma de decisiones requirió mayor eficiencia con precisión. La gestión sanitaria mejoró por las herramientas tecnológicas.

En relación con la **justificación teórica**, este proyecto surgió a partir de la necesidad de analizar nuevos enfoques para la gestión de información en salud por medio de herramientas de inteligencia artificial. La propuesta permitió evidenciar el impacto de la transformación digital en los sistemas de salud. En particular, se observó la evolución de los registros electrónicos hacia plataformas orientadas no solo al almacenamiento de información, sino también al análisis y la gestión clínica. Esta tendencia coincide con lo planteado por Barbieri [10].

La información que se recogió ayudó a entender cómo la interoperabilidad, el análisis de datos y el apoyo a la toma de decisiones están relacionados en el sector de la salud. Prabhu [11] señaló que combinar la inteligencia artificial con los registros electrónicos mejoró los procesos administrativos y la gestión de las instituciones, poniendo al usuario en el centro. Esto también fue útil para otras entidades de salud que tenían problemas similares con la información [12], [13].

Respecto a la **justificación práctica**, la propuesta se orientó hacia la búsqueda de soluciones frente a las dificultades operativas identificadas en los procesos administrativos también logísticos relacionados con la referencia en conjunto con la contrarreferencia dentro del sector salud, particularmente en los procesos administrativos y logísticos.

En el caso específico de DUSAKAWI EPSI, se observó una alta dependencia de tareas manuales que generan retrasos y desorganización en los procesos de referencia y contrarreferencia. Frente a esto, Barrios [2] y Quezada [5] destacaron que la digitalización de estos procesos contribuye a mejorar la continuidad del servicio y la eficiencia operativa. En este sentido, la herramienta desarrollada permitió mejorar el control en la gestión de servicios y facilitar la administración de los recursos, generando un impacto positivo tanto en el desempeño del personal como en la calidad del servicio prestado a los usuarios [14].

Finalmente, la **justificación metodológica** se sustenta en la creación de un instrumento orientado a la recolección y análisis de datos asistenciales, basado en técnicas de aprendizaje automático aplicadas al sector salud, como lo expone [15]. El trabajo que se desarrolló introduce mejoras en la forma de experimentar con la analítica de datos al incorporar la utilidad de modelos.

como Chatgpt para la práctica y la investigación en salud Sallam [16]. Este enfoque propone un método innovador para el saneamiento de bases de datos masivas y el procesamiento de feedback o retroalimentación del paciente mediante procesamiento de lenguaje natural M. Khanna [17]. Al establecer esta nueva metodología de desarrollo, el proyecto sirve como referente para futuras investigaciones que busquen explorar la función de la inteligencia artificial estructurada en la mejora de procesos críticos dentro de las organizaciones de salud [18], [19], [20].

En conclusión, el proyecto demostró la utilidad de la inteligencia artificial en los sistemas de salud. Lo anterior ocurrió debido a la capacidad de dicha tecnología

para mejorar la gestión de procesos importantes. Además, se observó un funcionamiento adecuado en la práctica más allá de la teoría. Esto significó un apoyo para el trabajo eficiente de hospitales en conjunto con clínicas, brindando así una mejor atención a los pacientes.

2.3.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.3.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación web asistida por inteligencia artificial para la gestión de indicadores y generación de reportes en el proceso de referencia y contrarreferencia de la entidad promotora de salud indígena DUSAKAWI EPSI, con el fin de reducir los errores y el tiempo de procesamiento de la información.

2.3.2 Objetivos Específicos

- a. Caracterizar el proceso actual de generación de indicadores y reportes en el área de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI, identificando tiempos de procesamiento, fuentes de error y limitaciones en la calidad de los datos.
- b. Diseñar una solución web para la gestión de registros clínicos asistidos con inteligencia artificial, estableciendo los requerimientos funcionales y no funcionales, los diagramas de arquitectura de software y la interfaz de usuario requerida para el correcto flujo de la información médica.
- c. Desarrollar una aplicación web asistida por técnicas de procesamiento de lenguaje natural que permita automatizar la gestión de indicadores y la generación de reportes del proceso de referencia y contrarreferencia.
- d. Implementar la aplicación web desarrollada en el entorno operativo de DUSAKAWI EPSI, realizando su configuración, despliegue y puesta en funcionamiento para apoyar el proceso de referencia y contrarreferencia.
- e. Evaluar el impacto de la aplicación desarrollada mediante la medición del tiempo de generación de reportes, comparando los resultados con el proceso manual utilizado actualmente.

2.4.- BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas de esta investigación constituyeron el soporte conceptual y científico sobre el cual se construyó la solución tecnológica para DUSAKAWI EPSI. En esta sección se analizaron los fundamentos de los sistemas de información en salud, la integración de la inteligencia artificial en procesos administrativos, además de la importancia de la analítica de datos para la eficiencia organizacional. El análisis comenzó explicando los antecedentes históricos y normativos. Luego, se exploraron las teorías de gestión de la información, hasta llegar a la definición de los conceptos técnicos orientados al desarrollo del software basado en modelos de lenguaje.

2. 4.1 ANTECEDENTES

2.4.1.1 Antecedentes Históricos

Históricamente, el proceso de referencia y contrarreferencia en Colombia evolucionó desde un modelo basado principalmente en registros físicos y comunicación telefónica hacia sistemas de reporte más estructurados. Según el Ministerio de Salud y Protección Social, con la implementación de la Ley 100 de 1993 surgió la necesidad de organizar el flujo de pacientes entre los diferentes niveles de atención, con el fin de mejorar la articulación de la Red de Prestación de Servicios Huauya [1]. Diversos estudios han señalado que la transformación digital de los procesos de referencia y contrarreferencia ha contribuido a mejorar la continuidad del cuidado, la disponibilidad de la información y la oportunidad en la atención de los usuarios Barrios [2].

Durante varios años, las instituciones de salud utilizaron los registros individuales de prestación de servicios de salud (RIPS), los cuales corresponden a un conjunto de datos que recopilan información sobre la atención brindada a los usuarios, incluyendo consultas, procedimientos, diagnósticos y servicios prestados.

Sin embargo, en el contexto de este proyecto, la información no se gestiona directamente a partir de los RIPS como fuente principal, sino desde la base de datos propia de la empresa, la cual contiene registros más actualizados y organizados de los procesos internos. Aun así, los RIPS siguen siendo un referente importante en la estructura de los datos en salud. Esta evolución marca una transición desde la gestión administrativa básica hacia la necesidad contemporánea de analítica de datos avanzada para responder de manera más eficiente a la creciente demanda de los servicios de salud.

En resumen, el proceso de referencia en conjunto con contrarreferencia en Colombia cambió con el tiempo. Lo anterior demostró la necesidad de fortalecer los sistemas de información en salud mediante herramientas más nuevas así como eficientes. De esta manera, se gestionó mejor la información para atender a los pacientes y responder de forma adecuada a las necesidades actuales del sistema de salud.

2.4.1.2 Antecedentes Investigativos

En el desarrollo de la investigación enfocada al sector salud, existió un gran interés en utilizar tecnologías para mejorar la gestión de información además de los procesos clínicos. Por ello, diferentes estudios trataron el impacto de los sistemas informáticos así como inteligencia artificial en la evolución de los servicios sanitarios.

En relación con la investigación tecnológica aplicada a la salud, Barbieri [10] explicó la transformación digital para facilitar el paso de registros electrónicos básicos a sistemas avanzados en apoyo directo a los servicios sanitarios. La inteligencia artificial también funcionó para respaldar la toma de decisiones centradas en el paciente, tal como mostraron los estudios de Prabhu [11]. Dichas investigaciones expusieron la necesidad de integrar registros electrónicos con técnicas de análisis predictivo. La automatización mejoró los procesos operativos además aumento en la seguridad del paciente.

En el contexto de la referencia junto a la contrarreferencia, diversos estudios identificaron la fragmentación de la información como un gran obstáculo para garantizar la continuidad en la atención. Investigaciones desarrolladas en la red pública de salud chilena, expuestas por Barrios [2], demostraron que la digitalización de estos procesos mejoró la trazabilidad del paciente así como la eficiencia institucional.

El uso de modelos de lenguaje de gran escala (LLM) resultó útil para mejorar la calidad de las sugerencias en decisiones clínicas, según planteó Liu [8]. Dichas herramientas permitieron analizar la retroalimentación de los usuarios mediante técnicas de procesamiento de lenguaje natural, conforme a lo descrito por Khanna [17]. Estos antecedentes sustentaron la aplicación de inteligencia artificial para procesar información no estructurada en DUSAKAWI EPSI.

Finalmente, la literatura especializada resalta que la eficiencia organizacional en el sector salud está directamente relacionada con la calidad de sus indicadores de gestión. Según se analiza en Saleyvis [4], las instituciones que no cuentan con datos estructurados enfrentan dificultades en su administración hospitalaria. Estudios actuales han planteado la implementación de arquitecturas de procesamiento de datos apoyadas en inteligencia artificial con el fin de mejorar el manejo de grandes volúmenes de información en el sector salud, como lo indican Kazi [6]. Estos estudios coinciden en que la implementación de soluciones web modernas, similares a la propuesta en este proyecto, es el camino más efectivo para mitigar los riesgos asociados a la gestión manual de datos y la falta de interoperabilidad en las aseguradoras de salud [19], [14].

2.4.1.3 Antecedentes Legales

En el sector salud, es muy importante cumplir con las reglas que existen para asegurar que la información se maneje correctamente y que los servicios se presten de manera segura y de calidad. Por eso, este proyecto se basa en un marco legal que ayuda a saber cómo usar tecnologías y manejar datos dentro de los centros de salud.

El marco legal del proyecto se fundamentó principalmente en la normativa sobre la gestión de información en salud. La Ley 1438 de 2011 [22] estableció la obligatoriedad de implementar una historia clínica electrónica. Dicha medida facilitó el intercambio de datos entre los diferentes actores del sistema de salud. Además, la Resolución 4331 de 2012 [24] regula cómo se hacen las referencias y contrarreferencias. Esto define los estándares de calidad y oportunidad que las EPS deben seguir. El proyecto también siguió la Ley 1581 de 2012 [21], que protege los datos personales y el derecho a la privacidad. Esto garantiza que se trate la información de los afiliados de manera confidencial en DUSAKAWI EPSI, especialmente cuando se usa inteligencia artificial.

La solución propuesta siguió los lineamientos de la Ley 1581 de 2012. Con el fin de proteger la información personal en conjunto con los datos clínicos de los usuarios, se incluyeron mecanismos de seguridad. Entre estas herramientas destacaron los controles de acceso basados en el rol de cada persona, además de un registro detallado de todas las actividades para auditar las acciones en el sistema. Asimismo, se aplicaron principios de minimización de datos, especialmente en los procesos vinculados a la inteligencia artificial. El objetivo consistió en asegurar el secreto, exactitud y correcto manejo de la información. La confidencialidad, integridad, así como el uso adecuado de los datos resultaron fundamentales en este sistema. En la Tabla 2 se presenta la correlación del software con antecedentes legales.

En conclusión, las iniciativas de datos abiertos resultaron importantes al permitir el acceso además de la reutilización de información pública para mejorar la transparencia. pero, en el ámbito sanitario, su aplicación requirió cuidado debido a la sensibilidad de los registros. Esto significó el establecimiento de mecanismos para proteger los datos personales de los pacientes.

En conclusión, el marco legal que respaldó este proyecto definió las condiciones para gestionar adecuadamente la información en salud. También orientó el uso responsable de tecnologías como la inteligencia artificial. Además, demostró la

necesidad de equilibrar el acceso a la información así como la protección de los derechos de los usuarios. De esta manera, se garantizó un manejo ético junto a la seguridad de los datos en DUSAKAWI EPSI.

Tabla 2. Correlación del software con antecedentes legales

Norma	Aplicación dentro del sistema
Ley 1581 de 2012	Protección de datos personales, control de acceso, minimización y trazabilidad.
Ley 1438 de 2011	Gestión organizada de información clínica y soporte a procesos asistenciales.
Resolución 4331 de 2012	Seguimiento de indicadores y procesos de referencia y contrarreferencia.
Ley 1751 de 2015	Fortalecimiento de la continuidad y oportunidad en la atención de los usuarios.

Nota. Fuente: propia.

2.4.2 MARCO TEÓRICO

2.4.2.1 Sistemas de Información en Salud y Gestión Digital

En el sector salud, los sistemas de información resultaron fundamentales para gestionar datos clínicos además de administrativos. Dichas herramientas combinaron tecnología con organización para recolectar, almacenar así como procesar información sobre la atención de los pacientes, mejorando la calidad del servicio prestado. Con la transformación digital, estos sistemas ya no solo almacenaron información, sino que respaldaron la toma de decisiones en las instituciones sanitarias, según indicó Barbieri [10]. Lo anterior permitió mejorar la gestión de procesos clínicos junto a administrativos, facilitando el acceso a los datos en conjunto con la coordinación entre los actores del sistema.

En el caso de la referencia en conjunto con la contrarreferencia, un sistema de información eficiente resultó fundamental. Esto garantizó la disponibilidad así como la consistencia de los datos del paciente durante su atención en diferentes niveles. Según Barrios [2], la digitalización de estos procesos redujo los tiempos

de respuesta además de la continuidad del cuidado, debido a la capacidad de rastrear la información con mayor efectividad frente a los registros manuales.

En resumen, los sistemas de información en salud fueron clave para modernizar los servicios sanitarios. Permitieron una gestión eficiente así como organizada de los datos clínicos. La implementación de estos recursos en procesos como la referencia en conjunto con la contrarreferencia optimizó la continuidad del cuidado además de la calidad de la atención. Esto demostró la importancia de adoptar soluciones tecnológicas adecuadas a las necesidades del sector salud.

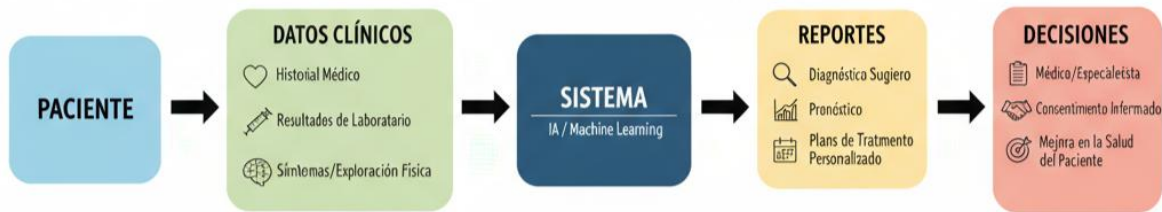
2.4.2.2 Inteligencia Artificial y Procesamiento de Lenguaje Natural en Medicina

En los últimos años, la inteligencia artificial resultó una herramienta importante en el análisis de información en el sector salud. Lo anterior ocurrió debido a su capacidad para trabajar con grandes cantidades de datos sin una organización clara. El Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) facilitó el entendimiento así como el análisis del lenguaje humano presente en historias clínicas, notas médicas además de reportes administrativos.

De acuerdo con Khanna [17], estas tecnologías demostraron utilidad para encontrar patrones en la información textual. Dicho avance facilitó la detección de errores junto a la organización de datos clínicos. La inteligencia artificial generativa también abrió nuevas posibilidades para sintetizar información. Sin embargo, este progreso planteó desafíos relacionados con la precisión en conjunto con el uso adecuado de los datos, como se puede ver en la [Figura 1](#).

En conclusión, el uso de modelos de lenguaje de gran escala (LLM) permitió mejorar los sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Esto se logró mediante la generación de sugerencias automatizadas para mejorar los procesos clínicos así como administrativos, según señaló Liu [8]. La aplicación de técnicas de ingeniería de prompts constituyó una estrategia útil que estandarizó la información además de su procesamiento dentro de DUSAKAWI EPSI.

Figura 1. Diagrama de la integración de inteligencia artificial para la toma de decisiones clínicas



Nota. Fuente: propia.

2.4.2.3 Indicadores de Gestión y Eficiencia Organizacional

Los indicadores clave de desempeño (KPI) constituyeron métricas orientadas a verificar el cumplimiento de objetivos estratégicos en una organización. En los centros hospitalarios, estos indicadores resultaron fundamentales para medir la eficiencia así como el uso adecuado de recursos. Así, la gestión se basó en datos reales, según planteó A. M. Saleyvis [4].

Ante la falta de sistemas estadísticos, los hospitales presentaron dificultades para localizar problemas en procesos importantes, como el envío de pacientes. Por ello, el uso de análisis en conjunto al procesamiento de datos con inteligencia artificial resultó fundamental. Dicha integración convirtió los registros diarios en información valiosa para la gerencia. La administración observó tendencias para mejorar el turno de servicios en conjunto con la estabilidad financiera del hospital. Lo anterior facilitó la toma de decisiones informadas enfocadas en mejorar la atención al paciente [6].

Los gerentes analizaron tendencias así como la rotación de servicios para asegurar la sostenibilidad financiera de la entidad de salud. En resumen, los indicadores de gestión fueron esenciales para evaluar el desempeño de una organización sanitaria. La integración con herramientas de analítica permitió responder a las necesidades institucionales de manera eficiente, lo que demostró la utilidad de la inteligencia artificial en este ámbito.

2.4.2.4 Dimensiones y Categorización de indicadores en DUSAKAWI EPSI

El seguimiento de indicadores en el sector salud resultó clave para evaluar el funcionamiento de los procesos administrativos así como asistenciales. Se utilizaron datos cuantificables para facilitar la toma de decisiones informadas. En DUSAKAWI EPSI, el sistema organizó los indicadores en categorías funcionales para favorecer el monitoreo de áreas importantes además de el control sobre los procesos de referencia en conjunto con contrarreferencia.

La primera categoría correspondió a los Indicadores de referencia en conjunto con contrarreferencia (RyC). Estos midieron variables relacionadas con el flujo de remisiones entre prestadores sanitarios, incluyendo porcentajes de procesos finalizados, cancelados junto al tiempo promedio de ubicación de pacientes según prioridad.

La segunda categoría estuvo conformada por los indicadores de la Ruta Integral de Atención en Salud para la Población Materno-Perinatal (RMPN). Dichas métricas se orientaron al seguimiento de gestantes así como de recién nacidos, permitiendo la verificación del cumplimiento de controles en esta población prioritaria.

La tercera categoría correspondió a los indicadores de desnutrición (DNT) en menores de cinco años. Estos permitieron monitorear casos de desnutrición aguda en conjunto con la global mediante la evaluación de variables como bajo peso para la edad. Tales indicadores funcionaron como mecanismos de vigilancia epidemiológica para identificar riesgos infantiles.

La cuarta categoría integró los indicadores de salud mental, enfocados en el seguimiento de pacientes con requerimientos de atención psicológica en conjunto con la psiquiátrica. También abarcó el control de remisiones asociadas a servicios especializados. La quinta categoría correspondió a los indicadores de alto costo. Estos permitieron el monitoreo de pacientes diagnosticados con

enfermedades de alta demanda en recursos médicos así como financieros, tales como patologías crónicas.

La sexta categoría correspondió a los indicadores de riesgo cardiovascular (RCV), enfocados en el seguimiento de pacientes con factores asociados a enfermedades cardiovasculares. Su implementación facilitó la identificación de alertas tempranas además de la mejora de medidas preventivas dentro del proceso de atención.

En conclusión, la categorización de indicadores en DUSAKAWI EPSI contribuyó al seguimiento organizado de los procesos administrativos y asistenciales relacionados con las diferentes rutas priorizadas en salud. La agrupación de estas métricas por áreas permitió visualizar de forma más clara el comportamiento de los procesos institucionales y el cumplimiento de los objetivos operativos. La forma en que se clasificó la información por dimensiones como oportunidad, efectividad, gestión y calidad de datos fue muy útil. Esto ayudó a encontrar retrasos e inconsistencias en DUSAKAWI EPSI y en los prestadores de servicios de salud que trabajan con la red de atención. La plataforma hizo más que solo procesar información. También ayudó a generar alertas y a tomar decisiones informadas en la institución.

2.4.3 MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual reunió los conceptos básicos que apoyan la investigación. Estos conceptos clave permitieron comprender los procedimientos administrativos necesarios para los procesos de referencia y contrarreferencia, además las tecnologías usadas para crear una solución en la web que cuenta con inteligencia artificial. Su estudio proporcionó las bases necesarias para interpretar la problemática identificada en DUSAKAWI EPSI y comprender el alcance de la propuesta planteada.

2.4.3.1 Referencia y Contrarreferencia (RyC)

La referencia y contrarreferencia constituyeron procesos esenciales dentro de los sistemas de salud al garantizar la continuidad de la atención médica entre diferentes niveles de complejidad. La referencia correspondió al procedimiento mediante el cual un paciente fue remitido hacia un servicio con mayor capacidad resolutoria, mientras que la contrarreferencia consistió en el retorno de la información clínica y administrativa al punto de origen para dar continuidad al tratamiento institucional [1].

Diversos estudios señalaron la dependencia de la efectividad de estos procesos respecto a la disponibilidad oportuna de información y la coordinación entre las instituciones participantes. La ausencia de mecanismos adecuados para el intercambio de datos generó retrasos, duplicidad de registros y dificultades en la continuidad del cuidado, afectando la calidad del servicio junto a la eficiencia administrativa [2]. Asimismo, la percepción de los usuarios sobre la referencia y contrarreferencia se encontró estrechamente relacionada con la oportunidad de respuesta [20].

En el contexto de DUSAKAWI EPSI, estos procesos representaron una actividad crítica para la gestión institucional. Dicha importancia radicó en la necesidad de una consolidación permanente de información para la generación de indicadores además de reportes utilizados en el seguimiento de la prestación de servicios de salud.

2.4.3.2 Indicadores en Salud

Los indicadores en salud fueron herramientas de medición utilizadas para evaluar el desempeño, la calidad, la cobertura y la eficiencia de los servicios prestados por las instituciones del sector. Su función principal consistió en transformar datos operativos en información útil para la toma de decisiones junto a la identificación de oportunidades de mejora [3].

Dentro de los procesos de referencia y contrarreferencia, los indicadores permitieron monitorear variables como tiempos de respuesta, volumen de remisiones, oportunidad en la atención y comportamiento de los casos gestionados. Por esta razón, la generación confiable de métricas representó un elemento estratégico para el control de los procesos administrativos [4].

2.4.3.3 Gestión de Reportes

La gestión de reportes comprendió las actividades relacionadas con la recopilación, organización, procesamiento y presentación de información institucional. Los reportes constituyeron instrumentos de apoyo para la toma de decisiones al resumir grandes volúmenes de datos y transformarlos en información comprensible para los responsables de la gestión organizacional [5].

En el ámbito de la salud, la elaboración de reportes solió requerir la consolidación de información proveniente de diferentes fuentes, generando retrasos y errores durante el proceso manual. La automatización de esta actividad contribuyó a mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos de procesamiento y aumentar la confiabilidad de la información generada.

2.4.3.4 Inteligencia Artificial (IA)

La inteligencia artificial comprendió el conjunto de técnicas computacionales orientadas a simular capacidades humanas relacionadas con el aprendizaje, el razonamiento, la identificación de patrones y la toma de decisiones. Durante los últimos años, su aplicación en el sector salud experimentó un crecimiento significativo debido a su capacidad para analizar grandes volúmenes de información [9].

La literatura especializada destacó la contribución de la inteligencia artificial en la eficiencia operativa de las organizaciones mediante la automatización de tareas repetitivas, la detección de inconsistencias en los datos y la generación de información estratégica [12]. Asimismo, se reconoció su potencial para fortalecer la gestión de la información sanitaria y optimizar procesos relacionados con el

análisis de datos [18]. Dentro de la investigación, la inteligencia artificial constituyeron el componente tecnológico central de la solución propuesta. Este elemento facilitó el procesamiento automatizado de la información utilizada para la generación de indicadores y reportes en DUSAKAWI EPSI.

2.4.3.5 Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP)

El procesamiento de lenguaje natural fue una disciplina de la inteligencia artificial orientada a la interacción entre los sistemas informáticos y el lenguaje humano. Su objetivo consistió en permitir que las máquinas interpretaran, analizaran y generaran información textual [17]. La aplicación de técnicas de NLP resultó especialmente útil en contextos con presencia de registros textuales necesitados de organización, clasificación o estandarización. En el proyecto, estas herramientas permitieron mejorar la calidad de los datos utilizados para la generación de indicadores, contribuyendo a la reducción de errores junto a la uniformidad de la información procesada.

2.4.3.6 Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLM)

Los Modelos de Lenguaje de Gran Escala (Large Language Models) fueron sistemas de inteligencia artificial entrenados con grandes volúmenes de información textual para comprender y generar lenguaje natural. Estos modelos utilizaron arquitecturas avanzadas de aprendizaje profundo orientadas a identificar patrones lingüísticos [7].

La capacidad de los LLM para interpretar contextos, corregir inconsistencias y estructurar información los convirtió en herramientas de gran utilidad para la gestión documental. Dentro de la investigación, estos modelos representaron la base tecnológica para apoyar la estandarización de registros utilizados en los procesos de referencia y contrarreferencia.

2.4.3.7 Ingeniería de Prompts

La ingeniería de prompts fue una disciplina orientada al diseño y optimización de instrucciones dirigidas a sistemas de inteligencia artificial basados en modelos de lenguaje. Su finalidad consistió en obtener respuestas más precisas, coherentes y alineadas con los objetivos establecidos por los usuarios [16]. La calidad de los resultados generados por los modelos de inteligencia artificial dependió en gran medida de la forma de formular las instrucciones [7]. Por esta razón, la ingeniería de prompts se convirtió en una práctica fundamental para maximizar el desempeño de los sistemas basados en IA y garantizar resultados útiles dentro de contextos organizacionales específicos.

2.4.3.8 Interoperabilidad en Salud

La interoperabilidad se entendió como la capacidad de diferentes sistemas de información para intercambiar datos y utilizarlos de manera integrada sin perder significado ni consistencia. En el sector salud, este concepto resultó fundamental debido a la necesidad de compartir información entre diferentes áreas, instituciones y niveles de atención [10].

La interoperabilidad favoreció la continuidad de los procesos asistenciales y administrativos al mantener la información disponible en el momento requerido. En el contexto de DUSAKAWI EPSI, este concepto adquirió relevancia ante la necesidad de integrar datos provenientes de diferentes fuentes para la generación de indicadores [19].

2.4.3.9 Calidad de Datos

La calidad de los datos hizo referencia al grado de precisión, integridad, consistencia, actualización y confiabilidad de la información para su utilización en procesos operativos. La toma de decisiones basada en datos dependió directamente de la calidad de la información disponible [6]. La existencia de registros incompletos, duplicados o inconsistentes afectó la precisión de los indicadores además comprometió la confiabilidad de los reportes institucionales.

Por ello, garantizar la calidad de la información constituyó un requisito fundamental para el éxito de cualquier sistema de información orientado a la gestión.

2.4.3.10 Arquitectura de Software Híbrida

La arquitectura de software híbrida correspondió a un modelo de diseño que permitió integrar diferentes tecnologías, fuentes de datos y componentes dentro de una misma solución informática. Este enfoque facilitó la interacción entre sistemas estructurados y no estructurados mediante el aprovechamiento de información multimeta [19].

En el proyecto, la arquitectura híbrida resultó pertinente debido a la necesidad de procesar información almacenada en bases de datos relacionales y archivos externos utilizados por la institución. En conjunto, los conceptos abordados proporcionaron el fundamento teórico necesario para comprender los procesos organizacionales y tecnológicos involucrados en el desarrollo de la solución propuesta. También permitieron encontrar la conexión entre la gestión de información en salud y el uso de tecnologías de inteligencia artificial para mejorar la generación de indicadores en DUSAKAWI EPSI.

2.5 MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico definió la estructura de la investigación. Este plan incluyó los pasos a seguir, las herramientas a utilizar, así como los métodos a aplicar. Todo esto ayudó a alcanzar los objetivos del proyecto, asegurando la validez en conjunto con la confiabilidad de los resultados. En dicho proyecto, la metodología se enfocó en el análisis, diseño, desarrollo, además de la evaluación de una aplicación web asistida por inteligencia artificial para la gestión de indicadores y generación de reportes en el proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI.

La investigación poseyó un carácter aplicado y tecnológico, ya que buscó resolver una problemática real identificada dentro de la institución mediante la

implementación de una solución informática, contribuyendo a mejorar la calidad de la información, optimizar los procesos administrativos, además de reducir los tiempos de generación de reportes.

2.5.1 Hipótesis de Trabajo

La implementación de una aplicación web asistida por inteligencia artificial para la gestión de indicadores y generación de reportes permitió plantear como supuesto de investigación la disminución del tiempo requerido para la elaboración de reportes y la reducción de errores asociados al procesamiento manual de la información en el proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI.

2.5.2 Enfoque y Método de Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, debido a que integró técnicas cualitativas y cuantitativas para comprender la problemática identificada y evaluar el impacto de la solución tecnológica propuesta. Desde la perspectiva cualitativa, para entender mejor el funcionamiento actual del proceso de referencia y contrarreferencia, se realizaron observaciones directas y se llevaron a cabo entrevistas con preguntas preparadas de antemano. El objetivo de esto era ver cómo funciona el proceso en la práctica, encontrar los problemas que surgen en el día a día y saber qué necesitan exactamente la usuaria principal del sistema.

Desde la perspectiva cuantitativa, se definieron variables relacionadas con el desempeño de la solución tecnológica, tales como el tiempo de generación de reportes, la cantidad de errores detectados en los registros procesados, la calidad de la información obtenida y la satisfacción de la usuaria. Estas variables permitieron establecer criterios objetivos para la validación del sistema desarrollado.

El método de investigación adoptado correspondió a la investigación-acción con orientación al desarrollo tecnológico. Este método permitió estudiar un problema

en la institución, encontrar una solución informática, ponerla en práctica, así como observar su funcionamiento en el entorno requerido. Para el desarrollo del software, se utilizó un modelo de prototipado evolutivo. Dicho modelo facilitó la construcción progresiva de la aplicación mediante cambios y mejoras en cada etapa. De esta forma, se ajustaron los requerimientos del sistema con base en la retroalimentación obtenida durante las diferentes fases del proyecto. Esto ayudó a la adaptación de los componentes de inteligencia artificial, además del procesamiento de lenguaje natural, a las necesidades de DUSAKAWI EPSI. Así, la solución desarrollada se alineó con los procesos institucionales evaluados.

2.5.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Para cumplir con los objetivos de la investigación, se usaron varias técnicas y herramientas para recopilar información. En la fase de diagnóstico, se observó directamente el proceso de referencia y contrarreferencia. Esto permitió identificar las actividades, los tiempos de ejecución, los flujos de trabajo y los puntos críticos que afectaban la calidad de la información utilizada para generar indicadores y reportes.

También se hizo una entrevista semiestructurada con la Coordinadora de Autorizaciones de DUSAKAWI EPSI. Ella fue la persona clave porque participa directamente en la gestión del proceso de referencia y contrarreferencia, en la elaboración de reportes institucionales y en el seguimiento de indicadores del área. La herramienta utilizada fue una guía de entrevista diseñada para identificar necesidades funcionales, dificultades operativas, fuentes recurrentes de error y oportunidades de mejora.

En la fase de análisis y diseño, se utilizó la técnica de análisis documental. Para esto, se tomaron como fuentes los reportes institucionales, los archivos históricos, las bases de datos disponibles y la documentación relacionada con los procesos que se estudiaron. Finalmente, para la validación de la solución desarrollada se aplicaron pruebas funcionales, pruebas de usabilidad y una encuesta de satisfacción basada en escala de Likert, con el propósito de evaluar

la percepción de la usuaria respecto a la facilidad de uso, utilidad y eficiencia de la herramienta implementada.

2.5.4 Población y Muestra

La población de referencia estuvo conformada por el personal involucrado en las actividades relacionadas con el proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI. Debido a la naturaleza aplicada y tecnológica de la investigación, no se realizó un muestreo estadístico probabilístico. En su lugar, se utilizó un muestreo intencional por criterio, seleccionando como informante clave a la Coordinadora de Autorizaciones, debido a que concentraba las actividades de gestión, seguimiento, generación de reportes e interpretación de indicadores asociados al proceso estudiado.

La selección de esta participante se fundamentó en su conocimiento directo de los procedimientos operativos, su experiencia en la gestión de la información y su rol como usuaria principal de la solución tecnológica desarrollada. Esta condición permitió obtener información especializada para el levantamiento de requerimientos, el diseño del sistema y la validación de los resultados obtenidos. Adicionalmente, se contó con el apoyo del área de sistemas de la institución para aspectos relacionados con infraestructura tecnológica, acceso a la información y validación técnica de la propuesta.

2.5.5 Fuentes de Información

Las fuentes primarias estuvieron conformadas por la información obtenida mediante entrevistas, observaciones directas, así como actividades de validación realizadas con la Coordinadora de Autorizaciones de DUSAKAWI EPSI. Las fuentes secundarias se constituyeron por la documentación institucional, bases de datos internas, reportes históricos, normativa vigente del sector salud, literatura científica especializada, además de publicaciones académicas sobre inteligencia artificial, procesamiento de lenguaje natural, sistemas de información en salud y analítica de datos. La combinación de ambos

tipos de fuentes permitió obtener una visión integral de la problemática estudiada, proporcionando el soporte necesario para el desarrollo de la solución tecnológica propuesta.

2.5.6 Variables y Categorías de Análisis

La variable independiente correspondió a la implementación de una aplicación web asistida por inteligencia artificial para la gestión de indicadores y la generación de reportes. Las variables dependientes abarcaron el tiempo de generación de informes, la tasa de errores en los registros procesados, la calidad de la información, la precisión de los indicadores calculados y el nivel de satisfacción del usuario. Con el fin de evaluar el impacto de la solución propuesta, se establecieron diversas categorías de análisis que permitieron estructurar la medición de los resultados institucionales. En la Tabla 3 se presenta el impacto de la solución propuesta.

Tabla 3. Impacto de la solución propuesta

Categoría	Indicador	Método de medición
Eficiencia operativa	Tiempo promedio de generación de reportes	Comparación antes y después de la implementación
Calidad de datos	Número de errores detectados	Comparación del número y porcentaje de registros con errores antes y después de la implementación
Precisión de indicadores	Consistencia de resultados obtenidos	Comparación con cálculos manuales
Usabilidad	Facilidad de uso percibida	Encuesta de satisfacción
Aceptación tecnológica	Nivel de satisfacción del usuario	Escala de Likert

Nota. Fuente: propia.

2.5.7 Procedimiento de Validación

La validación de la solución se realizó mediante la comparación entre el proceso manual utilizado en DUSAKAWI EPSI y el proceso automatizado implementado en la aplicación desarrollada. Para ello se ejecutaron pruebas funcionales orientadas a verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos del sistema, incluyendo la carga de datos, procesamiento de información, cálculo de indicadores y generación de reportes. Posteriormente se realizaron pruebas de usabilidad con la usuaria principal del sistema, evaluando aspectos relacionados con la facilidad de uso, comprensión de la interfaz, rapidez de ejecución y utilidad percibida durante la operación de la herramienta.

Asimismo, se establecieron indicadores de desempeño relacionados con el tiempo de generación de reportes, la cantidad de errores detectados en los registros procesados, la calidad de la información obtenida y el nivel de satisfacción de la usuaria. La comparación de estos indicadores permitió determinar el impacto de la solución desarrollada y verificar el cumplimiento de la hipótesis planteada. En la Tabla 3 se presenta el impacto de la solución propuesta. Para la evaluación de la calidad de las interpretaciones generadas mediante inteligencia artificial, se incorporó una valoración objetiva mediante una rúbrica aplicada a casos de análisis seleccionados, considerando criterios de correspondencia con los datos, identificación de tendencias, coherencia de las conclusiones, ausencia de información no suministrada y adecuación al contexto del indicador.

SECCIÓN III. DESARROLLO CIENTÍFICO – TECNOLÓGICO

La presente sección describe el proceso de desarrollo científico y tecnológico realizado para la construcción de la aplicación web orientada a la gestión de indicadores y generación de reportes asistidos con inteligencia artificial para DUSAKAWI EPSI. La propuesta tecnológica fue planteada como una alternativa para apoyar los procesos administrativos de referencia y contrarreferencia, buscando reducir los tiempos de procesamiento de información, disminuir errores manuales y mejorar la organización de los datos institucionales.

La arquitectura del sistema fue diseñada bajo un modelo cliente-servidor, permitiendo separar el procesamiento de información, la visualización de datos y la gestión de servicios backend. La solución integra componentes de procesamiento local de archivos CSV y XLSX, servicios API REST y herramientas de inteligencia artificial para el análisis automatizado de indicadores y generación de reportes institucionales.

Para el desarrollo del cliente web, se usó Next.js con App Router. Esto permitió construir una interfaz dinámica, está bien organizada y es fácil de navegar para la usuaria de coordinadora de autorizaciones. También se puso en marcha un sistema para manejar la información de manera global, llamado DataContext. Esto hace que sea más fácil controlar los datos que se procesan dentro de la aplicación desde un solo lugar.

Dentro del módulo de procesamiento local, se agregaron componentes encargados para cargar archivos CSV de manera manual, calcular indicadores clave de desempeño y mostrar dashboards interactivos. El sistema puede funcionar de dos maneras: procesando archivos de forma local o conectándose directamente al servidor de backend que está vinculado a la base de datos PostgreSQL. Esto permite analizar archivos institucionales rápidamente y también consultar la información almacenada de forma permanente.

El motor de cálculo de indicadores fue diseñado para procesar métricas relacionadas sobre remisiones, referencias, contrarreferencias y otras rutas integrales de atención en salud. Luego, los resultados se muestran de manera clara en paneles visuales y con filtros dinámicos, lo que hace más fácil entender la información administrativa.

En la capa de backend, se implementó una API REST con Node.js, Express y TypeScript. Desplegada sobre en Oracle Cloud Infrastructure (OCI). Esto nos permite manejar solicitudes HTTP, procesar consultas y controlar el acceso a la información que está en la base de datos de la institución. Las consultas de datos se realizaron en la base de datos de la institución. Esta base de datos utiliza PostgreSQL. Esta en PostgreSQL porque es estable y puede manejar datos estructurados de manera efectiva. Además, es fácil de administrar cuando se trata de grandes cantidades de información transaccional.

La base de datos institucional contiene registros relacionados con pacientes, remisiones y demás información operativa utilizada por DUSAKAWI EPSI. La aplicación accede a dichos datos mediante consultas controladas para realizar el cálculo de indicadores y la generación de reportes. Adicionalmente, la solución incorpora servicios de inteligencia artificial mediante integración con Google AI Studio y modelos Gemini. Estos servicios permiten realizar análisis automatizados de métricas e interpretación de información institucional mediante procesamiento de lenguaje natural. La inteligencia artificial fue utilizada principalmente para apoyar la generación de insights administrativos y reportes automatizados orientados a la toma de decisiones.

Para la exportación de reportes se implementó un módulo de generación de archivos XLSX, permitiendo producir documentos organizados y adaptados a las necesidades institucionales de DUSAKAWI EPSI. Asimismo, el despliegue de la solución en infraestructura cloud permitió mejorar la disponibilidad, accesibilidad y escalabilidad del sistema, facilitando futuras ampliaciones y garantizando un entorno adecuado para el procesamiento continuo de información.

En términos generales, el desarrollo científico y tecnológico del proyecto permitió integrar herramientas modernas de desarrollo web, bases de datos e inteligencia artificial en una única plataforma orientada al fortalecimiento de los procesos administrativos de referencia y contrarreferencia. La implementación de esta solución contribuye a mejorar la gestión de indicadores institucionales, optimizar el manejo de información y apoyar los procesos de transformación digital dentro de DUSAKAWI EPSI. En la [Tabla 4](#) se presentan las herramientas utilizadas.

Tabla 4. Herramientas utilizadas

Herramienta	Descripción resumida	Versión
Next.js	Framework utilizado para el desarrollo del cliente web y la construcción de interfaces dinámicas mediante App Router.	14
React	Biblioteca JavaScript empleada para la creación de componentes reutilizables e interfaces interactivas.	18
Tailwind CSS	Framework CSS utilizado para el diseño responsivo y estilización de la interfaz de usuario.	3
Node.js	Entorno de ejecución utilizado para el desarrollo del backend y procesamiento de servicios del sistema.	20
Express	Framework backend utilizado para la construcción de la API REST y manejo de solicitudes HTTP.	4
TypeScript	Lenguaje utilizado para tipado estático y mejora de la mantenibilidad del backend.	5
PostgreSQL	Sistema gestor de bases de datos relacional utilizado en Dusakawi para obtener la información de los indicadores.	16
Oracle Cloud Infrastructure (OCI)	Plataforma cloud utilizada para el despliegue y alojamiento de los servicios backend.	Cloud Service
Google AI Studio	Plataforma utilizada para la integración de servicios de inteligencia artificial y análisis automatizado.	Gemini API
Gemini Models	Modelos de inteligencia artificial utilizados para generación de reportes y análisis de información institucional.	Gemini 3 y 2
OpenRouter	Es una plataforma que unifica el acceso a cientos de modelos de inteligencia artificial (como GPT-4, Claude, Gemini y Llama) a través de una sola API.	OpenRouter
XLSX Exporter	Módulo utilizado para la generación y exportación de reportes en formato Excel.	Librería JS
CSV Uploader	Componente utilizado para la carga y procesamiento local de archivos CSV institucionales.	Integrado
DataContext	Herramienta de manejo de estado global utilizada para compartir datos dentro de la aplicación.	React Context API

Nota. Fuente: propia.

DESARROLLO DE LAS FASES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

El desarrollo metodológico del proyecto permitió establecer una ruta organizada para el diseño e implementación de la aplicación web orientada a la gestión de indicadores y generación de reportes mediante inteligencia artificial para DUSAKAWI EPSI. A través de una metodología basada en prototipado evolutivo, fue posible construir una solución tecnológica adaptable a las necesidades identificadas dentro del proceso de referencia y contrarreferencia, permitiendo realizar mejoras progresivas durante cada etapa del desarrollo.

La metodología aplicada facilitó el análisis de procesos institucionales, el diseño de la arquitectura tecnológica, el desarrollo de módulos funcionales y la validación de la plataforma frente a las necesidades administrativas existentes. Cada fase estuvo orientada a garantizar que la solución cumpliera criterios de funcionalidad, escalabilidad, disponibilidad y facilidad de uso para el personal encargado de la gestión de información institucional.

3.1.1 Fase 1. Definición y análisis de procesos

Durante esta fase se realizó el análisis inicial de los procesos administrativos relacionados con referencia y contrarreferencia dentro de DUSAKAWI EPSI. El propósito principal fue comprender el flujo operativo actual, identificar las principales dificultades presentes en el manejo de información institucional y determinar las necesidades funcionales necesarias para el desarrollo de la plataforma web.

Asimismo, esta etapa permitió identificar variables críticas, indicadores institucionales y problemas asociados a la calidad de los datos utilizados en los procesos administrativos. La información obtenida sirvió como base para el diseño posterior de la arquitectura tecnológica y el desarrollo de los módulos funcionales del sistema.

3.1.1.1 Levantamiento de procesos de referencia y contrarreferencia

Para el levantamiento de información se realizaron entrevistas semiestructuradas y observación directa al personal encargado del área de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI. Durante estas actividades se analizaron los procedimientos utilizados para registrar, consolidar y generar reportes relacionados con remisiones y seguimiento asistencial.

El análisis permitió identificar que gran parte de los procesos administrativos eran ejecutados de manera manual mediante hojas de cálculo y archivos dispersos, lo cual dificultaba la centralización de información y aumentaba la probabilidad de errores durante la consolidación de indicadores. También se observó que el flujo de información dependía en gran medida de procesos repetitivos relacionados con:

- a) Carga manual de registros.
- b) Validación manual de información.
- c) Consolidación de reportes administrativos.
- d) Seguimiento de remisiones y contrarreferencias.
- e) Organización de indicadores institucionales.

La información recopilada permitió comprender el comportamiento operativo del proceso y establecer las bases para el diseño funcional de la solución tecnológica. Durante esta actividad se identificaron problemáticas como la duplicidad de registros, inconsistencias en formatos de datos, retrasos en la generación de reportes, baja trazabilidad de pacientes remitidos y dificultad para consolidar información histórica. Estas deficiencias evidenciaron la necesidad de una plataforma centralizada que automatizara la auditoría de los registros.

3.1.1.2 Identificación de variables críticas y KPIs

Posteriormente, se realizó el análisis de las variables institucionales necesarias para la construcción del sistema de indicadores junto a los dashboards administrativos. Durante esta actividad se identificaron los campos más relevantes dentro de los registros utilizados por DUSAKAWI EPSI, incluyendo datos de identificación del paciente, tipo de remisión, estado de referencia-contrarreferencia, fechas de atención, rutas integrales de salud, diagnósticos y clasificaciones asistenciales.

A partir de estos elementos se definieron los indicadores KPI para su procesamiento automático en la plataforma, abarcando las áreas de referencia, RMPN, riesgo cardiovascular, salud mental, desnutrición y alto costo. Además, se establecieron criterios para la visualización de información mediante dashboards interactivos, gráficos estadísticos y tarjetas, facilitando el análisis administrativo tanto como la toma de decisiones estratégicas que requería la entidad.

3.1.1.3 Diagnóstico de la calidad del dato asistencial

En esta etapa se realizó una evaluación de la calidad de los datos utilizados dentro de los procesos administrativos institucionales. Para ello se analizaron archivos históricos en formatos CSV y Excel utilizados para consolidar indicadores y reportes administrativos. Durante el análisis se identificaron múltiples inconsistencias relacionadas con:

- a) Registros incompletos.
- b) Valores nulos.
- c) Duplicidad de información.
- d) Diferencias en formatos de fechas.
- e) Errores tipográficos.
- f) Información desactualizada.

Asimismo, se evidenció la ausencia de procesos automatizados de validación y limpieza de datos, generando dificultades para garantizar precisión y consistencia en los indicadores institucionales. Con base en este diagnóstico se definieron reglas de validación y transformación de información que posteriormente fueron implementadas dentro del sistema para automatizar procesos de limpieza, organización y procesamiento de datos.

3.1.1.4 Requerimientos funcionales

Los requerimientos especifican lo que el sistema debe hacer. Estos se alinean con lo que los usuarios y el equipo técnico necesitan. Al implementarlos, se organizan mejor las tareas, se establecen prioridades y se valida el proceso. Esto ayuda a diseñar y evaluar la solución tecnológica de manera efectiva. Los requerimientos son fundamentales para el sistema. En la [Tabla 5](#) se presentan los requerimientos funcionales.

Tabla 5. Requerimientos funcionales

Identificador	Requerimiento Funcional	Descripción	Prioridad
RF01	Carga de datos	Permitir cargar archivos CSV, conectarse a bases de datos, validar estructura y mostrar errores.	Alta
RF02	Limpieza y transformación	Limpiar datos inconsistentes, estandarizar formatos, eliminar duplicados y generar alertas de datos inválidos.	Alta
RF03	Procesamiento de datos	Organizar según variables, clasificar registros de referencia y contrarreferencia y preparar datos para el cálculo de indicadores.	Alta
RF04	Cálculo de indicadores	Calcular automáticamente los indicadores, permitir su visualización y actualizarlos tras nuevas cargas de información.	Alta
RF05	Visualización	Mostrar indicadores mediante gráficos y KPIs, permitir filtrado por fechas y criterios, y presentar información clara al usuario.	Media
RF06	Generación de reportes con IA	Generar reportes automáticos, interpretar datos en lenguaje natural y permitir exportación a Excel.	Alta
RF07	Exportación de	Permitir exportar indicadores y datos	Media

resultados	procesados, descargar reportes y soportar formatos CSV y Excel.
------------	---

Nota. Fuente: propia.

3.1.1.5 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales definieron las características de calidad necesarias para la operatividad del sistema en DUSAKAWI EPSI. Estos incluyeron rendimiento, seguridad, disponibilidad junto a la escalabilidad de la plataforma. La definición de estos requisitos resultó fundamental para asegurar la estabilidad junto a eficiencia para los usuarios encargados del proceso de referencia junto a contrarreferencia. También ayudó a orientar el diseño de la arquitectura tecnológica junto a la selección de herramientas para la validación del sistema durante el proyecto. El cumplimiento de estos requisitos facilitó la confiabilidad de la solución tecnológica. Dicha base garantizó el soporte para el crecimiento futuro de información junto a la adaptación hacia las necesidades de DUSAKAWI EPSI. En la [Tabla 6](#) se presentan los requerimientos no funcionales.

Tabla 6. Requerimientos no funcionales

Identificador	Requerimiento No Funcional	Descripción
RNF01	Rendimiento	El sistema debe procesar archivos de datos y calcular indicadores en pocos segundos para garantizar eficiencia operativa.
RNF02	Rendimiento	El tablero de control debe cargar y actualizar la información de manera rápida y fluida.
RNF03	Usabilidad	La interfaz debe ser intuitiva y fácil de utilizar para analistas y gestores de salud.
RNF04	Usabilidad	El sistema debe presentar visualizaciones claras mediante gráficos, dashboards y tarjetas de indicadores.
RNF05	Disponibilidad	La plataforma debe estar disponible para los usuarios mediante acceso web desde cualquier ubicación autorizada.
RNF06	Disponibilidad	El sistema debe permitir despliegue en servicios cloud e infraestructura de hosting.
RNF07	Seguridad	El sistema debe proteger la información cargada por los usuarios mediante mecanismos de validación y control de acceso.
RNF08	Seguridad	El sistema debe evitar accesos no autorizados a la información institucional y administrativa.
RNF09	Escalabilidad	El sistema debe permitir incorporar nuevos

RNF10	Escalabilidad	indicadores sin afectar la estructura principal de la aplicación. La plataforma debe soportar crecimiento en volumen de datos y cantidad de usuarios concurrentes.
RNF11	Compatibilidad	El sistema debe ser accesible desde navegadores web modernos y diferentes dispositivos.
RNF12	Compatibilidad	La plataforma debe soportar archivos CSV y Excel como formatos de entrada para procesamiento de información.

Nota. Fuente: propia.

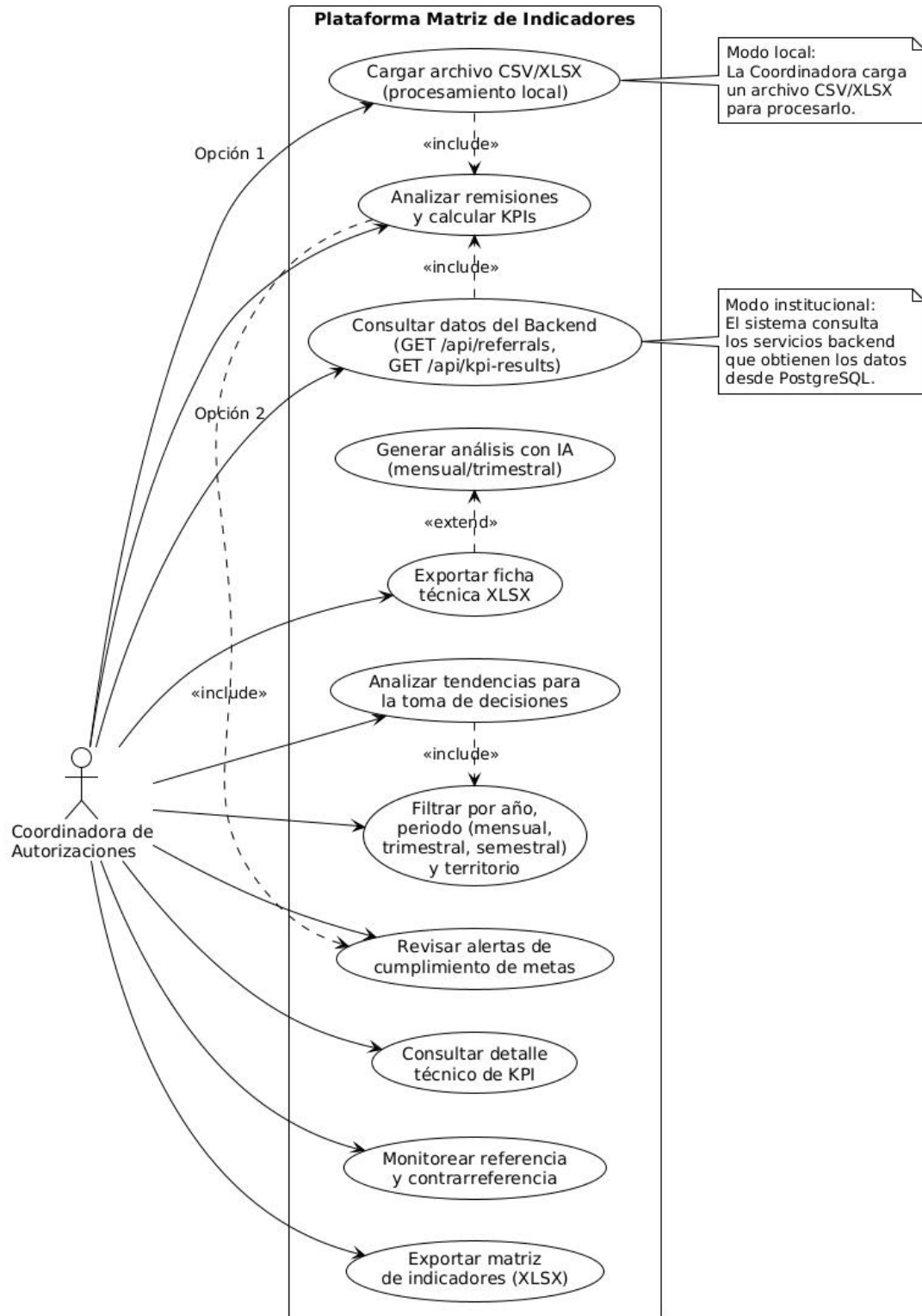
3.1.1.6 Diagrama de casos de uso

Con el propósito de representar gráficamente la interacción entre los usuarios y las funcionalidades principales de la plataforma, se elaboró un diagrama de casos de uso que permite identificar los procesos más relevantes del sistema y la relación existente entre los actores y los módulos funcionales desarrollados. El diagrama presenta las operaciones principales relacionadas con la carga de información, procesamiento de datos, visualización de indicadores, generación de reportes y administración de métricas institucionales dentro de la plataforma. En la Figura 2 se muestran los casos de uso.

Figura 2. Casos de uso

Nota. Fuente: propia.

DUSAKAWI EPSI - Casos de Uso de la Coordinadora de Autorizaciones



3.1.1.7 Conclusión de la fase

La fase de definición y análisis de procesos permitió identificar las principales problemáticas operativas presentes en el proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI. El análisis realizado facilitó comprender el flujo actual de manejo de información institucional y establecer las necesidades tecnológicas requeridas para optimizar la gestión administrativa.

Asimismo, la identificación de variables críticas, indicadores KPI y problemas asociados a la calidad del dato permitió estructurar los componentes funcionales y técnicos de la plataforma, garantizando que el desarrollo posterior estuviera alineado con las necesidades reales de la entidad y con los objetivos planteados en el proyecto.

3.1.2 Fase 2. Diseño de la arquitectura y inteligencia artificial

Durante esta fase se realizó el diseño de la arquitectura tecnológica y el modelado estructural de la aplicación web, con el propósito de definir la forma en que los diferentes componentes del sistema interactúan entre sí. Esta etapa permitió establecer la organización del frontend, backend, base de datos y servicios de inteligencia artificial, garantizando una estructura escalable, modular y adaptable a las necesidades del proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI.

3.1.2.1 Diseño de arquitectura de software

El diseño arquitectónico fue planteado bajo un modelo cliente-servidor, permitiendo separar el procesamiento de datos, la lógica de negocio y la visualización de la información. Asimismo, se definieron los módulos principales del sistema, los flujos de procesamiento y la interacción entre servicios locales, APIs y componentes cloud. La arquitectura global de la plataforma fue estructurada en tres capas principales:

- a) Cliente web.
- b) Backend y servicios API.
- c) Base de datos y procesamiento.

El cliente web fue diseñado utilizando Next.js junto con React y Tailwind CSS, permitiendo construir una interfaz moderna, dinámica y adaptable para usuarios administrativos y gerenciales. Dentro del frontend se estructuraron componentes orientados a la carga de archivos CSV y XLSX, procesamiento de indicadores, dashboards interactivos y exportación de reportes institucionales.

Para la administración del estado global de la aplicación se planteó el uso de DataContext, permitiendo compartir información entre módulos sin necesidad de múltiples recargas o consultas repetitivas. Asimismo, dentro de la capa de procesamiento local se definieron módulos encargados de la validación de archivos CSV y XLSX, la transformación de datos, el procesamiento de indicadores KPI, la visualización dinámica de resultados y la exportación de información institucional. El sistema fue estructurado para funcionar bajo dos modos de operación basados en el procesamiento local mediante carga de archivos o la consulta directa al backend conectado a PostgreSQL. Este enfoque flexible facilitó el análisis de la información estratégica que requería la organización para su control administrativo. En la Figura 3 se observa el módulo para cargar archivo.

Figura 3. Módulo para cargar archivo



Nota. Fuente: propia.

3.1.2.1.1 Diseño del backend y servicios API

La arquitectura backend fue diseñada utilizando Node.js, Express y TypeScript, permitió estructurar servicios API REST orientados a procesar solicitudes HTTP, gestionar consultas, centralizar información institucional, administrar indicadores y conectar servicios externos de inteligencia artificial. Los servicios fueron planteados para desplegarse sobre Oracle Cloud Infrastructure (OCI) con el fin de asegurar disponibilidad, acceso remoto y escalabilidad del sistema. Además, se definió un componente denominado Backend Connector dentro del cliente web, encargado de establecer la comunicación directa que requería el frontend con la API REST.

La solución fue concebida como un módulo integrado dentro de una plataforma corporativa ya existente en DUSAKAWI EPSI. En consecuencia, la autenticación de usuarios no es administrada directamente por el módulo desarrollado, sino por el sistema principal de la organización. Una vez el usuario inicia sesión en la plataforma corporativa, esta genera un JSON Web Token (JWT) con una vigencia de una hora. Dicho token es enviado al módulo y validado por el backend antes de permitir el acceso a cualquiera de sus funcionalidades. Si el token expira o no es válido, el acceso al módulo es denegado hasta que el usuario vuelva a autenticarse en el sistema institucional. En la Figura 4 se muestra la arquitectura global.

Como parte de la arquitectura del backend, se incorporó un servicio de registro de eventos (Logging Service) encargado de hacer registros de las principales operaciones ejecutadas por la aplicación. Este componente almacena los registros en archivos JSON y .log dentro de la instancia donde se ejecuta el backend, de manera independiente a la base de datos institucional de DUSAKAWI EPSI. Los registros incluyen información asociada al usuario autenticado, obtenida a partir de las claims del token JWT, el tipo de operación realizada, el endpoint consumido, el estado de la solicitud y los posibles errores detectados durante la ejecución. Esta arquitectura permite mantener

desacopladas las funciones de consulta de la información institucional y las actividades de monitoreo y auditoría, facilitando la trazabilidad del sistema sin modificar la estructura de la base de datos corporativa. Como se muestra en la Figura 4, Figura 5 y Figura 6

3.1.2.1.2 Integración de base de datos relacional

La solución se integró con una base de datos PostgreSQL institucional ya existente en DUSAKAWI EPSI. A través de consultas controladas, la aplicación obtiene la información necesaria para el cálculo de indicadores y generación de reportes. Debido a políticas de confidencialidad y seguridad de la institución, el modelo de datos real y diagrama entidad relación no se presenta en este documento.

Figura 4. Arquitectura global

Nota. Fuente: propia.

DUSAKAWI EPSI - Arquitectura Global de la Solución

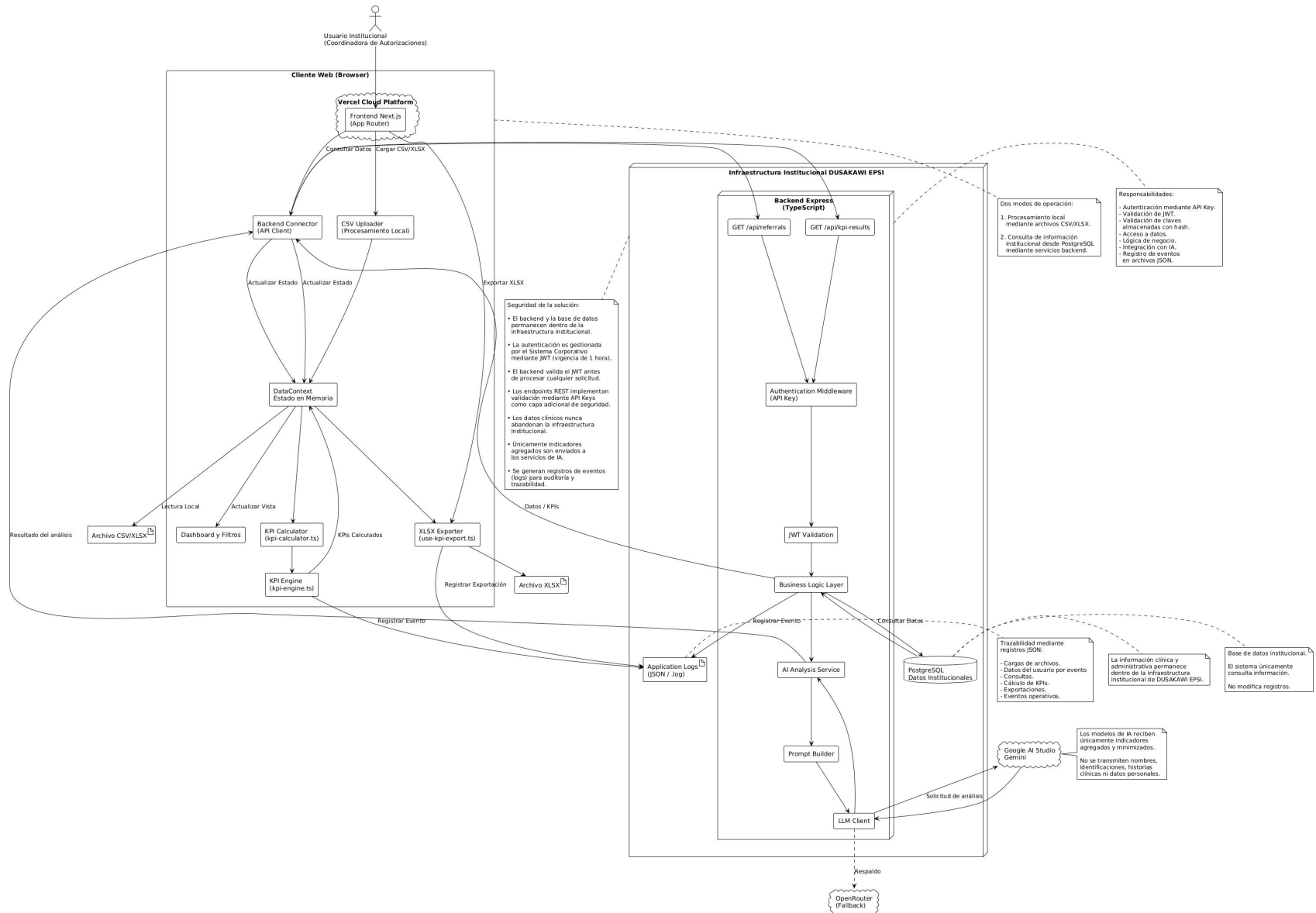


Figura 5. Diagrama de componentes

Nota. Fuente: propia.

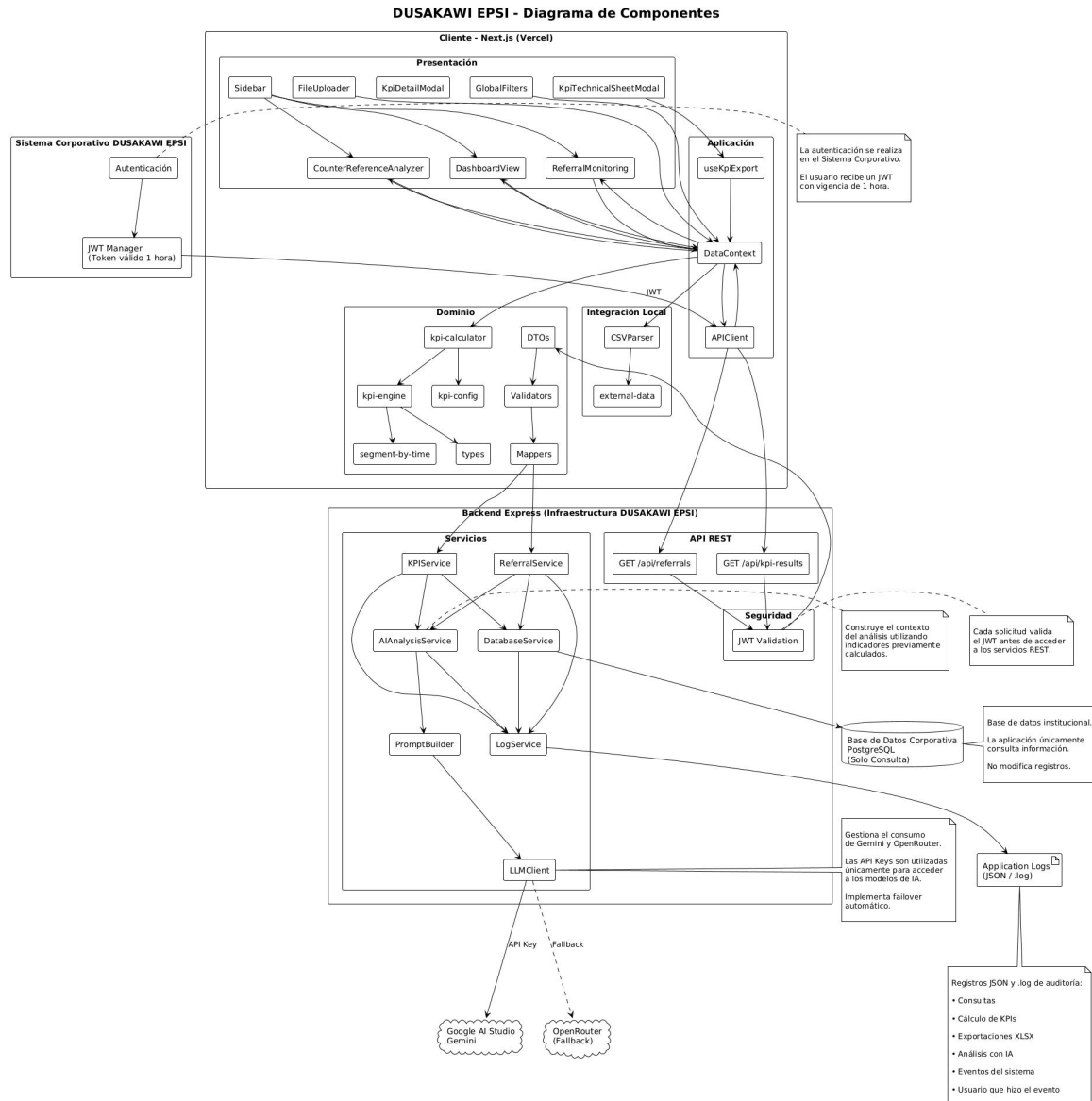
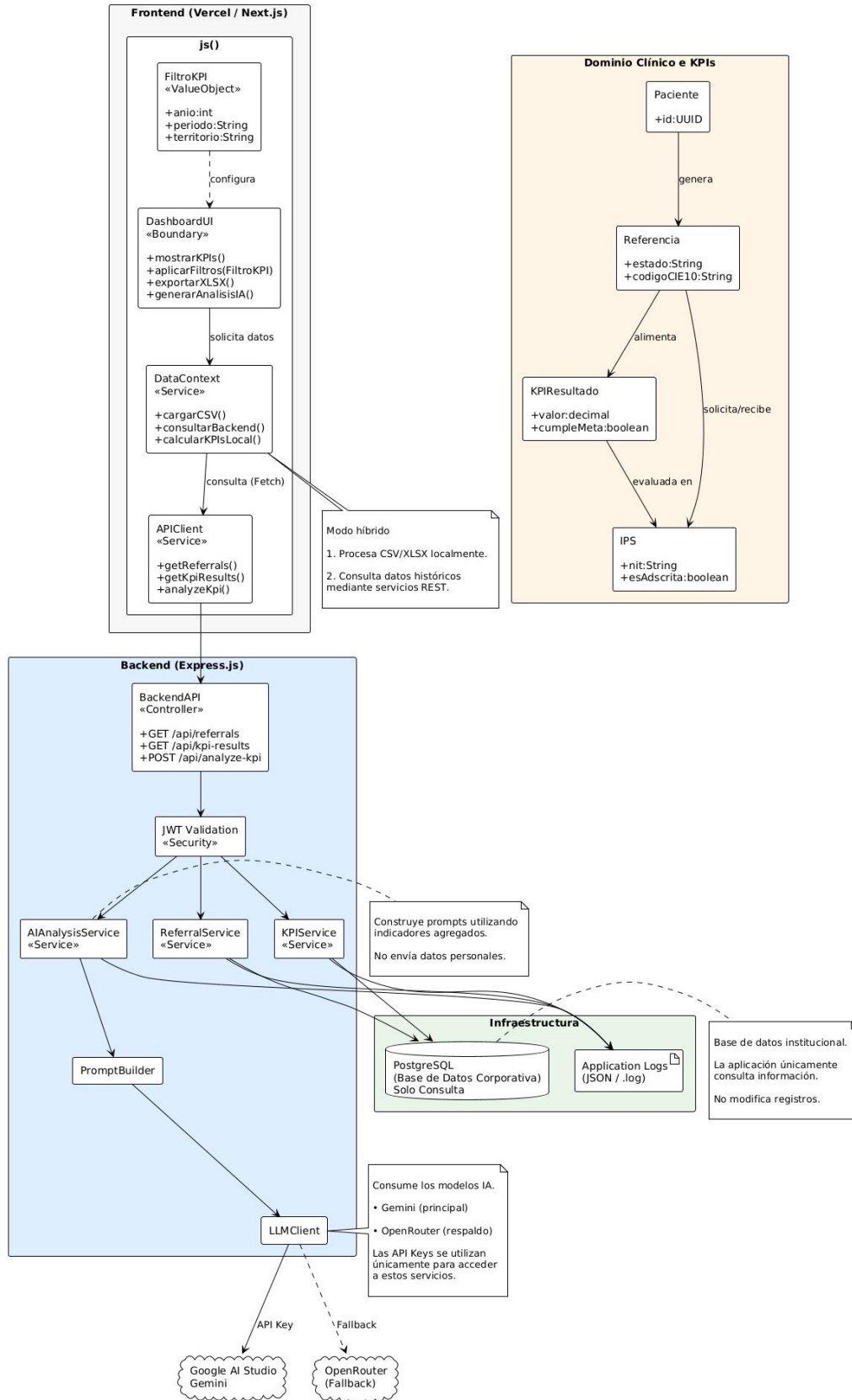


Figura 6. Diagrama del modelo de dominio e infraestructura

Nota. Fuente: propia.

DUSAKAWI EPSI - Modelo de Dominio e Infraestructura



3.1.2.2 Diseño de interfaces de usuario (UI/UX) para gestión clínica

Durante esta etapa se diseñaron las interfaces orientadas a facilitar la interacción entre el usuario y la plataforma web. El diseño UI/UX fue planteado buscando simplicidad, claridad visual y facilidad de navegación para el personal administrativo encargado de gestionar indicadores y reportes institucionales. Se estructuraron dashboards interactivos, tablas dinámicas, filtros personalizados y tarjetas KPI orientadas a facilitar la interpretación de métricas institucionales relacionadas con referencia y contrarreferencia. También se crearon componentes visuales para que la información se vea mejor y para que el usuario tenga una mejor experiencia cuando trabaja con datos administrativos. Además, se hizo un módulo que permite exportar informes en formato de Excel, lo que facilita la creación de documentos para usar en la institución.

3.1.2.3 Selección de Modelos de Inteligencia Artificial

Como parte del diseño de la solución, se hizo un análisis comparativo entre varios modelos de inteligencia artificial que se encuentran disponibles mediante API. Se tomaron en cuenta criterios como la calidad de las respuestas, el costo, la rapidez, la facilidad para integrarlos y si el servicio estaba disponible. El propósito de esta evaluación fue elegir una opción que permitiera crear reportes analíticos en lenguaje natural de forma eficiente, logrando un buen equilibrio entre el desempeño técnico y los costos operativos.

Entre las opciones analizadas estaban modelos muy usados para generar texto, como ChatGPT, Claude Sonnet/opus, Gemini y otros que ofrecen OpenRouter, como Llama y DeepSeek entre otros. Cada uno fue revisado según su habilidad para entender indicadores institucionales, producir explicaciones claras y tener una integración sencilla con servicios REST.

El modelo de Gemini resultó ser la mejor opción porque ofrecía respuestas de buena calidad, procesaba la información rápidamente y no era muy costoso para nuestras necesidades. Además, fue fácil incorporar la función de generar

reportes automáticamente en nuestra aplicación gracias a que Gemini se integra con Google AI Studio.

Para asegurarnos de que el servicio estuviera siempre disponible y no depender de solo un proveedor, decidimos agregar OpenRouter como otra opción para la inteligencia artificial. Esta plataforma proporciona acceso unificado a diferentes modelos de lenguaje mediante una única interfaz API, permitiendo que la aplicación redirija automáticamente las solicitudes hacia un modelo de respaldo cuando el servicio principal presente indisponibilidad, límites de uso o fallos temporales. De esta manera, se implementó un mecanismo de contingencia que fortalece la continuidad operativa de la plataforma.

Tabla 7. Comparación de modelos de inteligencia artificial evaluados

Modelo	Calidad de respuesta	Velocidad	Costo entrada (USD / 1M tokens)	Costo salida (USD / 1M tokens)	Capa gratuita	Facilidad de integración	Decisión
Gemini 2.5/3 Flash	Muy alta	Alta	0.30	2.50	✓ Sí	Muy alta (Google AI Studio)	Principal
DeepSeek V3 (OpenRouter)	Alta	Alta	0.27	1.10	✓ Sí*	Muy alta	Disponible como respaldo
GPT-4.1/5	Muy alta	Alta	2.00	8.00	✗ No	Alta	Evaluado
Claude Sonnet 4	Muy alta	Alta	3.00	15.00	✗ No	Alta	Evaluado
Llama 3.3 70B (OpenRouter)	Alta	Alta	0.12	0.30	✓ Sí*	Muy alta	Respaldo

Nota. Fuente: propia.

Como se observa en la [Tabla 7](#), Gemini 2.5 Flash y Gemini 3 presentó la mejor relación entre calidad de generación, velocidad de respuesta y costo por millón de tokens, además de ofrecer una capa gratuita que facilitó el desarrollo y las pruebas del sistema. Estas características lo convirtieron en la alternativa más adecuada para la generación de reportes analíticos dentro de la plataforma.

Por otra parte, OpenRouter fue seleccionado como proveedor secundario debido a que ofrece una interfaz unificada para acceder a múltiples modelos de lenguaje, como Llama y DeepSeek. Esta característica permitió implementar un mecanismo de contingencia sin modificar la lógica de la aplicación, garantizando la continuidad del servicio cuando el modelo principal no se encuentre disponible o alcance sus límites de uso.

3.1.2.4 Definición de lógica del motor IA y flujo de prompts

Dentro del diseño arquitectónico se contempló la integración de servicios de inteligencia artificial mediante Google AI Studio y modelos Gemini como proveedor principal para la generación de reportes institucionales en lenguaje natural. Adicionalmente, se incorporó OpenRouter como proveedor alternativo, permitiendo el acceso a distintos modelos de lenguaje de respaldo en caso de indisponibilidad o fallos temporales del servicio principal.

El flujo de integración fue estructurado para enviar métricas procesadas hacia los servicios de inteligencia artificial mediante APIs, permitiendo recibir respuestas automatizadas e insights administrativos orientados al análisis institucional. Asimismo, se diseñaron plantillas y estructuras de prompts orientadas a mejorar la interpretación de datos por parte de los modelos de lenguaje utilizados por la plataforma, permitiendo adaptar las respuestas generadas a las necesidades específicas del proceso de referencia y contrarreferencia.

Como mecanismo de disponibilidad, la solución implementó una estrategia de contingencia en la capa de inteligencia artificial. En condiciones normales, las solicitudes son procesadas por Gemini; sin embargo, ante errores de conexión, indisponibilidad temporal o limitaciones del servicio principal, el sistema puede redirigir automáticamente las solicitudes hacia modelos alternativos disponibles a través de OpenRouter. Esta estrategia reduce la dependencia de un único

proveedor y contribuye a garantizar la continuidad operativa del proceso de generación de reportes automatizados.

En conclusión, la fase de diseño de arquitectura junto a IA permitió definir la estructura tecnológica necesaria para el desarrollo de la plataforma web. La organización de componentes frontend, backend, base de datos y servicios de inteligencia artificial facilitó la construcción de una solución modular, escalable y orientada a las necesidades administrativas de DUSAKAWI EPSI. Asimismo, el modelado realizado durante esta etapa sirvió como base para las fases posteriores de construcción, implementación y validación del sistema, permitiendo establecer una arquitectura sólida para el procesamiento de indicadores y generación automatizada de reportes institucionales.

3.1.2.5 Seguridad, Privacidad, Trazabilidad y Gestión de Datos Clínicos

La solución propuesta incorporó mecanismos orientados a garantizar la seguridad, privacidad, trazabilidad, uso adecuado de la información procesada dentro de DUSAKAWI EPSI. Estas medidas se alinearon con los lineamientos establecidos por la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales, demás normativas aplicables al sector salud, particularmente aquellas relacionadas con la protección de datos personales, la gestión de información clínica, el fortalecimiento de los procesos de referencia, contrarreferencia.

La plataforma funcionó como un módulo integrado dentro del ecosistema tecnológico institucional. El frontend operó desplegado en infraestructura cloud mediante Vercel, mientras los servicios backend, la base de datos se ejecutaron dentro de la infraestructura tecnológica de la organización (Intranet). Esta arquitectura permitió mantener los procesos críticos de procesamiento de información bajo control institucional, reduciendo la exposición directa de los datos clínicos, administrativos. Todas las comunicaciones entre los diferentes componentes de la solución utilizaron el protocolo HTTPS/TLS, garantizando el cifrado de la información durante su transmisión. Este mecanismo protegió la confidencialidad, integridad de los datos intercambiados entre la interfaz de

usuario, los servicios backend, los servicios externos de inteligencia artificial utilizados por la plataforma.

Para el acceso a los servicios backend se implementó un control basado en API Keys. Cada clave generada fue única, se almacenó mediante funciones criptográficas de hash irreversible, evitando el almacenamiento de credenciales en texto plano. Debido al diseño integrado como un módulo dentro de una plataforma corporativa existente, la autenticación de usuarios es administrada por el sistema anfitrión. Al iniciar sesión, dicho sistema genera un JSON Web Token (JWT) con una vigencia de una hora, el cual es utilizado por el módulo para validar la identidad del usuario antes de permitir el acceso a sus funcionalidades. Cuando el token expira, el usuario debe autenticarse nuevamente en la plataforma principal para obtener uno nuevo.

Este mecanismo evita el acceso al módulo por parte de usuarios no autenticados, además este módulo implementó controles orientados a proteger los servicios, recursos expuestos. Respecto al tratamiento de la información clínica, la plataforma restringió el envío de datos personales de pacientes a los servicios de inteligencia artificial.

El sistema procesó inicialmente los registros provenientes de bases de datos institucionales, archivos CSV, ejecutando algoritmos encargados de calcular los indicadores de gestión definidos por la institución. Posteriormente, los resultados consolidados de dichos indicadores se enviaron al modelo Gemini para la generación de análisis automatizados. De esta manera, la información suministrada correspondió exclusivamente a métricas agregadas, estadísticas institucionales, sin incluir nombres, números de identificación, historias clínicas, otros datos identificativos de pacientes. Este enfoque aplicó los principios de minimización de datos, procesamiento exclusivo de indicadores agregados, garantizando la labor de los modelos de inteligencia artificial únicamente con información estadística consolidada. Como resultado, la plataforma preservó la

privacidad de los usuarios, redujo significativamente los riesgos asociados al tratamiento de información sensible.

Como medida complementaria de disponibilidad, la arquitectura incorpora redundancia en los servicios de inteligencia artificial mediante la utilización de múltiples proveedores que provee OpenRouter. Esta estrategia reduce la dependencia de un único servicio externo y permite mantener la generación de reportes incluso ante fallos temporales de conectividad o disponibilidad.

En relación con la trazabilidad de las operaciones, La solución incorporó un mecanismo de trazabilidad mediante registros de eventos (logs) generados por el backend Express. Estos registros se almacenan localmente en la instancia donde se ejecuta la aplicación, utilizando archivos en formato JSON estructurado y archivos con extensión .log. Cada evento registrado contiene información como la fecha y hora de ejecución, la identidad del usuario autenticado y su rol institucional, obtenidos a partir de las claims del token JWT emitido por el sistema institucional, el tipo de operación realizada, el endpoint consumido, el método HTTP, el resultado de la operación (éxito o error), el tiempo de procesamiento de la solicitud y los mensajes asociados en caso de presentarse excepciones.

El almacenamiento de los logs se realiza de forma independiente a la base de datos institucional de DUSAKAWI EPSI, debido a que dicha base de datos corresponde al sistema institucional y es utilizada únicamente como fuente de consulta por la aplicación. De esta manera, se evita modificar la estructura del sistema transaccional de la organización con tablas adicionales destinadas a auditoría, manteniendo desacopladas las funciones de operación, persistencia y monitoreo. Asimismo, esta estrategia reduce la carga sobre la base de datos institucional y facilita la administración independiente de los registros del sistema.

Con el fin de controlar el consumo de almacenamiento en el servidor, se implementó una política de rotación de logs, mediante la cual los archivos JSON

y .log son reemplazados o eliminados automáticamente al alcanzar un período de retención o un tamaño máximo previamente configurado. Esta estrategia garantiza la disponibilidad de información reciente para actividades de monitoreo, diagnóstico y auditoría técnica, evitando el crecimiento indefinido de los archivos de registro y optimizando el uso de los recursos de la infraestructura. Los registros permiten reconstruir la secuencia de eventos ocurridos durante la ejecución del sistema, identificando el usuario responsable de cada acción y su rol dentro de la organización. Entre los principales eventos registrados se encuentran:

- a) Consultas realizadas a los servicios backend.
- b) Validación de autenticación mediante JWT.
- c) Carga y procesamiento de archivos CSV/XLSX.
- d) Cálculo de indicadores.
- e) Generación de reportes mediante inteligencia artificial.
- f) Errores y excepciones detectadas durante la operación.
- g) Eventos asociados al acceso y consumo de los servicios REST.

Este mecanismo proporciona trazabilidad sobre el funcionamiento de la aplicación sin afectar el rendimiento ni la integridad de la base de datos institucional, alineándose con el principio de separación de responsabilidades entre la capa de acceso a la información institucional y la capa de monitoreo y auditoría. Además, la incorporación de la identidad y el rol del usuario autenticado en cada registro fortalece los procesos de auditoría, permitiendo determinar quién ejecutó cada operación y facilitando el seguimiento de las actividades realizadas dentro de la plataforma. Asimismo, se realizaron validaciones orientadas a verificar la calidad de los datos procesados, la exactitud de los cálculos generados. Estas comprobaciones permitieron comparar los resultados obtenidos automáticamente con los procedimientos previamente utilizados por la institución, garantizando la consistencia de los indicadores calculados, la confiabilidad de los reportes producidos. Dado el diseño de la herramienta orientado principalmente a la Coordinadora de

Autorizaciones de DUSAKAWI EPSI, su utilización estuvo asociada a las necesidades operativas del proceso de referencia, contrarreferencia. Esto permitió un uso controlado de la información institucional, contribuyó al fortalecimiento de la gobernanza de los datos utilizados por la organización.

3.1.2.5.1 Relación de la Solución con la Normativa del Sector Salud

- a. **Ley 1581 de 2012:** La solución incorporó mecanismos orientados a la protección de datos personales mediante el uso de comunicaciones seguras HTTPS/TLS, control de acceso a servicios mediante API Keys, almacenamiento seguro de credenciales mediante funciones hash, aplicación del principio de minimización de datos. Adicionalmente, los servicios de inteligencia artificial prescindieron de información identificable de pacientes, procesando únicamente indicadores agregados previamente calculados.
- b. **Ley 1438 de 2011:** La solución facilitó la gestión organizada de la información clínica, administrativa mediante la consolidación de registros institucionales, el procesamiento automatizado de indicadores asociados a los procesos de referencia, contrarreferencia, proporcionando información estructurada para apoyar la toma de decisiones.
- c. **Resolución 4331 de 2012:** La plataforma incorporó mecanismos para el cálculo, monitoreo junto al análisis de indicadores de referencia y contrarreferencia. A través de dashboards, reportes automatizados, facilitó el control y la evaluación de variables institucionales asociadas a estos procesos. Dicho entorno tecnológico optimizó el flujo operativo mediante el procesamiento centralizado de la información asistencial.
- d. **Ley 1751 de 2015:** La automatización del cálculo de indicadores, la generación de reportes contribuyeron a mejorar la oportunidad en la disponibilidad de información para la toma de decisiones. Esto facilitó la identificación rápida de retrasos, situaciones con necesidad de intervención dentro de los procesos de referencia, contrarreferencia, favoreciendo la

continuidad de la atención, el cumplimiento del derecho fundamental a la salud.

3.1.3 Fase 3. Construcción y desarrollo de módulos

En esta fase se realizó la construcción e implementación de los componentes funcionales de la aplicación web, tomando como base la arquitectura y el modelado definidos previamente. El objetivo principal fue desarrollar una solución tecnológica capaz de automatizar el procesamiento de información, calcular indicadores institucionales y generar reportes asistidos con inteligencia artificial para el proceso de referencia y contrarreferencia de DUSAKAWI EPSI. Durante esta etapa se integraron tecnologías frontend, backend, bases de datos y servicios cloud, permitiendo construir una plataforma funcional orientada al manejo eficiente de información administrativa y al fortalecimiento de los procesos internos de la entidad.

3.1.3.1 Configuración de backend y bases de datos relacionales

La capa backend fue desarrollada utilizando Node.js, Express y TypeScript, permitiendo estructurar una API REST orientada a centralizar el acceso a la información institucional y gestionar las operaciones principales del sistema. Asimismo, se implementaron mecanismos de validación y manejo de errores para garantizar estabilidad durante el procesamiento de solicitudes y consultas administrativas. Como parte de la integración con la plataforma corporativa de DUSAKAWI EPSI, los servicios backend verifican la validez del JWT emitido por el sistema principal antes de atender las solicitudes realizadas al módulo. Esta validación garantiza que únicamente usuarios autenticados puedan consumir las funcionalidades disponibles durante la vigencia del token. Además el backend implemento un servicio de logs encargado de registrar los eventos relevantes del sistema en archivos JSON y .log almacenados localmente sobre la instancia donde se ejecuta la aplicación. Dicho servicio registra información obtenida del token JWT, el endpoint consumido, el método HTTP, el estado de la operación y

los posibles errores detectados. Entre las funcionalidades implementadas dentro de la API REST se encuentran:

- a) Recepción y procesamiento de solicitudes HTTP.
- b) Conexión con la base de datos PostgreSQL.
- c) Consulta de información institucional.
- d) Gestión de indicadores procesados.
- e) Integración con servicios de inteligencia artificial.
- f) Validación de datos recibidos desde el frontend.

3.1.3.1.1 Integración de la base de datos

La integración con PostgreSQL permitió acceder a la información institucional requerida para el cálculo de indicadores. Durante esta etapa se realizaron pruebas de conectividad, optimización de consultas y validación de la información recuperada desde la base de datos institucional, Permitiendo mejorar tiempos de respuesta.

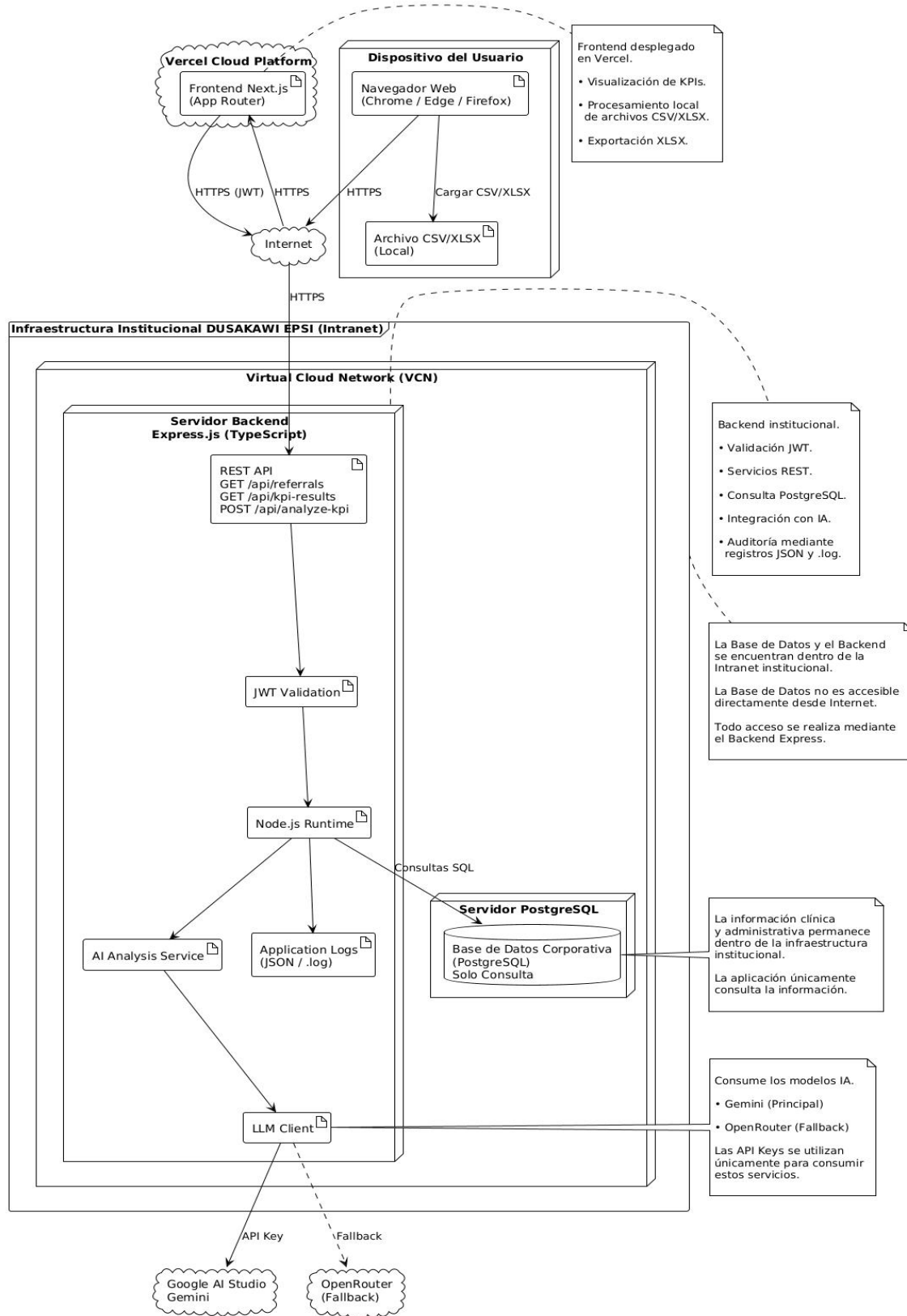
3.1.3.1.2 Despliegue e implementación cloud

El sistema fue desplegado utilizando servicios de Oracle Cloud Infrastructure (OCI), permitiendo alojar el backend y garantizar la disponibilidad de los servicios API. La implementación cloud facilitó el acceso remoto al sistema, la escalabilidad de recursos, una mayor disponibilidad de la plataforma y la centralización de servicios backend. Este entorno en la nube ofreció la robustez estructural que requería la solución para soportar la carga operativa institucional. En la Figura 7 se muestra el diagrama de despliegue.

Figura 7. Diagrama de despliegue

Nota. Fuente: propia.

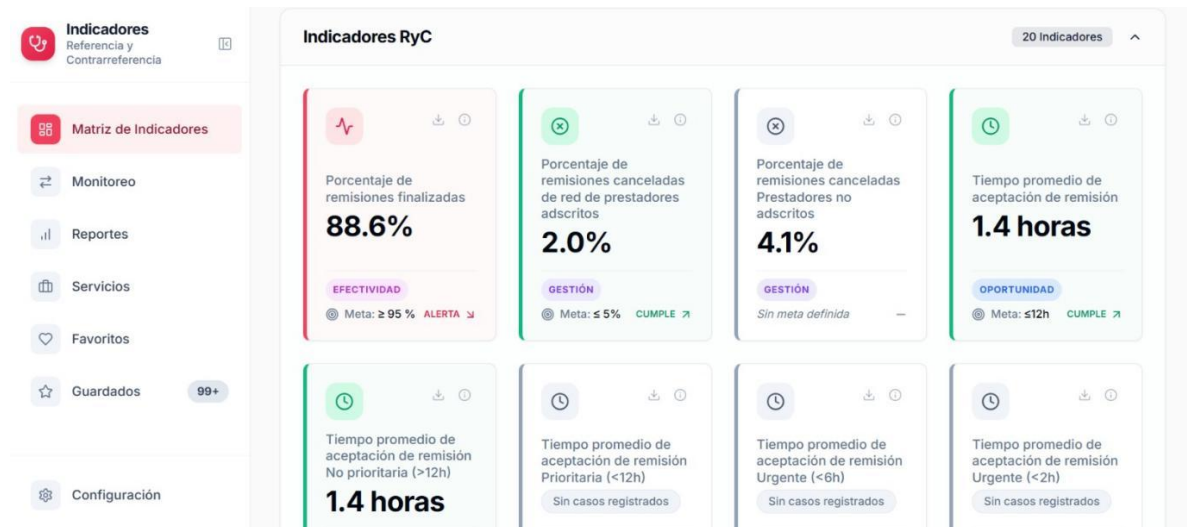
DUSAKAWI EPSI - Diagrama de Despliegue



3.1.3.2 Desarrollo del módulo de gestión de registros asistenciales

El desarrollo de la interfaz de usuario se realizó utilizando Next.js junto con React y Tailwind CSS. La aplicación fue estructurada mediante componentes reutilizables, facilitando la organización del código y el mantenimiento del sistema. Dentro del frontend se implementaron diferentes módulos funcionales, entre ellos:

Figura 8. Gestión y visualización de métricas institucionales



Nota. Fuente: propia.

Figura 9. Sistema de carga de archivos CSV y Excel.

The screenshot shows the 'Indicadores de Referencia y Contrarreferencia' system. The sidebar is identical to Figure 8. The main area has a title 'Indicadores de Referencia y Contrarreferencia' and a subtitle 'Selecciona el rango de fechas o carga un archivo para comenzar el análisis.' Below this, there are two main sections: 'Rango de fechas' (Recommended) and 'Cargar archivo'. The 'Rango de fechas' section includes input fields for 'Fecha de inicio' (01/05/2026) and 'Fecha de cierre' (03/05/2026), with a red button labeled 'Buscar información'. The 'Cargar archivo' section has a dropdown menu for 'CSV o XLSX (opcional)'.

Nota. Fuente: propia.

Figura 10. Kpi monitoreo referencia y contrarreferencia.



Nota. Fuente: propia.

Figura 11. Grafico de monitoreo de tendencia de remisiones por mes.



Nota. Fuente: propia.

Figura 12. Grafico de especialidades y tipo de traslado.



Nota. Fuente: propia.

Figura 13. Grafico de top 10 municipios por origen del afiliado.



Nota. Fuente: propia.

Figura 14. Filtros dinámicos de búsqueda.

The screenshot displays the 'Indicadores' dashboard with a sidebar on the left containing navigation options: 'Matriz de Indicadores', 'Monitoreo', 'Reportes', 'Servicios', 'Favoritos', 'Guardados' (99+), and 'Configuración'. The main content area features a 'Filtros Globales' section with dropdown menus for 'Año' (set to 'Todo'), 'Periodo' (set to 'Todo el Año'), and 'Departamento Afiliado' (set to 'Todos los Departamentos'). Below these are filters for 'Municipio Afiliado' and 'Municipio Solicitante', both set to 'Todos los Municipios', and a 'Cargar Nuevo Archivo' button. A 'FILTRAR POR DOMINIO' section shows a total of '71 indicadores en total' and allows selection of domains: 'Oportunidad', 'Efectividad', 'Gestión', and 'Calidad de dato'. At the bottom, the 'Indicadores RyC' section shows '20 Indicadores'.

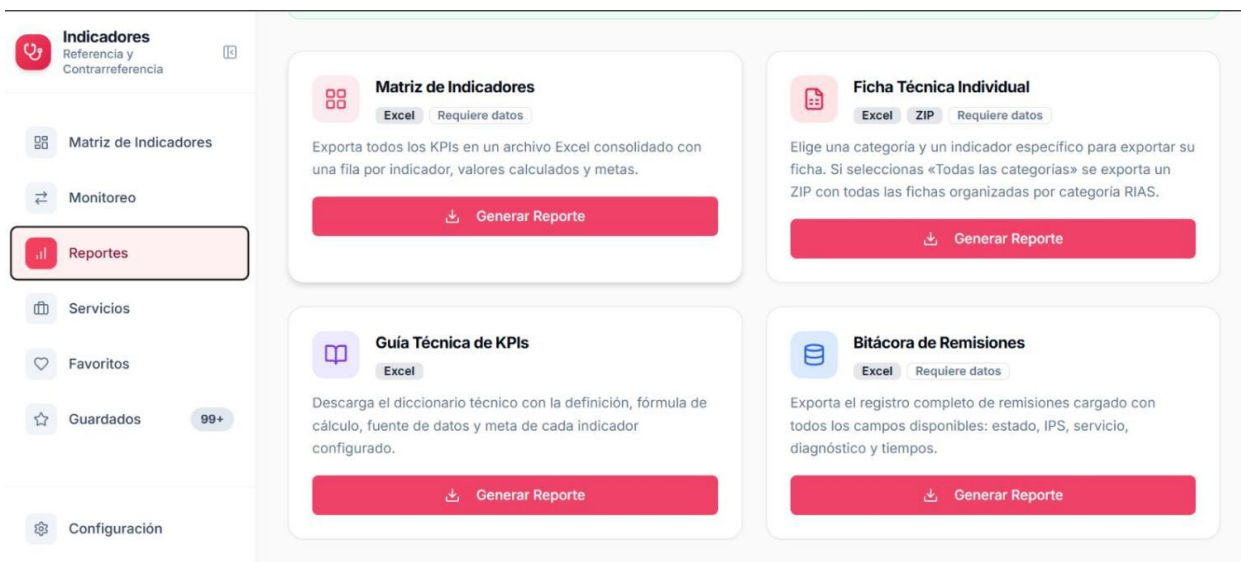
Nota. Fuente: propia.

Figura 15. Clasificación de Kpis.

This screenshot shows the 'Indicadores' dashboard with the same sidebar as Figure 14. The main content area features a domain filter bar at the top with 'Oportunidad', 'Efectividad', 'Gestión', and 'Calidad de dato'. Below this, a list of KPI categories is shown, each with a dropdown indicating the number of indicators: 'Indicadores RyC' (20 Indicadores), 'Indicadores RMPN RYC' (11 Indicadores), 'Indicadores DNT<5 años' (10 Indicadores), 'Indicadores SALUD MENTAL' (10 Indicadores), 'Indicadores ALTO COSTO' (10 Indicadores), and 'Indicadores RCV' (10 Indicadores).

Nota. Fuente: propia.

Figura 16. Módulo de generación de reportes.



Nota. Fuente: propia.

Figura 17. Módulo de configuración de indicadores.

Configuración de Indicadores

Administra los indicadores del sistema. Los cambios se reflejan al recargar la página.

↺

+ Nuevo Indicador

¿Cómo crear un indicador?

1. Completa los datos básicos (nombre, grupo, dominio, meta)
2. En la pestaña **Fórmula**, defini variables con sus filtros y escribi la expresión matemática
3. Las variables usan el nombre real del campo CSV (ej: estado_remision, total)
4. Guardá y recargá la página para ver el nuevo indicador en la matriz

Buscar indicador...

Todas las categorías

71 de 74 indicadores

ID	Indicador	Categoría	Dominio	Tipo	Meta	Frec.	Acciones
1	Porcentaje de remisiones finalizadas	Indicadores RyC	Efectividad	flexible v2	≥ 95 %	Mensual	🕒 ✎ 🗑
2	Porcentaje de remisiones canceladas de red ...	Indicadores RyC	Gestión	flexible v2	≤ 5 %	Mensual	🕒 ✎ 🗑
3	Porcentaje de remisiones canceladas Presta...	Indicadores RyC	Gestión	percentage	N/A	Mensual	🕒 ✎ 🗑

Nota. Fuente: propia.

62

Figura 18. Módulo de configuración de indicadores nuevo indicador basicos.

The screenshot shows the 'Nuevo Indicador' form with the 'Básicos' tab selected. The form includes a title bar with a close button, a subtitle, and three tabs: 'Básicos', 'Fórmula', and 'Descripción'. The 'Básicos' tab contains the following fields: 'Nombre del indicador *' with a text input containing 'Ej: Porcentaje de remisiones finalizadas'; 'Categoría (RIAS)' with a dropdown menu showing 'Seleccionar categoría...'; 'Dominio' with a dropdown menu showing 'Seleccionar...'; 'Meta sugerida' with a dropdown menu showing 'Seleccionar meta...'; and 'Frecuencia' with a dropdown menu showing 'Mensual'. At the bottom right are 'Cancelar' and 'Crear Indicador' buttons.

Nota. Fuente: propia.

Figura 19. Módulo de configuración de indicadores nuevo indicador formula.

The screenshot shows the 'Nuevo Indicador' form with the 'Fórmula' tab selected. The form includes a title bar with a close button, a subtitle, and three tabs: 'Básicos', 'Fórmula', and 'Descripción'. The 'Fórmula' tab contains the following fields: 'Variables' with a sub-tab 'Capa 1' and a text input containing 'total COUNT'; 'Fórmula' with a sub-tab 'Capa 2' and a text input containing '(total/5)*100'; and 'Formato de salida' with a sub-tab 'Capa 2' and a text input containing '44300'. At the bottom right are 'Cancelar' and 'Crear Indicador' buttons.

Nota. Fuente: propia.

Figura 20. Módulo de configuración de indicadores nuevo indicador descripción.

Nuevo Indicador ✕

Completá los datos del indicador. Usá las pestañas para alternar entre datos básicos y fórmula.

Básicos **Fórmula** **Descripción**

Grupo / Categoría

Ej: Referencia, Contrarreferencia

Objetivo

Describí el objetivo del indicador...

Descripción del numerador **Descripción del denominador**

Cancelar **Crear Indicador**

Nota. Fuente: propia.

Figura 21. Historial de versiones de fórmulas de un indicador

Historial de Versiones ✕

Indicador #1 — Porcentaje de remisiones finalizadas

Total de versiones guardadas: 2 Orden: más reciente a más antigua

Rev #2 **UPDATE** Hector 2026-08-23 16:55:19

Tipo de fórmula: **Flexible v2** Meta: $\geq 95\%$

Expresión: $(estado_remision_num / estado_remision_den) * 1000$

Efectividad • Indicadores RyC Restaurar esta versión

Rev #1 **UPDATE** Hector 2026-08-23 16:53:52

Tipo de fórmula: **Flexible v2** Meta: $\geq 95\%$

Expresión: $(estado_remision_num / estado_remision_den) * 100$

Efectividad • Indicadores RyC Restaurar esta versión

Nota. Fuente: propia.

Figura 22. Confirmación de restauración de una versión anterior de un indicador



Nota. Fuente: propia.

Las interfaces fueron desarrolladas buscando simplicidad y facilidad de uso para el personal administrativo, permitiendo acceder rápidamente a la información procesada y visualizar indicadores mediante tarjetas, tablas y gráficos dinámicos. Asimismo, se implementó un sistema de manejo de estado global mediante React Context API, permitiendo compartir información entre componentes y optimizar el flujo de datos dentro de la aplicación.

Uno de los componentes principales desarrollados durante esta fase fue el módulo de procesamiento y transformación de información institucional. El sistema fue implementado para permitir la carga de archivos CSV y XLSX provenientes de registros administrativos de DUSAKAWI EPSI, como se ve en la [Figura 9](#) y [Figura 23](#). Una vez cargados los archivos, el sistema ejecuta automáticamente procesos de:

- a) Validación de estructura.
- b) Limpieza de datos inconsistentes.
- c) Eliminación de registros duplicados.
- d) Transformación de formatos.
- e) Clasificación de registros.
- f) Preparación de datos para el cálculo de indicadores.

Posteriormente, los datos procesados son organizados según variables específicas relacionadas con referencia, contrarreferencia y rutas integrales de atención en salud. Durante esta etapa también se desarrollaron funciones para el cálculo automático de indicadores (KPI), permitiendo generar métricas actualizadas de manera inmediata tras cada carga de información como se puede ver en la [Figura 8](#), [Figura 10](#), [Figura 11](#), [Figura 12](#) y [Figura 13](#).

Se incorporó además un módulo para la configuración de indicadores, con el propósito de facilitar la administración y mantenimiento de las métricas utilizadas por la aplicación. Este módulo permite crear, consultar, editar y eliminar indicadores, así como administrar sus fórmulas, metas, descripciones y demás parámetros asociados, sin necesidad de modificar el código fuente de la aplicación. Las configuraciones son almacenadas en una tabla autorizada de la base de datos institucional, lo que proporciona mayor flexibilidad para adaptar los indicadores a nuevos requerimientos de DUSAKAWI EPSI.

Adicionalmente, se implementaron mecanismos de control para las modificaciones realizadas sobre las fórmulas de los indicadores. El módulo restringe estas operaciones de acuerdo con los permisos del usuario y registra las acciones realizadas mediante mecanismos de auditoría. Asimismo, se incorporó un historial de versiones que permite conservar las configuraciones anteriores de las fórmulas y restaurar una versión previa cuando se identifica una modificación incorrecta como se ve en la [Figura 21](#) y [Figura 22](#).

Inicialmente se contempló almacenar la configuración de los indicadores en la instancia del backend en un SQLite, debido a que el sistema únicamente contaba con permisos de consulta sobre la base de datos institucional de DUSAKAWI EPSI. Sin embargo, durante el desarrollo del proyecto y tras consultar con el Coordinador de Sistemas de la institución, se autorizó la creación de una tabla específica dentro de la base de datos institucional destinada exclusivamente al almacenamiento de la configuración de las fórmulas. Esta decisión permitió centralizar la administración de dichas configuraciones sin

afectar la integridad de la información asistencial ni modificar las tablas operativas utilizadas por los procesos institucionales.

A través de esta nueva estructura es posible almacenar y administrar la definición de los indicadores, sus fórmulas, metas, descripciones y demás parámetros necesarios para el cálculo de los KPI como se puede ver en la Figura 17, Figura 18, Figura 19 y Figura 20. La incorporación de este módulo incrementó la escalabilidad y mantenibilidad de la solución, permitiendo que el personal autorizado configure, cree, edite o elimine indicadores mediante una interfaz gráfica, sin requerir modificaciones en el código de la aplicación y manteniendo separadas las configuraciones de las tablas que contienen la información clínica y administrativa de DUSAKAWI EPSI.

Figura 23. Módulo de carga de archivos y generación de reporte

Nota. Fuente: propia.

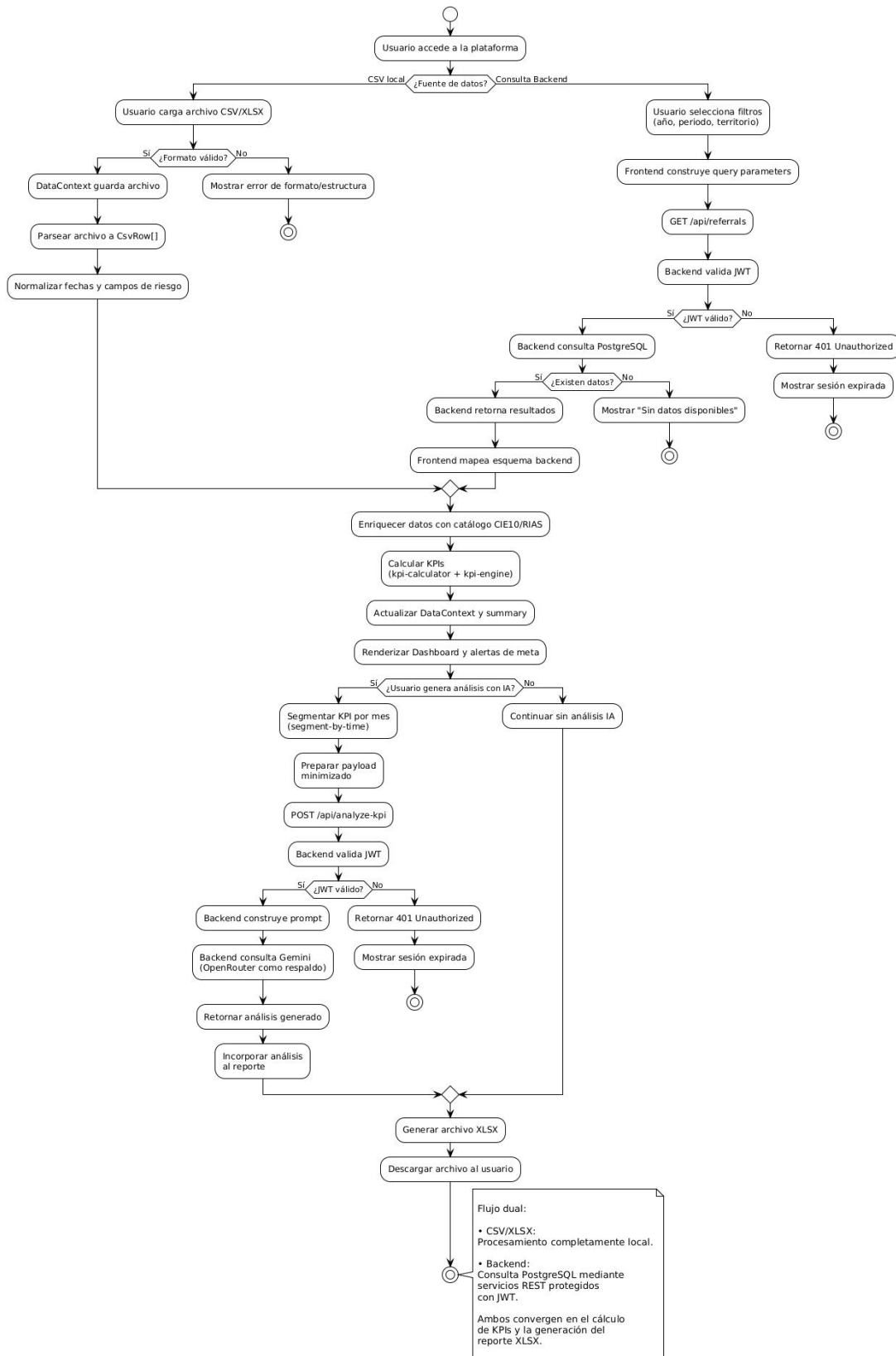
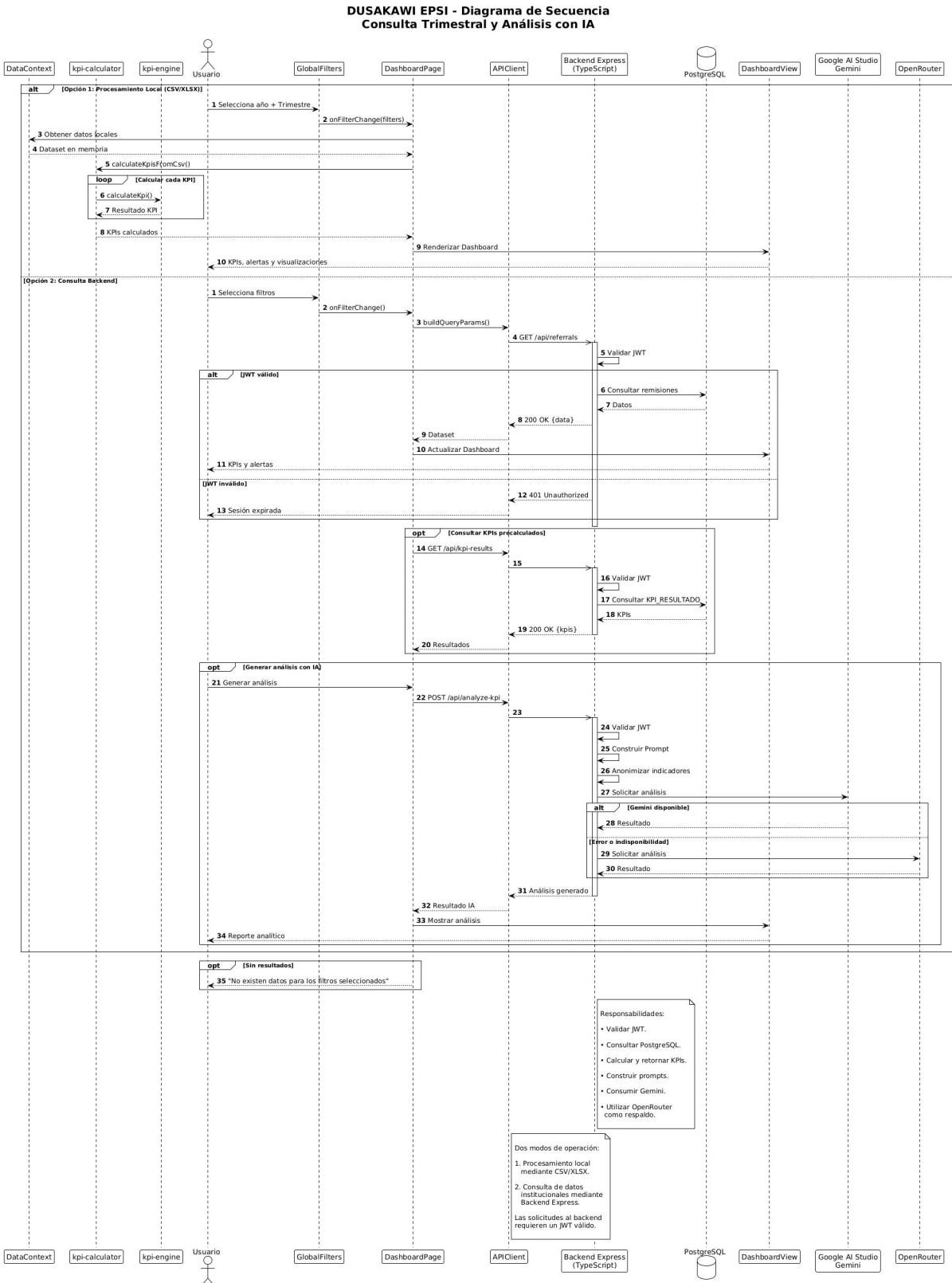


Figura 24. Diagrama de secuencia

Nota. Fuente: propia.



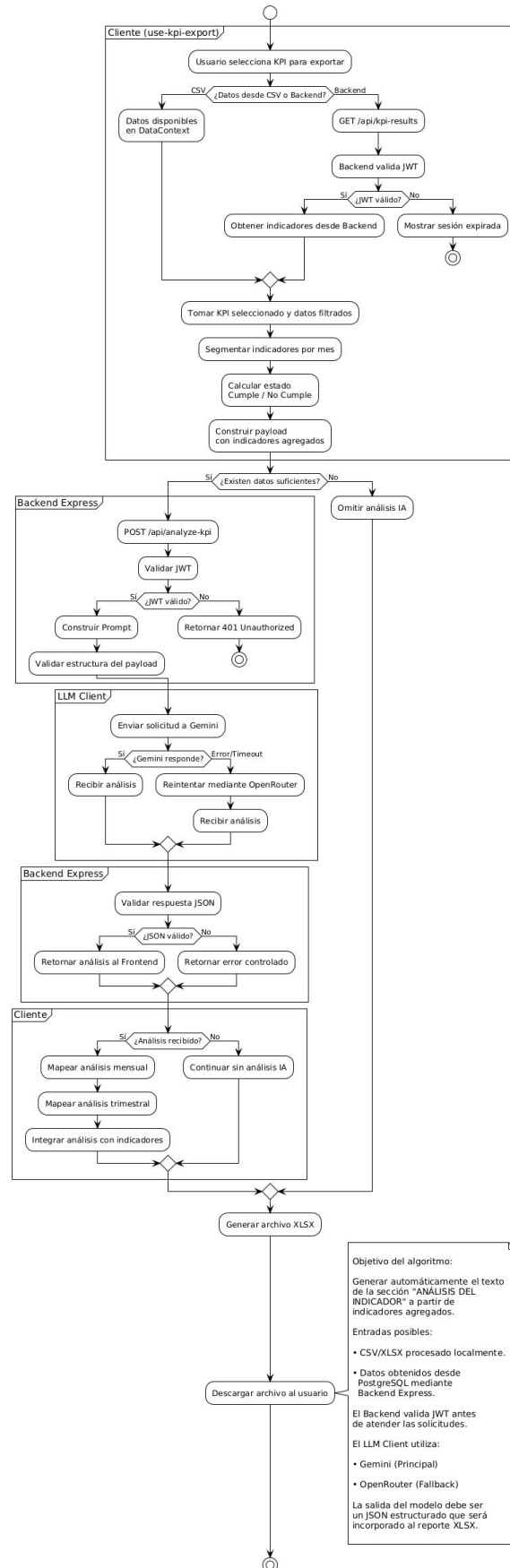
3.1.3.3 Integración y configuración del motor de inteligencia artificial

Uno de los componentes más importantes implementados durante esta fase constituyó la integración de inteligencia artificial mediante Google AI Studio junto a modelos Gemini. Dicho recurso apoyó la interpretación de indicadores junto a la generación automatizada de reportes administrativos. Para ello, el sistema envió métricas procesadas hacia servicios externos mediante APIs, obteniendo respuestas estructuradas en lenguaje natural. Adicionalmente, se aplicaron técnicas de ingeniería de prompts para mejorar la precisión junto a la consistencia de los resultados generados por el modelo. Estas configuraciones permitieron adaptar los informes a necesidades específicas relacionadas con indicadores institucionales y procesos administrativos de salud.

Con el propósito de mejorar la disponibilidad del servicio, se estructuró un mecanismo de redundancia para los componentes de inteligencia artificial. La plataforma utilizó a Gemini como proveedor principal y a OpenRouter en el rol de alternativa de respaldo. Cuando el servicio principal presentó errores de conexión o límites de uso, la solicitud viajó automáticamente hacia el proveedor alternativo. Este proceso de redirección automática garantizó la continuidad operativa para el usuario sin afectar el rendimiento del sistema. En la Figura 25 se ilustra el algoritmo de generación del análisis de KPI mediante IA.

Figura 25. Algoritmo de generación del análisis de KPI mediante IA

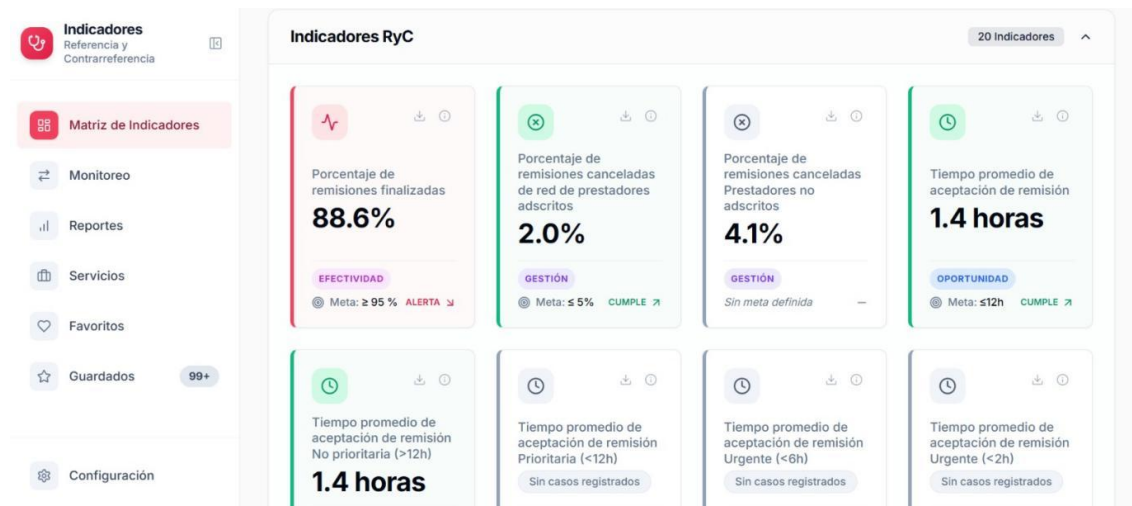
Nota. Fuente: propia.



3.1.3.4 Implementación del generador de reportes y visualizador KPI

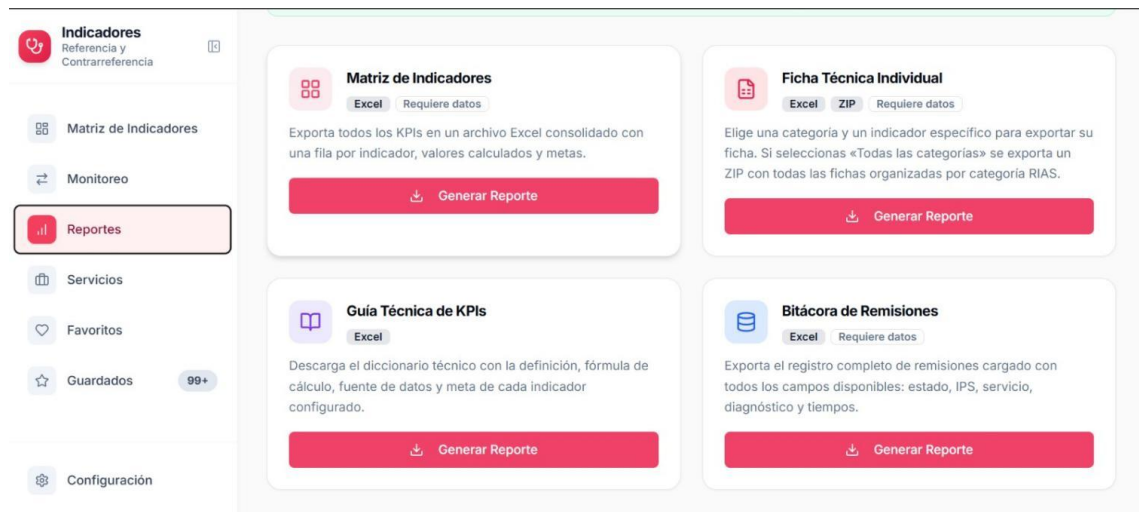
La plataforma incorporó dashboards interactivos y módulos de visualización orientados a facilitar la interpretación de indicadores institucionales junto a métricas administrativas. Los resultados procesados se presentaron mediante tarjetas KPI, tablas dinámicas, gráficos estadísticos y filtros personalizados como en la [Figura 14](#) y [Figura 15](#), acompañados por un módulo de exportación de reportes en formato Excel mediante la generación automatizada de archivos XLSX para su descarga organizada. Estas herramientas desarrolladas mejoraron la visualización de métricas relacionadas con referencia y contrarreferencia, facilitando el análisis de información estratégica que apoyó la toma de decisiones administrativas dentro de DUSAKAWI EPSI. En la [Figura 26](#) se observa la gestión y visualización de métricas institucionales en la [Figura 27](#) y [Figura 16](#) se observa el módulo de generación de reportes.

Figura 26. Gestión y visualización de métricas institucionales



Nota. Fuente: propia.

Figura 27. Módulo de generación de reportes



Nota. Fuente: propia.

En conclusión, la fase de construcción y desarrollo de módulos permitió materializar la arquitectura planteada mediante la implementación de una plataforma funcional orientada a la automatización de procesos administrativos en DUSAKAWI EPSI. La integración de tecnologías web modernas, procesamiento automatizado de datos e inteligencia artificial permitió desarrollar una solución capaz de mejorar la gestión de indicadores y optimizar la generación de reportes institucionales. Como se ve en la [Figura 24](#). Asimismo, esta etapa permitió consolidar la interacción entre frontend, backend, base de datos y servicios cloud, estableciendo una base tecnológica sólida para el funcionamiento de la aplicación web.

3.1.4 Fase 4. Validación, pruebas y entrega final

En esta fase se realizaron las pruebas y procesos de validación de la aplicación web con el propósito de verificar el correcto funcionamiento de los módulos desarrollados y comprobar que la solución cumpliera con los requerimientos definidos durante las etapas anteriores. La validación permitió evaluar el comportamiento del sistema frente a diferentes escenarios de uso relacionados con el procesamiento de información, cálculo de indicadores y generación de reportes institucionales para DUSAKAWI EPSI. Asimismo, esta etapa permitió

identificar posibles errores, optimizar procesos internos y garantizar que la plataforma ofreciera estabilidad, precisión y facilidad de uso para el personal encargado de los procesos administrativos de referencia y contrarreferencia.

3.1.4.1 Pruebas de usuario (UAT) y corrección de errores

3.1.4.1.1 Validación funcional del sistema

La validación funcional estuvo orientada a comprobar la ejecución correcta de cada uno de los módulos implementados respecto a las tareas de su diseño original. Durante esta etapa se realizaron pruebas sobre la carga de archivos CSV, procesamiento de datos, limpieza de registros, cálculo de indicadores, visualización de dashboards, generación de reportes, exportación en formato Excel, integración frontend-backend, conexión con PostgreSQL y consumo de inteligencia artificial. Cada funcionalidad fue evaluada utilizando diferentes conjuntos de datos institucionales con el fin de verificar la precisión de los resultados que generó el sistema.

3.1.4.1.2 Pruebas de procesamiento de datos y calidad de los datos

Las pruebas de procesamiento se realizaron utilizando archivos reales y simulados relacionados con remisiones, referencias y contrarreferencias. Durante estas actividades se verificó el desempeño del sistema en la detección de errores estructurales, la identificación de datos incompletos, la eliminación de registros duplicados y la organización de la información según las variables institucionales requeridas para el cálculo de indicadores.

Como parte de la evaluación de la calidad de los datos, se realizó un análisis de los registros procesados, verificando que la información cumpliera con los criterios mínimos de integridad y consistencia antes de ser utilizada en el cálculo de los indicadores. Este proceso permitió identificar y controlar registros con información incompleta, estructuras inválidas o valores inconsistentes, evitando que afectaran los resultados obtenidos por la plataforma.

Asimismo, la carga de archivos activó automáticamente el proceso de cálculo de indicadores, registrando resultados satisfactorios tanto en el tiempo de procesamiento como en la actualización de las métricas requeridas por la entidad. Las validaciones implementadas garantizaron que únicamente los registros válidos fueran considerados durante el procesamiento, contribuyendo a la confiabilidad de los indicadores generados. Posteriormente, los datos procesados fueron utilizados para alimentar los dashboards y generar los reportes exportables en formato XLSX, manteniendo la consistencia de la información presentada al usuario. En la [Tabla 8](#) se presentan los resultados del análisis de calidad de los datos.

Tabla 8. Resultados del análisis de calidad de los datos

Criterio evaluado	Resultado
Validación de la estructura del archivo CSV/XLSX	Correcta
Detección de registros incompletos	Correcta
Identificación de registros duplicados	Correcta
Normalización de fechas y campos requeridos	Correcta
Procesamiento de registros válidos	Correcto
Generación automática de indicadores	Correcta
Consistencia de los resultados obtenidos	Correcta

Nota. Fuente: propia.

Con el fin de cuantificar objetivamente esta reducción, se realizó una comparación entre el proceso manual (Excel) y la aplicación web sobre un conjunto de 200 registros procesados, contabilizando los registros que presentaron errores en cada proceso. En la [Tabla 9](#) se presenta la comparación de la tasa de error obtenida.

Tabla 9. Comparación de la tasa de errores

Métrica	Proceso manual (Excel)	Aplicación web
Total de registros procesados	200	200
Registros con errores	48	1
Registros sin errores	152	199
Tasa de error	24.0 %	0.5 %
Tasa de registros correctos	76.0 %	99.5 %

Nota. Fuente: propia.

La reducción de la tasa de error se calculó mediante la siguiente expresión:
 Reducción = $[(24.0 \% - 0.5 \%) / 24.0 \%) \times 100 = 97.91 \%$. Este resultado

evidencia una disminución significativa y cuantificable en la tasa de error del proceso, al pasar de un 24.0 % de registros con inconsistencias en el proceso manual a un 0.5 % mediante el uso de la aplicación web desarrollada, lo que representa una reducción aproximada del 97.9 % en la tasa de error frente al proceso manual utilizado anteriormente.

3.1.4.1.3 Validación de indicadores y dashboards (Precisión de indicadores)

Con el propósito de verificar la precisión de los indicadores generados por la plataforma, se realizó un proceso de validación comparando los resultados obtenidos automáticamente por el sistema con cálculos manuales elaborados previamente sobre la misma información. Esta actividad fue desarrollada en conjunto con el Área de Calidad de DUSAKAWI EPSI, donde la auditora responsable efectuó los cálculos manuales de los indicadores utilizando los registros institucionales y posteriormente comparó los resultados con los obtenidos por la aplicación web.

Como evidencia del proceso de validación, se tomó el indicador Tiempo promedio de aceptación de remisión, cuyo cálculo se basa en la diferencia entre la fecha y hora de notificación de la remisión y la fecha y hora de aceptación por parte de la IPS, considerando únicamente las remisiones finalizadas. Como se puede ver en la [Figura 28](#). El cálculo manual realizado en Microsoft Excel arrojó un promedio de 8,468373592 horas, En la [Figura 29](#) se ilustra el cálculo manual en Excel. mientras que la plataforma generó automáticamente un resultado de 8,5 horas, como se ve en la [Figura 30](#), diferencia atribuida exclusivamente al redondeo de los decimales para efectos de visualización.

La comparación realizada permitió confirmar que los algoritmos implementados en el sistema reproducen correctamente la lógica de cálculo definida por la institución, obteniendo resultados equivalentes a los calculados manualmente, como se observa en la [Tabla 10](#). Asimismo, durante la validación se verificó el correcto funcionamiento de los dashboards interactivos, los filtros dinámicos por período y territorio, la actualización automática de las métricas y la

Los resultados de varios cálculos de indicadores obtenidos fueron revisados y validados por la auditora del Área de Calidad de DUSAKAWI EPSI, quien confirmó la correspondencia entre los cálculos manuales y los generados automáticamente por la aplicación, evidenciando un alto nivel de precisión en el procesamiento de los indicadores implementados.

Tabla 10. Comparación entre cálculo manual y cálculo generado por el sistema

Indicador	Cálculo manual (Excel)	Resultado del sistema	Diferencia
Tiempo promedio de aceptación de remisión	8,4684 horas	8,5 horas	0,03 horas

Nota. Fuente: propia.

La diferencia corresponde al redondeo aplicado por la interfaz para la presentación del indicador.

Figura 28. Fórmula del indicador de tiempo



Nota. Fuente: propia.

Figura 29. Cálculo manual en Excel

AL	AR	AX	AY	BE
fecha_notificacion_remision_eps	fecha_aceptacion_ips	fecha_car	estado_re_x	calculo
1/01/2025 1:33	1/01/2025 1:57	Finalizado	0,41444444	
1/01/2025 2:36	1/01/2025 10:21	Finalizado	7,75583333	
1/01/2025 9:47	1/01/2025 9:49	Finalizado	0,04083333	
1/01/2025 9:52	2/01/2025 10:47	Finalizado	24,9294444	
1/01/2025 12:46	1/01/2025 15:18	Finalizado	2,53722222	
1/01/2025 12:51	1/01/2025 15:56	Finalizado	3,08666667	
1/01/2025 14:26	2/01/2025 18:50	Finalizado	28,4008333	
1/01/2025 14:56	2/01/2025 15:11	Finalizado	24,2602778	
1/01/2025 15:19	1/01/2025 17:40	Finalizado	2,36138889	
1/01/2025 15:45	1/01/2025 18:57	Finalizado	3,205	
1/01/2025 16:35	2/01/2025 18:13	Finalizado	25,635	
1/01/2025 22:15	1/01/2025 23:33	Finalizado	1,31583333	
1/01/2025 23:35	1/01/2025 23:45	Finalizado	0,17472222	
1/01/2025 23:41	2/01/2025 1:03	Finalizado	1,38055556	
1/01/2025 23:46	2/01/2025 1:20	Finalizado	1,57555556	
2/01/2025 9:24	2/01/2025 17:38	Finalizado	8,23472222	
2/01/2025 7:39	2/01/2025 11:55	Finalizado	4,27694444	
2/01/2025 10:29	2/01/2025 12:38	Finalizado	2,16638889	
2/01/2025 5:42	2/01/2025 11:48	Finalizado	6,10333333	
2/01/2025 12:39	2/01/2025 14:28	Finalizado	1,82166667	
2/01/2025 13:24	2/01/2025 21:52	Finalizado	8,48138889	
2/01/2025 14:06	2/01/2025 23:14	Finalizado	9,14	
2/01/2025 14:24	3/01/2025 10:45	Finalizado	20,3563889	
2/01/2025 14:45	2/01/2025 14:59	Finalizado	0,24777778	
2/01/2025 14:54	2/01/2025 15:32	Finalizado	0,63444444	
2/01/2025 15:13	3/01/2025 9:49	Finalizado	18,6152778	
2/01/2025 15:49	6/01/2025 10:30	Finalizado	90,6863889	
2/01/2025 16:02	2/01/2025 21:57	Finalizado	5,92527778	
2/01/2025 16:32	3/01/2025 10:21	Finalizado	17,8258333	
2/01/2025 17:14	2/01/2025 17:49	Finalizado	0,58416667	
2/01/2025 17:44	3/01/2025 10:26	Finalizado	16,7030556	
2/01/2025 17:54	2/01/2025 18:23	Finalizado	0,49722222	
2/01/2025 18:25	2/01/2025 18:32	Finalizado	0,13	
2/01/2025 20:31	2/01/2025 21:06	Finalizado	0,59777778	
3/01/2025 10:37	3/01/2025 10:47	Finalizado	0,16888889	
3/01/2025 11:16	3/01/2025 12:22	Finalizado	1,10277778	

Reporte Referencia Bitácora_202

+

Promedio: 8,468373592

Se encontraron 6748 de 8167 registros

Accesibilidad: No disponible

Nota. Fuente: propia.

Figura 30. Indicador de tiempo promedio de aceptación de remisión



Nota. Fuente: propia.

3.1.4.1.4 Prueba de control de modificaciones de fórmulas de indicadores

Con el fin de verificar el control aplicado sobre las modificaciones realizadas a las fórmulas utilizadas para el cálculo de los indicadores, se realizó una prueba específica sobre el módulo de administración de indicadores. La evaluación contempló los mecanismos de autenticación, control de acceso, registro de auditoría, conservación de versiones y recuperación de configuraciones anteriores. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Prueba de control sobre la modificación de un indicador

Elemento evaluado	Resultado esperado	Resultado obtenido	Cumple
Usuario autenticado	Solo usuario autorizado puede modificar	Sesión validada en el backend antes de permitir cambios	Sí
Rol del usuario	Se verifica el rol/permisos	Permiso verificado contra rol de administrador	Sí
Selección del indicador	Se identifica correctamente	Carga de los parámetros y campos mapeados del indicador	Sí
Modificación de fórmula	El sistema permite modificarla según permisos	Interfaz permite ajustar la regla de cálculo / campo fuente	Sí
Registro de usuario que modifica	Queda identificado	user_id guardado en la auditoría	Sí
Fecha de modificación	Queda registrada	Marca de fecha del servidor asignada	Sí
Hora de modificación	Queda registrada	Marca de hora del servidor asignada	Sí
Registro en log/auditoría	Se genera evidencia de la operación	Evento guardado en tabla de logs	Sí
Fórmula anterior	Se conserva	Historial de versiones del indicador preservado	Sí
Fórmula nueva	Se conserva	Actualizada en la definición de cálculo del sistema	Sí
Recuperación de fórmula anterior	Puede restaurarse	Opción de restaurar versión previa operativa	Sí
Confirmación antes de guardar	Existe mecanismo de confirmación	Modal de confirmación antes de impactar el cálculo	Sí
Validación posterior del indicador	Se verifica el resultado	Recálculo inmediato con los nuevos parámetros del dataset	Sí

Nota. Fuente: propia.

Como evidencia adicional del mecanismo de control implementado, la Figura 21 presenta el historial de versiones asociado a un indicador, donde se registran las modificaciones realizadas, el usuario responsable y la fecha y hora de cada cambio. Asimismo, la Figura 22 muestra el mecanismo de confirmación utilizado antes de restaurar una versión anterior del indicador. Este mecanismo solicita la confirmación del usuario antes de aplicar la restauración y permite mantener la trazabilidad de la operación mediante el registro de una nueva revisión.

Los resultados de la prueba evidencian que el módulo de administración de indicadores cuenta con mecanismos de autenticación y autorización para controlar quién puede modificar las fórmulas, registros de auditoría para identificar las operaciones realizadas e historial de versiones para conservar las configuraciones anteriores. Asimismo, la posibilidad de restaurar una versión previa permite recuperar la configuración del indicador ante una modificación incorrecta. De esta manera, se establece un mecanismo de control y trazabilidad sobre las modificaciones realizadas a las fórmulas utilizadas para el cálculo de los indicadores.

3.1.4.1.5 Pruebas de integración con inteligencia artificial

La integración con Google AI Studio y modelos Gemini fue sometida a pruebas orientadas a validar la generación automática de reportes junto a la interpretación de métricas institucionales. Durante estas actividades se evaluaron aspectos como la coherencia de los textos, el tiempo de respuesta de la API en conjunto con la adaptación de respuestas mediante prompts personalizados,. Asimismo, las sesiones de validación incluyeron la verificación del mecanismo de redundancia mediante OpenRouter, demostrando la continuidad operativa en la entrega de reportes ante posibles caídas del proveedor principal. Las pruebas evidenciaron la contribución de la inteligencia artificial en la estructuración de análisis automatizados para el apoyo de la gestión administrativa. Finalmente, la implementación de estas técnicas facilitó la organización estandarizada de la información, disminuyendo las inconsistencias que caracterizaban a los procesos manuales de consolidación.

3.1.4.1.5.1 Validación de la calidad de las interpretaciones generadas por inteligencia artificial

Además de las pruebas funcionales de integración, se realizó una evaluación orientada a determinar objetivamente la calidad de las interpretaciones generadas por el componente de inteligencia artificial. Para ello, se seleccionaron 10 casos de análisis asociados a diferentes indicadores institucionales y se evaluó cada interpretación mediante una rúbrica compuesta por cinco criterios: correspondencia con los datos suministrados, identificación correcta de la tendencia, coherencia de la conclusión, ausencia de información no presente en los datos y adecuación al contexto del indicador. Cada criterio fue valorado de manera dicotómica, asignando un valor de uno (1) cuando se cumplía y cero (0) cuando no se cumplía. De esta forma, cada interpretación podía obtener una puntuación máxima de 5 puntos. La evaluación permitió cuantificar el nivel de cumplimiento de los criterios establecidos y determinar los casos que requerían observaciones. En la [Tabla 12](#) se presenta el detalle de la evaluación realizada para cada caso.

Tabla 12. Evaluación de cada interpretación generada por IA

Caso	Indicador evaluado	Datos suministrados	Corresponde ncia con datos	Tendenci a correcta	Conclusió n coherente	Sin informació n inventada	Contexto correcto	Puntaje
1	Porcentaje de remisiones finalizadas	Agrupación por mes desde BD	1	1	1	1	1	5/5
2	Porcentaje de remisiones canceladas de red de prestadores adscritos	Mapeo de columna numérica	1	1	1	1	1	5/5
3	Porcentaje de remisiones canceladas Prestadores no adscritos	Cálculo diferencial CSV	1	1	1	0	1	4/5
4	Tiempo promedio de	Conteo agrupado BD	1	1	1	1	1	5/5

Caso	Indicador evaluado	Datos suministrados	Corresponde ncia con datos	Tendencia correcta	Conclusión coherente	Sin información inventada	Contexto correcto	Puntaje
5	aceptación de remisión Tiempo promedio de aceptación de remisión No prioritaria (>12h)	Comparativa dataset anterior	1	0	1	1	1	4/5
6	Tiempo promedio de aceptación de remisión Prioritaria (<12h)	Ratio válidos/inválidos	1	1	1	1	1	5/5
7	Tiempo promedio de aceptación de remisión Urgente (<6h)	Extremos calculados por sistema	1	1	1	1	1	5/5
8	Tiempo promedio de aceptación de remisión Urgente (<2h)	Serie temporal procesada	1	1	1	1	1	5/5
9	Tiempo promedio de Ubicación de remisión	% campos leídos sin nulos	1	1	1	1	1	5/5
10	Tiempo promedio de ubicación de remisión No prioritaria (>12h)	Resumen totalizado	1	1	1	1	1	5/5

Nota. Fuente: propia.

Los resultados obtenidos muestran un cumplimiento global del 98 % de los criterios establecidos para evaluar la calidad de las interpretaciones generadas por inteligencia artificial. De los 10 casos evaluados, 9 obtuvieron la puntuación

máxima de 5/5, mientras que 1 caso presentó una observación, correspondiente al caso 3, con una puntuación de 4/5. La situación identificada en este caso estuvo relacionada con el criterio de ausencia de información no suministrada en los datos, debido a que la interpretación generada incorporó información adicional que no se encontraba explícitamente presente en los datos proporcionados.

Estos resultados permiten evidenciar objetivamente el comportamiento del componente de inteligencia artificial bajo los criterios definidos para la evaluación. El 98 % de cumplimiento refleja un alto nivel de correspondencia de las interpretaciones generadas con los datos y el contexto de los indicadores evaluados. No obstante, el caso que presentó la observación evidencia la importancia de mantener una revisión de las interpretaciones generadas antes de utilizarlas como único soporte para la toma de decisiones administrativas. A partir de los resultados individuales, se consolidó un resumen global del desempeño de las interpretaciones generadas, el cual se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultado global de la evaluación de inteligencia artificial

Métrica	Resultado
Número de interpretaciones evaluadas	10
Número total de criterios evaluados (10 casos × 5 criterios)	50
Criterios cumplidos (suma de todos los 1s)	49
Criterios no cumplidos (suma de todos los 0s)	1
Porcentaje global de cumplimiento	98.0 %
Interpretaciones consideradas correctas (casos con puntaje 5/5)	9
Interpretaciones con observaciones (casos con puntaje menor a 5/5)	1

Nota. Fuente: propia.

El porcentaje global de cumplimiento se calculó mediante la expresión $\text{Cumplimiento} = (49 / 50) \times 100 = 98,0 \%$. De los diez casos evaluados, nueve interpretaciones (Casos 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) obtuvieron el puntaje máximo de 5/5, mientras que una interpretación (Caso 3) presentó una observación, al obtener 4/5. La situación identificada correspondió al criterio “Sin información inventada”, debido a que la interpretación generada incorporó información

adicional que no se encontraba explícitamente presente en los datos suministrados. Estos resultados evidencian un criterio objetivo y cuantificable para determinar la calidad de las interpretaciones generadas por el modelo de inteligencia artificial, alcanzando un porcentaje global de cumplimiento del 98,0 % sobre los criterios evaluados.

3.1.4.1.6 Pruebas de usabilidad

También se realizaron pruebas orientadas a evaluar la experiencia de usuario dentro de la plataforma. Estas actividades estuvieron enfocadas en verificar la facilidad de navegación, la claridad de la interfaz, la comprensión de los gráficos, el acceso a las funcionalidades principales y la fluidez en el uso general del sistema. Los resultados obtenidos permitieron realizar ajustes menores en la organización visual de algunos componentes, mejorando la distribución de la información dentro de los dashboards que componían la solución.

3.1.4.1.7 Encuesta de satisfacción

Como complemento a estas pruebas, se aplicó una encuesta de satisfacción de Google Form a la Coordinadora de Autorizaciones de DUSAKAWI EPSI, quien corresponde al usuario final del sistema. La encuesta tuvo como propósito evaluar la percepción sobre la facilidad de uso, la utilidad de la herramienta, la claridad de la información presentada y la eficiencia del proceso de generación de reportes, utilizando una escala de valoración de 1 a 5, donde 1 representa "Poco" y 5 representa "Mucho".

Los resultados obtenidos evidenciaron un alto nivel de satisfacción con la solución desarrollada, destacando la facilidad de navegación, la rapidez en la obtención de indicadores, la claridad de los tableros de información y la utilidad de la funcionalidad de generación automática de análisis mediante inteligencia artificial. En términos generales, la evaluación confirmó que la plataforma cumple con los requerimientos funcionales establecidos y mejora significativamente el proceso de análisis y seguimiento de los indicadores de referencia y

contrarreferencia. En la Figura 31 se presentan los resultados correspondientes a la encuesta de satisfacción.

Figura 31. Encuesta de satisfacción.

Nota. Fuente: propia.



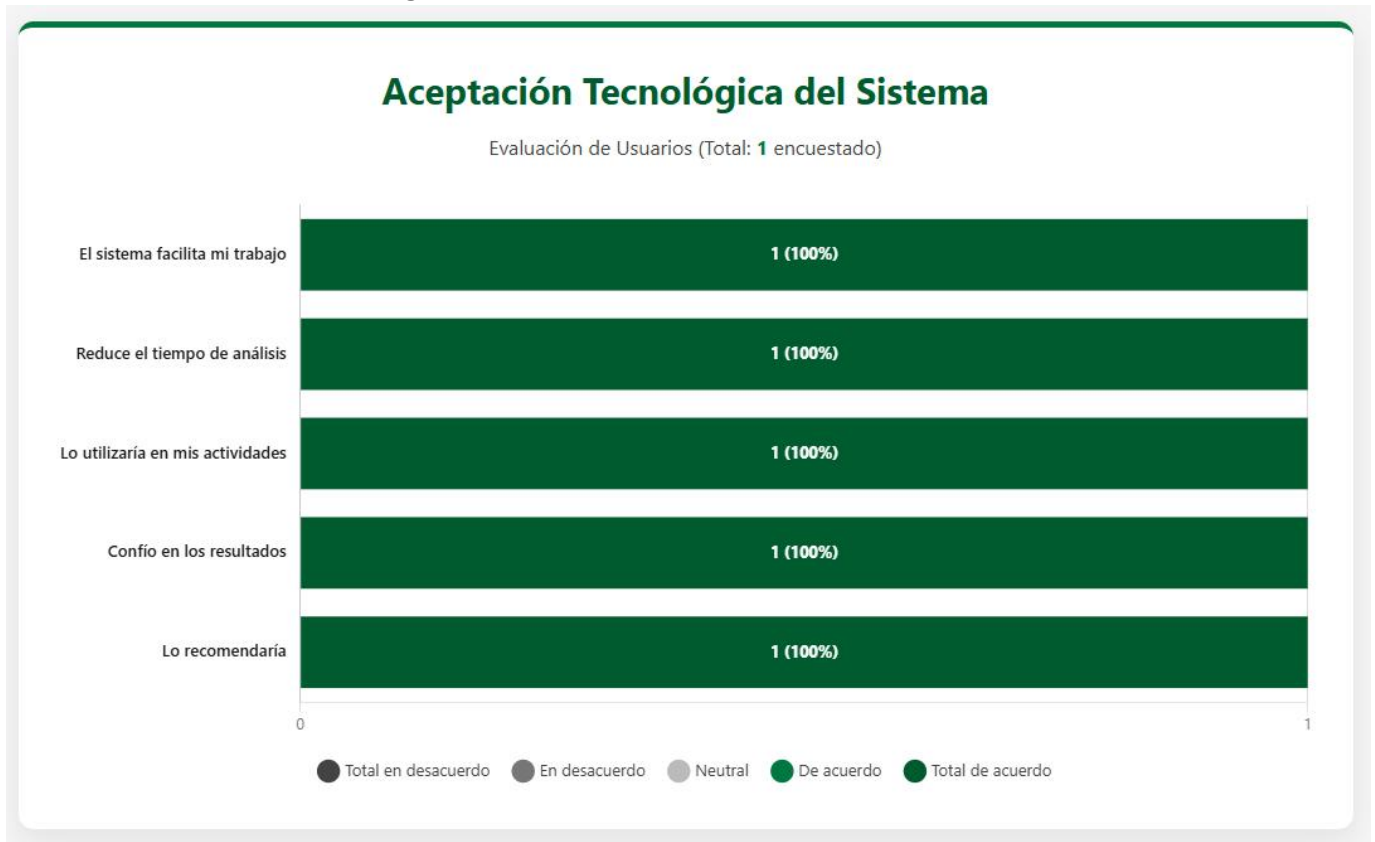
3.1.4.1.8 Aceptación tecnológica

Con el fin de evaluar la aceptación de la solución desarrollada, se aplicó una encuesta basada en una escala de Likert de cinco niveles de Google Form a la Coordinadora de Autorizaciones de DUSAKAWI EPSI, quien corresponde al usuario final de la plataforma. La evaluación estuvo orientada a conocer la percepción sobre la utilidad del sistema, la facilidad de uso, la confiabilidad de los resultados obtenidos y la intención de utilizar la herramienta como apoyo en las actividades de seguimiento y análisis de los indicadores institucionales.

La encuesta estuvo conformada por afirmaciones relacionadas con la experiencia de uso del sistema, las cuales fueron valoradas utilizando una escala de "Totalmente en desacuerdo", "En desacuerdo", "Neutral", "De acuerdo", "Totalmente de acuerdo". En la [Figura 32](#) se ilustra la escala de Likert de cinco niveles. Los resultados obtenidos evidenciaron una percepción favorable frente a la solución implementada, destacando especialmente la reducción del tiempo requerido para generar los análisis, la facilidad para consultar los indicadores mediante filtros dinámicos, la confiabilidad de los resultados presentados y la utilidad de la generación automática de análisis apoyada por inteligencia artificial.

En términos generales, la evaluación permitió concluir que la plataforma fue aceptada satisfactoriamente por el usuario responsable del proceso, al proporcionar una herramienta que facilita el seguimiento de los indicadores de referencia y contrarreferencia, optimiza las actividades operativas y contribuye a la toma de decisiones basada en información confiable y actualizada.

Figura 32. Escala de Likert de cinco niveles



Nota. Fuente: propia.

3.1.4.1.9 Validación del despliegue e infraestructura

Durante esta etapa se verificó el correcto funcionamiento de la infraestructura cloud implementada en Oracle Cloud Infrastructure (OCI). Se hicieron pruebas para ver si la API REST estaba disponible. También se comprobó la conexión entre frontend-backend de la plataforma, el acceso a la base de datos PostgreSQL y la estabilidad de los servicios que estaban desplegados. Todo esto ayudó a asegurar que la plataforma funcionara correctamente en un entorno que se puede acceder desde la web y que cumpliera con los requisitos de la infraestructura tecnológica. Estas evaluaciones técnicas garantizaron que cumplió con los requerimientos de la infraestructura tecnológica.

3.1.4.1.10 Evaluación de la Calidad del Código

Con el propósito de evaluar la calidad del software desarrollado, se incorporó un proceso de análisis estático del código utilizando SonarQube sobre los componentes frontend y backend de la solución. Para ello, se definió una estrategia de aseguramiento de la calidad basada en iteraciones sucesivas de análisis, refactorización y validación, con el objetivo de incrementar la mantenibilidad del código, reducir la duplicación, aumentar la cobertura de pruebas y verificar la ausencia de vulnerabilidades de seguridad. Como parte de esta estrategia, se realizaron pruebas unitarias y pruebas automatizadas sobre los componentes críticos de la aplicación, complementadas con análisis continuos mediante SonarQube. Este proceso permitió identificar oportunidades de mejora en cada iteración, facilitando la aplicación de refactorizaciones y la verificación objetiva de la calidad del software antes de cada nueva versión del sistema.

El proceso de evaluación de la calidad del software se desarrolló tomando como referencia los principios del modelo Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), descritos en las normas ISO/IEC 25002:2024, las cuales establecen un marco para la evaluación de atributos de calidad del producto software, tales como la mantenibilidad, la confiabilidad y la seguridad [25]. Asimismo, la estrategia de pruebas se apoyó en los lineamientos generales definidos por la norma ISO/IEC/IEEE 29119-1:2022, combinando pruebas unitarias, pruebas automatizadas y análisis estático del código con el fin de verificar el comportamiento funcional y la calidad interna de la aplicación durante las diferentes iteraciones de desarrollo [26].

Para la evaluación continua se utilizó SonarQube, aplicando el enfoque Clean as You Code, lo que permitió realizar un seguimiento iterativo de la calidad del código, identificar oportunidades de mejora relacionadas con la mantenibilidad, la cobertura de pruebas y la duplicación de código, así como verificar el cumplimiento del Quality Gate antes de cada nueva versión del sistema. Este

proceso fue complementado mediante un ciclo de refactorización continua apoyado por pruebas automatizadas y asistentes de inteligencia artificial, contribuyendo al mejoramiento progresivo de los indicadores de calidad obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

Para ello se desarrollaron pruebas unitarias sobre los componentes críticos del sistema y posteriormente se ejecutaron múltiples análisis estáticos mediante SonarQube. Como apoyo al proceso de refactorización también se empleó un servidor MCP (Model Context Protocol) conectado a SonarQube, permitiendo que modelos de inteligencia artificial analizaran automáticamente los resultados obtenidos y propusieran alternativas de mejora sobre el código fuente.

Durante este proceso se utilizaron modelos Claude Opus, Kimi K3 y principalmente Claude Fable como asistentes para identificar oportunidades de refactorización, simplificación de métodos, reducción de complejidad ciclomática, eliminación de duplicidad, fortalecimiento de la cobertura de pruebas y posibles brechas de seguridad. Todas las recomendaciones generadas fueron revisadas, adaptadas y validadas manualmente antes de incorporarse al proyecto, garantizando que las modificaciones no afectaran el funcionamiento de la aplicación. La estrategia implementada siguió un ciclo iterativo compuesto por las siguientes etapas que permitió evidenciar de manera objetiva la evolución de la calidad del software durante el desarrollo del proyecto:

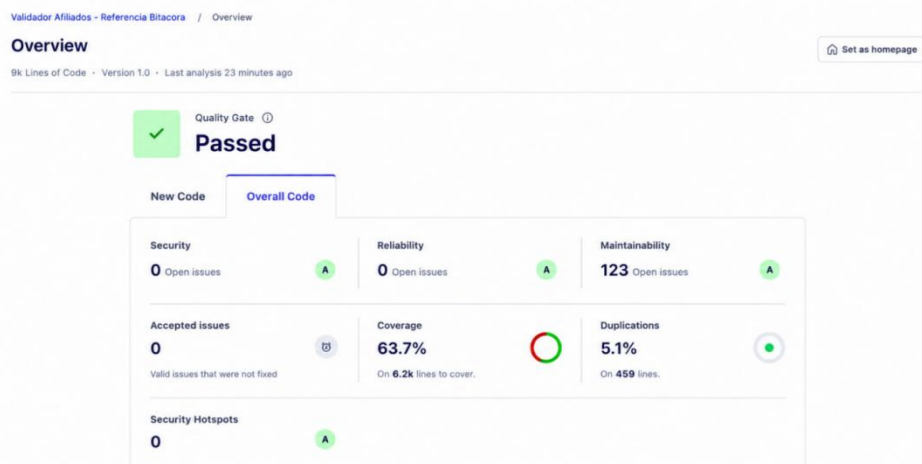
- Ejecución del análisis estático mediante SonarQube.
- Identificación de observaciones de mantenibilidad, duplicación y cobertura.
- Generación de propuestas de mejora mediante asistentes de inteligencia artificial.
- Revisión técnica de las recomendaciones.
- Refactorización del código.
- Incorporación de nuevas pruebas unitarias.
- Nueva ejecución de SonarQube.
- Comparación de resultados entre iteraciones.

3.1.4.1.10.1 Primera iteración de calidad (Versión 1)

La primera evaluación se realizó una vez finalizada la implementación funcional del sistema. En esta etapa el objetivo principal fue identificar el estado inicial del proyecto antes de iniciar el proceso de optimización del código. Los resultados mostraron que ambos componentes superaban el Quality Gate de SonarQube, lo cual evidenciaba una implementación funcional y estable. No obstante, el análisis reveló oportunidades importantes de mejora relacionadas principalmente con la cobertura de pruebas, la duplicación de código y las recomendaciones de mantenibilidad.

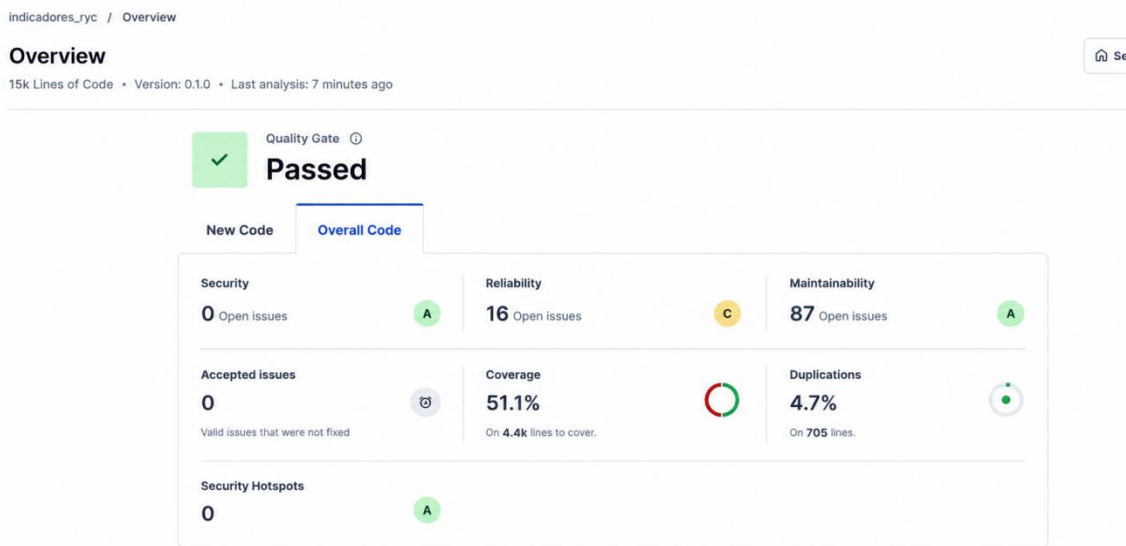
En el backend se obtuvo una cobertura cercana al 63,7%, una duplicación del 5,1% y 123 observaciones de mantenibilidad. En el frontend la situación era similar, alcanzando aproximadamente un 51,1% de cobertura, una duplicación del 4,7% y 87 observaciones de mantenibilidad. Aunque estas métricas permitían superar el Quality Gate, evidenciaban que aún existían oportunidades importantes de refactorización y fortalecimiento del proceso de pruebas automatizadas. En la Figura 33 se presentan los resultados correspondientes a la primera evaluación del backend mediante SonarQube (Versión 1) y En la Figura 34 se presentan los resultados correspondientes a la primera evaluación del frontend mediante SonarQube (Versión 1).

Figura 33. Primera evaluación del backend mediante SonarQube (Versión 1)



Nota. Fuente: propia.

Figura 34. Primera evaluación del frontend mediante SonarQube (Versión 1)



Nota. Fuente: propia.

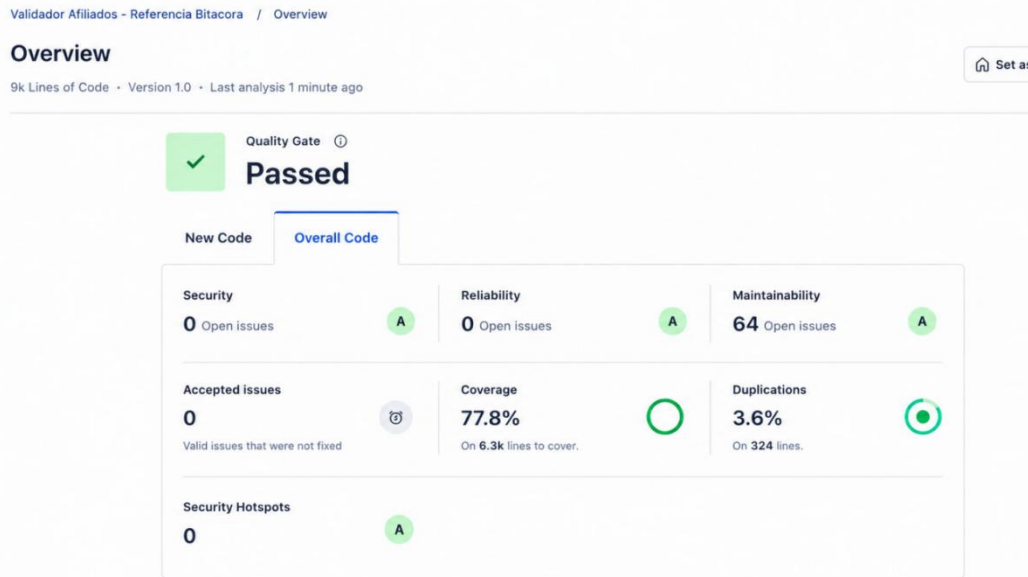
3.1.4.1.10.2 Segunda iteración de mejora (Versión 2)

Con base en los resultados obtenidos durante la primera evaluación se inició un proceso de refactorización del código. En esta fase se reorganizaron diversos componentes del frontend y backend, se simplificaron métodos extensos, se eliminaron bloques repetidos mediante reutilización de funciones y se incrementó la cobertura de pruebas unitarias sobre la lógica de negocio más importante del sistema.

Las recomendaciones obtenidas desde SonarQube fueron complementadas mediante el análisis realizado por los asistentes de inteligencia artificial, los cuales propusieron alternativas de reorganización del código, mejoras en la estructura de componentes y optimización de diversos métodos. Todas las modificaciones fueron verificadas mediante pruebas antes de ser incorporadas al proyecto. Como resultado, la segunda iteración presentó una reducción considerable en la cantidad de observaciones de mantenibilidad, disminuyendo además el porcentaje de código duplicado y aumentando significativamente la cobertura de pruebas. En la [Figura 35](#) y [Figura 36](#) se presentan los resultados

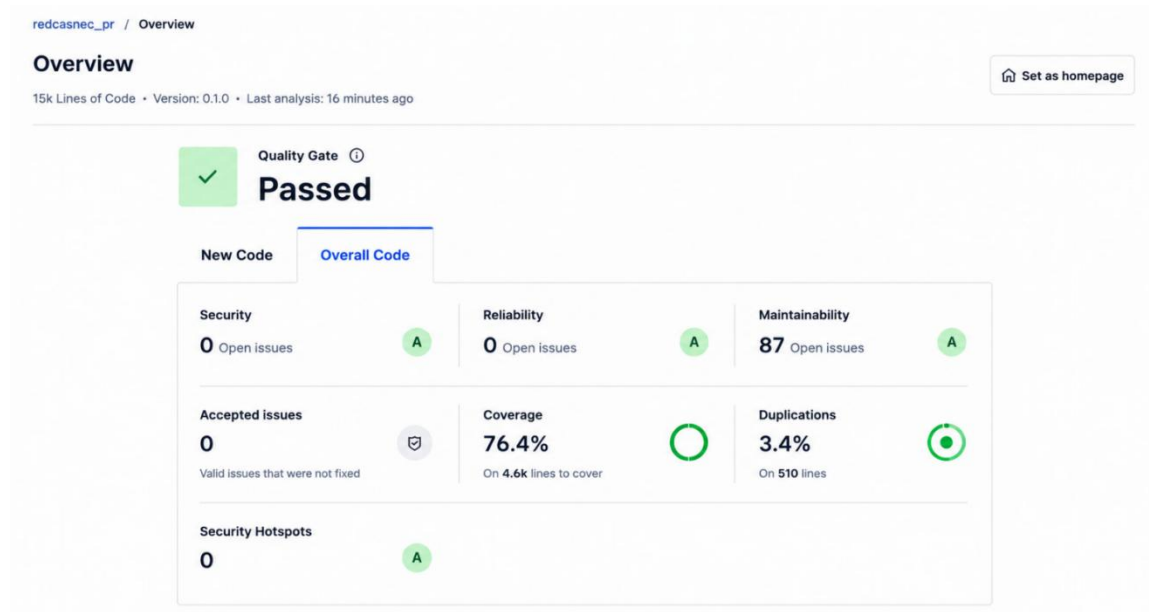
correspondientes a la segunda evaluación del backend y frontend mediante SonarQube (Versión 2).

Figura 35. Segunda evaluación del backend mediante SonarQube (Versión 2)



Nota. Fuente: propia.

Figura 36. Segunda evaluación del frontend mediante SonarQube (Versión 2)



Nota. Fuente: propia.

3.1.4.1.10.3 Tercera iteración de mejora (Versión 3)

Finalmente se desarrolló una tercera iteración enfocada principalmente en consolidar la cobertura de pruebas mediante Playwright y pruebas unitarias adicionales, optimizar componentes reutilizables, eliminar duplicaciones residuales y reducir la complejidad de diversos módulos del sistema. Esta versión corresponde al resultado final presentado en el proyecto y refleja la implementación definitiva de las mejoras realizadas durante todo el proceso de aseguramiento de calidad. Los resultados finales obtenidos fueron los siguientes como se muestra en la [Tabla 14](#):

Tabla 14. Resultados del análisis de calidad mediante SonarQube

Métrica	Backend	Frontend
Quality Gate	Passed	Passed
Security Rating	A	A
Reliability Rating	A	A
Maintainability Rating	A	A
Vulnerabilidades	0	0
Security Hotspots	0	0
Reliability Issues	0	0
Maintainability Issues	61	57
Duplications	1.9 %	2.1 %
Cobertura de pruebas (Coverage)	84.8 %	81.4 %

Nota. Fuente: propia.

Los resultados evidencian una mejora importante respecto a la primera evaluación. La cobertura de pruebas aumentó en ambos componentes, mientras que la duplicación del código disminuyó de forma considerable y el número de observaciones de mantenibilidad se redujo aproximadamente a la mitad. Durante todas las iteraciones se mantuvieron calificaciones A en seguridad y mantenibilidad, en confiabilidad, solo la primera iteración del frontend fue de C, sin registrarse vulnerabilidades ni Security Hotspots. En la [Tabla 15](#) se presenta la evolución de la calidad del código.

Tabla 15. Evolución de la calidad del código

Métrica	Backend V1	Backend V2	Backend V3	Frontend V1	Frontend V2	Frontend V3
Coverage	63,7 %	77,8 %	84,8 %	51,1 %	76,4 %	81,4 %
Duplicación	5,1 %	3,6 %	1,9 %	4,7 %	3,4 %	2,1 %
Maintainability Issues	123	64	61	87	87	57
Security	A	A	A	A	A	A
Reliability	A	A	A	C	A	A
Quality Gate	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed	Passed

Nota. Fuente: propia.

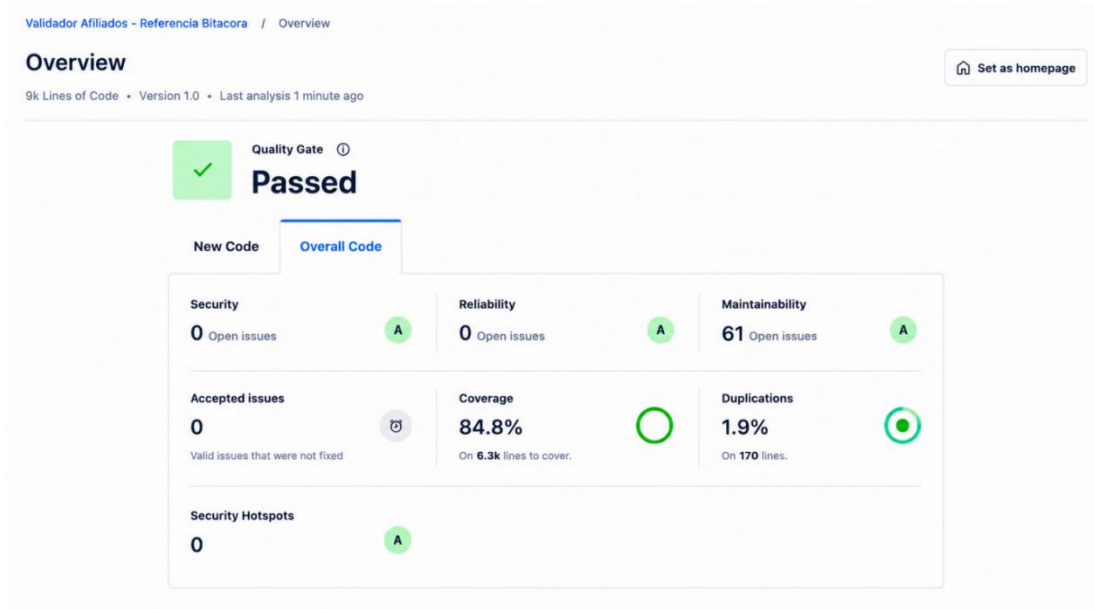
En relación con la cobertura de pruebas, el backend alcanzó un 84,8% y el frontend un 81,4%, superando el porcentaje mínimo del 75 % establecido por DUSAKAWI EPSI para la aceptación del software. El porcentaje restante corresponde principalmente a componentes cuya automatización aporta un bajo valor funcional, tales como archivos de configuración, procesos de inicialización, componentes gráficos, integración con servicios externos de inteligencia artificial y rutas excepcionales de manejo de errores. Por este motivo, las pruebas se concentraron en los componentes críticos del sistema, incluyendo el cálculo de indicadores, el procesamiento de archivos CSV/XLSX, las consultas a la base de datos, la validación de la información y la generación de reportes institucionales.

Respecto a los Maintainability Issues, SonarQube identificó 61 observaciones en el backend y 57 en el frontend. Estas corresponden principalmente a recomendaciones de refactorización relacionadas con organización del código, complejidad de algunos métodos, longitud de funciones y oportunidades de simplificación. Dichas observaciones no representan errores funcionales ni afectan la seguridad o el funcionamiento del sistema; por el contrario, constituyen sugerencias para facilitar futuras actividades de mantenimiento y evolución del software.

En cuanto a la duplicación de código, el backend obtuvo un porcentaje del 1,9 % y el frontend un 2,1%. Estos valores corresponden principalmente a componentes con estructuras similares, validaciones específicas y lógica de negocio que requieren implementaciones independientes para preservar la

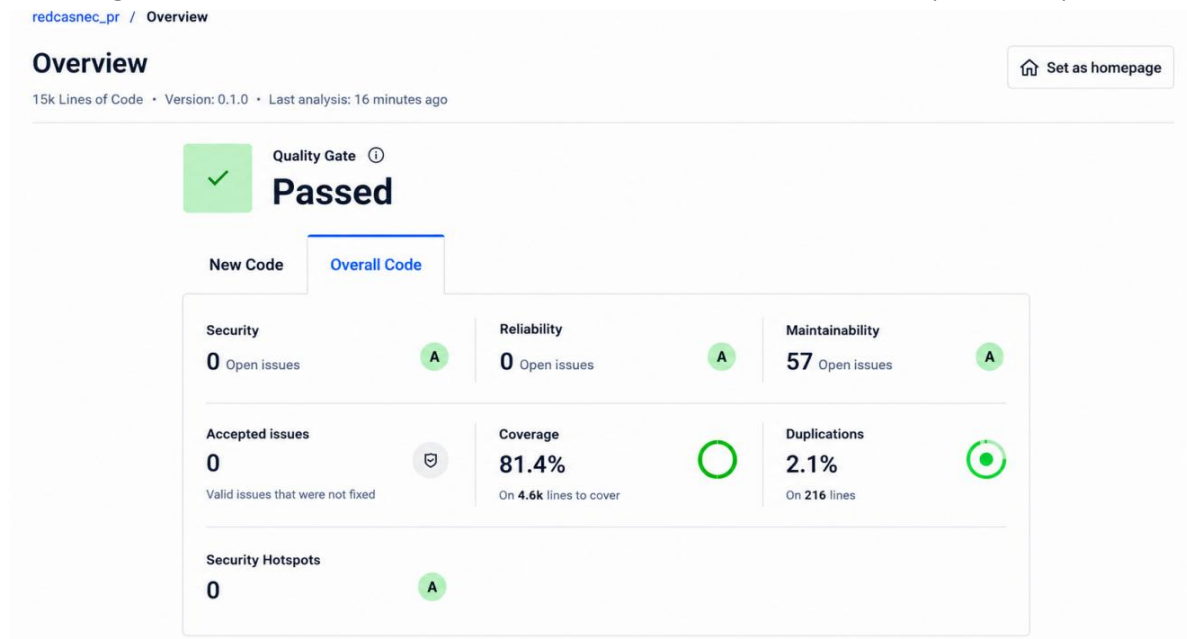
claridad del código y facilitar su mantenimiento. En la [Figura 37](#) y [Figura 38](#) se presentan los resultados finales del backend y frontend mediante SonarQube (Versión 3).

Figura 37. Resultados finales del backend mediante SonarQube (Versión 3)



Nota. Fuente: propia.

Figura 38. Resultados finales del frontend mediante SonarQube (Versión 3)



Nota. Fuente: propia.

Finalmente, el análisis permitió verificar que la solución presenta un adecuado nivel de calidad desde la perspectiva de seguridad, mantenibilidad y organización del código. Los resultados obtenidos respaldan la estabilidad del software desarrollado para DUSAKAWI EPSI, evidenciando el cumplimiento de los criterios de calidad definidos durante la etapa de implementación y validación del sistema.

3.1.4.1.10.4 Discusión de resultados

La incorporación del análisis estático durante el desarrollo permitió establecer un proceso continuo de evaluación y mejora de la calidad del software. A diferencia de una validación realizada únicamente al finalizar el proyecto, la estrategia iterativa facilitó identificar tempranamente oportunidades de optimización y verificar objetivamente el impacto de cada modificación realizada.

La combinación de pruebas unitarias, análisis estático con SonarQube y asistencia mediante modelos de inteligencia artificial permitió mejorar progresivamente los indicadores de calidad sin comprometer la estabilidad funcional del sistema. Este enfoque contribuyó a reducir la deuda técnica, fortalecer la mantenibilidad y aumentar la confiabilidad del código entregado. Los resultados obtenidos demuestran que la solución desarrollada para DUSAKAWI EPSI cumple con los criterios institucionales de calidad definidos para su aceptación y proporciona una base sólida para futuras actividades de mantenimiento y evolución del software.

3.1.4.1.10.5 Resultados generales de las validaciones

Los resultados obtenidos durante las pruebas evidenciaron mejoras importantes frente al proceso tradicional utilizado para la gestión manual de información administrativa. Entre los principales logros identificados se encontraron la reducción del tiempo de procesamiento, la disminución de errores manuales, una mayor organización de los datos institucionales, la automatización del cálculo de indicadores, la generación rápida de reportes, calidad del código y una mejor visualización de métricas. Estos avances consolidaron la

transformación operativa que requería la entidad para optimizar su control estratégico.

La integración de inteligencia artificial permitió complementar el análisis de información mediante reportes automáticos en lenguaje natural. Adicionalmente, durante el proceso de validación se evidenció una reducción significativa en el tiempo requerido para la generación de indicadores y reportes administrativos. Mientras que el proceso manual tradicional utilizado por el área de referencia y contrarreferencia podía tardar entre una y dos semanas en la consolidación y análisis de la información, la aplicación web desarrollada permitió realizar el procesamiento y generación de reportes en aproximadamente cuatro minutos. Esta mejora permitió optimizar las actividades administrativas, reducir tiempos operativos y facilitar una respuesta más oportuna en la gestión institucional de la información. En la Tabla 16 se presenta la comparación del proceso manual versus sistema web.

Tabla 16. Comparación del proceso manual versus sistema web

Proceso	Método manual tradicional	Sistema web propuesto
Consolidación de información	Realizada manualmente mediante hojas de cálculo y registros dispersos	Automatizada mediante carga y procesamiento centralizado de datos
Generación de indicadores	Cálculo manual de métricas institucionales	Cálculo automático de indicadores KPI
Generación de reportes	Elaboración manual de reportes administrativos	Generación automatizada asistida por inteligencia artificial
Organización de datos	Información distribuida en múltiples archivos	Información centralizada y estructurada
Detección de errores	Validación manual con alta posibilidad de inconsistencias. Tasa de error: 24,0 %	Validación automática y limpieza de datos. Tasa de error: 0,5 %
Tiempo estimado de procesamiento	Entre 1 y 2 semanas	4 minutos
Actualización de indicadores	Requiere consolidación manual periódica	Actualización automática tras cada carga de información
Visualización de información	Revisión manual de tablas y documentos	Dashboards interactivos y gráficos dinámicos
Exportación de resultados	Procesos manuales de consolidación	Exportación automatizada en formato Excel
Calidad de las	No dispone de generación	Interpretaciones generadas

Proceso	Método manual tradicional	Sistema web propuesto
interpretaciones mediante IA	automatizada de interpretaciones	mediante inteligencia artificial con 98 % de cumplimiento en los criterios de evaluación

Nota. Fuente: propia.

3.1.4.2 Documentación técnica y manuales de usuario

Durante esta etapa se realizó la documentación técnica, funcional y académica del sistema con el propósito de facilitar futuros procesos de mantenimiento, escalabilidad y uso de la plataforma. Dentro de esta documentación también se contempló la elaboración del informe de proyecto de grado, permitiendo registrar de manera estructurada el proceso metodológico, tecnológico y científico desarrollado durante la construcción de la solución propuesta para DUSAKAWI EPSI. La documentación técnica incluyó:

- a) Arquitectura general del sistema.
- b) Configuración del backend y servicios API.
- c) Integración con servicios de inteligencia artificial.
- d) Diagramas UML y modelos arquitectónicos.
- e) Configuración de despliegue cloud en OCI.

Asimismo, El documento del proyecto de grado sirvió como una guía estructurada a manera de manuales orientados al personal administrativo de DUSAKAWI EPSI, La documentación generada permitió facilitar la comprensión del sistema y garantizar un mejor proceso de adopción tecnológica por parte de los usuarios institucionales. permitiendo explicar procesos relacionados con:

- a) Carga de archivos CSV y XLSX.
- b) Visualización de dashboards e indicadores.
- c) Generación de reportes automatizados.
- d) Exportación de resultados en Excel.
- e) Uso general de la plataforma.

3.1.4.3 Consolidación de informe final y sustentación de resultados

Finalmente, se realizó la consolidación del informe final del proyecto integrando los resultados obtenidos durante cada una de las fases metodológicas desarrolladas. Asimismo, se preparó la sustentación académica del proyecto mediante la organización de evidencias visuales, diagramas, resultados de pruebas y funcionamiento general de la plataforma. La consolidación final permitió documentar de manera estructurada el proceso de desarrollo científico y tecnológico realizado para DUSAKAWI EPSI. Durante esta actividad se organizaron los componentes relacionados con:

- a) Marco metodológico.
- b) Desarrollo tecnológico.
- c) Arquitectura del sistema.
- d) Resultados obtenidos.
- e) Validación de funcionalidades.
- f) Impacto institucional de la solución.

En conclusión, la fase de validación, pruebas y entrega final permitió comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación web y verificar el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales definidos para el proyecto. Las pruebas realizadas evidenciaron que la plataforma puede procesar información institucional de manera eficiente, automatizar indicadores y facilitar la generación de reportes administrativos dentro de DUSAKAWI EPSI. Asimismo, esta etapa permitió optimizar componentes del sistema, mejorar la experiencia de usuario y garantizar la estabilidad de la solución tecnológica antes de su implementación final.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la plataforma no solo permitió automatizar procesos manuales, sino también reducir considerablemente el tiempo de generación de reportes e indicadores institucionales, pasando de procesos que anteriormente podían tardar hasta dos semanas a tiempos

aproximados de cuatro minutos mediante el uso de la aplicación web desarrollada.

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de resultados permitió evaluar el impacto de la aplicación web desarrollada para la gestión de indicadores y generación de reportes asistidos con inteligencia artificial en DUSAKAWI EPSI. Los resultados obtenidos fueron analizados con relación a los objetivos específicos planteados, los requerimientos definidos y la metodología aplicada durante el desarrollo del proyecto.

Durante la fase de validación se evidenció que la implementación de la plataforma permitió mejorar significativamente el procesamiento de información relacionada con referencia y contrarreferencia. El sistema logró automatizar tareas que anteriormente eran realizadas de forma manual mediante hojas de cálculo y consolidación de archivos dispersos, reduciendo inconsistencias y facilitando la organización de los registros institucionales.

Uno de los resultados más relevantes estuvo relacionado con la reducción del tiempo requerido para la generación de indicadores y reportes administrativos. Mientras que el proceso manual tradicional podía tardar entre una y dos semanas para consolidar, validar y analizar la información, la aplicación web permitió realizar este proceso en aproximadamente cuatro minutos. Esta mejora evidenció un impacto positivo en la eficiencia operativa del área administrativa.

En relación con la calidad de los datos, la comparación que se realizó, permitió cuantificar la reducción de errores entre el proceso manual y la aplicación web. Para un conjunto de 200 registros, el procesamiento manual presentó 48 registros con errores, equivalente a una tasa de error del 24,0 %. Por su parte, la aplicación web presentó un registro con error sobre los mismos 200 registros, correspondiente a una tasa del 0,5 %. Esta diferencia representó una reducción relativa del 97,9 % en la tasa de errores. El resultado evidenció una mejora en la

consistencia de los registros procesados y respalda el aporte de los mecanismos automatizados de validación, limpieza y transformación implementados en la solución.

La integración de inteligencia artificial mediante Google AI Studio y los modelos Gemini permitió complementar el análisis administrativo mediante la generación automática de reportes en lenguaje natural. Además se verificó el funcionamiento de la integración, se realizó una evaluación objetiva de la calidad de las interpretaciones generadas mediante una rúbrica aplicada a 10 casos y cinco criterios por caso. Los resultados evidenciaron 49 criterios cumplidos de un total de 50, equivalente a un cumplimiento global del 98,0 %. De las interpretaciones evaluadas, 9 obtuvieron la puntuación máxima de 5/5, mientras que 1 presentó una observación, correspondiente al caso 3, relacionada con el criterio de ausencia de información no suministrada en los datos. Estos resultados permiten respaldar cuantitativamente la calidad de las interpretaciones generadas y, al mismo tiempo, evidencian la importancia de mantener una revisión de los análisis producidos por inteligencia artificial antes de utilizarlos como soporte para la toma de decisiones administrativas.

Además la incorporación de un proveedor alternativo de inteligencia artificial como el de OpenRouter mejoró la disponibilidad de la plataforma y reduce el riesgo de interrupciones durante la generación automática de reportes analíticos. El uso de técnicas de procesamiento de lenguaje natural e ingeniería de prompts facilitó la interpretación de métricas institucionales y apoyó la elaboración de reportes administrativos de manera más rápida y organizada.

Desde el punto de vista tecnológico, la arquitectura basada en Next.js, Node.js, PostgreSQL y Oracle Cloud Infrastructure permitió construir una solución modular, escalable y accesible vía web. La separación entre frontend, backend y base de datos facilitó la organización del sistema y permitió garantizar estabilidad durante las pruebas realizadas.

En cuanto a la calidad del software, los resultados obtenidos mediante SonarQube evidenciaron mejoras progresivas durante las distintas iteraciones del proyecto. La aplicación superó satisfactoriamente el Quality Gate, alcanzando calificaciones A en seguridad, confiabilidad y mantenibilidad tanto para el frontend como para el backend, además de porcentajes de cobertura de pruebas superiores al mínimo establecido por DUSAKAWI EPSI. Asimismo, la incorporación de registros de auditoría en formatos JSON y .log permitió fortalecer la trazabilidad de las operaciones ejecutadas por los usuarios, facilitando el seguimiento de consultas, generación de indicadores, exportaciones y eventos relevantes del sistema.

Los dashboards interactivos y visualizadores KPI también representaron un aporte importante dentro del proyecto, ya que facilitaron la comprensión de métricas institucionales mediante gráficos, tablas dinámicas y filtros personalizados. Esto permitió mejorar el acceso a la información y apoyar la toma de decisiones administrativas dentro de DUSAKAWI EPSI.

Como resultado de las observaciones realizadas durante la evaluación del proyecto, se incorporó un módulo para la administración de indicadores que permite crear, editar, eliminar y configurar fórmulas e indicadores desde la propia aplicación. Esta funcionalidad incrementó la flexibilidad del sistema, permitiendo adaptar la solución a nuevos requerimientos institucionales sin modificar el código fuente y manteniendo las configuraciones en una tabla autorizada dentro de la base de datos institucional.

En relación con los objetivos específicos planteados, se logró caracterizar el proceso actual de generación de indicadores, diseñar la arquitectura del sistema, desarrollar la plataforma web e implementar módulos para procesamiento automatizado de datos y generación de reportes. Asimismo, la validación realizada permitió evidenciar mejoras en tiempos de procesamiento, organización de la información y reducción de errores frente al proceso manual utilizado anteriormente.

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian que la implementación de herramientas web asistidas con inteligencia artificial puede contribuir significativamente a optimizar procesos administrativos relacionados con referencia y contrarreferencia en entidades de salud. La solución desarrollada permitió mejorar la eficiencia operativa, fortalecer la gestión de información institucional y facilitar la generación automatizada de indicadores y reportes administrativos.

3.3 CONCLUSIONES

El desarrollo de la aplicación web asistida con inteligencia artificial permitió optimizar el proceso de gestión de indicadores y generación de reportes administrativos en DUSAKAWI EPSI, facilitando el procesamiento automatizado de información relacionada con referencia y contrarreferencia. La caracterización inicial del proceso permitió identificar dificultades asociadas al manejo manual de información, entre ellas duplicidad de registros, errores de digitación, retrasos en la consolidación de datos y falta de centralización de la información institucional. Este diagnóstico sirvió como base para definir los requerimientos funcionales y tecnológicos necesarios para el desarrollo de la solución.

El diseño de la arquitectura del sistema permitió estructurar una plataforma modular basada en tecnologías web modernas, integrando un frontend desarrollado en Next.js, un backend implementado con Express y TypeScript, una base de datos PostgreSQL institucional y servicios de inteligencia artificial. La incorporación de mecanismos de autenticación mediante JWT favoreció la seguridad de las consultas realizadas al backend, mientras que la arquitectura modular implementada facilitó la escalabilidad, organización y mantenimiento de la aplicación. Asimismo, la implementación de registros de auditoría en formatos JSON y .log permitió fortalecer la trazabilidad de las operaciones realizadas en la plataforma. La implementación de módulos para carga, validación, limpieza y procesamiento automatizado de datos permitió mejorar la calidad de la

información utilizada para el cálculo de indicadores institucionales, reduciendo inconsistencias presentes en los procesos manuales tradicionales.

Se incorporó un módulo para la administración de indicadores que permite crear, consultar, editar y eliminar indicadores, así como configurar sus fórmulas, metas y parámetros de cálculo mediante una interfaz gráfica. Esta funcionalidad incrementó la flexibilidad y mantenibilidad de la solución al permitir la gestión centralizada de los indicadores sin necesidad de modificar el código fuente. Las configuraciones son almacenadas en una tabla autorizada de la base de datos institucional de DUSAKAWI EPSI, permitiendo adaptar el sistema a nuevos requerimientos de manera segura y controlada.

La integración de inteligencia artificial mediante modelos Gemini y OpenRouter como proveedor alternativo de respaldo (fallback), junto con técnicas de procesamiento de lenguaje natural, contribuyó a la generación automatizada de reportes administrativos, facilitando la interpretación de métricas institucionales y optimizando los tiempos de análisis de información. La evaluación realizada mediante una rúbrica aplicada a 10 casos y cinco criterios por caso evidenció 49 criterios cumplidos de un total de 50, equivalente a un cumplimiento global del 98,0 %. Estos resultados respaldaron la utilidad de la inteligencia artificial como mecanismo de apoyo al análisis administrativo, aunque evidencian la necesidad de mantener una revisión humana de los resultados generados antes de utilizarlos como soporte para la toma de decisiones.

Los resultados que se obtuvieron en la validación evidenciaron una reducción significativa en el tiempo requerido para la generación de indicadores y reportes, pasando de procesos manuales que podían tardar entre una y dos semanas a tiempos aproximados de cuatro minutos mediante el uso de la aplicación web desarrollada. Adicionalmente, la comparación realizada sobre 200 registros permitió evidenciar una reducción de la tasa de errores del 24,0 % en el procesamiento manual al 0,5 % mediante la aplicación web, lo que representa una reducción relativa del 97,9 % en la tasa de errores. Este resultado evidencia

el aporte de los mecanismos automatizados de validación, limpieza y transformación implementados en la solución. Adicionalmente, la validación realizada por el área de calidad de DUSAKAWI EPSI permitió confirmar la precisión de los indicadores generados por el sistema, al compararlos con cálculos manuales efectuados por la auditora responsable, obteniendo resultados consistentes entre ambos métodos de cálculo. La implementación de dashboards interactivos, visualizadores KPI y filtros personalizados permitió mejorar la presentación y consulta de la información institucional, facilitando la interpretación de los resultados mediante gráficos, tablas y elementos de visualización.

La evaluación de la calidad del software mediante SonarQube evidenció que tanto el frontend como el backend superaron satisfactoriamente el Quality Gate, alcanzando calificaciones A en seguridad, confiabilidad y mantenibilidad, además de porcentajes de cobertura de pruebas superiores al mínimo establecido por DUSAKAWI EPSI. Estos resultados respaldan la estabilidad, calidad y mantenibilidad de la solución desarrollada.

Finalmente, el proyecto permitió evidenciar que la integración de tecnologías web e inteligencia artificial puede representar una herramienta efectiva para fortalecer procesos administrativos en entidades del sector salud, contribuyendo a mejorar la eficiencia operativa, la organización de la información y la toma de decisiones institucionales. En conjunto, los resultados obtenidos permiten establecer que los objetivos planteados fueron alcanzados mediante la caracterización del proceso, el diseño de la arquitectura, el desarrollo de la plataforma, la automatización del procesamiento de información, la administración configurable de indicadores y la integración de inteligencia artificial para la generación de reportes.

3.4 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar fortaleciendo la digitalización de los procesos administrativos relacionados con referencia y contrarreferencia, promoviendo el uso permanente de herramientas tecnológicas que permitan reducir la dependencia de procesos manuales. Es recomendable ampliar progresivamente la integración de nuevas fuentes de información institucional dentro de la plataforma, permitiendo centralizar una mayor cantidad de datos clínicos y administrativos para fortalecer el análisis de indicadores.

Se sugiere implementar procesos periódicos de validación y actualización de los datos institucionales con el fin de mantener la calidad y consistencia de la información utilizada para el cálculo de indicadores y generación de reportes. La automatización reduce significativamente los errores asociados al procesamiento manual, pero no elimina la posibilidad de que se presenten inconsistencias en los datos de origen; por esta razón, se considera necesario mantener controles de calidad sobre las fuentes de información utilizadas por el sistema. También se recomienda realizar capacitaciones continuas al personal encargado del uso de la plataforma, permitiendo fortalecer la apropiación tecnológica y garantizar un uso adecuado de las funcionalidades implementadas.

Se recomienda mantener mecanismos de revisión humana sobre los reportes e interpretaciones generados mediante inteligencia artificial. Aunque la evaluación realizada alcanzó un cumplimiento del 98,0 %, se identificó un caso con una observación relacionada con información no suministrada en los datos de entrada. Por lo tanto, los resultados generados por los modelos de inteligencia artificial deben considerarse como un apoyo para el análisis administrativo y no como un sustituto de la revisión y validación realizada por el personal responsable.

Se recomienda continuar utilizando el módulo de administración de indicadores y mantener controles de autorización sobre las configuraciones almacenadas en la base de datos institucional. Antes de incorporar, modificar o eliminar indicadores,

fórmulas o metas, se debe verificar que los cambios hayan sido previamente definidos y aprobados por los responsables del proceso, debido a que estas configuraciones tienen un impacto directo sobre los resultados generados por la plataforma.

Se recomienda mantener la estrategia de aseguramiento de la calidad del software mediante la ejecución periódica de pruebas unitarias, pruebas automatizadas y análisis estático del código con herramientas como SonarQube, permitiendo conservar los niveles de calidad, mantenibilidad y cobertura de pruebas alcanzados durante el desarrollo del proyecto. Debido a que el proyecto alcanzó niveles de cobertura superiores al mínimo establecido por DUSAKAWI EPSI y superó satisfactoriamente el Quality Gate, es importante conservar estas prácticas durante futuras modificaciones para evitar la degradación de la calidad, seguridad, confiabilidad y mantenibilidad del software. Asimismo, se aconseja realizar un monitoreo continuo de los registros de auditoría generados en formatos JSON y .log, con el propósito de fortalecer la trazabilidad de las operaciones y facilitar la identificación temprana de incidentes o comportamientos anómalos del sistema.

Finalmente, se recomienda considerar futuras integraciones con otros sistemas institucionales de salud, permitiendo mejorar la interoperabilidad y fortalecer el intercambio automatizado de información dentro de DUSAKAWI EPSI. La incorporación controlada de nuevas fuentes de información podría ampliar el alcance de los indicadores y análisis disponibles y reducir aún más la necesidad de consolidaciones manuales, siempre considerando los controles de seguridad, autorización y protección de datos establecidos por la institución.

3.5 BIBLIOGRAFIA

- [1] L. Huauya-Cancharí, C. G. Medina-Sotelo, L. Huauya-Cancharí y C. G. Medina-Sotelo, “Políticas de referencia y contrarreferencia en salud pública: comparación entre niveles de atención en América Latina,” *Prohominum. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, vol. 7, pp. 307–319, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://ojs.urex.edu.pe/index.php/prohominum/article/view/605>
- [2] R. L. Barrios, D. M. Méndez y D. M. Méndez, “Impacto de la digitalización en la continuidad del cuidado: el caso del proceso de referencia y contrarreferencia de la red pública de salud chilena,” *Revista Médica de Chile*, vol. 153, pp. 857–870, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872025000800857
- [3] R. M. B. Magallón y E. A. M. González, “Sistemas de información estadísticos e indicadores de salud,” *Revista Varianza*, pp. 1–15, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://js.umsa.bo/index.php/revistavarianza/article/view/429>
- [4] A. M. Saleyvis, M. Valdés, J. F. Pérez, E. V. Contreras, P. Sebastián y H. Ritchie, “Contribución de los indicadores de gestión en la eficiencia organizacional y la administración hospitalaria en instituciones de salud,” *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 5, pp. 109–122, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/580>
- [5] P. Quezada, “El rol de la tecnología en la gestión de la salud en hospitales públicos,” *SAGAS. Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 2, pp. 1–21, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://revistasaga.org/index.php/sagas/article/view/142>
- [6] M. Kazi, S. Uddin, K. Md y R. Hossan, “A review of implementing AI-powered data warehouse solutions to optimize big data management and utilization,” *Academia Journal on Business Administration, Innovation & Sustainability*, vol. 4, 2024.

- [7] B. Zhang y M. N. K. Boulos, "Generative AI in medicine and healthcare: Promises, opportunities and challenges," *Future Internet*, vol. 15, no. 9, p. 286, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1999-5903/15/9/286>
- [8] S. Liu et al., "Using AI-generated suggestions from ChatGPT to optimize clinical decision support," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 30, no. 7, pp. 1237–1245, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jamia/article/30/7/1237/7023197>
- [9] A. Kuwaiti et al., "A review of the role of artificial intelligence in healthcare," *Journal of Personalized Medicine*, vol. 13, no. 6, p. 951, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4426/13/6/951>
- [10] C. Barbieri, L. Neri, S. Storti, F. Mari y J. D. Martín-Guerrero, "From electronic health records to clinical management systems: how the digital transformation can support healthcare services," *Clinical Kidney Journal*, vol. 16, pp. 1878–1884, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ckj/sfad168>
- [11] D. F. Prabhu, V. Gurupur, A. Stone y E. Trader, "Integrating artificial intelligence, electronic health records, and wearables for predictive, patient-centered decision support in healthcare," *Healthcare*, vol. 13, no. 21, p. 2753, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/13/21/2753>
- [12] C. Collins, D. Dennehy, K. Conboy y P. Mikalef, "Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda," *International Journal of Information Management*, vol. 60, p. 102383, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401221000761>
- [13] E. J. Z. Zambrano y M. T. F. Valdiviezo, "Herramientas de mejora para los procesos logísticos en el sector hospitalario ecuatoriano," *Uniandes Episteme*, vol. 12, pp. 237–254, 2025.

- [14] P. Esmaeilzadeh, "Challenges and strategies for wide-scale artificial intelligence (AI) deployment in healthcare practices: A perspective of healthcare organizations," *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 102, p. 101865, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0933365719400139>
- [15] J. Wang et al., "Machine learning for healthcare: Methodologies and applications," *Meta-Radiology*, vol. 4, p. 100190, 2026. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.metrad.2026.100190>
- [16] M. Sallam, "ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: Systematic review on the promising perspectives and valid concerns," *Healthcare*, vol. 11, no. 3, p. 323, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/11/3/323>
- [17] M. Khanna, P. Anand, J. Symons, K. Flott, A. Darzi y E. Mayer, "Applying natural language processing and machine learning to patient experience feedback: a systematic review," *BMJ Health & Care Informatics*, vol. 28, no. 1, e100262, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://informatics.bmj.com/content/28/1/e100262>
- [18] S. Secinaro, D. Calandra, A. Secinaro, V. Muthurangu y P. Biancone, "The role of artificial intelligence in healthcare: a structured literature review," *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 21, p. 125, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12911-021-01488-9>
- [19] J. Christie et al., "Use of Epic electronic health record system for health care research: Scoping review," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 25, e51003, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.jmir.org/2023/1/e51003>
- [20] C. Rojas-Villa, P. Ormeño-Vásquez y N. Rojas-Villa, "Percepción del usuario externo sobre la atención sanitaria en el servicio de referencias y contrarreferencias," *Revista INFODIR*, vol. 44, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://revinfodir.sld.cu/index.php/infodir/article/view/1703>

[21] Constitucional, C. (2012). Ley 1581 de 2012 - Gestor Normativo. Gov.co.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>

[22] Congreso de Colombia, «Ley 1438 de 2011: Por medio de la cual se reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones», Ministerio de Salud y Protección Social, 2011. [En línea]. Disponible en:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf

[23] Gobernación del Huila, Ley 1751 de 2015 «Documento oficial idFile 64981», Sede Electrónica del Departamento del Huila. [En línea]. Disponible en:
<https://www.huila.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=visorpdf&file=https%3A%2F%2Fwww.huila.gov.co%2Floader.php%3FIServicio%3DTools2%26ITipo%3Ddescargas%26IFuncion%3DexposeDocument%26idFile%3D64981%26tmp%3D1aab96baef0c7841eb7a08e63c27f4be%26urlDeleteFuncion%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.huila.gov.co%252Floader.php%253FIServicio%253DTools2%2526ITipo%253Ddescargas%2526IFuncion%253DdeleteTemporalFile%2526tmp%253D1aab96baef0c7841eb7a08e63c27f4be&pdf=1&tmp=1aab96baef0c7841eb7a08e63c27f4be&fileItem=64981>

[24] Ministerio de Salud y Protección Social, «Resolución 4331 de 2012», Minsalud, 2012. [En línea]. Disponible en:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%204331%20de%202012.pdf

[25] ISO/IEC 25002:2024 - Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality model overview and usage. (n.d.). Retrieved July 26, 2026, from <https://www.iso.org/standard/78175.html>

[26] ISO/IEC/IEEE 29119-1:2022 - Software and systems engineering — Software testing — Part 1: General concepts. (n.d.). Retrieved July 26, 2026, from <https://www.iso.org/standard/81291.html>