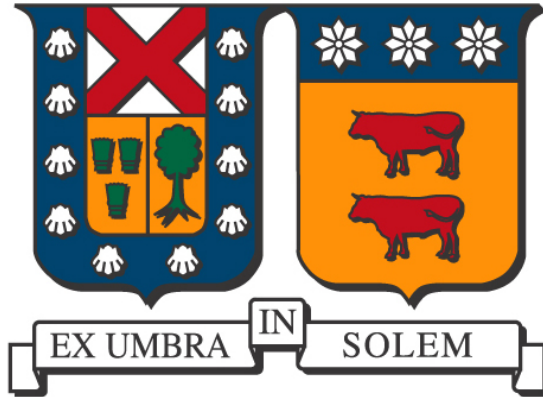


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
SANTIAGO - CHILE



**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE INTELIGENCIA
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LISTAS DE ESPERA DE
EXÁMENES EN LOS CESFAM DE VIÑA DEL MAR”**

DIEGO ANTONIO GARRIDO JOFRÉ

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
TELEMÁTICO**

PROFESOR GUÍA:

NICOLÁS TORRES RUDLOFF

PROFESOR CORREFERENTE:

PATRICIA MORALES CALVO

Febrero - 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Análisis Y Diseño de Un Sistema de Inteligencia para la Optimización de Listas de Espera de Exámenes en los CESFAM de Viña del Mar

Nombre del candidato(a): Diego Antonio Garrido Jofré

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Telemática

Campus: San Joaquín **Departamento:** Departamento de Electrónica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Nicolás Torres Rudloff, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 12/03/2026

Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 12-03-2026 **Firma:**

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, Carmen Rita Jofré Farías, y a mi padre, Juan Alberto Garrido Tapia, por el apoyo incondicional que me brindaron durante todos estos años. Gracias por sus consejos, su amor, su dedicación, la educación entregada y por todo aquello que contribuyó a sentar las bases de la persona que soy hoy. Sin su constante apoyo y cariño, no habría sido posible llegar hasta este punto.

También deseo agradecer a mi novia y compañera, Sofía Rojas, por su constante apoyo a lo largo de estos años de estudio, convirtiéndose no solo en mi compañera de proyectos, trabajos y estudio, sino, más importante aún, en mi compañera de vida. Gracias por tu paciencia, comprensión, apoyo y amor incondicional durante todo este proceso.

De igual manera, agradezco a mis queridos amigos Tomás, Vicente, Cristóbal, Matías, Clemente, Ignacio y Thomas, por su cálida amistad y apoyo durante estos años. Compartimos experiencias, desafíos y momentos inolvidables, siempre acompañados de un humor invaluable que me ayudó a sobrellevar incluso los momentos más difíciles. Todo lo vivido junto a ustedes quedará atesorado por siempre.

Agradezco también a mi profesor Nicolás Torres Rudloff, quien fue fundamental en sentar las bases para descubrir el área que realmente me motiva y apasiona, y en la cual deseo seguir formándome y creciendo profesionalmente. Sin su guía, enseñanza y apoyo, este camino no habría sido posible.

Finalmente, agradezco a toda mi familia, amigos y a cada una de las personas que contribuyeron, directa o indirectamente, a que pudiera llegar hasta aquí. Cada uno de ustedes forma parte importante de este proceso, acompañándome y siendo testigos de mi crecimiento. Este logro es el resultado de un esfuerzo conjunto, en el que todos tuvieron un rol significativo. Muchas gracias por lo vivido y por todo lo que está por venir.

Dedico especialmente esta memoria y trabajo final a mi padre, quien falleció el año 2025 y cuya partida ha dejado un vacío inmenso en mi vida. Aun en su ausencia, su ejemplo, amor y enseñanzas siguen acompañándome y guiando cada paso que doy. Espero profundamente que, desde donde se encuentre, se sienta orgulloso de su hijo y de este pequeño gran logro. Decir que fue un excelente padre resulta insuficiente, pues siempre me puso en el centro de su mundo, entregándome amor, apoyo y una guía incondicional. Agradezco a Dios haberme permitido compartir con él estos 24 años de mi vida. Asimismo, agradezco profundamente a mi madre por asumir, con fortaleza, amor y una entereza admirable, el complejo rol de padre y madre durante este último año, acompañándome de manera incondicional en cada dificultad. Gracias por su sacrificio, su apoyo constante y por no soltar mi mano en ningún momento. Confío en que, con su ejemplo y dedicación, seguirá siendo un pilar fundamental en mi vida, acompañándome en los desafíos y logros que están por venir.

Resumen

La gestión de listas de espera para la realización de exámenes médicos en la atención primaria de salud constituye un desafío relevante para los Centros de Salud Familiar (CESFAM) en Chile, especialmente en el contexto del cumplimiento de las Garantías Explícitas en Salud (GES). Procesos manuales, alta carga administrativa y elevadas tasas de inasistencia afectan directamente la eficiencia operativa y la oportunidad de la atención.

En esta memoria se presenta el análisis, diseño e implementación de un sistema web inteligente orientado a optimizar la gestión de listas de espera para exámenes médicos en los CESFAM de Viña del Mar. La solución propuesta integra módulos de gestión de pacientes, agenda médica, comunicación automatizada y visualización de métricas, junto con un modelo de predicción de inasistencias basado en técnicas de aprendizaje automático.

El sistema fue desarrollado bajo una arquitectura modular utilizando FastAPI para el backend, Angular para el frontend y PostgreSQL como base de datos, incorporando prácticas de trazabilidad, seguridad y escalabilidad. Adicionalmente, se diseñó un modelo predictivo entrenado con datasets reales de citas médicas de Chile y Brasil, priorizando métricas de sensibilidad para la identificación de posibles inasistencias.

Finalmente, se evaluó el impacto de la solución mediante simulaciones que comparan el proceso tradicional con el uso de la plataforma propuesta. Los resultados evidencian una reducción significativa en la carga operativa del personal administrativo, una mejora en la ocupación de los cupos disponibles y una disminución de las tasas de inasistencia, demostrando la viabilidad y utilidad del sistema como herramienta de apoyo a la gestión clínica y administrativa en la atención primaria.

Palabras Clave: Gestión de listas de espera, CESFAM, GES, inasistencia, sistemas de información en salud, aprendizaje automático

Abstract

Managing waiting lists for medical examinations in primary healthcare represents a major operational challenge for Family Health Centers (CESFAM) in Chile, particularly regarding compliance with Explicit Health Guarantees (GES). Manual processes, high administrative workload, and patient no-show rates negatively impact service efficiency and timely care delivery.

This thesis presents the analysis, design, and implementation of an intelligent web-based system aimed at optimizing medical examination waiting lists in CESFAMs in Viña del Mar. The proposed solution integrates patient management, appointment scheduling, automated communication, and reporting modules, along with a machine learning model to predict patient attendance.

The system was developed using a modular architecture, employing FastAPI for the backend, Angular for the frontend, and PostgreSQL as the database, ensuring scalability, security, and traceability. Additionally, a predictive attendance model was trained using real-world datasets from Chile and Brazil, prioritizing recall metrics to identify potential no-shows.

The solution was evaluated through simulation scenarios comparing the traditional manual process with the proposed platform. Results show a significant reduction in administrative workload, improved appointment utilization, and decreased no-show rates, highlighting the system's effectiveness as a decision-support tool for clinical and administrative management in primary healthcare.

Keywords: Waiting list management, primary healthcare, no-show prediction, health information systems, machine learning

Glosario

Backend - Capa del sistema responsable de la lógica de negocio, el procesamiento de datos y la comunicación con la base de datos, así como de exponer servicios que soportan las funcionalidades del sistema.

CESFAM - Centro de Salud Familiar perteneciente al sistema de atención primaria de salud en Chile.

Frontend - Capa del sistema encargada de la interfaz de usuario y de la interacción directa con los usuarios, responsable de la visualización de la información y del envío de solicitudes al backend.

GES - Garantías Explícitas en Salud, también conocido como AUGE, es un plan en Chile que asegura el acceso oportuno, con calidad y protección financiera a tratamientos para 87-90 problemas de salud específicos, tanto para afiliados a Fonasa como a Isapres, garantizando prestaciones desde el diagnóstico hasta la rehabilitación.

Siglas

API Application Programming Interface.

BD Base de Datos.

CRUD Create, Read, Update, Delete.

DER Diagrama Entidad–Relación.

IHT Instance Hardness Threshold.

KPI Key Performance Indicator.

LR Logistic Regression.

ML Machine Learning.

No-Show Inasistencia del paciente a una cita programada.

ORM Object-Relational Mapping.

REST Representational State Transfer.

RF Random Forest.

RUS Random Under Sampling.

SMOTE Synthetic Minority Over-sampling Technique.

SMTP Simple Mail Transfer Protocol.

UI User Interface.

Tabla de Contenido

1	Introducción	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivo Principal	3
1.1.2	Objetivos Específicos	3
1.2	Estructura de la memoria	4
2	Definición del problema	6
2.1	Gestión de listas de espera en la atención primaria	6
2.2	Problemática de las inasistencias a citas médicas	7
2.3	Impacto operativo y normativo del problema	7
2.4	Limitaciones del proceso actual	7
2.5	Delimitación del problema abordado	8
3	Estado del Arte	9
3.1	Gestión de listas de espera en la atención primaria de salud	9
3.2	Inasistencias a citas médicas: causas e impacto operativo	10
3.3	Estrategias para la reducción de inasistencias	11
3.4	Predicción de inasistencias mediante aprendizaje automático	11
3.5	Sistemas existentes y brecha tecnológica	12
3.6	Síntesis del estado del arte y justificación de la propuesta	12
4	Propuesta de Solución	13
4.1	Enfoque general de la solución	13
4.2	Componentes principales del sistema	14
4.3	Flujo general de funcionamiento	15
4.4	Consideraciones normativas y operativas	16
4.5	Beneficios e impacto esperado	16
4.6	Alcance de la propuesta	17

TABLA DE CONTENIDO

5	Requisitos del Sistema	18
5.1	Requisitos funcionales	18
5.1.1	Gestión de usuarios y roles	18
5.1.2	Gestión de pacientes	19
5.1.3	Gestión de listas de espera	19
5.1.4	Gestión de agenda y citas médicas	19
5.1.5	Comunicación y notificaciones	20
5.1.6	Predicción de Inasistencias	20
5.1.7	Reportes y visualización de información	20
5.2	Requisitos no funcionales	20
5.2.1	Usabilidad	21
5.2.2	Rendimiento	21
5.2.3	Seguridad	21
5.2.4	Escalabilidad y mantenibilidad	21
5.2.5	Compatibilidad y portabilidad	22
5.3	Requisitos de Interfaces	22
5.4	Requisitos de ambiente	24
5.4.1	Entorno de ejecución y despliegue	24
5.4.2	Requisitos de software	24
5.4.3	Requisitos de hardware y conectividad	25
5.4.4	Respaldo y continuidad operativa	25
5.5	Perfiles de Usuario	25
5.6	Relación entre requisitos y la propuesta del sistema	27
6	Diseño de Arquitectura del Sistema	27
6.1	Enfoque de diseño del sistema	27
6.2	Diagrama de contexto	28
6.3	Arquitectura general del sistema	28
6.4	Módulos del Sistema	29

TABLA DE CONTENIDO

6.4.1	[M1] Módulo de Interfaz Web	30
6.4.2	[M2] Módulo de Pacientes	30
6.4.3	[M3] Módulo de Gestión de Listas de Espera	31
6.4.4	[M4] Módulo de Agenda Médica	32
6.4.5	[M5] Módulo de Comunicación y Notificación	32
6.4.6	[M6] Modelo Predictivo de Inasistencias	33
6.4.7	[M7] Base de Datos Centralizada	34
6.4.8	Matriz de Requisitos Funcionales vs Módulos del Sistema . . .	34
7	Implementación de la Solución y Resultados	36
7.1	Entorno de Desarrollo	36
7.2	Arquitectura Implementada	36
7.3	Implementación de los Módulos	36
7.3.1	Módulo de Interfaz Web (UI)	37
7.3.2	Módulo de Gestión de Pacientes	37
7.3.3	Módulo de Gestión de Listas de Espera	38
7.3.4	Módulo de Agenda Médica	38
7.3.5	Módulo de Comunicación y Notificación	39
7.3.6	Modelo Predictivo de Inasistencias	39
7.3.7	Módulo de Base de Datos Centralizada	44
7.4	Validación Mediante Simulación Operativa	46
7.4.1	Diseño metodológico	46
7.4.2	Definición de escenarios	46
7.4.3	Indicadores evaluados	47
7.4.4	Resultados de la Simulación	47
8	Interfaz Gráfica: Vistas de la Plataforma Web	49
8.1	Autenticación y estructura de navegación	49
8.1.1	Vista de inicio de sesión	49
8.1.2	Encabezado y navegación global	49

TABLA DE CONTENIDO

8.2	Módulo Dashboard	50
8.2.1	Vista principal del Dashboard Operacional	50
8.2.2	Agenda del día y estado de confirmación	52
8.2.3	Dashboard de cumplimiento y oportunidad	53
8.2.4	Dashboard de tendencias operacionales	54
8.2.5	Vista de Cobertura de Confirmación Mensual	55
8.2.6	Exportación de Reporte Ejecutivo	55
8.3	Módulo Pacientes	57
8.3.1	Vista general con KPIs y caracterización	57
8.3.2	Panel de Calidad de Contacto (fichas incompletas)	58
8.3.3	Listado Tabular y Filtros	59
8.3.4	Creación de Paciente (registro individual)	60
8.3.5	Importación masiva	60
8.3.6	Detalle y Edición de ficha	61
8.3.7	Pestaña de exámenes y seguimiento del paciente	62
8.4	Módulo Exámenes	63
8.4.1	Creación de Examen	64
8.5	Módulo de Seguimiento	67
8.5.1	Vista general del seguimiento	67
8.5.2	Listado de Casos y Acciones por paciente	68
8.5.3	Evidencia de Cambio de Estado tras Notificación	69
8.5.4	Notificación por Correo	70
8.5.5	Agendamiento de Hora	71
8.5.6	Confirmación de Hora	73
8.6	Módulo de Agenda	76
8.6.1	Vista diaria	76
8.6.2	Vista semanal	77
8.6.3	Vista mensual	78
8.6.4	Carga de horas disponibles	78

ÍNDICE DE FIGURAS

8.7	Vista de Profesionales	79
8.8	Síntesis de resultados	81
9	Conclusiones	82
9.1	Limitaciones del Proyecto	83
10	Trabajo Futuro	83

Referencias

Anexos

Anexo A Ejemplo de Reporte Ejecutivo Exportado

Anexo B Repositorio del Proyecto

Anexo C Pseudocódigo de la Simulación de Escenarios

Índice de figuras

6.1	Diagrama de Contexto del Sistema	28
6.2	Diagrama de Arquitectura del Sistema	29
7.1	Distribución de clases en los datasets utilizados	40
7.2	Comparación del Recall según modelo y técnica de balanceo.	41
7.3	Interpretación visual del recall para la clase inasistencia	43
7.4	Matriz de confusión del modelo Regresión Logística + IHT.	44
7.5	Diagrama entidad–relación de la base de datos del sistema.	45
8.1	Pantalla de autenticación de la plataforma	49
8.2	Encabezado principal y navegación global de la plataforma	50
8.3	Vista principal del Dashboard Operacional	51
8.4	Componente de agenda diaria dentro del Dashboard Operacional	52
8.5	Dashboard de cumplimiento mensual y desglose por especialidad	53

ÍNDICE DE FIGURAS

8.6	Dashboard de tendencias de asistencias, inasistencias y reprogramaciones	54
8.7	Vista consolidada del Dashboard con indicadores complementarios . . .	55
8.8	Módulo Reportes: vista de análisis y consolidación de indicadores . . .	56
8.9	Módulo Reportes: vista complementaria de resultados/segmentación . .	56
8.10	Módulo Pacientes: KPIs y visualización de distribución por previsión y demografía	58
8.11	Módulo Pacientes: listado de fichas con datos de contacto incompletos .	59
8.12	Módulo Pacientes: tabla principal con filtros y columnas de informa- ción base	59
8.13	Módulo Pacientes: formulario de registro individual	60
8.14	Módulo Pacientes: carga masiva mediante archivo CSV	61
8.15	Módulo Pacientes: vista de detalle de ficha y navegación por pestañas .	61
8.16	Módulo Pacientes: edición de ficha (modo actualización) y acciones de guardado	62
8.17	Módulo Pacientes: historial de exámenes y seguimiento, incluyendo se- ñales de estado y probabilidad de asistencia	63
8.18	Módulo Exámenes - KPIs operacionales y listado tabular con estado y marcadores (GES, agendado/sin agendar)	64
8.19	Módulo Exámenes - Ingreso individual de exámenes	65
8.20	Módulo Exámenes - Autocompletado de Datos	65
8.21	Módulo Exámenes - Selección de profesional	66
8.22	Módulo Exámenes - Carga masiva de exámenes	67
8.23	Módulo Seguimiento: KPIs globales y gráficos de distribución por es- tado y probabilidad	68
8.24	Módulo Seguimiento: listado de casos con filtros, estados y acciones operacionales	69
8.25	Módulo Seguimiento: estado actualizado del caso luego de una acción de notificación	70

ÍNDICE DE TABLAS

8.26 Ejemplo de correo de notificación con acción para continuar el flujo de agendamiento	71
8.27 Proceso de Agendamiento de Hora a través del Correo	72
8.28 Registro de Hora Agendada en Módulo de Seguimiento	72
8.29 Correo de Confirmación de Hora Agendada	73
8.30 Funcionalidades de Envío de Recordatorio y/o Confirmación Manual . .	74
8.31 Correo Recordatorio de Hora Agendada	74
8.32 Confirmación de Asistencia	75
8.33 Registro de Confirmación de Asistencia en el Sistema	75
8.34 Agenda clínica: vista diaria con KPIs, listado de horas y panel de crea- ción de atención	76
8.35 Agenda clínica: formulario de agendamiento con selección de paciente y parámetros de la atención	77
8.36 Agenda clínica: vista semanal para planificación y control de carga por día	77
8.37 Agenda clínica: vista mensual con agregación de indicadores diarios . .	78
8.38 Submódulo de carga de disponibilidad: incorporación de horas dispo- nibles para agenda clínica	79
8.39 Módulo Profesionales: vista de listado y registro de profesionales	80
8.40 Módulo Profesionales: vista de detalle de un profesional	80

Índice de tablas

1	Perfiles de usuario del sistema	26
2	Matriz de Requisitos Funcionales vs Módulos del Sistema	34
3	Comparación de modelos y técnicas de balanceo	41
4	Resultados promedio de la simulación mensual (1000 citas médicas, 24 días hábiles, 2000 iteraciones)	47

1. Introducción

La gestión de listas de espera constituye un desafío persistente y complejo en los sistemas de salud pública a nivel mundial, afectando tanto la equidad como la eficiencia en la entrega de atención sanitaria. Las listas de espera prolongadas no solo generan insatisfacción en los usuarios, sino que también aumentan el riesgo de consecuencias adversas para la salud de la población, particularmente en grupos vulnerables que dependen del acceso oportuno a prestaciones médicas básicas y especializadas (Jorge Espinoza Mella, 2025). En Chile, esta problemática se manifiesta de manera crítica tanto en la atención primaria como en la atención especializada, donde una parte considerable de la población enfrenta demoras significativas para acceder a consultas, exámenes diagnósticos y procedimientos clínicos.

Las listas de espera adquieren especial relevancia cuando se consideran las Garantías Explícitas en Salud (GES), un marco normativo que establece plazos máximos para determinadas prestaciones con el objetivo de asegurar el acceso oportuno y de calidad a la atención sanitaria. En este contexto, la falta de mecanismos adecuados de gestión y priorización de pacientes incrementa el riesgo de incumplimientos normativos, lo que puede deteriorar la efectividad del sistema de salud pública (Jorge Espinoza Mella, 2025).

Un componente crítico de la gestión de agendas médicas es la atención de las inasistencias a citas programadas. Estudios internacionales y revisiones sistemáticas han identificado que las tasas de inasistencia pueden ser significativas y variables, afectando de manera directa la utilización de los recursos clínicos disponibles. Estas inasistencias representan un uso ineficiente del tiempo de los profesionales de la salud y de la capacidad instalada del sistema, lo que se traduce en un mayor tiempo de espera para otros pacientes y en un incremento artificial de las listas de espera (Oikonomidi, T., Norman, G., McGarrigle, L., Stokes, J., van der Veer, S. N., & Dowding, D., 2022).

La evidencia científica respalda el impacto de estrategias de gestión orientadas a reducir las inasistencias. En particular, modelos predictivos combinados con recordatorios

CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

automatizados, tales como mensajes de texto o llamadas telefónicas, han demostrado ser efectivos para disminuir las tasas de inasistencia cuando se integran en los procesos administrativos de atención al paciente (Oikonomidi, T., Norman, G., McGarrigle, L., Stokes, J., van der Veer, S. N., & Dowding, D., 2022). Asimismo, investigaciones recientes han utilizado técnicas de aprendizaje automático para estimar la probabilidad de asistencia de los pacientes, con el objetivo de mejorar la planificación de horarios y priorizar acciones de contacto con aquellos individuos que presentan un mayor riesgo de inasistencia (Shour, A. R., Jones, G. L., Anguzu, R., Doi, S. A., & Onitilo, A. A., 2023).

En el contexto chileno, la falta de sistemas de información integrados y la limitada disponibilidad de herramientas tecnológicas específicas para el monitoreo y priorización de listas de espera dificultan la implementación de estrategias de gestión eficientes. La evidencia sugiere que la ausencia de mecanismos automatizados y predictivos contribuye a la persistencia de tiempos de espera prolongados y a una menor capacidad de respuesta operativa frente a demandas fluctuantes (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

Frente a este escenario, la presente memoria propone el diseño e implementación de un sistema web inteligente para optimizar la gestión de listas de espera de exámenes médicos, integrando automatización de procesos, comunicación proactiva con los pacientes y un modelo predictivo de inasistencias. La solución propuesta busca contribuir a un uso más eficiente de los recursos clínicos, mejorar la satisfacción de los usuarios y apoyar el cumplimiento de los plazos normativos establecidos por las Garantías Explícitas en Salud.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Principal

Desarrollar un sistema web inteligente que permita optimizar la gestión de listas de espera para exámenes médicos en los CESFAM de Viña del Mar, asegurando el cumplimiento de los plazos normativos asociados a las Garantías Explícitas en Salud, reduciendo las inasistencias de pacientes y mejorando la eficiencia operativa del proceso de agendamiento.

1.1.2. Objetivos Específicos

1. Analizar el proceso actual de gestión de listas de espera y agendamiento de exámenes en la atención primaria, identificando sus principales limitaciones operativas.
2. Diseñar una arquitectura de sistema modular que permita integrar la gestión de pacientes, la agenda médica, la comunicación automatizada y la visualización de métricas.
3. Implementar un prototipo funcional de la plataforma utilizando tecnologías web modernas, asegurando criterios de trazabilidad, seguridad y escalabilidad.
4. Desarrollar un modelo de predicción de inasistencia basado en técnicas de aprendizaje automático, orientado a identificar pacientes con alta probabilidad de inasistencia.
5. Evaluar el impacto de la solución propuesta mediante simulaciones que comparen el proceso tradicional con el uso del sistema desarrollado.
6. Analizar los resultados obtenidos, identificando beneficios, limitaciones y oportunidades de mejora para una futura implementación en un entorno real.

1.2. Estructura de la memoria

La presente memoria se organiza en nueve capítulos, los cuales permiten abordar de manera progresiva el análisis del problema, el diseño de la solución, su implementación y la evaluación de resultados obtenidos.

- **Capítulo 1: Introducción**

Presenta el contexto general del problema abordado, describiendo la relevancia de la gestión de listas de espera en la atención primaria de salud, con énfasis en los CESFAM y el cumplimiento de las Garantías Explícitas en Salud (GES). Asimismo, se definen el objetivo principal y los objetivos específicos del trabajo.

- **Capítulo 2: Definición del problema**

Analiza en profundidad la problemática asociada a la gestión de listas de espera y las inasistencias a citas médicas, describiendo su impacto operativo y normativo, las limitaciones del proceso actual y la delimitación del alcance del trabajo.

- **Capítulo 3: Estado del arte**

Revisa la literatura y las soluciones existentes relacionadas con la gestión de listas de espera, estrategias para reducir inasistencias y el uso de modelos predictivos basados en aprendizaje automático en el ámbito de la salud. Finalmente, se identifican brechas tecnológicas que justifican la propuesta desarrollada.

- **Capítulo 4: Propuesta de solución**

Describe el enfoque general del sistema propuesto, sus componentes principales, el flujo de funcionamiento y las consideraciones normativas asociadas. Se detallan los beneficios esperados y el alcance de la solución planteada.

- **Capítulo 5: Requisitos del sistema**

Define formalmente los requisitos funcionales y no funcionales, así como los requisitos de interfaces y de ambiente. Este capítulo establece la base estructurada que guía el diseño e implementación del sistema.

■ **Capítulo 6: Diseño de arquitectura del sistema**

Presenta el diseño arquitectónico adoptado, incluyendo el diagrama de contexto, la arquitectura general cliente-servidor y la descripción detallada de los módulos que componen la plataforma. Se incluye además la matriz de trazabilidad entre requisitos funcionales y módulos del sistema.

■ **Capítulo 7: Implementación de la solución y resultados**

Describe el entorno de desarrollo utilizado, la arquitectura implementada bajo principios de separación de capas y versionamiento de API, y el desarrollo técnico de cada módulo. Se presenta además el proceso de construcción del modelo predictivo de inasistencias, la comparación de técnicas de balanceo, el análisis de métricas de desempeño y la interpretación de la matriz de confusión.

■ **Capítulo 8: Interfaz gráfica y vistas de la plataforma web**

Expone las principales vistas funcionales del sistema desde la perspectiva del usuario final, describiendo los módulos Dashboard, Pacientes, Exámenes, Seguimiento, Agenda/Calendario, Profesionales y Reportes. Se analizan los componentes visuales implementados y su aporte al apoyo en la toma de decisiones operativas.

■ **Capítulo 9: Conclusiones**

Sintetiza los principales aportes del trabajo, analiza el cumplimiento de los objetivos planteados, discute las limitaciones identificadas y propone líneas de desarrollo futuro orientadas a la evolución del sistema.

■ **Capítulo 10: Trabajo a Futuro**

Presenta posibles líneas de desarrollo y mejoras para extender las capacidades de la plataforma y fortalecer su aplicación en entornos reales de atención primaria.

Finalmente, se incluyen las **Referencias bibliográficas** utilizadas en la fundamentación teórica del trabajo y una sección de **Anexos**, donde se presentan materiales complementarios relevantes para la comprensión integral de la solución desarrollada.

2. Definición del problema

La gestión de listas de espera en el sistema de salud pública constituye un proceso crítico para garantizar el acceso oportuno a las prestaciones médicas. En la atención primaria, los Centros de Salud Familiar (CESFAM) cumplen un rol fundamental en la coordinación de exámenes diagnósticos, siendo responsables de la asignación de horas médicas y del seguimiento de los pacientes en espera.

No obstante, el aumento sostenido de la demanda por prestaciones de salud, junto con limitaciones operativas propias del contexto de la atención primaria, ha generado dificultades persistentes en la gestión de estos procesos. Dichas dificultades se manifiestan principalmente en demoras prolongadas, sobrecarga administrativa y un uso ineficiente de los recursos clínicos disponibles, impactando directamente en la calidad del servicio entregado a los pacientes.

2.1. Gestión de listas de espera en la atención primaria

Las listas de espera corresponden al conjunto de pacientes que requieren una prestación de salud y que aún no han sido atendidos dentro del sistema. En el contexto de la atención primaria, estas listas se asocian principalmente a la realización de exámenes médicos, los cuales requieren coordinación entre personal administrativo, profesionales de la salud y los propios pacientes.

El proceso de gestión de listas de espera en los CESFAM contempla diversas etapas, entre las que se incluyen el registro del paciente, la asignación de prioridad según criterios clínicos y normativos, el agendamiento de citas y el seguimiento del estado de cada caso. La correcta ejecución de estas etapas resulta fundamental para asegurar la continuidad del proceso asistencial y el cumplimiento de los plazos establecidos.

En la práctica, gran parte de estas actividades se realiza de manera fragmentada y con un alto grado de intervención manual. Esta situación dificulta la trazabilidad de la información, limita la capacidad de monitoreo del proceso y reduce la posibilidad de

anticipar situaciones que puedan afectar el flujo normal de atención.

2.2. Problemática de las inasistencias a citas médicas

Un factor que incide directamente en la eficiencia del proceso de gestión de listas de espera es la inasistencia de pacientes a citas médicas previamente agendadas. La inasistencia implica la pérdida de un cupo clínico que podría haber sido utilizado por otro paciente, generando un impacto inmediato en la utilización de los recursos disponibles. Desde una perspectiva operativa, las inasistencias afectan la planificación de la agenda médica y obligan al personal administrativo a realizar tareas adicionales de contacto y reagendamiento. Estas acciones incrementan la carga de trabajo y reducen el tiempo disponible para la gestión de otros procesos críticos.

2.3. Impacto operativo y normativo del problema

Las deficiencias en la gestión de listas de espera, sumadas al impacto de las inasistencias, no solo generan ineficiencias operativas, sino que también afectan el cumplimiento de los plazos normativos asociados a las Garantías Explícitas en Salud (GES). La imposibilidad de anticipar inasistencias o de reaccionar oportunamente frente a cancelaciones aumenta el riesgo de incumplimiento de dichos plazos.

Esta situación limita la capacidad de los CESFAM para priorizar adecuadamente los casos más urgentes y para gestionar de forma eficiente una demanda que puede variar significativamente en el tiempo.

2.4. Limitaciones del proceso actual

A partir del análisis del proceso actual de gestión de listas de espera, es posible identificar las siguientes limitaciones principales:

- **Falta de trazabilidad:** la información asociada a pacientes y citas médicas se

CAPÍTULO 2 : DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

encuentra dispersa, dificultando el seguimiento del estado de cada caso.

- **Alta carga administrativa:** el proceso depende en gran medida de tareas manuales, lo que incrementa el esfuerzo del personal administrativo.
- **Gestión reactiva:** las acciones frente a inasistencias o cancelaciones se realizan una vez ocurrido el evento, sin mecanismos de anticipación.
- **Limitada capacidad de análisis:** la ausencia de herramientas de apoyo a la toma de decisiones restringe la identificación de patrones relevantes.

2.5. Delimitación del problema abordado

En función de las problemáticas identificadas, esta memoria se centra en la gestión de listas de espera para exámenes médicos en los CESFAM, con especial énfasis en la reducción del impacto de las inasistencias y en la mejora de la eficiencia operativa del proceso de agendamiento.

El alcance del trabajo se limita al diseño e implementación de una solución que apoye la gestión administrativa y la toma de decisiones, sin abordar aspectos clínicos propios de la atención médica.

3. Estado del Arte

La optimización de la gestión de listas de espera y del agendamiento de prestaciones médicas ha sido objeto de estudio en múltiples contextos de salud a nivel internacional, especialmente en sistemas públicos donde la demanda suele superar la capacidad disponible. En el caso chileno, esta problemática adquiere una relevancia particular debido a la existencia de marcos normativos específicos, como las Garantías Explícitas en Salud (GES), que establecen plazos máximos para la realización de determinadas prestaciones. En este sentido, Muñoz (2017) y Henríquez (2017) analizan cómo las limitaciones operativas y administrativas influyen directamente en el incumplimiento de dichos plazos.

El presente capítulo revisa los principales enfoques y soluciones propuestas en la literatura relacionados con la gestión de listas de espera, la problemática de las inasistencias a citas médicas y el uso de herramientas tecnológicas, incluyendo técnicas de aprendizaje automático, para apoyar la toma de decisiones en el ámbito de la atención primaria de salud. En particular, Toffaha et al. (2025) destaca el creciente interés por aplicar modelos predictivos en este tipo de problemáticas.

3.1. Gestión de listas de espera en la atención primaria de salud

Las investigaciones han abordado la gestión de listas de espera desde distintas perspectivas, incluyendo priorización de pacientes, rediseño de procesos administrativos y estrategias de gestión orientadas a la eficiencia operacional. En Chile, se han propuesto y evaluado alternativas de intervención para reducir tiempos de espera mediante acciones organizacionales y pilotos de mejora, evidenciando que los resultados dependen del nivel de coordinación institucional y de la capacidad de seguimiento del proceso (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023; Jorge Espinoza Mella, 2025).

De forma complementaria, se ha destacado la necesidad de contar con mecanismos que permitan monitorear el estado de las listas de espera y apoyar la toma de decisiones de

gestión, especialmente en contextos donde la demanda es alta y los recursos administrativos son limitados (Banco Interamericano de Desarrollo, 2023).

Diversos estudios han identificado que las principales causas del crecimiento de las listas de espera no se relacionan exclusivamente con la falta de recursos clínicos, sino también con deficiencias en la gestión administrativa, la asignación ineficiente de horas disponibles y la ausencia de mecanismos de priorización dinámica. En esta línea, Henríquez (2017) sostiene que la priorización suele realizarse de manera estática, sin considerar cambios en la situación del paciente ni eventos posteriores al ingreso a la lista.

En el sistema de salud chileno, el cumplimiento de los plazos GES introduce una capa adicional de complejidad. Según Muñoz (2017), si bien la normativa garantiza la atención dentro de un plazo definido, su cumplimiento depende en gran medida de la capacidad de los establecimientos para monitorear activamente el estado de cada caso e implementar acciones preventivas antes del vencimiento de los plazos.

3.2. Inasistencias a citas médicas: causas e impacto operativo

La inasistencia de pacientes a citas médicas programadas, conocidas como el efecto no-show, constituye uno de los factores más relevantes en la ineficiencia del uso de los recursos de atención en salud. De acuerdo con Toffaha et al. (2025), las tasas de inasistencia pueden variar entre un 5 % y un 35 %, dependiendo del tipo de prestación y del contexto socioeconómico.

Entre las principales causas identificadas se encuentran la falta de recordatorios oportunos, dificultades de acceso o transporte y problemas de comunicación entre el establecimiento y los usuarios. Estas causas han sido ampliamente documentadas por McLean et al. (2016) y Parikh et al. (2010), quienes destacan el impacto negativo de estas barreras en la eficiencia del sistema.

El impacto de las inasistencias trasciende la pérdida directa de una hora médica. Tal

como señala Parikh et al. (2010), cada cita no atendida representa un recurso clínico desaprovechado y contribuye al aumento artificial de las listas de espera, generando retrasos en la atención de otros pacientes.

3.3. Estrategias para la reducción de inasistencias

Diversos estudios han evaluado la efectividad de distintas estrategias para reducir las tasas de inasistencia, destacando el uso de recordatorios telefónicos, mensajes SMS y correos electrónicos. En este ámbito, McLean et al. (2016) y Alturbag (2024) evidencian reducciones significativas en las tasas de inasistencias cuando se implementan sistemas de recordatorio.

No obstante, Shah et al. (2016) advierte que la aplicación indiscriminada de estas estrategias puede resultar poco eficiente, ya que incrementa los costos operativos sin focalizar los esfuerzos en los pacientes con mayor riesgo de inasistencia. Esto ha impulsado el desarrollo de enfoques más selectivos y personalizados.

En este contexto, Leiva-Araos et al. (2025) destaca la importancia de integrar sistemas de información que automaticen los flujos de comunicación y permitan registrar la trazabilidad de cada interacción con los pacientes.

3.4. Predicción de inasistencias mediante aprendizaje automático

El uso de técnicas de aprendizaje automático para la predicción de inasistencias ha cobrado relevancia en los últimos años, impulsado por la disponibilidad de grandes volúmenes de datos históricos. Según Toffaha et al. (2025), los modelos más utilizados incluyen regresión logística, Random Forest y métodos de ensamble.

Asimismo, Leiva-Araos et al. (2025) y Breeze et al. (2023) identifican variables como la edad del paciente, el tiempo de espera y el historial previo de asistencia como altamente predictivas. Sin embargo, estos autores coinciden en que el desbalance entre clases constituye uno de los principales desafíos metodológicos.

Para abordar este problema, Toffaha et al. (2025) describe el uso de técnicas de remuestreo como SMOTE, Random Under Sampling e Instance Hardness Threshold, junto con métricas de evaluación orientadas a la sensibilidad, como el recall.

3.5. Sistemas existentes y brecha tecnológica

En el ámbito de la gestión de citas médicas, existen diversas plataformas utilizadas tanto en el sector público como privado. No obstante, Yáñez Guerrero (2022) señala que muchas de estas soluciones se centran principalmente en el agendamiento, careciendo de capacidades avanzadas de análisis y predicción.

De manera complementaria, Henríquez (2017) identifica una brecha tecnológica significativa en la atención primaria pública, caracterizada por una baja integración entre módulos y una limitada automatización de procesos.

3.6. Síntesis del estado del arte y justificación de la propuesta

La revisión de la literatura evidencia que, si bien existen múltiples estrategias para mejorar la gestión de listas de espera y reducir las inasistencias, su aplicación integrada en la atención primaria pública sigue siendo limitada. En particular, Toffaha et al. (2025) y Leiva-Araos et al. (2025) coinciden en la necesidad de combinar sistemas de información, automatización administrativa y modelos predictivos.

En este escenario, la solución propuesta en esta memoria busca abordar las brechas identificadas mediante el diseño de un sistema web inteligente que integre la gestión de pacientes, la agenda médica, la comunicación automatizada y la predicción de inasistencia, adaptándose a las necesidades operativas y normativas de los CESFAM.

4. Propuesta de Solución

4.1. Enfoque general de la solución

La solución propuesta consiste en el desarrollo de un sistema web inteligente orientado a apoyar la gestión de listas de espera y el agendamiento de exámenes médicos en los CESFAM. La plataforma permitirá centralizar la información relevante del proceso, integrar los distintos flujos administrativos asociados al agendamiento y facilitar el seguimiento del estado de cada paciente en espera.

El sistema contará con módulos que permitirán gestionar pacientes, agendas médicas, listas de espera y comunicaciones, proporcionando una visión integrada del proceso de atención. A través de esta plataforma, el personal administrativo podrá visualizar el estado de las citas programadas, identificar cupos disponibles y ejecutar acciones de contacto de manera más eficiente.

Una funcionalidad clave de la solución será la automatización de las comunicaciones con los pacientes, mediante el envío de recordatorios y notificaciones previas a la cita médica. Estos mecanismos permitirán confirmar o cancelar citas de forma anticipada, facilitando la reasignación de horas médicas y reduciendo la pérdida de cupos clínicos. Adicionalmente, la plataforma incorporará un modelo predictivo de inasistencias basado en técnicas de aprendizaje automático, el cual permitirá estimar la probabilidad de que un paciente no asista a una cita programada. Esta información será utilizada como apoyo a la toma de decisiones, permitiendo focalizar los esfuerzos de gestión y comunicación en aquellos casos que presenten mayor riesgo.

La solución ha sido concebida como una herramienta de apoyo transversal, orientada tanto al personal administrativo como a los responsables de la gestión del establecimiento, proporcionando información relevante para la planificación operativa y el monitoreo del cumplimiento de plazos normativos.

4.2. Componentes principales del sistema

La solución propuesta se estructura en los siguientes componentes principales:

- **Interfaz Web:** Corresponde a la capa de presentación del sistema, mediante la cual los usuarios interactúan con la plataforma. Este módulo permite acceder a las funcionalidades de gestión, visualización de información e indicadores, actuando como punto de entrada a los servicios del backend.
- **Módulo de Pacientes:** Gestiona la información demográfica y administrativa de los pacientes, incluyendo registro, actualización, historial de exámenes y estado dentro del proceso de atención.
- **Módulo de Gestión de Listas de Espera:** Administra el ingreso, priorización y seguimiento de pacientes en espera, incorporando monitoreo de plazos normativos y control del estado de cada caso.
- **Módulo de Agenda Médica:** Permite gestionar la disponibilidad de profesionales, la asignación de citas, la cancelación y el registro del estado final de cada atención médica.
- **Módulo de Comunicación y Notificación:** Automatiza el envío de notificaciones y recordatorios asociados a las citas, registrando la trazabilidad de cada interacción con los pacientes.
- **Modelo Predictivo de Inasistencias:** Componente analítico basado en técnicas de aprendizaje automático que estima la probabilidad de inasistencia de los pacientes a sus citas médicas, permitiendo apoyar decisiones administrativas orientadas a reducir la pérdida de cupos clínicos.
- **Base de Datos:** Actúa como repositorio estructurado de la información del sistema, almacenando datos de pacientes, citas, listas de espera, comunicaciones y resultados del modelo predictivo, garantizando persistencia e integridad referencial.

4.3. Flujo general de funcionamiento

El funcionamiento del sistema se estructura como un flujo integrado que articula los siete módulos definidos en la arquitectura, permitiendo gestionar de manera continua el ciclo completo de una prestación médica, desde el registro del paciente hasta la evaluación posterior de la atención.

El proceso se inicia con el registro o actualización de la información del paciente en el **Módulo de Pacientes**. Una vez identificada la necesidad de un examen médico, el paciente es incorporado al **Módulo de Gestión de Listas de Espera**, donde se registra su estado y se monitorean los plazos asociados, incluyendo aquellos relacionados con las Garantías Explícitas en Salud (GES).

Posteriormente, cuando existe disponibilidad horaria, el **Módulo de Agenda Médica** permite asignar una cita al paciente, validando la disponibilidad del profesional correspondiente y actualizando el estado del proceso.

Una vez agendada la cita, el **Módulo de Comunicación y Notificación** automatiza el envío de correos electrónicos asociados al agendamiento y recordatorios previos a la atención. Todas las comunicaciones quedan registradas para efectos de trazabilidad.

De forma complementaria, el **Modelo Predictivo de Inasistencias** evalúa la probabilidad de inasistencia de cada cita médica utilizando variables históricas y temporales. Esta estimación permite apoyar la toma de decisiones administrativas, priorizando acciones de contacto o seguimiento sobre pacientes con mayor riesgo.

Durante todo el proceso, la información es almacenada y gestionada por la **Base de Datos Centralizada**, garantizando persistencia, integridad referencial y consistencia entre módulos.

Finalmente, el **Módulo de Interfaz Web** actúa como punto de interacción con el usuario, permitiendo visualizar el estado de las listas de espera, la agenda médica, las comunicaciones enviadas y los indicadores operacionales derivados del funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO 4 : PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Este flujo integrado permite transitar desde una gestión reactiva hacia una gestión proactiva de las listas de espera, combinando automatización operativa con apoyo analítico para optimizar el uso de los recursos clínicos disponibles.

4.4. Consideraciones normativas y operativas

La solución propuesta ha sido diseñada considerando explícitamente el marco normativo chileno asociado a las Garantías Explícitas en Salud. El sistema incorpora mecanismos de monitoreo automático de los plazos GES, generando alertas internas cuando un paciente se aproxima al vencimiento de su garantía. Esto permite priorizar dinámicamente la asignación de horas y reducir el riesgo de incumplimientos normativos.

4.5. Beneficios e impacto esperado

La propuesta de solución busca generar un impacto positivo en distintas dimensiones del proceso de atención primaria. Para los CESFAM, la plataforma permitirá optimizar la gestión administrativa, reducir la carga operativa asociada a tareas manuales y mejorar la utilización de los recursos clínicos disponibles. Para los pacientes, se espera una mejora en la oportunidad de atención y una mayor claridad en los procesos de comunicación asociados a sus citas médicas.

Desde una perspectiva normativa, la solución contribuirá a fortalecer el cumplimiento de los plazos establecidos por las Garantías Explícitas en Salud, al proporcionar herramientas de monitoreo y gestión proactiva de las listas de espera. Asimismo, el uso de modelos predictivos permitirá anticipar situaciones de riesgo y ejecutar acciones preventivas antes de que se materialicen incumplimientos.

Finalmente, la solución ha sido diseñada con criterios de escalabilidad y replicabilidad, de modo que pueda ser adaptada a otros establecimientos de atención primaria o a distintos contextos del sistema de salud. De esta forma, se proyecta como una contribución tecnológica orientada a mejorar la eficiencia, equidad y calidad de la atención sanitaria.

4.6. Alcance de la propuesta

El alcance de la solución se limita al diseño e implementación de un prototipo funcional del sistema, orientado a la gestión de listas de espera para exámenes médicos en la atención primaria. Si bien el sistema ha sido concebido con criterios de escalabilidad y adaptabilidad, su implementación en un entorno productivo real requeriría etapas adicionales de validación con usuarios finales, integración con sistemas institucionales existentes y adecuaciones a normativas específicas de seguridad y protección de datos.

No obstante, la propuesta presentada establece una base sólida para la incorporación de herramientas inteligentes en la gestión de la atención primaria, demostrando la viabilidad técnica y el potencial impacto de integrar automatización, análisis predictivo y soporte a la toma de decisiones en el contexto de los CESFAM.

5. Requisitos del Sistema

El presente capítulo define los requisitos del sistema propuesto, los cuales permiten formalizar las funcionalidades y características que debe cumplir la solución planteada en esta memoria. La correcta especificación de estos requisitos resulta fundamental para asegurar que el sistema satisfaga las necesidades operativas de los Centros de Salud Familiar (CESFAM), así como las exigencias normativas y técnicas asociadas a la gestión de listas de espera y agendamiento de exámenes médicos.

Los requisitos se han clasificado en requisitos funcionales y requisitos no funcionales, con el objetivo de distinguir entre las capacidades operativas del sistema y los atributos de calidad que debe cumplir su implementación.

5.1. Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales describen las acciones y servicios que el sistema debe proporcionar a sus usuarios. Estos requisitos se derivan directamente de los procesos analizados en los capítulos anteriores y de los objetivos definidos para la solución propuesta.

5.1.1. Gestión de usuarios y roles

- **RF-01:** El sistema debe permitir la autenticación de usuarios mediante credenciales únicas.
- **RF-02:** El sistema debe soportar distintos perfiles de usuario, tales como personal administrativo y personal de salud.
- **RF-03:** El sistema debe restringir el acceso a las funcionalidades según el rol asignado al usuario.

5.1.2. Gestión de pacientes

- **RF-04:** El sistema debe permitir el registro, actualización y consulta de la información básica de los pacientes.
- **RF-05:** El sistema debe almacenar el historial de exámenes asociados a cada paciente.
- **RF-06:** El sistema debe permitir visualizar el estado del paciente respecto a su lista de espera y su situación frente a los plazos GES.

5.1.3. Gestión de listas de espera

- **RF-07:** El sistema debe permitir el ingreso de pacientes a listas de espera para la realización de exámenes médicos.
- **RF-08:** El sistema debe permitir la priorización de pacientes en función de criterios clínicos y normativos.
- **RF-09:** El sistema debe permitir el seguimiento del estado de cada paciente en la lista de espera.

5.1.4. Gestión de agenda y citas médicas

- **RF-10:** El sistema debe permitir la creación y administración de agendas médicas.
- **RF-11:** El sistema debe permitir el agendamiento de citas médicas en función de la disponibilidad de horas.
- **RF-12:** El sistema debe permitir la cancelación y reagendamiento de citas médicas.
- **RF-13:** El sistema debe registrar el estado final de cada cita (asistencia, inasistencia o cancelación).

CAPÍTULO 5 : REQUISITOS DEL SISTEMA

5.1.5. Comunicación y notificaciones

- **RF-14:** El sistema debe permitir el envío manual y automático de correos electrónicos para el agendamiento de citas.
- **RF-15:** El sistema debe enviar recordatorios previos a la fecha de la cita médica.
- **RF-16:** El sistema debe registrar la trazabilidad de todas las comunicaciones enviadas a los pacientes.

5.1.6. Predicción de Inasistencias

- **RF-17:** El sistema debe calcular la probabilidad de inasistencia de los pacientes a una cita médica.
- **RF-18:** El sistema debe permitir visualizar el nivel de riesgo de inasistencia asociado a cada cita.
- **RF-19:** El sistema debe permitir utilizar la predicción de inasistencia como apoyo a la toma de decisiones administrativas.

5.1.7. Reportes y visualización de información

- **RF-20:** El sistema debe generar reportes sobre tasas de asistencia e inasistencia.
- **RF-21:** El sistema debe permitir visualizar indicadores relacionados con el cumplimiento de plazos GES.
- **RF-22:** El sistema debe permitir exportar reportes en formatos estándar para su análisis externo.

5.2. Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales definen los atributos de calidad del sistema y las restricciones bajo las cuales debe operar la solución propuesta.

5.2.1. Usabilidad

- **RNF-01:** El sistema debe contar con una interfaz web intuitiva y de fácil uso para el personal administrativo.
- **RNF-02:** El sistema debe minimizar la cantidad de acciones necesarias para completar tareas frecuentes.
- **RNF-03:** El sistema debe ser accesible desde navegadores web modernos sin requerir software adicional.

5.2.2. Rendimiento

- **RNF-04:** El sistema debe responder a las solicitudes de los usuarios en tiempos compatibles con un uso operativo continuo.
- **RNF-05:** El sistema debe ser capaz de manejar múltiples usuarios concurrentes sin degradación significativa del desempeño.

5.2.3. Seguridad

- **RNF-06:** El sistema debe proteger la información de los pacientes mediante mecanismos de autenticación y autorización.
- **RNF-07:** El sistema debe asegurar la confidencialidad de los datos almacenados.
- **RNF-08:** El sistema debe registrar las acciones relevantes realizadas por los usuarios para efectos de auditoría.

5.2.4. Escalabilidad y mantenibilidad

- **RNF-09:** El sistema debe permitir la incorporación de nuevos módulos sin afectar su funcionamiento general.

- **RNF-10:** El sistema debe facilitar el mantenimiento y la actualización de sus componentes.
- **RNF-11:** El sistema debe estar diseñado para escalar en caso de aumento de la demanda o expansión a otros establecimientos de salud.

5.2.5. Compatibilidad y portabilidad

- **RNF-12:** El sistema debe ser compatible con distintos sistemas operativos mediante el uso de tecnologías web.
- **RNF-13:** El sistema debe permitir su despliegue en distintos entornos sin requerir cambios significativos en su código base.

5.3. Requisitos de Interfaces

Esta sección describe las principales interfaces del sistema desde el punto de vista de la interacción con los usuarios y del intercambio de información entre componentes, sin detallar funcionalidades específicas ya definidas en los requisitos funcionales. El objetivo de estos requisitos es establecer la organización general de las vistas del sistema y los elementos de interacción que las componen.

- **RI-UI-01 Vista de autenticación y acceso:** La plataforma debe contar con una vista de autenticación que permita el acceso al sistema por parte de los usuarios autorizados. Esta vista constituye el punto de entrada al sistema y establece el contexto de uso de acuerdo con el perfil del usuario. La interfaz de acceso debe presentar de manera clara los campos necesarios para la autenticación y proporcionar retroalimentación visual ante intentos de acceso inválidos, sin exponer información sensible.
- **RI-UI-02 Vista Dashboard Operacional:** La plataforma debe incorporar una vista principal de tipo dashboard que integre indicadores estratégicos y opera-

cionales, tales como: citas del mes, tasa de asistencia, casos GES por vencer y pacientes sin hora asignada. Esta vista debe permitir segmentación por período y servicio, facilitando la supervisión global del estado del establecimiento.

- **RI-UI-03 Vista de Gestión de Pacientes:** El sistema debe disponer de una vista que permita: visualizar el padrón de pacientes, consultar información individual, editar registros, importar datos masivamente y visualizar historial de exámenes y estado en lista de espera. La interfaz debe incluir filtros de búsqueda y segmentación.
- **RI-UI-04 Vista de Gestión de Listas de Espera:** El sistema debe incorporar una vista orientada a la gestión activa de casos, permitiendo visualizar pacientes en seguimiento, estado de notificación, estado de confirmación y probabilidad de inasistencia. Esta vista debe incluir acciones directas como notificar, agendar o marcar contacto, priorizando claridad y eficiencia operativa.
- **RI-UI-05 Vista de Agenda Médica.** La plataforma debe proporcionar una interfaz de calendario que permita visualización diaria, semanal y mensual de la agenda médica. Debe incluir indicadores de ocupación, disponibilidad y estado de las citas, así como formularios para creación, modificación y cancelación de horas médicas.
- **RI-UI-06 Visualización del riesgo de inasistencia.** Las vistas que involucren citas médicas deben mostrar de forma explícita la probabilidad de inasistencia estimada por el modelo predictivo, mediante indicadores visuales claros que apoyen la toma de decisiones.
- **RI-UI-07 Reportes y exportación de información.** El sistema debe permitir generar y exportar reportes con métricas operacionales relevantes, manteniendo coherencia visual y estructural con el resto de la plataforma.

5.4. Requisitos de ambiente

Esta sección especifica las condiciones mínimas del entorno tecnológico requerido para la operación del sistema, incluyendo infraestructura de despliegue, dependencias de software y consideraciones operativas. Estos requisitos delimitan el marco bajo el cual la solución puede ser ejecutada y evaluada.

5.4.1. Entorno de ejecución y despliegue

- **RA-01:** El sistema debe poder desplegarse en un entorno servidor, ya sea local (on-premise) o en infraestructura en la nube, manteniendo la separación entre frontend, backend y base de datos.
- **RA-02:** El sistema debe operar bajo un esquema de red que permita el acceso de usuarios internos del CESFAM mediante navegador web.
- **RA-03:** La solución debe contemplar persistencia de datos mediante un motor de base de datos relacional, configurado en el entorno de despliegue.

5.4.2. Requisitos de software

- **RA-04:** El backend del sistema debe ejecutarse sobre un entorno de servidor compatible con las tecnologías seleccionadas.
- **RA-05:** El sistema debe permitir la configuración de variables de entorno para credenciales, parámetros de conexión a base de datos y claves asociadas al envío de correos.
- **RA-06:** El componente de predicción debe ejecutarse en el mismo entorno del backend, garantizando disponibilidad para responder consultas.

5.4.3. Requisitos de hardware y conectividad

- **RA-07:** El servidor debe contar con recursos suficientes para operar la base de datos, la API y el módulo predictivo, considerando la cantidad de usuarios concurrentes y el volumen de registros.
- **RA-08:** Los equipos cliente deben disponer de conexión a red e internet (según modalidad de despliegue) y un navegador web actualizado.

5.4.4. Respaldo y continuidad operativa

- **RA-09:** El entorno de operación debe considerar mecanismos de respaldo periódico de la base de datos para prevenir pérdida de información.
- **RA-10:** El sistema debe contar con registros (logs) de ejecución para apoyar el monitoreo, diagnóstico y auditoría de eventos relevantes.

5.5. Perfiles de Usuario

El sistema considera tres perfiles principales de usuario, definidos en función del rol que desempeñan dentro del proceso de interacción con la plataforma. Cada perfil accede a un conjunto de vistas y elementos de información acordes a sus necesidades.

Los perfiles definidos son los siguientes:

- **Personal administrativo:** corresponde a los usuarios responsables de la gestión operativa del sistema. Este perfil interactúa principalmente con las vistas de gestión de pacientes, listas de espera, agenda médica y comunicaciones. La interfaz asociada a este perfil debe priorizar flujos de trabajo simples y eficientes para tareas frecuentes, tales como el registro, actualización y seguimiento de citas y listas de espera.
- **Personal de salud:** corresponde a profesionales clínicos que requieren acceso a información relacionada con la programación de exámenes y el estado de las

CAPÍTULO 5 : REQUISITOS DEL SISTEMA

citas asociadas a sus pacientes. La experiencia de este perfil se orienta principalmente a la visualización de información relevante y resumida, sin exponer funcionalidades administrativas que no formen parte de su rol asistencial.

- **Paciente:** corresponde a los usuarios finales que interactúan con el sistema de manera indirecta o remota. Este perfil accede a interfaces simplificadas orientadas a la recepción de notificaciones y a la gestión básica de sus citas, tales como la confirmación o cancelación de una hora médica, priorizando la claridad de la información y la facilidad de uso.

La Tabla 1 presenta una caracterización general de los perfiles de usuario considerados en el sistema, indicando el tipo de usuario, su nivel socioeconómico y cultural predominante, su contexto ocupacional y el grupo etario más representativo.

Tabla 1: Perfiles de usuario del sistema

Perfil	Socioeconómico y cultural	Ocupacional	Etario	Características
Paciente CES-FAM	Usuarios del sistema público de salud, principalmente de sectores socioeconómicos medio y bajo.	No se requiere ocupación específica; incluye jubilados y trabajadores informales o dependientes.	18–80 años.	No presenta características específicas.
Personal Administrativo CESFAM	Nivel educacional medio o alto; sector socioeconómico medio.	Experiencia en atención al público y gestión de agendas médicas.	25–65 años.	Requiere concentración, precisión y habilidades comunicativas. Uso habitual de sistemas informáticos básicos.
Personal de Salud CESFAM	Nivel educacional alto; sector socioeconómico medio o alto.	Formación en el área de la salud.	25–65 años.	Buena resistencia física, habilidades interpersonales y pensamiento crítico.

5.6. Relación entre requisitos y la propuesta del sistema

Los requisitos definidos en este capítulo se encuentran directamente alineados con los objetivos de la solución propuesta y con los módulos descritos en el Capítulo 4. En conjunto, estos requisitos establecen una base formal para el diseño de la arquitectura del sistema, la implementación de sus componentes y la evaluación de su cumplimiento en etapas posteriores del desarrollo.

6. Diseño de Arquitectura del Sistema

El presente capítulo describe el diseño y la arquitectura del sistema propuesto para la optimización de la gestión de listas de espera de exámenes médicos en la atención primaria. En esta sección se detallan las decisiones de diseño adoptadas, la organización general de los componentes del sistema y la forma en que estos interactúan para dar soporte a los procesos definidos en los capítulos anteriores.

El diseño del sistema se orienta a resolver las problemáticas identificadas, privilegiando criterios de modularidad, escalabilidad y mantenibilidad, de modo que la solución pueda adaptarse a cambios futuros y a distintos contextos de implementación dentro del sistema de salud.

6.1. Enfoque de diseño del sistema

El diseño del sistema se basa en un enfoque modular, en el cual las distintas funcionalidades se organizan en componentes claramente definidos y con responsabilidades específicas. Este enfoque permite reducir el acoplamiento entre módulos, facilitando tanto el mantenimiento como la evolución de la plataforma.

Asimismo, se adopta una separación clara entre la capa de presentación, la capa de lógica de negocio y la capa de datos, lo que permite desacoplar la interfaz de usuario de la implementación interna del sistema y del almacenamiento de información. Esta

separación favorece la reutilización de componentes y la escalabilidad de la solución.

6.2. Diagrama de contexto

La Figura 6.1 representa el esquema de interacción del sistema con entidades externas, como son los usuarios. Este esquema permite visualizar de forma clara cómo el sistema se relaciona con agentes externos, ya sea mediante intercambio de información, colaboración o influencia directa. Estas interacciones son clave para comprender el alcance funcional del sistema, así como las principales conexiones que lo afectan o con las que colabora para cumplir sus objetivos.

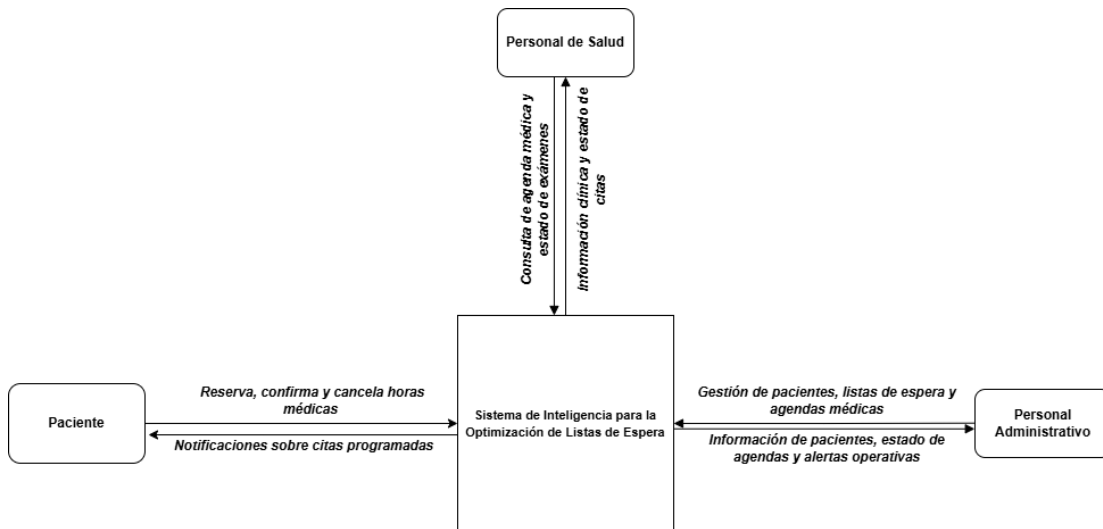


Figura 6.1: Diagrama de Contexto del Sistema

6.3. Arquitectura general del sistema

La arquitectura general del sistema corresponde a una arquitectura de tipo cliente-servidor, orientada a aplicaciones web. En este esquema, los usuarios interactúan con el sistema a través de una interfaz web, mientras que la lógica de negocio y el acceso a los datos se gestionan en el servidor.

La Figura 6.2 muestra los módulos internos del sistema y sus principales interacciones,

destacando los flujos de información necesarios para su correcto funcionamiento.

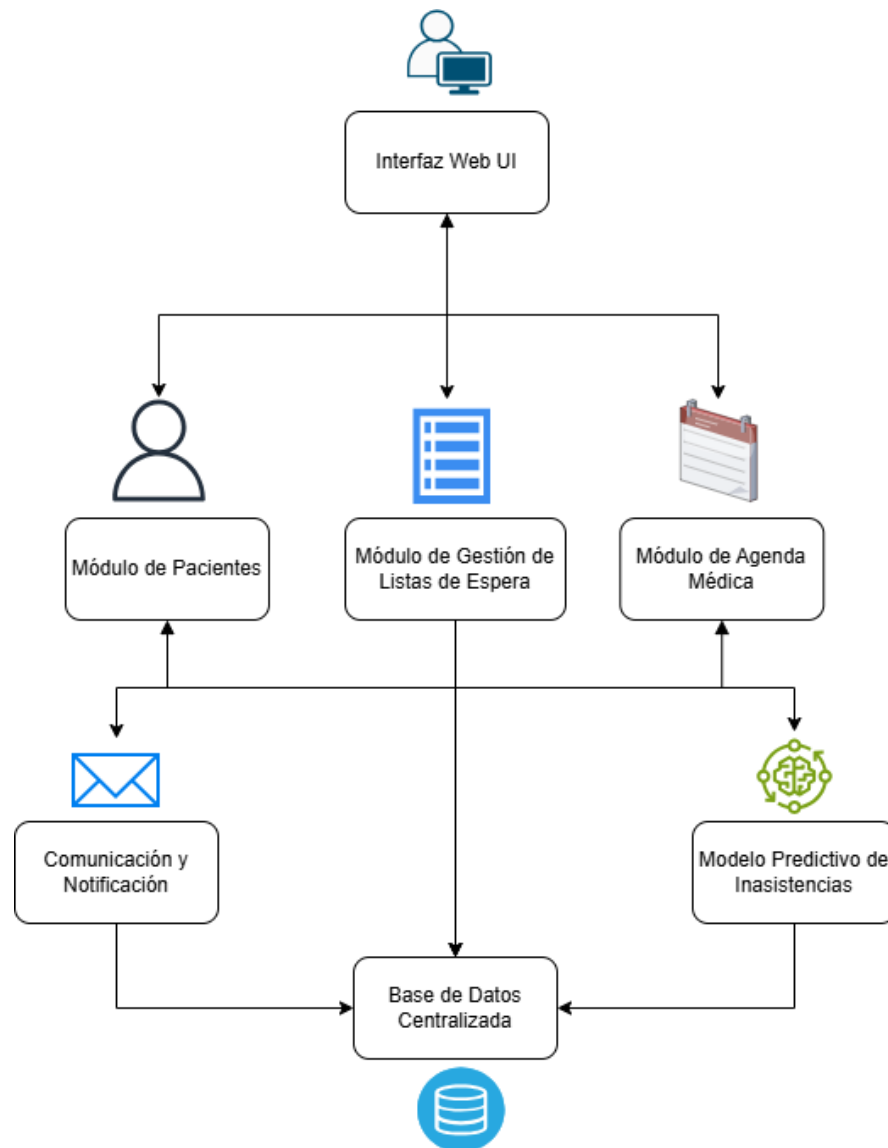


Figura 6.2: Diagrama de Arquitectura del Sistema

6.4. Módulos del Sistema

En esta sección se describen los módulos principales que conforman el sistema propuesto para la gestión de listas de espera de exámenes médicos en la atención primaria. Estos módulos interactúan entre sí para cumplir con los objetivos funcionales de la plataforma, permitiendo el flujo de información desde la interacción con los usuarios hasta

el almacenamiento, análisis y visualización de los datos.

6.4.1. [M1] Módulo de Interfaz Web

Propósito: Proporcionar el punto de interacción entre los usuarios del sistema (personal administrativo y personal de salud) y la plataforma, permitiendo la gestión de pacientes, listas de espera, agenda médica y visualización de reportes.

Alcance: Presentar las vistas correspondientes a cada perfil de usuario y canalizar las solicitudes hacia los módulos internos del sistema, sin incorporar lógica de negocio.

Dependencias: Conexión a internet, navegador web actualizado y comunicación con el backend del sistema.

Supuestos: Los usuarios cuentan con credenciales válidas y conocimientos básicos para operar la plataforma.

Restricciones: Limitado por las capacidades del navegador y del dispositivo cliente.

Estructura General:

- **Entradas:** Credenciales de autenticación, formularios de registro, solicitudes de agendamiento y consultas de información.
- **Ejecuciones:** Envío de solicitudes a los módulos internos mediante API REST y validación básica de datos.
- **Salidas:** Visualización de información procesada, confirmaciones de acciones y dashboards interactivos.

6.4.2. [M2] Módulo de Pacientes

Propósito: Gestionar la información clínica y administrativa de los pacientes, incluyendo datos personales, historial de citas y estado en lista de espera.

Alcance: Permitir el registro, actualización, consulta y seguimiento de pacientes dentro del sistema.

CAPÍTULO 6 : DISEÑO DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Dependencias: Base de Datos Centralizada y Módulo de Interfaz Web.

Supuestos: Los datos ingresados cumplen con los formatos definidos por el sistema.

Restricciones: No se permite la eliminación definitiva de registros por razones de trazabilidad.

Estructura General:

- **Entradas:** Datos personales del paciente, actualizaciones de estado y registros de asistencia.
- **Ejecuciones:** Validación, almacenamiento y actualización de información.
- **Salidas:** Información estructurada del paciente disponible para agenda, comunicación y reportes.

6.4.3. [M3] Módulo de Gestión de Listas de Espera

Propósito: Administrar el ingreso, priorización y seguimiento de pacientes en lista de espera para exámenes médicos.

Alcance: Monitorear el estado de cada paciente respecto a su posición en la lista y al cumplimiento de plazos normativos GES.

Dependencias: Módulo de Pacientes, Módulo de Agenda Médica y Base de Datos Centralizada.

Supuestos: Los criterios de priorización están correctamente definidos conforme a normativa vigente.

Restricciones: La priorización debe respetar los plazos máximos establecidos por las Garantías Explícitas en Salud (GES).

Estructura General:

- **Entradas:** Registro de pacientes en espera y parámetros de priorización.
- **Ejecuciones:** Monitoreo de plazos y generación de alertas internas.

- **Salidas:** Lista ordenada de pacientes y alertas de vencimiento GES.

6.4.4. [M4] Módulo de Agenda Médica

Propósito: Gestionar la programación, modificación y cancelación de citas médicas según disponibilidad de profesionales.

Alcance: Administrar horarios disponibles, asignar citas y registrar el estado final de cada atención.

Dependencias: Módulo de Gestión de Listas de Espera, Módulo de Pacientes, Módulo de Comunicación y Base de Datos.

Supuestos: La disponibilidad horaria del personal ha sido previamente registrada en el sistema.

Restricciones: No se pueden asignar citas en horarios ya ocupados.

Estructura General:

- **Entradas:** Solicitudes de agendamiento, cancelación o reagendamiento.
- **Ejecuciones:** Validación de disponibilidad y registro en base de datos.
- **Salidas:** Confirmación de cita y evento asociado para notificación.

6.4.5. [M5] Módulo de Comunicación y Notificación

Propósito: Automatizar el envío de notificaciones, confirmaciones y recordatorios de citas médicas a los pacientes.

Alcance: Gestionar comunicaciones electrónicas asociadas a nuevas citas, modificaciones y recordatorios preventivos.

Dependencias: Módulo de Agenda Médica, Módulo de Pacientes y Base de Datos.

Supuestos: Los servicios externos de envío de correos electrónicos se encuentran disponibles.

CAPÍTULO 6 : DISEÑO DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Restricciones: Toda notificación debe quedar registrada para efectos de trazabilidad.

Estructura General:

- **Entradas:** Eventos de nueva cita, cancelación o proximidad de atención.
- **Ejecuciones:** Generación y envío de correos electrónicos automatizados.
- **Salidas:** Confirmación de envío y registro del evento en la base de datos.

6.4.6. [M6] Modelo Predictivo de Inasistencias

Propósito: Estimar la probabilidad de Inasistencia de los pacientes a sus citas médicas mediante técnicas de aprendizaje automático.

Alcance: Apoyar la toma de decisiones administrativas, permitiendo focalizar acciones preventivas en pacientes con mayor riesgo.

Dependencias: Módulo de Pacientes, Módulo de Agenda Médica y Base de Datos Centralizada.

Supuestos: El modelo ha sido entrenado previamente con datos históricos representativos.

Restricciones: El desempeño del modelo depende de la calidad y actualización de los datos disponibles.

Estructura General:

- **Entradas:** Variables históricas de asistencia, datos demográficos y temporales de la cita.
- **Ejecuciones:** Cálculo de probabilidad de asistencia.
- **Salidas:** Valor probabilístico asociado a cada cita médica.

6.4.7. [M7] Base de Datos Centralizada

Propósito: Almacenar de manera estructurada toda la información del sistema, garantizando persistencia y trazabilidad.

Alcance: Servir como repositorio central para pacientes, citas, comunicaciones, resultados predictivos y registros de auditoría.

Dependencias: Infraestructura de servidor y motor de base de datos relacional (PostgreSQL).

Supuestos: Se realizan respaldos periódicos y se mantiene la integridad referencial.

Restricciones: Acceso restringido según roles definidos en el sistema.

Estructura General:

- **Entradas:** Datos provenientes de todos los módulos del sistema.
- **Ejecuciones:** Consultas SQL, transacciones y control de integridad.
- **Salidas:** Información estructurada solicitada por los módulos internos.

6.4.8. Matriz de Requisitos Funcionales vs Módulos del Sistema

La Tabla 2 presenta la relación entre los requisitos funcionales definidos y los módulos del sistema, indicando con una **X** las funcionalidades que cada módulo cumple o en las que participa.

Tabla 2: Matriz de Requisitos Funcionales vs Módulos del Sistema

Requisitos Funcionales	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
RF-01 Autenticación de usuarios	X						X
RF-02 Soporte de perfiles de usuario	X						X
RF-03 Restricción de acceso según rol	X						X
RF-04 Gestión de información de pacientes	X	X					X

CAPÍTULO 6 : DISEÑO DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Requisitos Funcionales	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
RF-05 Historial de exámenes por paciente	X	X	X	X			X
RF-06 Visualización estado lista de espera y GES	X	X	X				X
RF-07 Ingreso a listas de espera	X	X	X				X
RF-08 Priorización según criterios clínicos	X		X				X
RF-09 Seguimiento estado en lista de espera	X	X	X	X			X
RF-10 Administración de agendas médicas	X			X			X
RF-11 Agendamiento según disponibilidad	X	X	X	X			X
RF-12 Cancelación y reagendamiento	X	X		X	X		X
RF-13 Registro estado final de cita	X	X		X			X
RF-14 Envío de correos de agendamiento	X	X		X	X		X
RF-15 Recordatorios previos a la cita	X	X		X	X	X	X
RF-16 Trazabilidad de comunicaciones	X	X			X		X
RF-17 Cálculo probabilidad de asistencia	X	X		X		X	X
RF-18 Visualización nivel de riesgo	X			X		X	X
RF-19 Uso de la predicción para apoyo a decisiones	X		X	X	X	X	X
RF-20 Reportes tasas asistencia e inasistencia	X			X		X	X
RF-21 Indicadores de cumplimiento GES	X	X	X	X			X
RF-22 Exportación de reportes	X						X

7. Implementación de la Solución y Resultados

7.1. Entorno de Desarrollo

La solución fue implementada bajo una arquitectura cliente-servidor, separando claramente las responsabilidades de presentación, lógica de negocio y persistencia de datos.

El frontend fue desarrollado utilizando Angular, empleando componentes standalone y TypeScript como lenguaje principal. Para el diseño visual se utilizó SCSS y una estructura modular basada en páginas funcionales.

El backend fue implementado en Python utilizando el framework FastAPI, permitiendo la construcción de una API REST eficiente y documentada automáticamente mediante OpenAPI. Para la persistencia de datos se utilizó PostgreSQL 16, gestionado mediante SQLAlchemy como ORM.

El entorno fue dockerizado utilizando Docker y Docker Compose, lo que permitió garantizar reproducibilidad, aislamiento y facilidad de despliegue.

7.2. Arquitectura Implementada

La arquitectura sigue principios de Clean Architecture y separación de capas:

- **Capa de Presentación (Frontend):** Interfaz Web desarrollada en Angular.
- **Capa de Aplicación:** Servicios y casos de uso implementados en el backend.
- **Capa de Dominio:** Entidades y reglas de negocio.
- **Capa de Infraestructura:** Repositorios SQL, conexión a base de datos y seguridad.

El sistema se comunica mediante endpoints REST bajo el prefijo `/api/v1`, permitiendo el intercambio estructurado de datos en formato JSON. El uso del prefijo `/v1` responde a una estrategia de versionamiento de la API, lo que permite evolucionar el sistema de forma controlada sin afectar la compatibilidad con clientes existentes.

7.3. Implementación de los Módulos

La implementación del sistema se desarrolló de forma incremental, construyendo cada módulo como un componente independiente pero integrado dentro del flujo general de gestión de listas de espera.

7.3.1. Módulo de Interfaz Web (UI)

El módulo de Interfaz Web corresponde a la capa de presentación del sistema y fue implementado utilizando **Angular** como framework principal, empleando *TypeScript* y una arquitectura basada en componentes *standalone*. Su desarrollo se orientó a materializar la separación de responsabilidades definida en el diseño arquitectónico (Sección 6.3), manteniendo desacoplada la lógica de presentación respecto de la lógica de negocio implementada en el backend.

Desde el punto de vista estructural, la interfaz fue organizada en módulos funcionales alineados con los dominios del sistema (Dashboard, Pacientes, Seguimiento, Agenda). Cada dominio se compone de:

- Componentes visuales reutilizables.
- Servicios encargados del consumo de endpoints REST bajo el prefijo `/api/v1`.
- Modelos tipados que representan los contratos de datos intercambiados con el backend.

Esta organización permite mantener coherencia estructural entre frontend y backend, facilitando la mantenibilidad y evolución del sistema.

En términos de interacción con la API, se implementó un patrón basado en servicios inyectables responsables de encapsular las llamadas HTTP, manejar errores y tipar las respuestas mediante interfaces. Esto evita que los componentes visuales gestionen directamente la comunicación con el servidor, reduciendo acoplamiento y mejorando la testabilidad.

Adicionalmente, se incorporaron:

- Manejo de estados de carga y retroalimentación visual ante errores.
- Control de acceso a vistas según perfil de usuario autenticado.
- Componentes reutilizables para tablas, tarjetas KPI y ventanas modales.

El diseño visual fue desarrollado utilizando **SCSS modular**, permitiendo separar claramente estructura, estilo y comportamiento. Se definió una jerarquía visual consistente basada en tarjetas de indicadores (KPIs), etiquetas de criticidad, marcadores de estado y filtros operacionales persistentes.

7.3.2. Módulo de Gestión de Pacientes

Este módulo fue desarrollado como núcleo estructural del sistema, ya que centraliza la información demográfica y administrativa de los pacientes. A nivel técnico, se implementó mediante:

- Entidades de dominio que representan al paciente y su información asociada.

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

- Servicios de aplicación encargados de coordinar operaciones de creación, actualización y consulta.
- Repositorios de infraestructura responsables de la persistencia en base de datos.

La estructura adoptada permite desacoplar la representación interna del paciente de la forma en que se almacena en la base de datos, facilitando futuras modificaciones en el esquema sin impactar la lógica de negocio.

7.3.3. Módulo de Gestión de Listas de Espera

El Módulo de Gestión de Listas de Espera implementa la lógica asociada al registro, priorización y seguimiento de pacientes en espera de atención o examen. Su desarrollo se realizó respetando la arquitectura en capas definida previamente, separando presentación, aplicación y persistencia.

En el backend, el módulo encapsula las reglas de negocio relacionadas con la creación y actualización de registros, gestión de estados (pendiente, contactado, confirmado, atendido o cancelado) y asociación de prestaciones a cada paciente. Estas operaciones se implementan mediante servicios de aplicación que orquestan la lógica y repositorios que abstraen el acceso a datos.

Se incorporaron consultas optimizadas para la obtención de métricas agregadas, utilizadas por el Dashboard para visualizar indicadores como cantidad de pacientes por estado o antigüedad en lista.

Desde el frontend, la funcionalidad se materializa mediante tablas dinámicas con filtros por estado, prioridad y fecha, además de acciones contextuales que permiten actualizar rápidamente la información.

7.3.4. Módulo de Agenda Médica

El módulo de agenda médica gestiona la disponibilidad de cupos y la asignación efectiva de citas. Técnicamente, se implementó como un conjunto de servicios que validan disponibilidad, coordinan la asignación y actualizan el estado de la lista de espera correspondiente.

Se consideraron aspectos como:

- Control lógico para evitar asignaciones duplicadas
- Persistencia transaccional en operaciones críticas
- Sincronización de estados entre cita y lista de espera

7.3.5. Módulo de Comunicación y Notificación

Este módulo fue desarrollado como un componente transversal encargado de gestionar el envío de notificaciones y el registro de trazabilidad de las comunicaciones.

A nivel técnico, se integró como un servicio independiente que puede ser invocado desde distintos puntos del flujo del sistema (agendamiento, recordatorios previos y cancelaciones). Cada comunicación genera un registro persistente que permite auditar las interacciones realizadas y alimentar indicadores posteriores de seguimiento.

Para el envío de correos electrónicos se utilizó el servicio de Gmail como proveedor de salida, configurado mediante variables de entorno que permiten definir el servidor y puerto de conexión. Esta aproximación facilita la gestión segura de credenciales y evita exponer información sensible en el código fuente.

La separación de este módulo permite extender en el futuro los canales de comunicación (por ejemplo, SMS o mensajería instantánea) sin modificar la lógica central del sistema.

7.3.6. Modelo Predictivo de Inasistencias

El modelo predictivo de inasistencias fue desarrollado con el objetivo de estimar la probabilidad de inasistencia de los pacientes a sus citas médicas, permitiendo apoyar la toma de decisiones en la gestión de la agenda y optimizar la utilización de recursos clínicos.

■ a) Descripción de los datos

Para el entrenamiento del modelo se utilizaron dos datasets públicos obtenidos desde la plataforma Kaggle (Alvaro Flores, 2018; JoniHoppen, 2016), correspondientes a registros históricos de citas médicas en Brasil y Chile. Tras el proceso de integración y limpieza, se conformó un conjunto de datos compuesto por aproximadamente 130.000 instancias.

Las variables consideradas en el modelo incluyen:

- Edad y género del paciente.
- Fecha de programación de la cita.
- Fecha de atención.
- Tiempo de espera entre el agendamiento y la atención (latencia en días).
- Cantidad de asistencias e inasistencias previas (cuando la información estuvo disponible).

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

Durante el análisis exploratorio se identificó un desbalance significativo entre las clases, como se puede apreciar en la Figura 7.1, donde las inasistencias representan aproximadamente un 20,6 % del total de los registros.

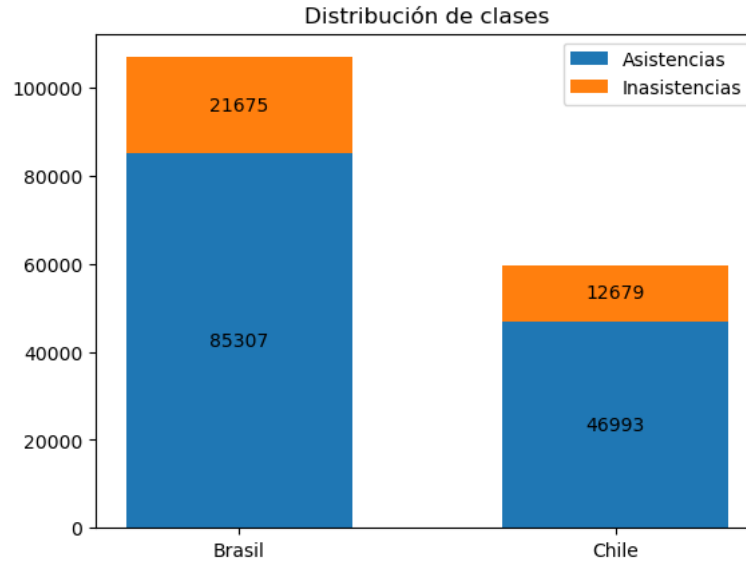


Figura 7.1: Distribución de clases en los datasets utilizados

Esta distribución evidencia la predominancia de la clase "asistencia", lo que podría inducir a los modelos a favorecer dicha clase si no se aplican técnicas de balanceo adecuadas.

■ b) Técnicas de balanceo y modelos evaluados

Con el fin de mitigar el efecto del desbalance, se evaluaron distintas técnicas de *sampling* orientadas a equilibrar la representación de las clases durante el entrenamiento:

- *Synthetic Minority Over-sampling Technique* (SMOTE)
- *Instance Hardness Threshold* (IHT)
- *Random Under Sampling* (RUS)

Estas técnicas fueron combinadas con dos clasificadores:

- Random Forest (RF)
- Regresión Logística (LR)

El conjunto de datos fue dividido utilizando un 80 % para entrenamiento y un 20 % para evaluación.

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

■ c) Comparación de resultados

La Tabla 3 presenta las métricas obtenidas para cada combinación evaluada.

Tabla 3: Comparación de modelos y técnicas de balanceo

Modelo	Sampling	Accuracy	Recall	Precision	F1-score
Random Forest	-	0.771	0.187	0.396	0.254
Random Forest	SMOTE	0.758	0.215	0.366	0.271
Random Forest	IHT	0.608	0.647	0.298	0.408
Random Forest	RUS	0.715	0.367	0.335	0.350
Regresión Logística	-	0.791	0.014	0.536	0.027
Regresión Logística	SMOTE	0.791	0.019	0.520	0.037
Regresión Logística	IHT	0.553	0.665	0.269	0.383
Regresión Logística	RUS	0.776	0.109	0.378	0.170

■ d) Análisis comparativo del desempeño

Con el objetivo de evaluar el impacto de las distintas técnicas de balanceo sobre la capacidad de detección de inasistencias, se compararon los valores de *recall* obtenidos por cada combinación de modelo y estrategia de sampling.

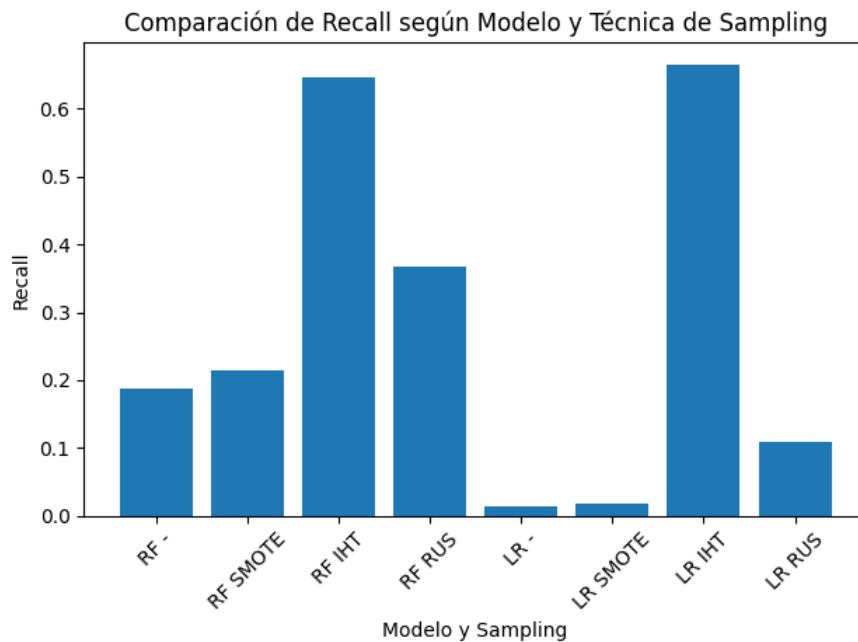


Figura 7.2: Comparación del Recall según modelo y técnica de balanceo.

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

Como se observa en la Figura 7.2, los modelos sin técnicas de balanceo presentan un desempeño deficiente en la detección de la clase minoritaria. En particular, la Regresión Logística sin sampling alcanza un recall de apenas 0.014, lo que evidencia que el modelo tiende a clasificar mayoritariamente como asistencias debido al desbalance de clases.

La aplicación de técnicas de balanceo mejora significativamente la capacidad de detección. En particular, la estrategia Instance Hardness Threshold (IHT) genera los mayores incrementos en recall tanto para Random Forest como para Regresión Logística. Bajo esta configuración, la Regresión Logística alcanza un recall de 0.665, lo que representa una mejora sustancial respecto a las configuraciones sin balanceo.

Dado que el objetivo principal del sistema es identificar correctamente pacientes con riesgo de inasistencia, se priorizó la métrica de recall por sobre la accuracy global, seleccionando la combinación Regresión Logística + IHT como modelo final.

■ e) Interpretación del Recall y su Impacto Operativo

El *recall* es la métrica principal utilizada para evaluar el desempeño del modelo predictivo, ya que el objetivo del sistema no es maximizar la clasificación global correcta, sino detectar la mayor cantidad posible de pacientes que no asistirán a su cita médica.

Formalmente, el *recall* se define como:

$$\text{Recall} = \frac{\text{Verdaderos Positivos}}{\text{Verdaderos Positivos} + \text{Falsos Negativos}}$$

En este contexto:

- **Verdaderos Positivos (VP):** pacientes que efectivamente no asistieron y que el modelo clasificó correctamente como inasistentes.
- **Falsos Negativos (FN):** pacientes que no asistieron, pero que el modelo clasificó incorrectamente como asistentes.

El modelo seleccionado (Regresión Logística + IHT) obtuvo un recall aproximado de 0.665 para la clase inasistencia. Esto significa que el sistema logra identificar correctamente cerca del 66,5 % de los pacientes que realmente no asistirán a su cita.

Desde una perspectiva intuitiva y operativa, el resultado implica que, en promedio, de cada 10 pacientes que no asistirán a su cita, el modelo logra identificar correctamente aproximadamente 6 a 7 casos, mientras que los restantes no son detectados de forma anticipada, como se ilustra en la Figura 7.3.

Interpretación del Recall en el Modelo Predictivo de Inasistencias

De cada 10 pacientes que no asistirán, el modelo predice correctamente a **6-7**

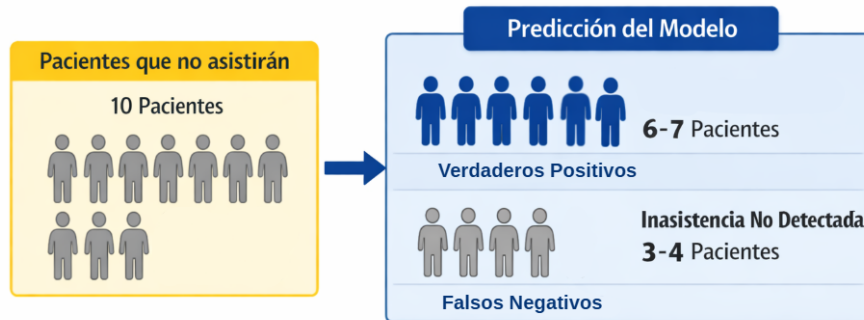


Figura 7.3: Interpretación visual del recall para la clase inasistencia

Esta capacidad predictiva permite que el personal administrativo pueda focalizar acciones preventivas, como reforzar el contacto, confirmar asistencia o evaluar sobrecupo controlado, sobre una proporción significativa de los casos con riesgo real.

Si bien el modelo no detecta la totalidad de las inasistencias, la mejora respecto a una estrategia sin modelo es sustancial, ya que permite intervenir anticipadamente en más de la mitad de los casos que generarían pérdida de cupos clínicos.

Para comprender el comportamiento cuantitativo del modelo, se presenta la matriz de confusión correspondiente a la configuración Regresión Logística + IHT.

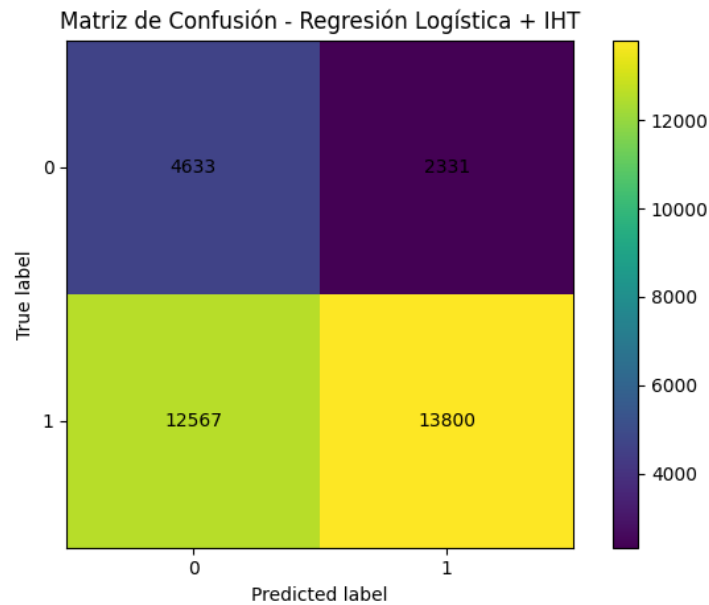


Figura 7.4: Matriz de confusión del modelo Regresión Logística + IHT.

En la Figura 7.4 se observa que el modelo identifica correctamente 13.800 casos de inasistencia (verdaderos positivos), mientras que 12.567 casos no fueron detectados (falsos negativos).

Aunque la *accuracy* global alcanza aproximadamente un 55,3 %, la configuración prioriza deliberadamente la sensibilidad frente a la clase minoritaria (inasistencias). Este enfoque es coherente con el objetivo operacional del sistema: reducir la pérdida de horas médicas por inasistencia mediante una gestión proactiva basada en evidencia predictiva.

7.3.7. Módulo de Base de Datos Centralizada

La base de datos fue implementada utilizando PostgreSQL 16 como motor relacional, definiendo un esquema estructurado que modela explícitamente las entidades principales del sistema y sus relaciones. El diseño se orienta a representar el flujo operativo completo, desde el registro del paciente hasta la gestión de citas, exámenes, notificaciones y métricas asociadas.

La Figura 7.5 presenta el diagrama entidad-relación del sistema. Este modelo constituye la representación formal de la estructura persistente de la solución, permitiendo visualizar las dependencias entre entidades y la forma en que se materializa el flujo de información definido en la arquitectura del sistema.

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

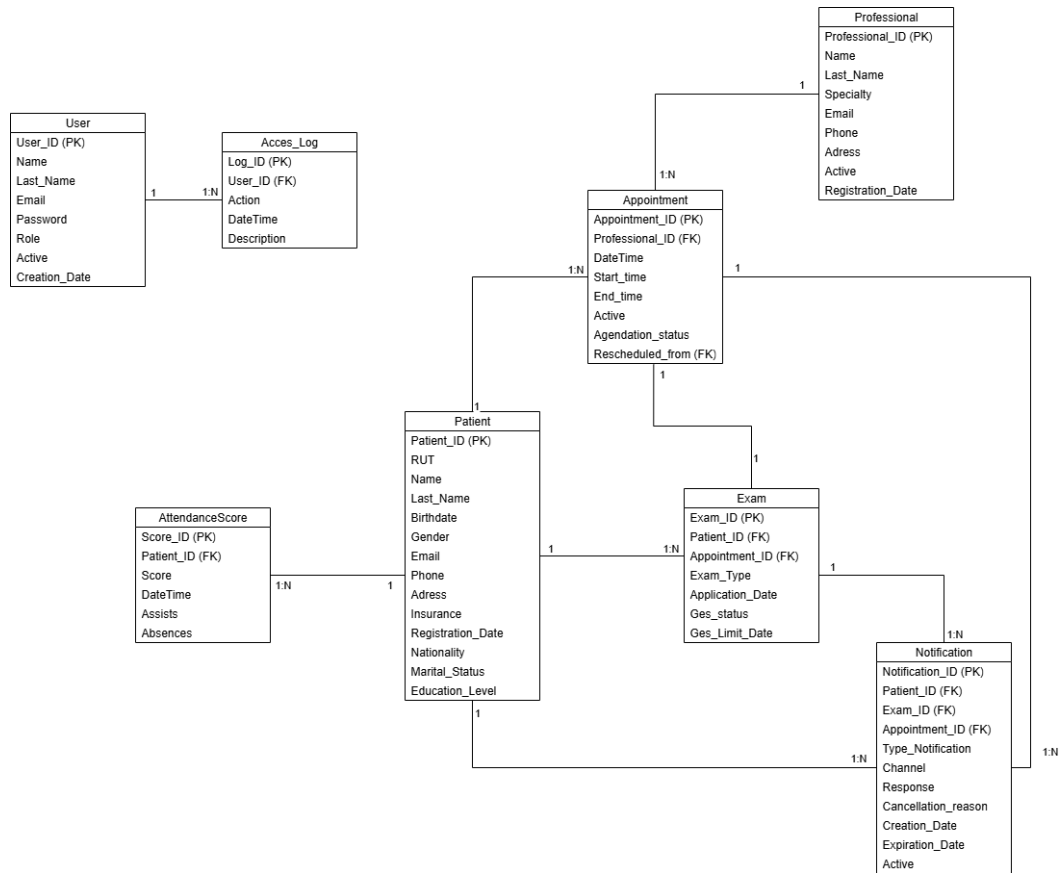


Figura 7.5: Diagrama entidad-relación de la base de datos del sistema.

En el modelo se observa una estructura central compuesta por las entidades *Patient*, *Appointment*, *Exam* y *Notification*, que representan los procesos clínicos y administrativos principales. Estas se complementan con entidades de soporte como *Professional*, *User*, *Access_Log* y *AttendanceScore*, que permiten gestionar autenticación, trazabilidad de acciones y métricas históricas de asistencia.

La organización del esquema responde a los siguientes principios:

- Representar explícitamente las relaciones 1:N entre pacientes, citas y exámenes.
- Vincular cada cita a un profesional responsable, asegurando coherencia operacional.
- Registrar notificaciones asociadas a eventos clínicos, manteniendo trazabilidad temporal.
- Separar entidades transaccionales de entidades de auditoría y métricas.

La integridad referencial se garantiza mediante claves primarias y foráneas, mientras que se definieron índices en atributos de consulta frecuente (identificadores y fechas) para optimizar el rendimiento en operaciones como filtrado de listas de espera, consultas por paciente y visualización de agenda.

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

La persistencia se integra al backend mediante un ORM, permitiendo mapear las entidades del dominio a sus respectivas tablas y centralizar las operaciones de acceso a datos mediante repositorios. De esta manera, el modelo relacional no solo actúa como almacenamiento, sino como soporte estructural del comportamiento del sistema.

7.4. Validación Mediante Simulación Operativa

Con el objetivo de estimar el impacto operacional de la plataforma propuesta, se realizó una validación cuantitativa mediante simulación. Dado que la implementación en un entorno real de atención primaria requiere autorizaciones institucionales, integración con sistemas clínicos existentes y condiciones operativas que exceden el alcance de esta memoria, se optó por un enfoque de modelamiento probabilístico controlado.

La simulación permite evaluar el comportamiento esperado del sistema bajo incertidumbre, comparando un escenario tradicional de gestión reactiva con distintos niveles de adopción de la plataforma propuesta.

7.4.1. Diseño metodológico

Se modeló un mes operativo compuesto por 1000 citas médicas y 24 días hábiles. Para incorporar la variabilidad inherente al comportamiento real de los pacientes, se utilizó una simulación Monte Carlo con 2000 iteraciones independientes.

En cada iteración se generó una tasa base de inasistencia mediante una distribución uniforme dentro de un rango definido, representando la variabilidad mensual observada en la práctica. Posteriormente, el número de inasistencias reales fue modelado mediante una distribución binomial, apropiada para eventos discretos de tipo binario (asistencia / inasistencia).

El desempeño del modelo predictivo fue incorporado utilizando el valor real de *recall* obtenido en la etapa experimental (0.665) del desarrollo del algoritmo de predicción (7.3.6), representando la proporción de inasistencias reales que el sistema logra detectar de forma anticipada.

7.4.2. Definición de escenarios

Se definieron cuatro escenarios comparativos:

- **Escenario Base:** sistema de agendamiento exclusivamente telefónico, sin detección anticipada ni recuperación preventiva de cupos. La gestión de inasistencias es reactiva.

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

- **Plataforma (adopción baja):** gestión predictiva con cobertura limitada de casos detectados y efectividad moderada de recuperación.
- **Plataforma (adopción media):** mayor capacidad de gestión de casos detectados y mayor efectividad de intervención.
- **Plataforma (adopción alta):** gestión activa sobre la mayoría de los casos detectados y alta probabilidad de recuperación de cupos.

En los escenarios con plataforma, la recuperación de cupos se modeló mediante una segunda distribución binomial, representando la probabilidad de que una intervención (recordatorio, confirmación o reasignación) permita evitar la pérdida del cupo clínico.

7.4.3. Indicadores evaluados

En cada iteración se calcularon los siguientes indicadores:

- Llamadas telefónicas promedio por día
- Tasa final de inasistencia
- Ocupación efectiva de citas médicas
- Proporción estimada de plazos GES vencidos

La repetición de múltiples iteraciones permitió obtener valores promedio robustos bajo condiciones de incertidumbre operacional.

7.4.4. Resultados de la Simulación

La Tabla 4 presenta los resultados promedio obtenidos tras 2000 iteraciones de la simulación Monte Carlo.

Tabla 4: Resultados promedio de la simulación mensual (1000 citas médicas, 24 días hábiles, 2000 iteraciones)

Escenario	Llamadas/día	% Inasistencias	% Ocupación	% Plazos GES vencidos
Base (agendamiento telefónico)	44.0	27.4 %	72.6 %	0.07 %
Plataforma (adopción baja)	14.2 (-68 %)	25.2 %	74.8 %	0.06 %
Plataforma (adopción media)	16.1 (-63 %)	22.6 %	77.4 %	0.05 %
Plataforma (adopción alta)	17.3 (-61 %)	20.1 %	79.9 %	0.05 %

CAPÍTULO 7 : IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN Y RESULTADOS

Los resultados evidencian mejoras progresivas en todos los indicadores evaluados al incorporar la plataforma.

En el escenario base, la tasa de inasistencia promedio alcanza 27.4 %, con una ocupación efectiva de 72.6 % y una carga administrativa de 44 llamadas diarias.

En el escenario de adopción alta, la ocupación aumenta a 79.9 %, lo que representa un incremento de 7.3 puntos porcentuales respecto al escenario base. En términos absolutos, esto equivale a aproximadamente 73 atenciones adicionales por cada 1000 citas mensuales.

Adicionalmente, la carga operativa disminuye en más de un 60 % en todos los escenarios con plataforma, reflejando una reducción significativa en la dependencia del contacto telefónico.

La reducción en la tasa de inasistencias produce también una disminución relativa en el indicador de plazos GES vencidos, coherente con una mejora en la utilización efectiva de horas médicas.

8. Interfaz Gráfica: Vistas de la Plataforma Web

Esta sección presenta las principales vistas de la plataforma web *CareFlow*, describiendo los módulos implementados desde la perspectiva del usuario final. La interfaz se diseñó con un enfoque *data-driven*, privilegiando la visualización de indicadores (KPIs), filtros operacionales y componentes de apoyo a la toma de decisiones (alertas, estados y priorización), de manera consistente entre módulos.

8.1. Autenticación y estructura de navegación

8.1.1. Vista de inicio de sesión

La plataforma inicia con una pantalla de autenticación (Figura 8.1), cuyo propósito es controlar el acceso al sistema y garantizar que únicamente usuarios autorizados puedan ingresar a la plataforma. Esta vista permite al usuario autenticarse mediante sus credenciales, las cuales son validadas por el sistema antes de conceder el acceso a las funcionalidades correspondientes a su perfil y rol asignado.

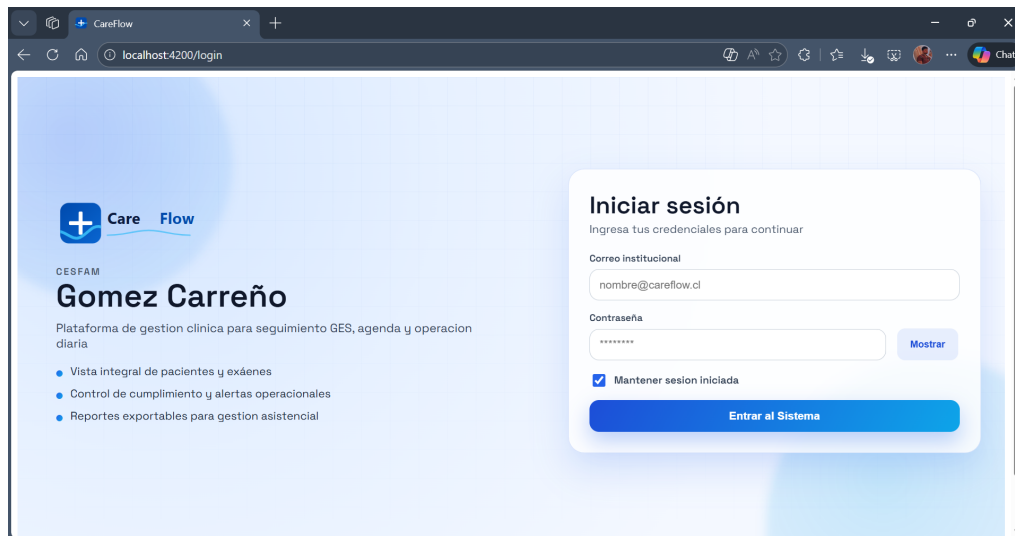


Figura 8.1: Pantalla de autenticación de la plataforma

8.1.2. Encabezado y navegación global

Una vez autenticado, el usuario accede a la interfaz principal del sistema, la cual incorpora un encabezado persistente (*header*) (Figura 8.2) que centraliza la navegación y proporciona contexto sobre la sesión activa. Este componente permite acceder de forma directa a los distintos módulos funcionales de la plataforma, tales como *Dashboard*, *Pacientes*, *Seguimiento* y *Agenda*, facilitando una navegación eficiente

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

entre las diferentes secciones del sistema.

Adicionalmente, el encabezado mantiene una presencia constante durante toda la interacción del usuario con la plataforma, proporcionando continuidad visual y permitiendo identificar el establecimiento de salud y el usuario autenticado. Esta persistencia contribuye a mejorar la experiencia de uso, asegurando una navegación coherente, intuitiva y alineada con los principios de usabilidad definidos para el sistema.

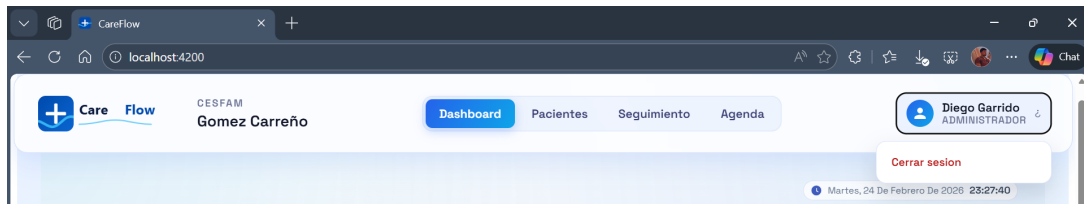


Figura 8.2: Encabezado principal y navegación global de la plataforma

8.2. Módulo Dashboard

El módulo *Dashboard* corresponde a la vista principal del sistema y cumple una función estratégica dentro de la plataforma CareFlow. Su propósito es entregar una visión consolidada del estado operacional del establecimiento de salud, integrando métricas de agenda, cumplimiento, asistencia y gestión prioritaria en una única interfaz.

El diseño del dashboard responde a un enfoque ejecutivo-operacional, permitiendo combinar indicadores estratégicos mensuales con información táctica diaria.

8.2.1. Vista principal del Dashboard Operacional

La Figura 8.3 presenta la vista inicial del Dashboard Operacional.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

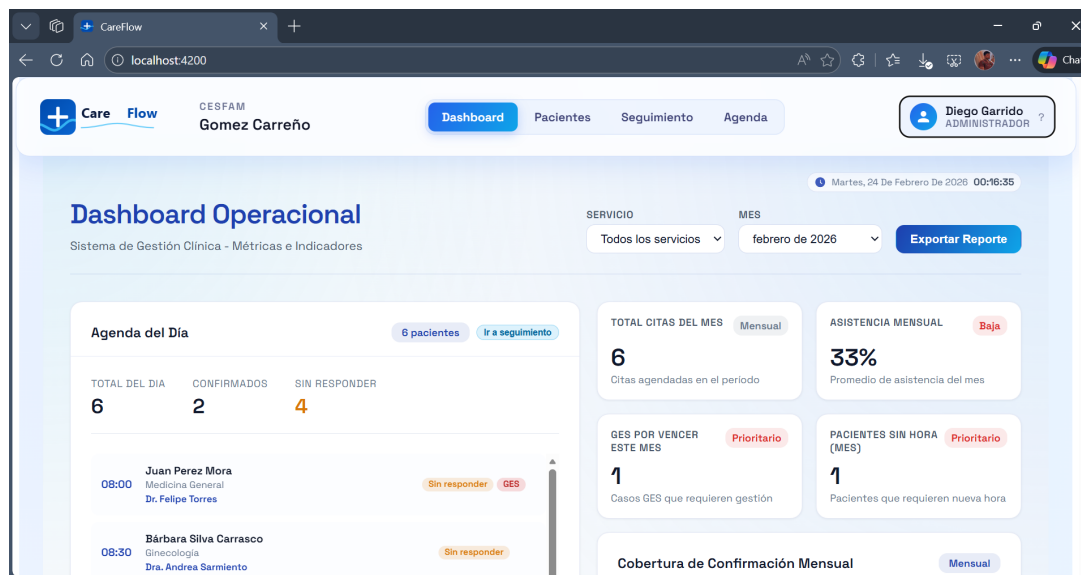


Figura 8.3: Vista principal del Dashboard Operacional

En la sección superior se encuentran los elementos de contexto institucional y navegación:

- Identificación del establecimiento (CESFAM Gomez Carreño)
- Navegación entre módulos (Dashboard, Pacientes, Seguimiento, Agenda)
- Usuario autenticado y perfil
- Un indicador de la fecha y hora actual
- Filtros por servicio y mes
- Botón de exportación de reportes

Estos filtros permiten segmentar los indicadores mostrados según especialidad médica y periodo de análisis, lo que facilita la evaluación diferenciada por unidad clínica.

En el cuerpo central se despliegan tarjetas de indicadores clave (KPIs):

- Total de citas del mes
- Promedio de asistencia mensual
- Casos GES por vencer
- Pacientes sin hora asignada

Cada tarjeta incluye marcadores visuales de criticidad (por ejemplo, etiquetas como “Prioritario” o “Baja”), permitiendo identificar rápidamente áreas que requieren intervención.

8.2.2. Agenda del día y estado de confirmación

La Figura 8.4 muestra el componente de agenda diaria integrado en el dashboard:

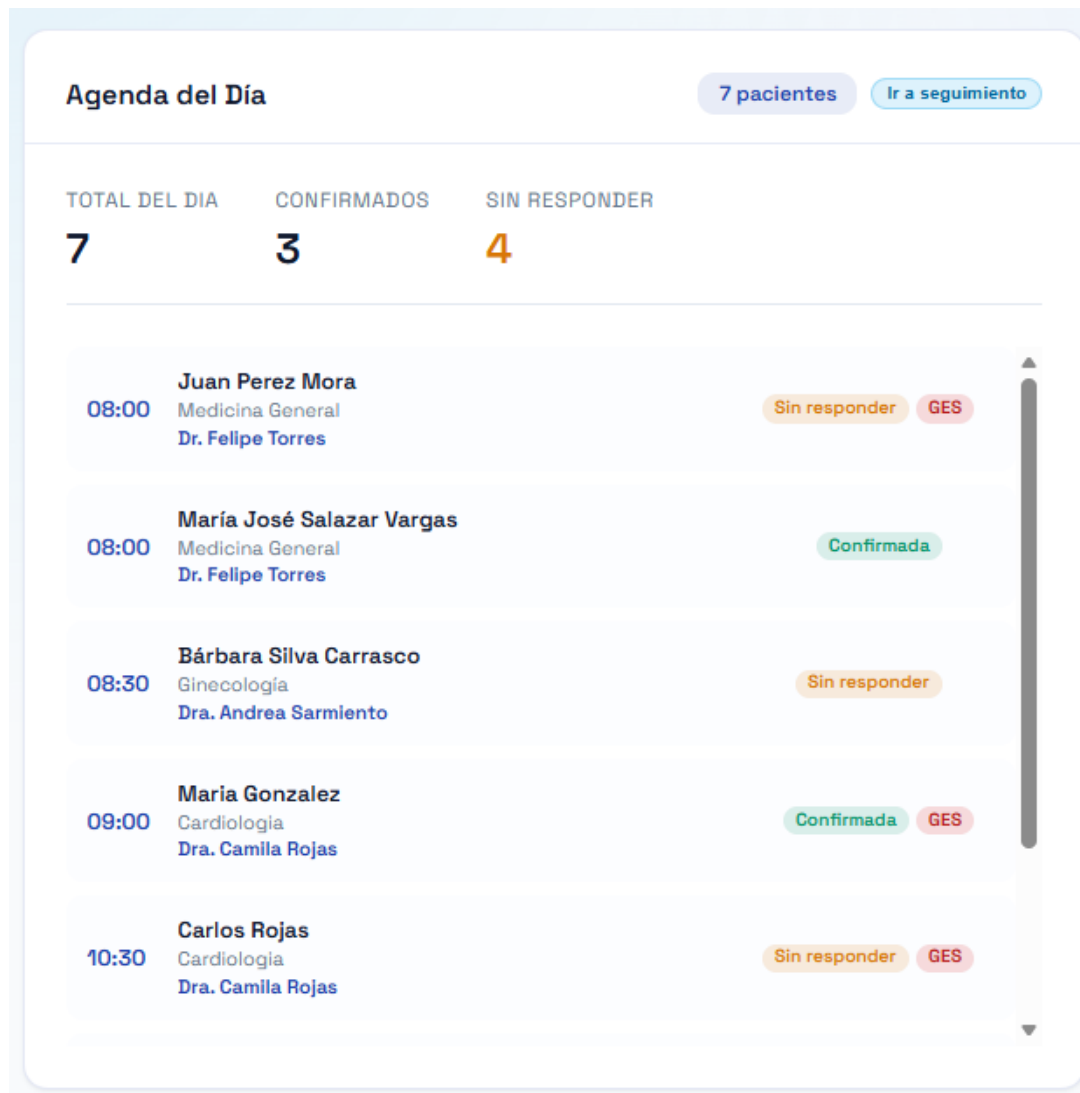


Figura 8.4: Componente de agenda diaria dentro del Dashboard Operacional

Este panel presenta información operativa del día en curso:

- Total de citas programadas
- Botón *Ir a seguimiento* que lleva de forma directa a la vista de seguimiento
- Cantidad de pacientes confirmados

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

- Pacientes sin respuesta
- Listado detallado con horario, profesional asignado y estado

Cada registro incluye indicadores visuales como estado de confirmación y condición GES, facilitando la identificación inmediata de casos críticos.

Esta integración permite que el dashboard combine una visión estratégica mensual con una visión táctica diaria.

8.2.3. Dashboard de cumplimiento y oportunidad

La Figura 8.5 presenta la vista orientada al monitoreo de cumplimiento, especialmente relevante en el contexto de garantías GES.

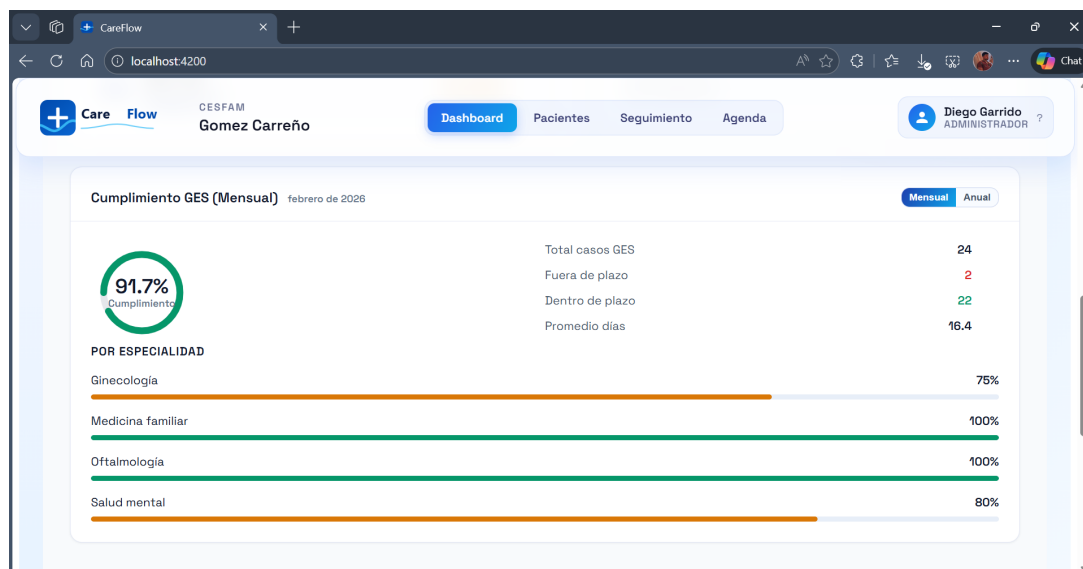


Figura 8.5: Dashboard de cumplimiento mensual y desglose por especialidad

En esta vista se incluyen:

- **Indicador principal de cumplimiento mensual:** muestra el porcentaje de casos gestionados dentro de los plazos definidos durante el mes en curso, permitiendo evaluar el nivel general de cumplimiento operativo.
- **Total de casos evaluados:** indica la cantidad total de registros analizados por el sistema en el período seleccionado, proporcionando contexto sobre el volumen de gestión considerado en los indicadores.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

- **Promedio de días de espera:** presenta el tiempo promedio transcurrido entre el ingreso del caso y su resolución o agendamiento, permitiendo evaluar la eficiencia del proceso de atención.
- **Distribución de cumplimiento por especialidad:** visualiza el nivel de cumplimiento segmentado según el tipo de especialidad médica, facilitando la identificación de áreas con mayor o menor desempeño operativo.

La combinación de estos elementos permite identificar especialidades con mayor riesgo de incumplimiento y evaluar el desempeño global del establecimiento respecto a sus obligaciones normativas.

8.2.4. Dashboard de tendencias operacionales

La Figura 8.6 muestra la vista orientada al análisis temporal de la operación clínica:

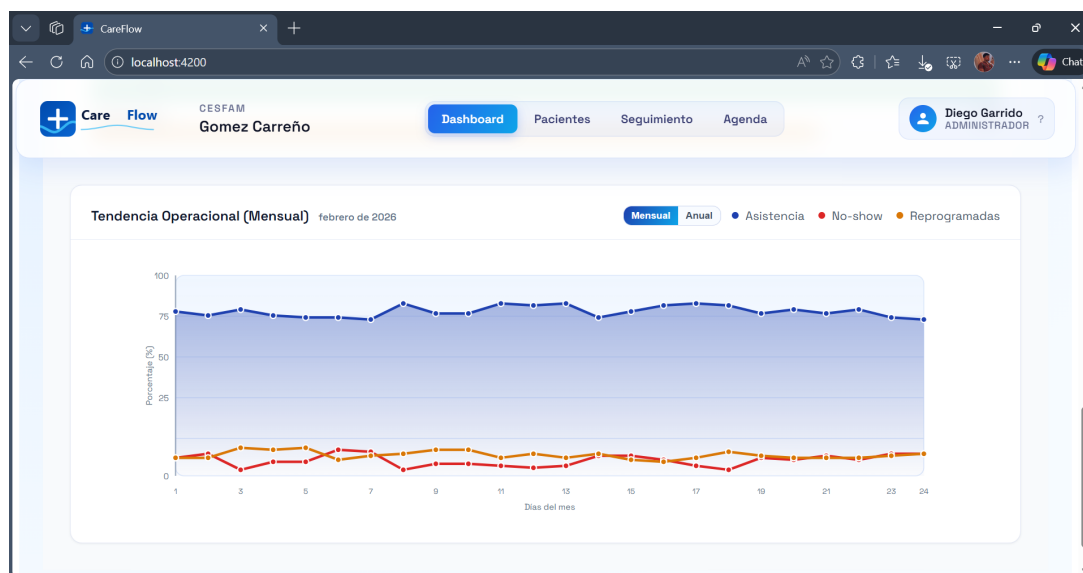


Figura 8.6: Dashboard de tendencias de asistencias, inasistencias y reprogramaciones

Esta vista presenta gráficos de series temporales que permiten analizar:

- Evolución de asistencias
- Tasa de inasistencias (no-show)
- Cantidad de reprogramaciones

El usuario puede alternar entre visualización mensual y anual, permitiendo identificar patrones estacionales y evaluar el impacto de estrategias implementadas para reducir inasistencias.

8.2.5. Vista de Cobertura de Confirmación Mensual

La Figura 8.7 presenta una vista de la métrica de cobertura de confirmación mensual:

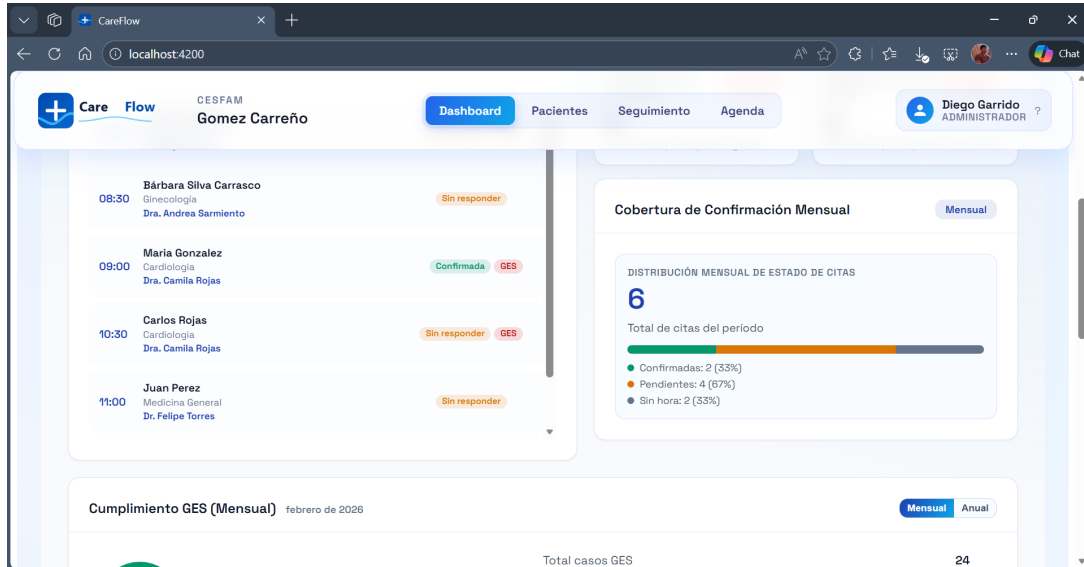


Figura 8.7: Vista consolidada del Dashboard con indicadores complementarios

En esta sección se visualizan indicadores adicionales asociados a:

- **Estado de confirmación mensual:** muestra la proporción de citas que han sido confirmadas por los pacientes durante el mes.
- **Cobertura de notificación:** indica el porcentaje de pacientes que han recibido algún tipo de notificación o recordatorio de su cita, permitiendo medir el alcance de las acciones de comunicación implementadas por el sistema.
- **Distribución general de citas:** presenta la distribución de las citas según su estado, tales como confirmadas, pendientes o no confirmadas, proporcionando una visión global del estado operativo de la agenda médica.

Estos componentes permiten complementar el análisis estratégico, entregando mayor profundidad y ayuda para el agendamiento y confirmación de citas médicas.

8.2.6. Exportación de Reporte Ejecutivo

Mediante el botón *Exportar Reporte* se puede descargar un documento en formato PDF (Figura 8.8 y Figura 8.9) que consolida los principales indicadores operacionales visualizados en el panel principal.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

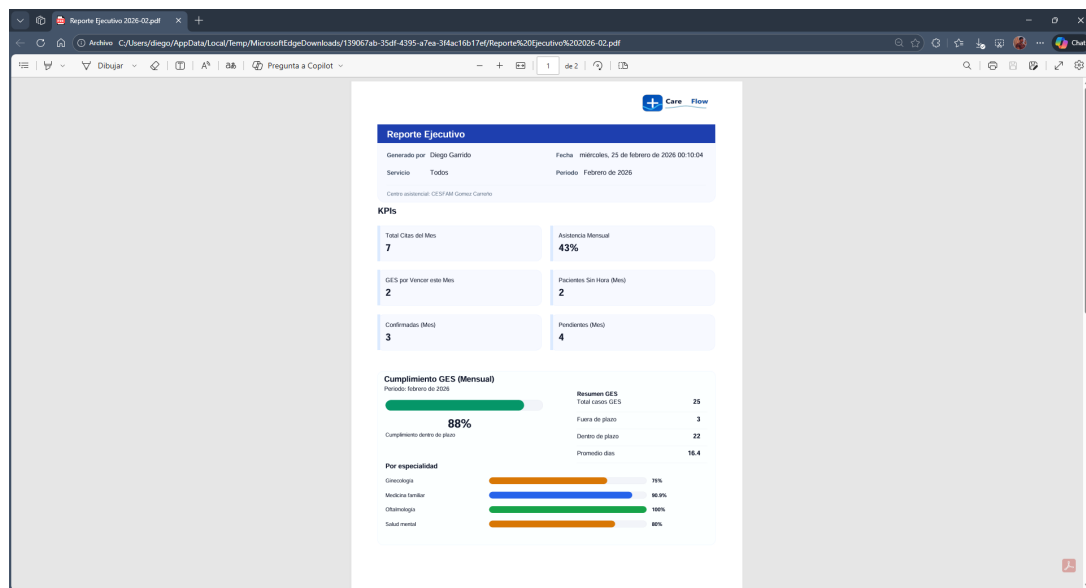


Figura 8.8: Módulo Reportes: vista de análisis y consolidación de indicadores

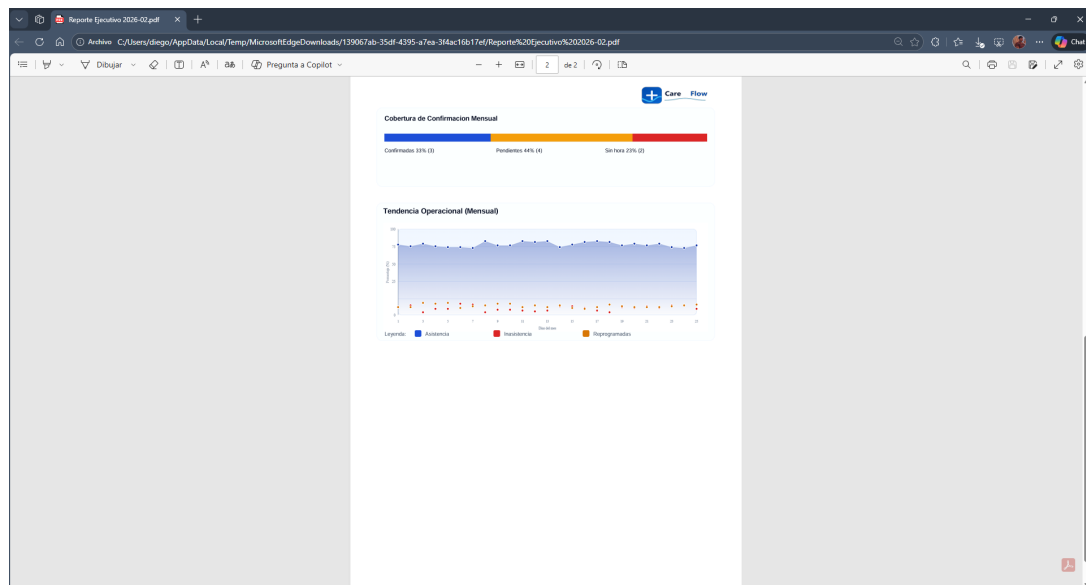


Figura 8.9: Módulo Reportes: vista complementaria de resultados/segmentación

El reporte generado corresponde a una síntesis estructurada de la información mostrada en el Dashboard, organizada en un formato formal orientado a su impresión, almacenamiento o distribución institucional. Entre los elementos incluidos se encuentran:

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

- Indicadores clave del período seleccionado (KPIs generales).
- Cumplimiento mensual de casos GES y su distribución.
- Resumen de estado de citas (confirmadas, pendientes y sin hora).
- Cobertura de confirmación mensual.
- Tendencia operacional del período (asistencia, inasistencia y reprogramaciones).

A diferencia del Dashboard interactivo, el reporte ejecutivo presenta la información de manera consolidada y estática, permitiendo su utilización en instancias formales de gestión, reuniones administrativas y procesos de seguimiento institucional.

8.3. Módulo Pacientes

El módulo *Pacientes* permite gestionar la información clínica/administrativa base y asegurar la disponibilidad de datos de contacto necesarios para los flujos operacionales (notificación, confirmación, seguimiento).

8.3.1. Vista general con KPIs y caracterización

La vista inicial resume el estado del padrón (Figura 8.10): número de pacientes registrados, registros del mes, cantidad de fichas con contacto incompleto y edad promedio. Además, incorpora visualizaciones de distribución por previsión (FONASA/ISAPRE) y composición demográfica (por sexo y grupos etarios), entregando un diagnóstico rápido del universo gestionado.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

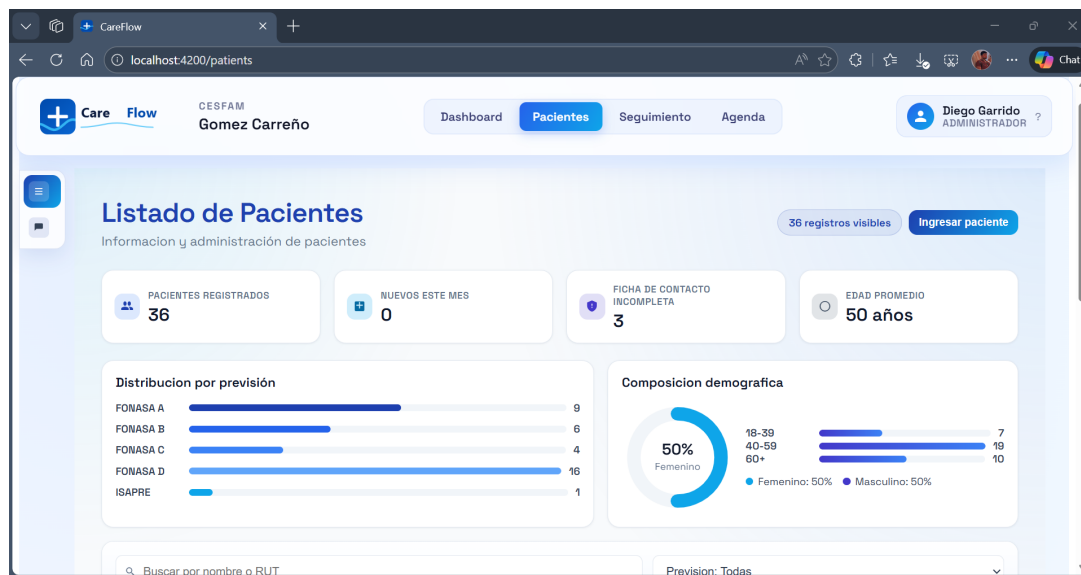


Figura 8.10: Módulo Pacientes: KPIs y visualización de distribución por previsión y demografía

8.3.2. Panel de Calidad de Contacto (fichas incompletas)

Se incorpora un panel específico para visibilizar pacientes con datos de contacto faltantes (p. ej., teléfono y/o correo) (Figura 8.11). Este componente permite priorizar acciones de completitud, ya que la calidad del contacto impacta directamente en procesos como notificación de exámenes, confirmación de horas y seguimiento.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

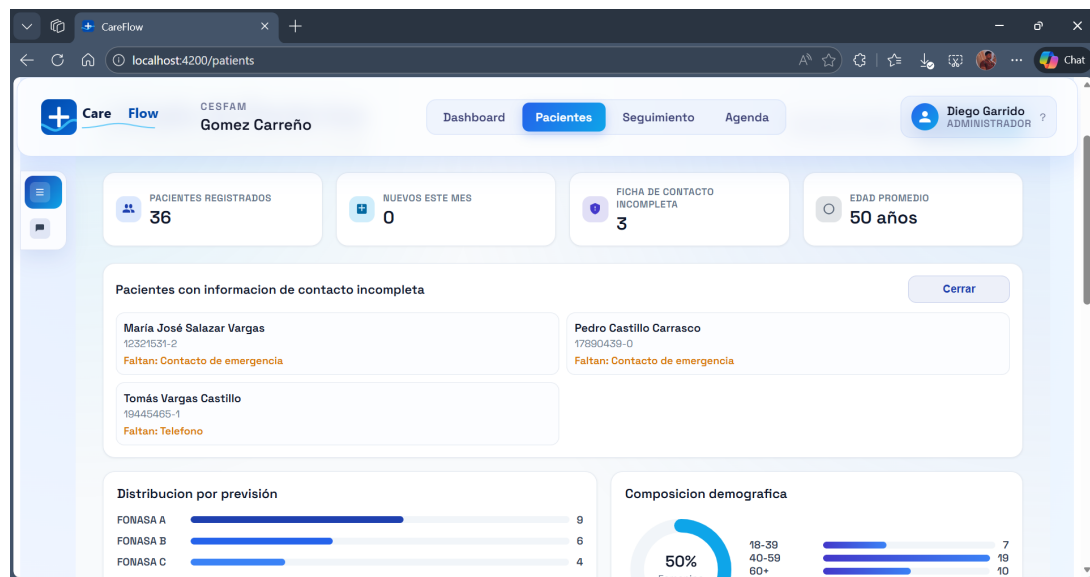


Figura 8.11: Módulo Pacientes: listado de fichas con datos de contacto incompletos

8.3.3. Listado Tabular y Filtros

El listado principal (Figura 8.12) presenta la información del paciente en formato tabular (datos personales, previsión, contacto y dirección, entre otros), incluyendo filtros de búsqueda y segmentación por criterios relevantes. Esta estructura facilita la consulta rápida, la trazabilidad y la gestión masiva.

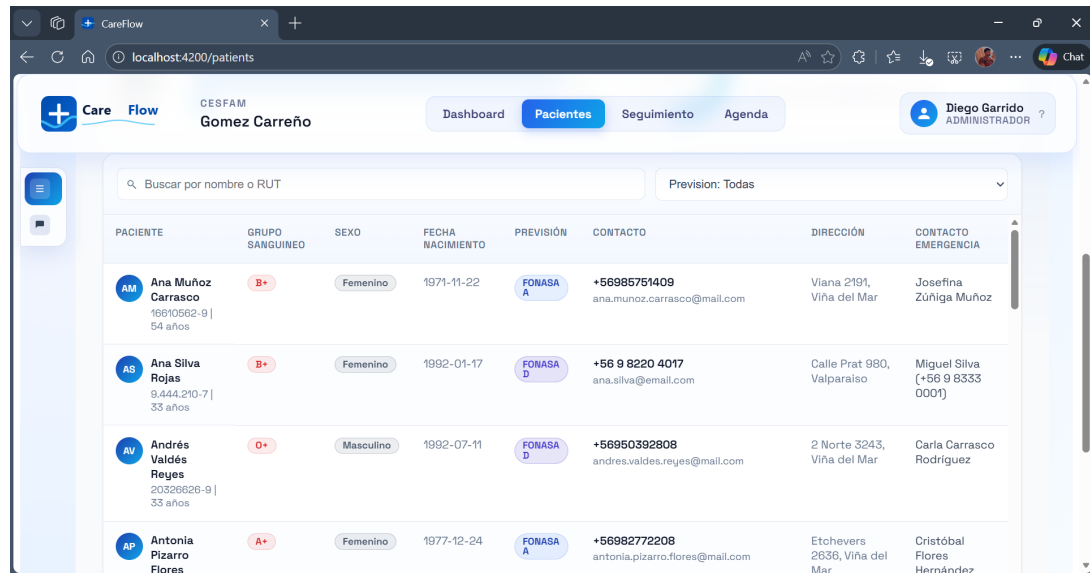


Figura 8.12: Módulo Pacientes: tabla principal con filtros y columnas de información base

8.3.4. Creación de Paciente (registro individual)

El sistema permite crear pacientes mediante un formulario individual (Figura 8.13) que captura los campos fundamentales: identificación, nombres y apellidos, fecha de nacimiento, sexo, correo, teléfono, dirección, previsión, nacionalidad, estado civil, nivel educacional, fecha de registro, grupo sanguíneo, contacto de emergencia y estado de activación. Se prioriza la completitud para habilitar correctamente los flujos de operación posteriores.

Figura 8.13: Módulo Pacientes: formulario de registro individual

8.3.5. Importación masiva

Para acelerar la carga inicial y actualizaciones masivas, se implementó una opción de importación mediante archivo CSV (Figura 8.14). La interfaz guía al usuario respecto a columnas requeridas/esperadas y confirma el archivo seleccionado antes de ejecutar el proceso.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

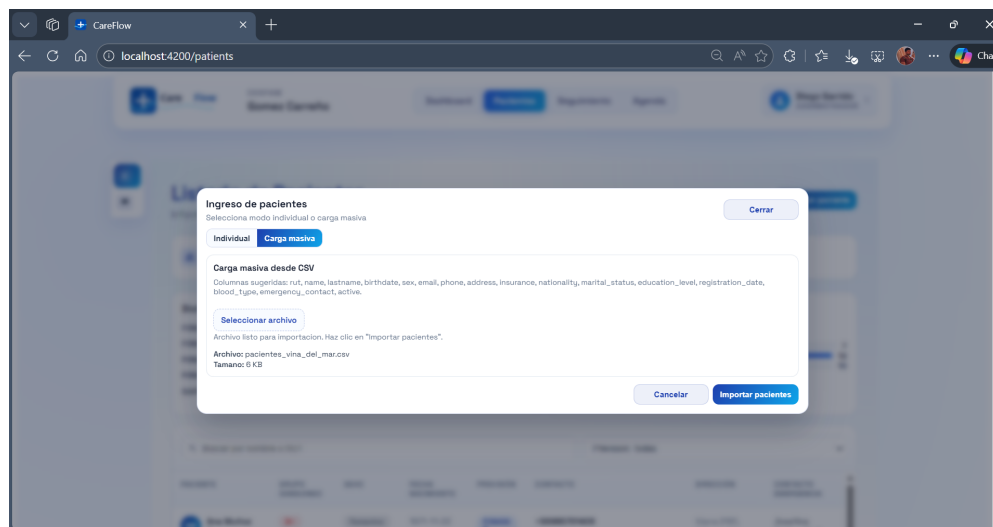


Figura 8.14: Módulo Pacientes: carga masiva mediante archivo CSV

8.3.6. Detalle y Edición de ficha

La vista de detalle (Figura 8.15) permite consultar la ficha del paciente y, cuando corresponde, editarla (Figura 8.16). Se utiliza un enfoque por secciones, separando la información base del paciente y el historial de exámenes y seguimiento de sus citas médicas.

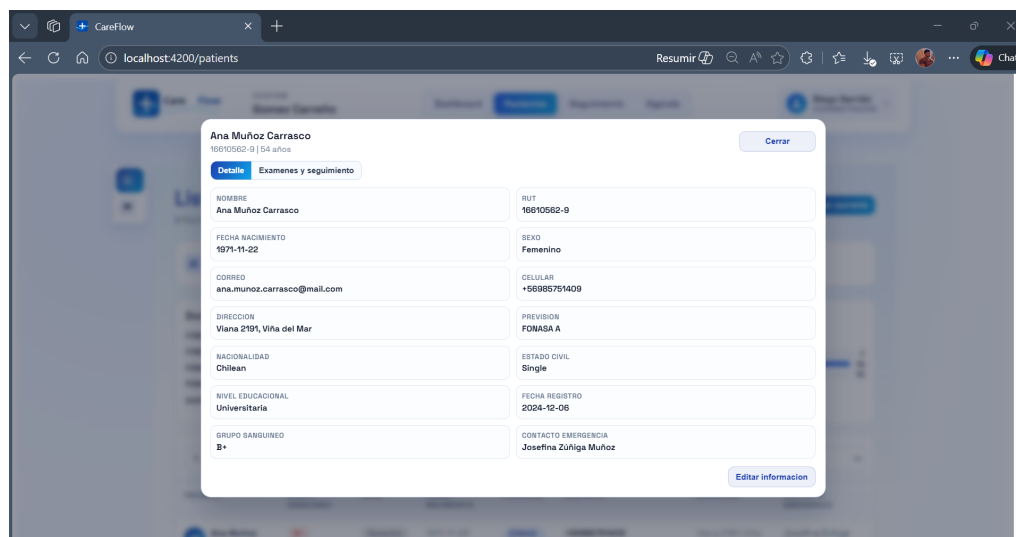


Figura 8.15: Módulo Pacientes: vista de detalle de ficha y navegación por pestañas

The screenshot displays a web browser window with the URL `localhost:4200/patients`. A modal form titled "Ana Muñoz Carrasco" is open, showing the "Exámenes y seguimiento" tab. The form contains the following fields:

Ana Muñoz Carrasco	
Nombre	Apellidos
Ana	Muñoz Carrasco
RUT	Celular
16610562-9	+56985751409
Correo	Fecha nacimiento
ana.munoz.carrasco@mail.com	22-11-1971
Sexo	Previsión
Femenino	FONASAA
Grupo sanguíneo	Dirección
B+	Viana 2191, Viña del Mar
Nacionalidad	Estado civil
Chilena	Single
Nivel educacional	Fecha registro
Universitaria	06-12-2024
Estado	Contacto emergencia
Activo	Josefina Zúñiga Muñoz

Buttons: Cerrar, Cancelar, Guardar cambios.

Figura 8.16: Módulo Pacientes: edición de ficha (modo actualización) y acciones de guardado

8.3.7. Pestaña de exámenes y seguimiento del paciente

La pestaña de *exámenes y seguimiento del paciente* (Figura 8.17) consolida la relación del paciente con sus exámenes y el estado de seguimiento: se visualizan registros, estados (por ejemplo: pendiente, agendado, confirmado) y señales operacionales como *notificación pendiente* o *confirmación no realizada*. Adicionalmente, se integra un indicador de probabilidad de asistencia, utilizado como apoyo a decisiones (por ejemplo: reforzar contacto o priorizar confirmación).

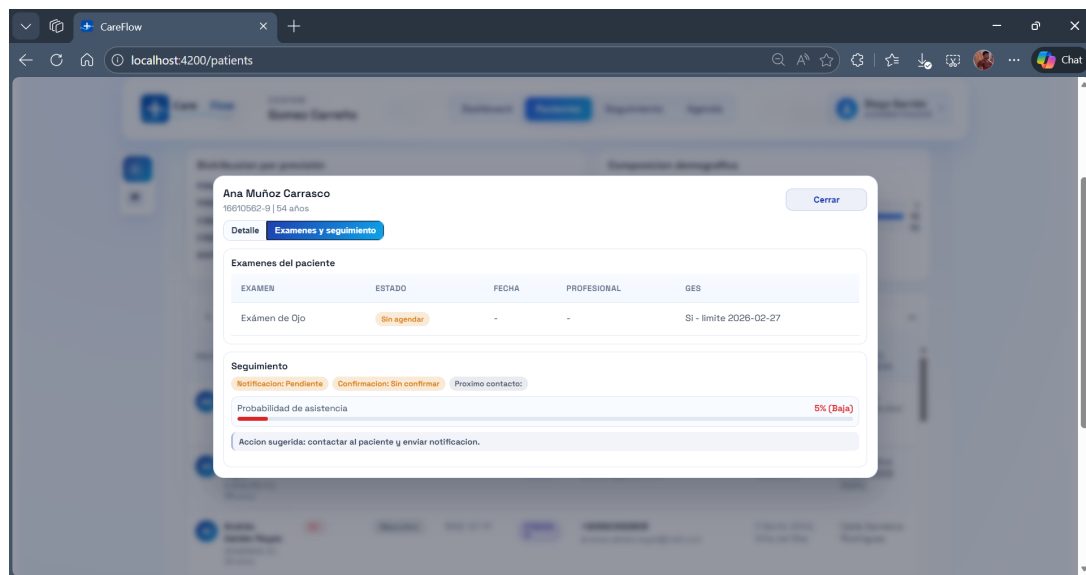


Figura 8.17: Módulo Pacientes: historial de exámenes y seguimiento, incluyendo señales de estado y probabilidad de asistencia

8.4. Módulo Exámenes

El módulo *Exámenes* (Figura 8.18) centraliza la administración de solicitudes/exámenes asociados a pacientes, incorporando métricas operacionales orientadas a la gestión de carga y cumplimiento. En particular, se destacan KPIs como total de exámenes, exámenes GES, exámenes sin agendar y aquellos próximos a vencer, los cuales permiten priorizar acciones de agendamiento y seguimiento.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

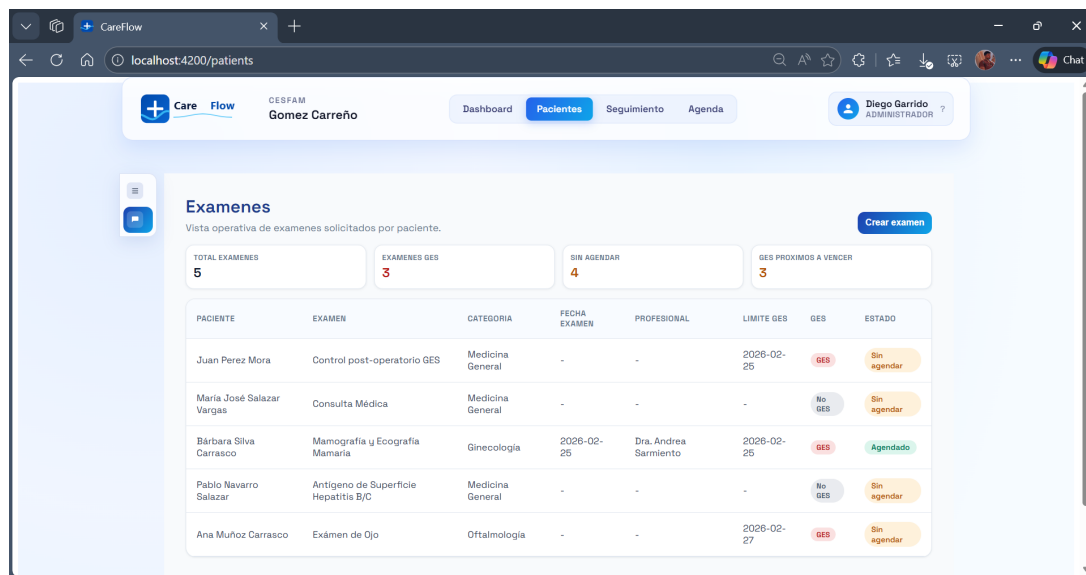


Figura 8.18: Módulo Exámenes - KPIs operacionales y listado tabular con estado y marcadores (GES, agendado/sin agendar)

8.4.1. Creación de Examen

La creación de un examen se realiza mediante un formulario modal que ofrece dos modalidades de ingreso:

- **a) Ingreso Individual (Figura 8.19)**

Permite registrar un examen para un paciente específico mediante un formulario estructurado

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

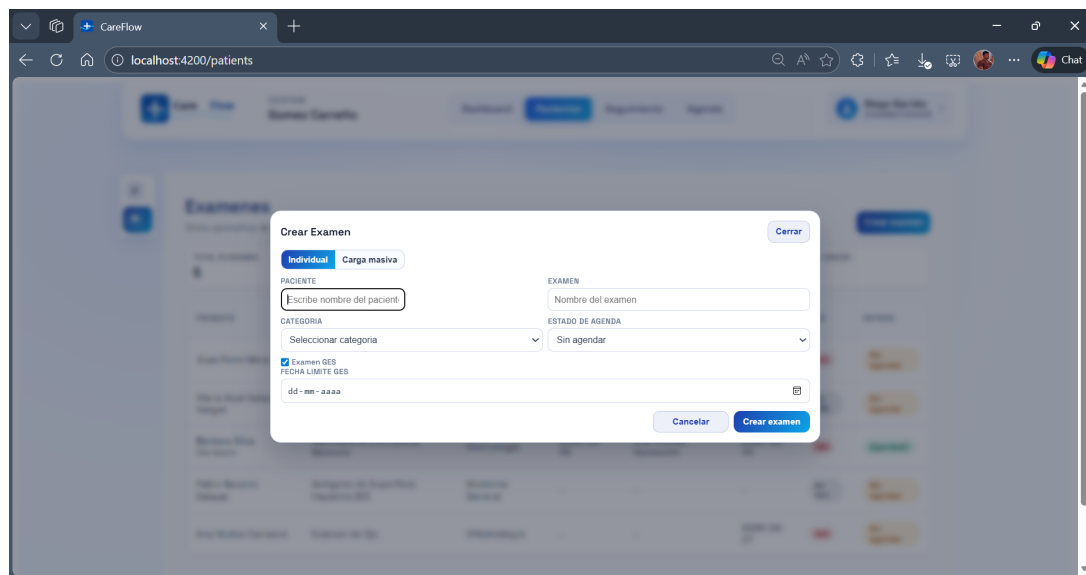


Figura 8.19: Módulo Exámenes - Ingreso individual de exámenes

En la modalidad individual, el formulario incorpora los siguientes campos:

- **Paciente:** campo con autocompletado dinámico que permite buscar por nombre o RUT dentro del padrón existente

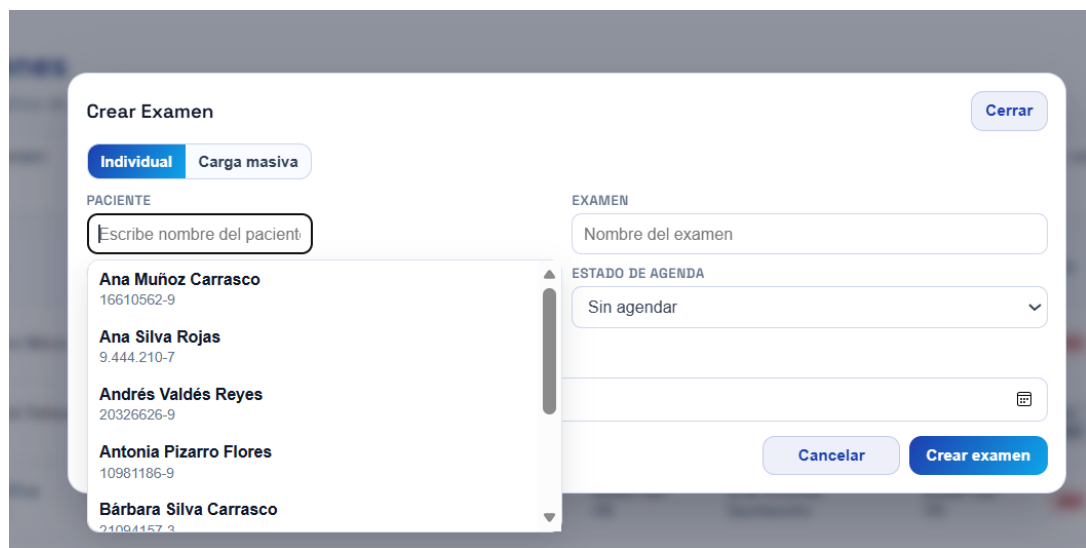


Figura 8.20: Módulo Exámenes - Autocompletado de Datos

- **Nombre del examen:** identificación de la prestación solicitada
- **Categoría:** clasificación del examen según su tipo

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

- **Estado de agenda:** define si el examen se encuentra sin agendar o ya se encuentra asignado a una fecha específica
- **Fecha del examen:** disponible cuando el estado corresponde a agendado
- **Profesional:** selección del profesional responsable cuando el examen ha sido agendado

Crear Examen

Individual Carga masiva

PACIENTE
Escribe nombre del paciente

EXAMEN
Nombre del examen

CATEGORIA
Seleccionar categoría

ESTADO DE AGENDA
Agendado

FECHA DEL EXAMEN
dd - mm - aaaa

PROFESIONAL
Seleccionar profesional

Examen GES ☒

FECHA LIMITE GES
dd - mm - aaaa

Cerrar

Figura 8.21: Módulo Exámenes - Selección de profesional

- **Examen GES:** opción que permite marcar si la prestación se encuentra bajo régimen GES
 - **Fecha límite GES:** campo habilitado cuando el examen está marcado como GES, permitiendo monitorear el cumplimiento normativo del plazo
- **b) Carga Masiva (Figura 8.22)**

El sistema permite la creación de múltiples registros mediante la importación de archivos estructurados. Esta funcionalidad está orientada a optimizar la incorporación de grandes volúmenes de datos. El proceso valida la estructura del archivo antes de su procesamiento, asegurando consistencia en los datos ingresados.

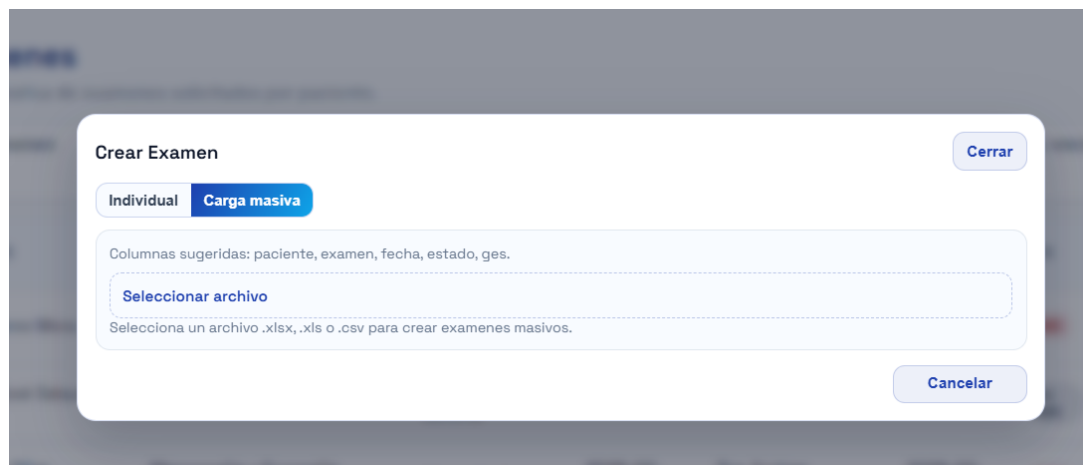


Figura 8.22: Módulo Exámenes - Carga masiva de exámenes

8.5. Módulo de Seguimiento

El módulo de *Seguimiento* soporta la gestión activa de casos (por ejemplo, exámenes pendientes, pacientes sin hora, notificaciones y confirmaciones).

8.5.1. Vista general del seguimiento

La vista principal (Figura 8.23) entrega KPIs como: casos en seguimiento, casos sin notificar, casos GES, casos GES sin hora, porcentaje de casos notificados y casos con probabilidad baja, junto a gráficos de distribución como por ejemplo: con hora vs sin hora, y segmentación por probabilidad alta/media/baja. Esto permite identificar a nivel general el estado de los exámenes y citas antes de entrar al detalle de cada paciente.

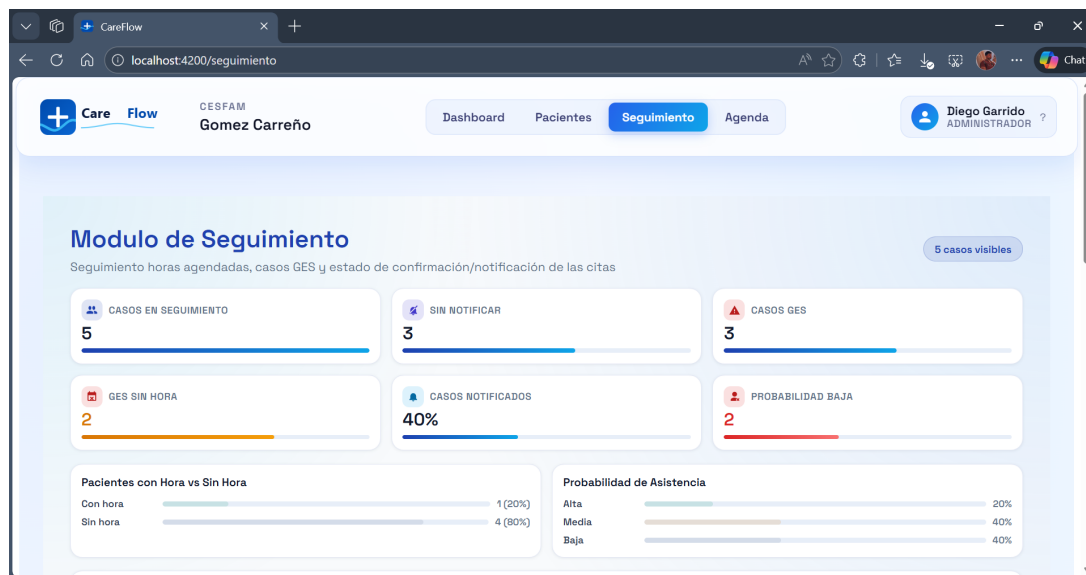


Figura 8.23: Módulo Seguimiento: KPIs globales y gráficos de distribución por estado y probabilidad

8.5.2. Listado de Casos y Acciones por paciente

El listado operacional (Figura 8.24) presenta cada caso mediante una estructura visual organizada que integra información clínica y administrativa relevante. Para cada registro, se muestran los datos del paciente, la prestación o examen asociado, la fecha objetivo o límite de atención, los marcadores correspondientes a garantías GES, el estado de notificación, el estado de confirmación de la hora y la probabilidad de asistencia estimada por el modelo predictivo. Adicionalmente, el sistema incorpora mecanismos de filtrado basados en criterios operativos relevantes, tales como condición GES, estado de la atención, probabilidad de asistencia y estado de notificación. Estas funcionalidades permiten al personal administrativo priorizar y focalizar su gestión diaria, facilitando la toma de decisiones informadas y optimizando la utilización de los recursos disponibles.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

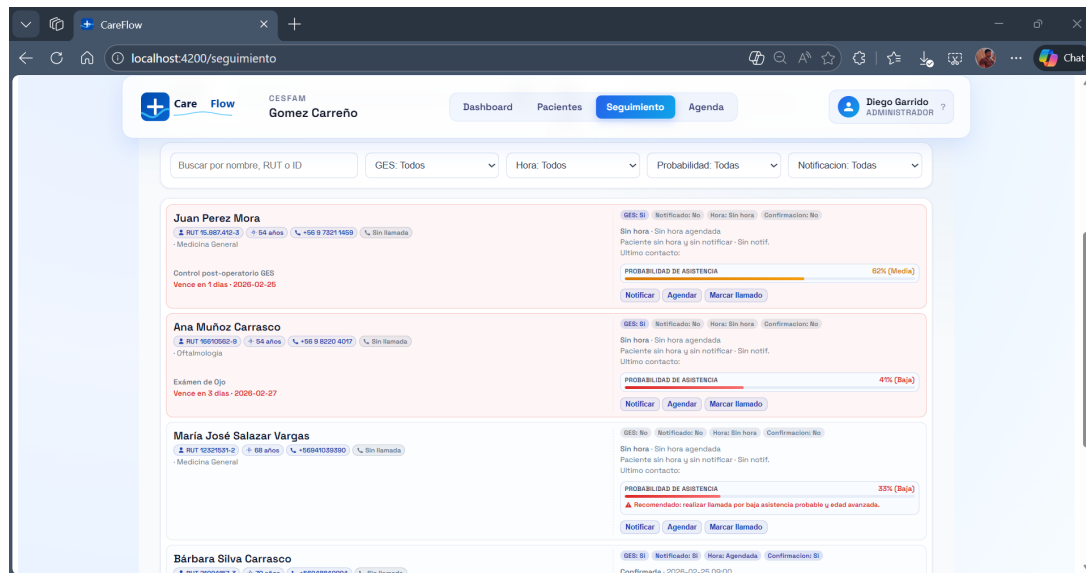


Figura 8.24: Módulo Seguimiento: listado de casos con filtros, estados y acciones operacionales

Cada tarjeta incorpora acciones rápidas como:

- **Notificar:** Para establecer contacto con el paciente a través de correo electrónico, permitiendo la autogestión y programación de su hora médica.
- **Agendar:** Acceso directo al calendario de horas para un agendamiento manual.
- **Marcar llamado:** Trazabilidad de contacto telefónico u otros intentos.

Cuando la probabilidad de asistencia es baja, la UI refuerza recomendaciones como por ejemplo: *Realizar llamada por baja asistencia probable y edad avanzada*, con el fin de implementar acciones preventivas que reduzcan el riesgo de inasistencia.

8.5.3. Evidencia de Cambio de Estado tras Notificación

Una vez ejecutada la notificación, como podemos ver en el caso de la paciente de prueba *Maria José Salazar Vargas* el sistema actualiza automáticamente el estado del caso, reflejando, por ejemplo, el cambio a la condición de paciente notificado (Figura 8.25). Esta retroalimentación inmediata permite al usuario verificar la correcta ejecución de la acción realizada y continuar de forma segura con las siguientes etapas del proceso, tales como el agendamiento o la confirmación de la atención. De esta manera, se contribuye a reducir errores operativos, evitar duplicidad de acciones y mejorar la eficiencia en la gestión de los casos.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

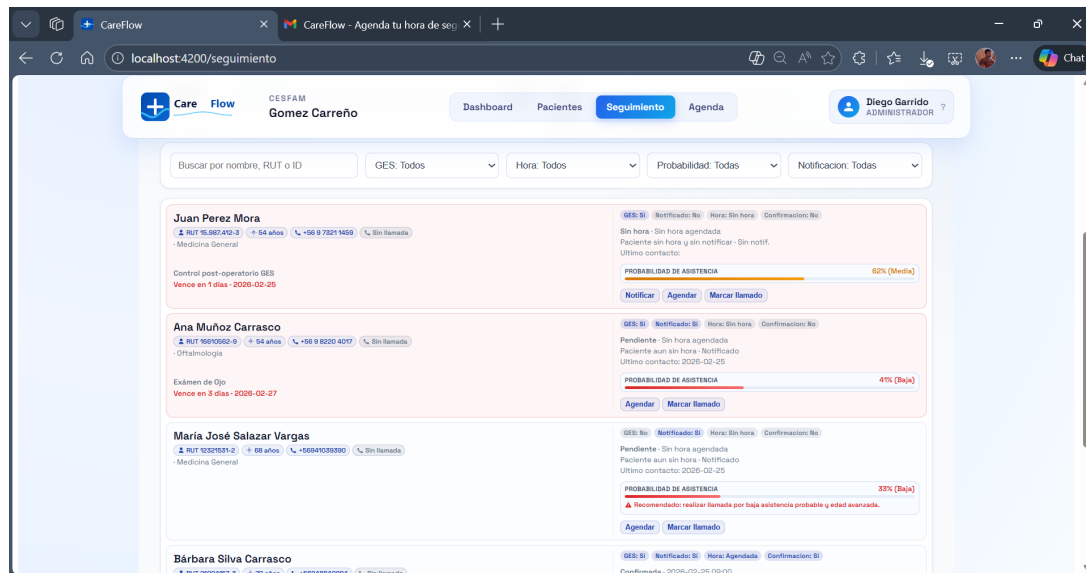


Figura 8.25: Módulo Seguimiento: estado actualizado del caso luego de una acción de notificación

8.5.4. Notificación por Correo

Como parte del flujo de notificación y agendamiento, el sistema envía un correo electrónico al paciente (Figura 8.26), mediante el cual se le informa la disponibilidad de una prestación pendiente de programación. Este correo incluye una descripción clara del motivo del contacto, permitiendo al paciente comprender el contexto de la notificación, junto con los detalles relevantes de la prestación, tales como la especialidad y el tipo de examen o consulta asociada.

Adicionalmente, el mensaje incorpora un enlace directo que permite al paciente acceder al módulo de agendamiento, desde donde puede seleccionar la fecha y hora disponibles según su conveniencia. Esta funcionalidad facilita la gestión autónoma de la cita por parte del paciente, optimiza el proceso de asignación de horas médicas y contribuye a mejorar la eficiencia operativa del sistema, reduciendo los tiempos de espera y la carga administrativa.

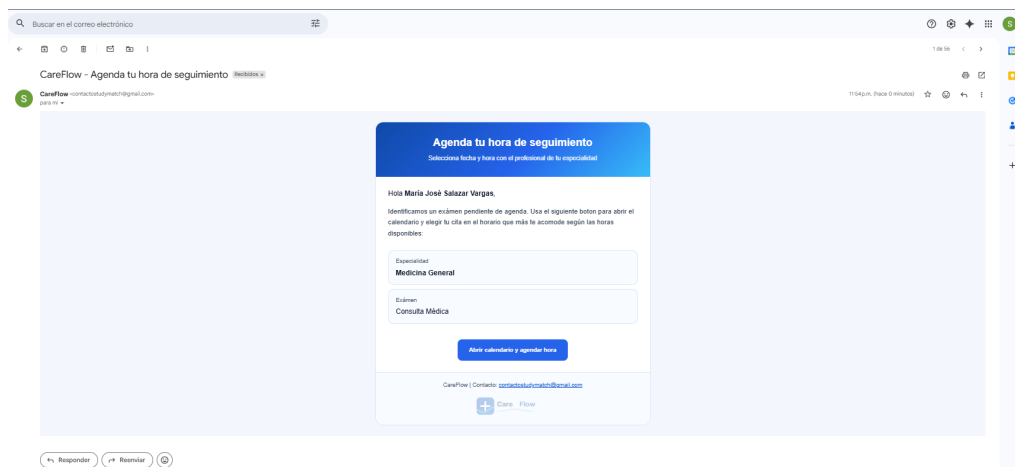


Figura 8.26: Ejemplo de correo de notificación con acción para continuar el flujo de agendamiento

8.5.5. Agendamiento de Hora

Al acceder al enlace de agendamiento proporcionado en el correo de notificación (Figura 8.26), el paciente es dirigido a una interfaz web diseñada para facilitar la programación de su atención médica de manera autónoma. Esta interfaz presenta de forma clara la información contextual relevante, incluyendo el nombre del paciente, el profesional asignado, la especialidad correspondiente y el establecimiento de salud en el cual se realizará la atención. Esta información permite al paciente verificar la validez de la prestación antes de proceder con la selección de la hora.

Posteriormente, el sistema muestra un selector de fecha junto con la disponibilidad de horarios asociados al profesional y la especialidad correspondiente (Figura 8.27). Los horarios disponibles se presentan como opciones seleccionables, permitiendo al paciente elegir la alternativa que mejor se ajuste a su disponibilidad. Esta visualización estructurada facilita la comprensión de las opciones disponibles y mejora la experiencia de usuario durante el proceso de agendamiento.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

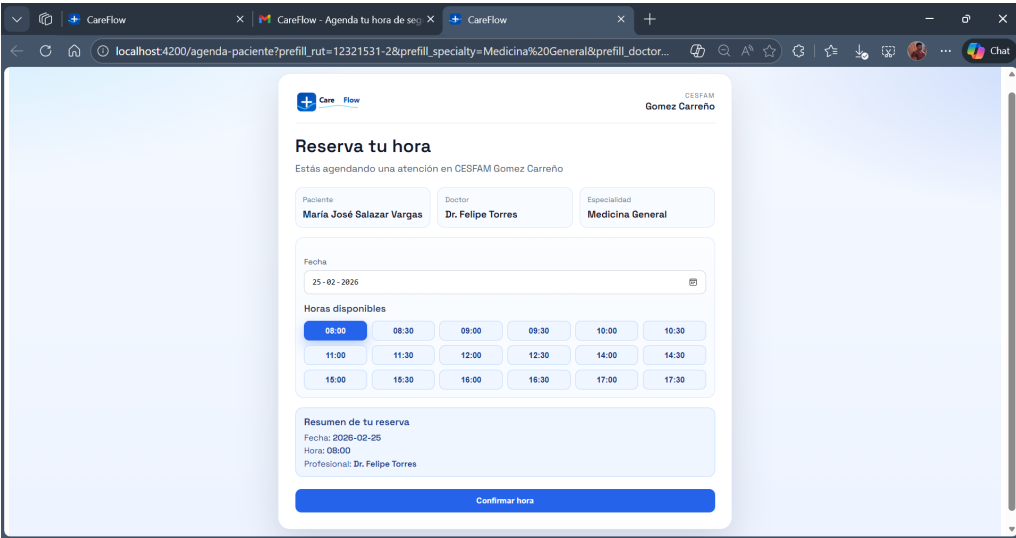


Figura 8.27: Proceso de Agendamiento de Hora a través del Correo

Una vez seleccionado un horario, el sistema presenta un resumen de la reserva, el cual incluye la fecha, la hora seleccionada y el profesional asignado. Este mecanismo permite al paciente verificar la información antes de confirmar la programación de la atención, reduciendo la probabilidad de errores y asegurando la consistencia de los datos.

Finalmente, mediante la acción de confirmación, el sistema registra la hora médica en la agenda correspondiente, actualiza el estado del caso (como se observa en la Figura 8.30) y genera automáticamente una notificación por correo electrónico al paciente, confirmando la correcta programación de la cita (Figura 8.29)

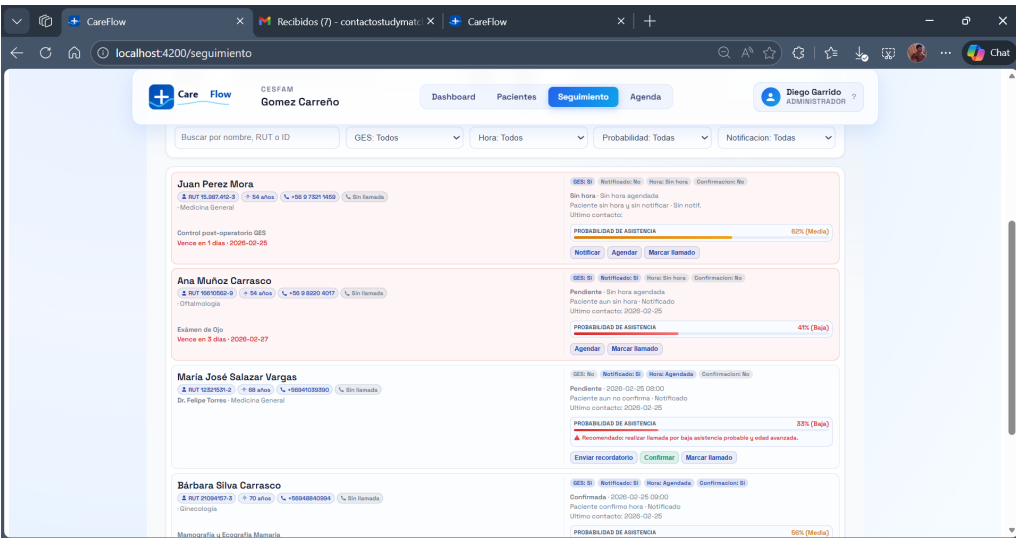


Figura 8.28: Registro de Hora Agendada en Módulo de Seguimiento

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

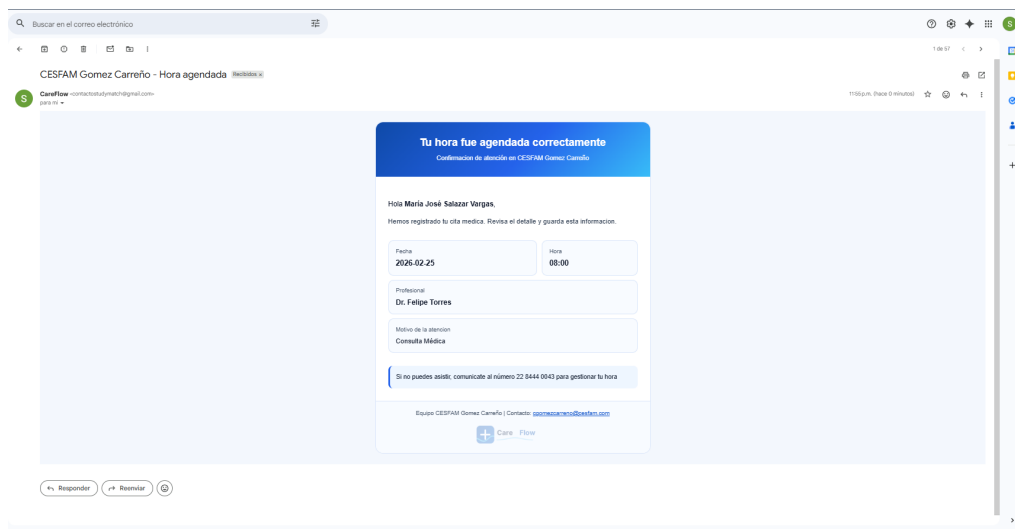


Figura 8.29: Correo de Confirmación de Hora Agendada

El correo de confirmación de la hora agendada incluye los detalles relevantes de la cita, tales como la fecha, hora, profesional asignado y tipo de prestación, junto con información de contacto del establecimiento de salud en caso de requerir alguna modificación en la hora agendada. Esta funcionalidad permite al paciente contar con un respaldo de su cita médica y contribuye a mejorar la comunicación y trazabilidad del proceso de agendamiento.

8.5.6. Confirmación de Hora

Como parte del proceso de seguimiento y reducción de inasistencias, el sistema implementa un flujo de confirmación de la hora médica, cuyo objetivo es verificar la asistencia del paciente previo a la fecha programada. Este proceso se inicia mediante el envío de un correo electrónico de recordatorio (Figura 8.31), el cual es generado automáticamente por el sistema un día antes de la atención médica programada. Adicionalmente, el sistema permite el envío manual de este recordatorio por parte del personal administrativo a través del botón *Enviar Recordatorio*. Asimismo, el sistema incorpora la posibilidad de registrar la confirmación de asistencia de forma manual mediante el botón *Confirmar*, permitiendo al personal actualizar directamente el estado de la cita en caso de recibir confirmación por otros medios, tales como contacto telefónico o atención presencial (Figura 8.30). Estas funcionalidades proporcionan mayor flexibilidad operativa y contribuyen a una gestión más eficiente del proceso de confirmación de las atenciones médicas.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

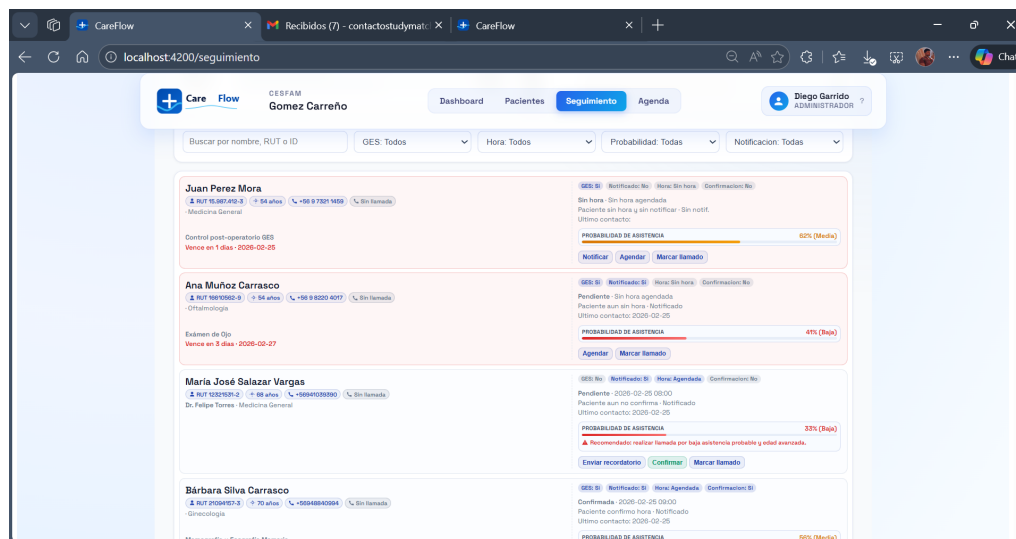


Figura 8.30: Funcionalidades de Envío de Recordatorio y/o Confirmación Manual

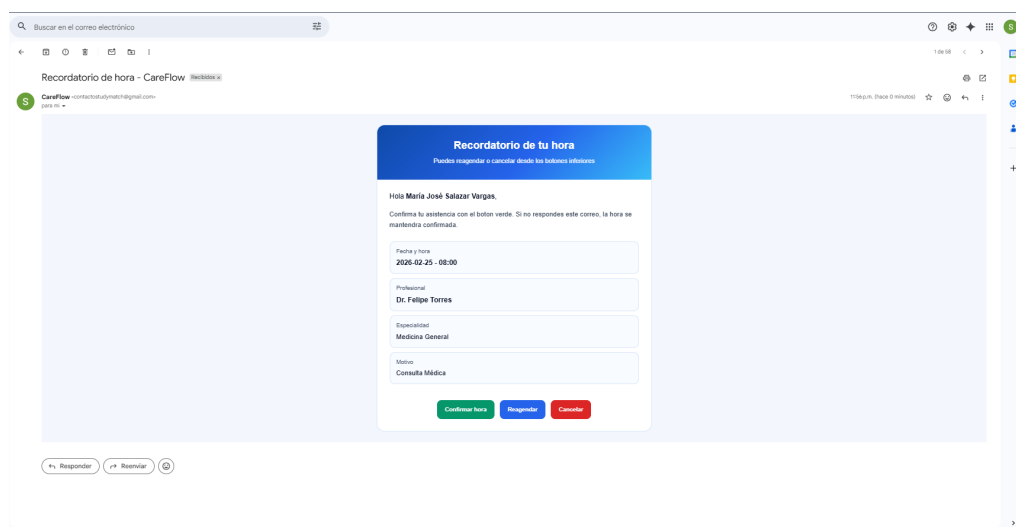


Figura 8.31: Correo Recordatorio de Hora Agendada

El correo de recordatorio (Figura 8.31) incluye la información relevante de la cita, tales como la fecha, hora, profesional asignado, especialidad y motivo de la atención. Asimismo, el mensaje incorpora opciones que permiten al paciente confirmar, reagendar o cancelar su hora médica mediante acciones directas desde el correo electrónico. Estas opciones permiten al paciente interactuar de forma autónoma con el sistema, facilitando la gestión de su atención médica.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

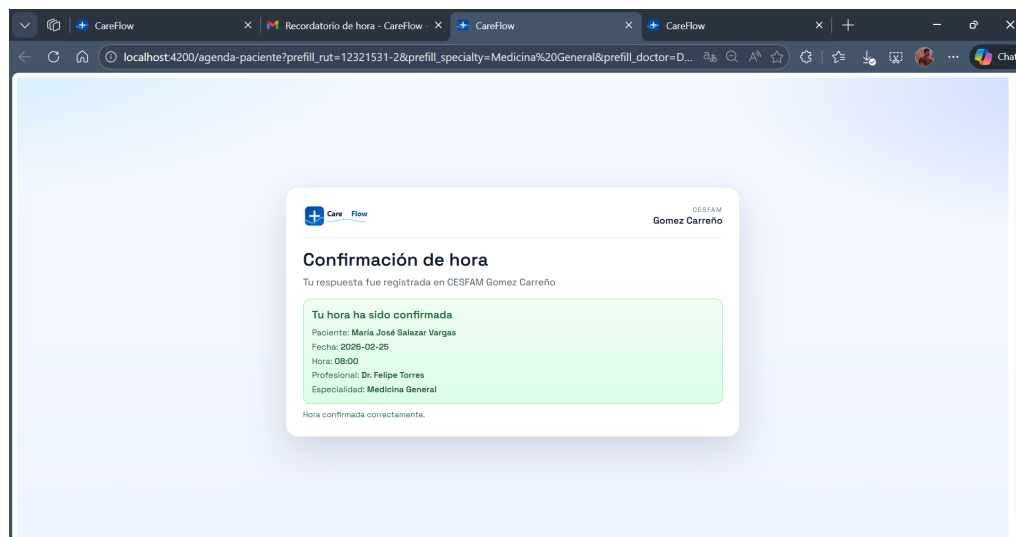


Figura 8.32: Confirmación de Asistencia

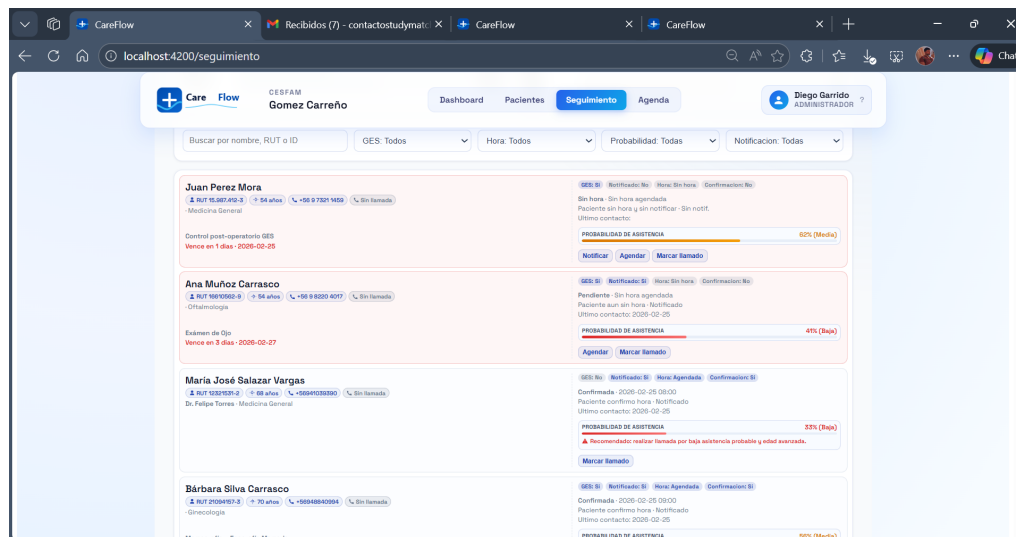


Figura 8.33: Registro de Confirmación de Asistencia en el Sistema

En caso de que el paciente seleccione la opción de confirmación, el sistema registra automáticamente la respuesta y actualiza el estado de la atención, marcándola como confirmada (Figura 8.33). Posteriormente, el paciente es redirigido a una interfaz de confirmación, donde se muestra un resumen de la cita junto con un mensaje que valida la correcta confirmación de la hora médica (Figura 8.32). Este mecanismo asegura la trazabilidad del proceso y permite mantener actualizada la información en tiempo real.

8.6. Módulo de Agenda

El módulo de *Agenda* permite la asignación, visualización y gestión de las horas clínicas asociadas a los distintos profesionales y prestaciones disponibles en el establecimiento de salud.

8.6.1. Vista diaria

La vista diaria presenta, para un profesional y fecha seleccionados, el detalle de franjas horarias disponibles y agendadas (Figura 8.34). Se incorporan KPIs de ocupación y conteos operacionales. En paralelo, se habilita un panel para crear una nueva hora (Figura 8.35), seleccionando paciente, motivo y parámetros asociados (incluyendo marcadores como GES cuando aplica).

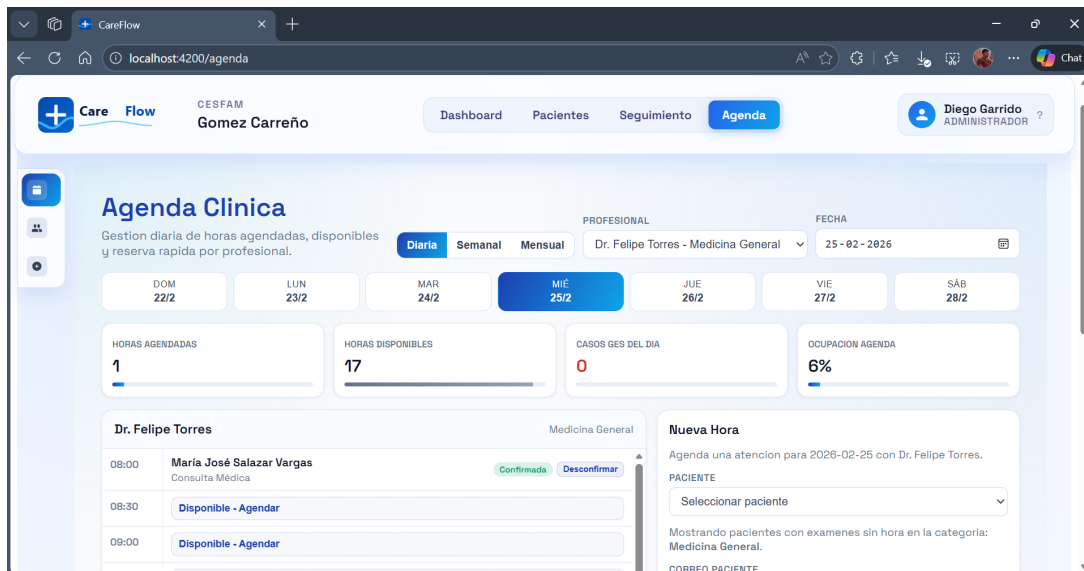


Figura 8.34: Agenda clínica: vista diaria con KPIs, listado de horas y panel de creación de atención

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

The screenshot shows the 'Agenda' view for Dr. Felipe Torres in the CareFlow system. The interface is divided into three main sections:

- Left Sidebar:** Contains navigation icons for Home, Patients, Follow-up, and Agenda.
- Main Content Area:** Displays a list of appointments for Dr. Felipe Torres. The appointments are listed by time slot (08:00 to 12:30). The first appointment is for María José Salazar Vargas at 08:00, marked as 'Confirmada'. The remaining slots are marked as 'Disponibile - Agendar'.
- Right Panel:** Titled 'Nueva Hora', it contains a form for creating a new appointment. It includes fields for 'PACIENTE' (Juan Perez Mora - 15.987.412-3), 'CORREO PACIENTE' (juan.perez@email.com), 'MOTIVO' (Control), and 'HORA'. There is also a checkbox for 'Atencion asociada a examen GES' and a blue 'Agendar hora' button.

Figura 8.35: Agenda clínica: formulario de agendamiento con selección de paciente y parámetros de la atención

8.6.2. Vista semanal

La vista semanal (Figura 8.36) organiza la planificación por días, permitiendo observar concentración de horas y disponibilidad a lo largo de la semana. Esto facilita decisiones como redistribución de carga o reasignaciones.

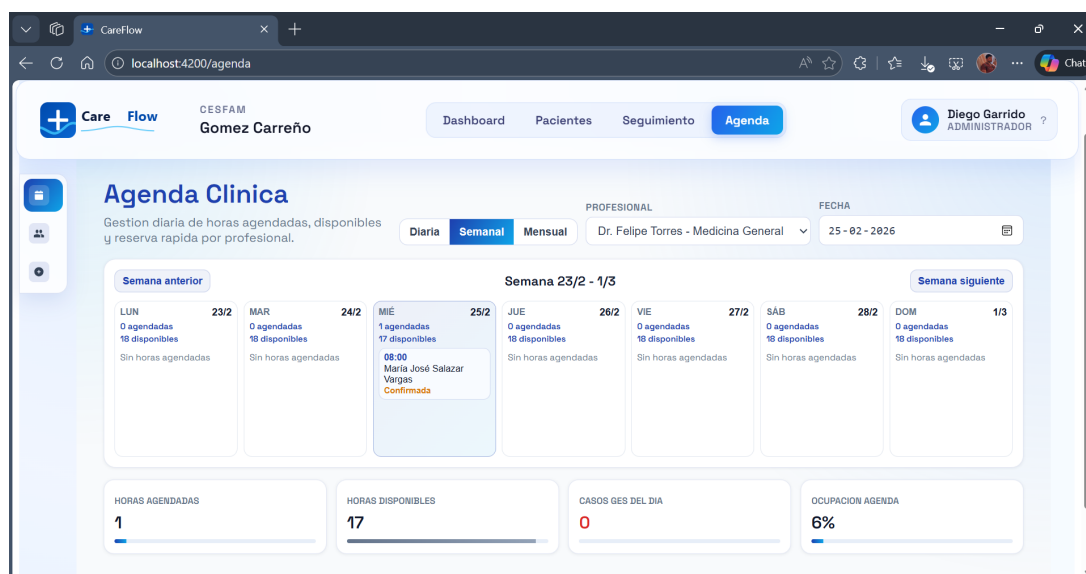


Figura 8.36: Agenda clínica: vista semanal para planificación y control de carga por día

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

8.6.3. Vista mensual

La vista mensual (Figura 8.37) proporciona una visualización consolidada del periodo, permitiendo una comprensión general de la distribución de las atenciones a lo largo del tiempo. En esta vista, cada día presenta indicadores relevantes, tales como la cantidad de horas agendadas, la presencia de casos asociados a garantías GES y el estado de confirmación de las citas. Esta representación permite identificar patrones de ocupación, periodos de mayor demanda y posibles situaciones de sobrecarga operativa.

El propósito de esta vista es apoyar la planificación operativa del establecimiento de salud, facilitando la anticipación de semanas con alta demanda o riesgo de saturación, y permitiendo al personal administrativo tomar decisiones informadas respecto a la gestión de la agenda y la asignación de recursos clínicos.

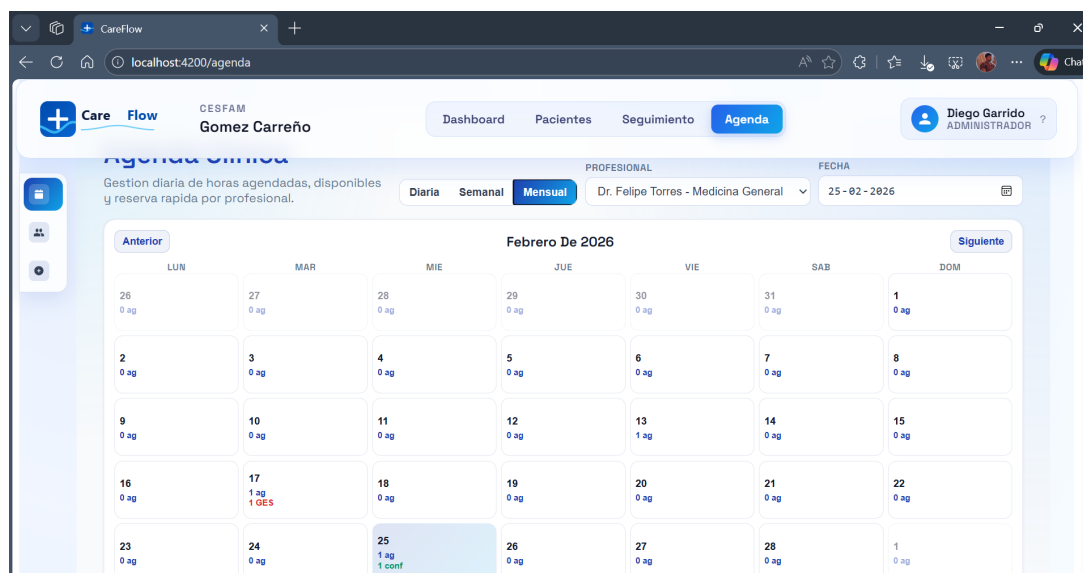


Figura 8.37: Agenda clínica: vista mensual con agregación de indicadores diarios

8.6.4. Carga de horas disponibles

Se implementó una vista (Figura 8.38) para la incorporación de horas disponibles, orientada a la configuración operativa. Permite seleccionar profesional y fecha, y cargar bloques de horarios disponibles, reduciendo el tiempo de preparación de agenda.

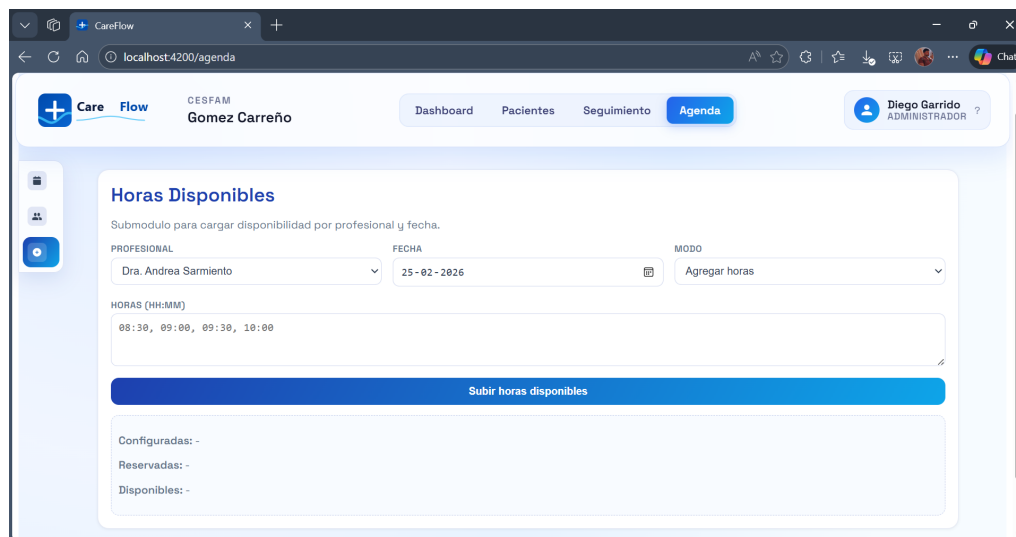


Figura 8.38: Submódulo de carga de disponibilidad: incorporación de horas disponibles para agenda clínica

8.7. Vista de Profesionales

Como parte del módulo de Agenda, el sistema incorpora una sección destinada a la gestión de profesionales de la salud (Figura 8.39), la cual permite registrar, visualizar y actualizar la información asociada a los distintos prestadores que forman parte del establecimiento. La vista incluye un listado de los profesionales previamente registrados y un formulario de creación que permite ingresar los datos relevantes del profesional, incluyendo nombre, apellido, correo electrónico, número de contacto y especialidad.

CAPÍTULO 8 : INTERFAZ GRÁFICA: VISTAS DE LA PLATAFORMA WEB

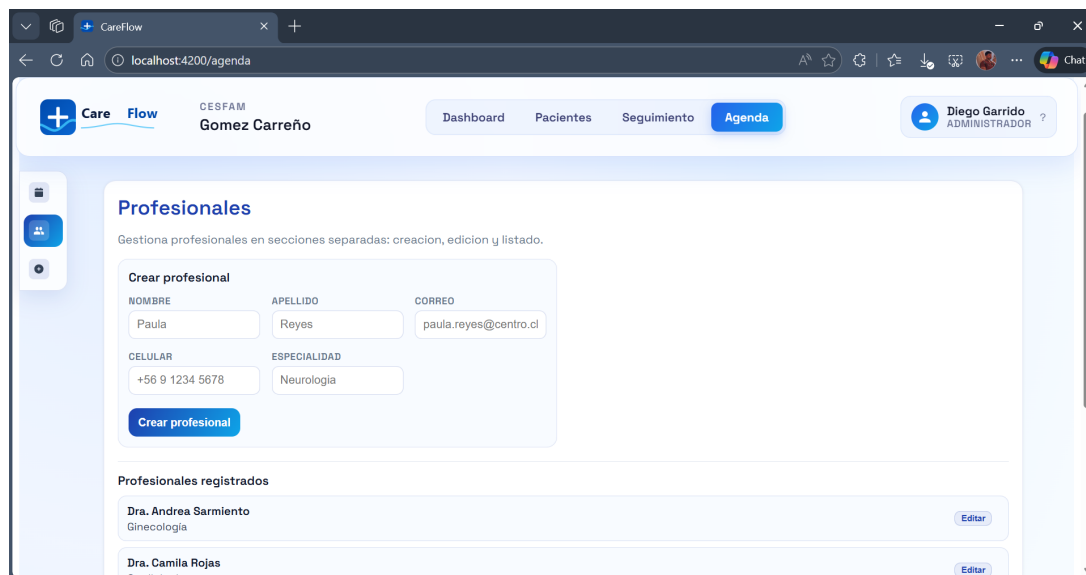


Figura 8.39: Módulo Profesionales: vista de listado y registro de profesionales

Adicionalmente, se puede acceder a la vista de detalle de la información del profesional y también a la funcionalidad de edición mediante una interfaz modal (Figura 8.40). Esta funcionalidad permite actualizar los datos del profesional, asegurando la integridad y consistencia de la información almacenada.

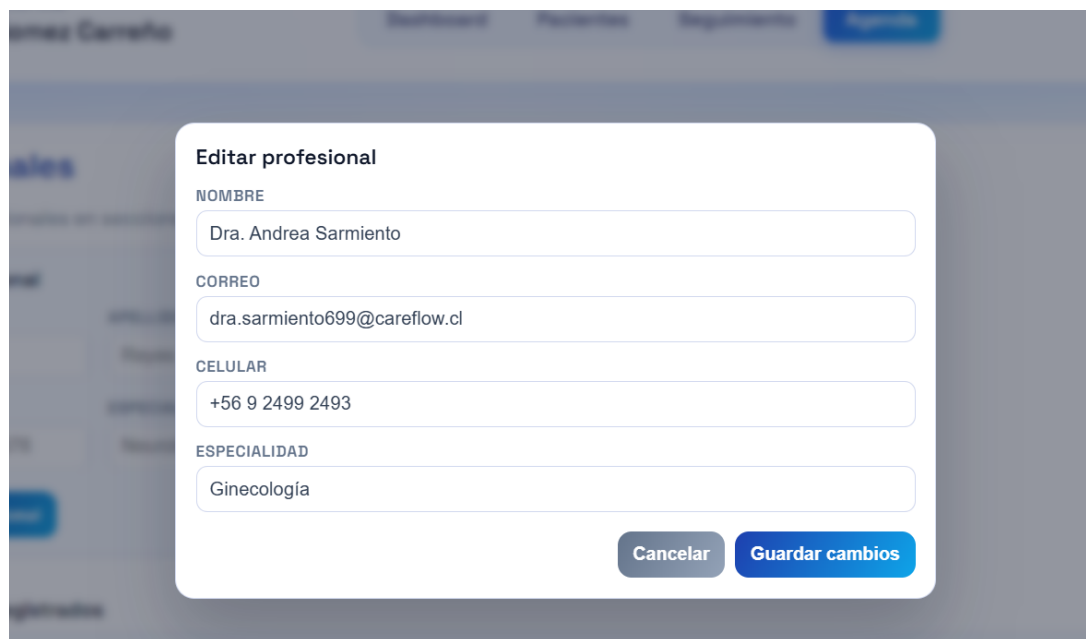


Figura 8.40: Módulo Profesionales: vista de detalle de un profesional

8.8. Síntesis de resultados

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la solución propuesta es técnicamente viable y presenta un impacto positivo en la gestión de listas de espera para exámenes médicos. El sistema desarrollado permite automatizar procesos clave, mejorar la trazabilidad de la información y apoyar la toma de decisiones mediante el uso de modelos predictivos.

Asimismo, los resultados de la simulación sugieren que la implementación del sistema en un entorno real podría contribuir significativamente a mejorar la eficiencia operativa de los CESFAM y a reducir las tasas de inasistencia, fortaleciendo el cumplimiento de los plazos normativos y la calidad de la atención entregada a los pacientes.

9. Conclusiones

El presente trabajo abordó el problema de la gestión ineficiente de listas de espera y la inasistencia a horas médicas en centros de atención primaria, proponiendo una solución integral basada en el desarrollo de una plataforma web modular, apoyada por un modelo predictivo de inasistencias.

Desde una perspectiva global, el proyecto permitió diseñar e implementar una solución tecnológica orientada a mejorar la gestión de la atención en salud primaria. La plataforma desarrollada articula distintos componentes funcionales, como la gestión de pacientes, listas de espera, agenda médica y notificaciones, dentro de un sistema coherente, facilitando la trazabilidad del proceso de atención y promoviendo una gestión basada en información estructurada.

Uno de los principales aportes del proyecto es la utilización sistemática de datos históricos para anticipar comportamientos futuros y apoyar la toma de decisiones operativas. El modelo predictivo de inasistencias, integrado dentro del funcionamiento de la plataforma, alcanzó un recall aproximado de 0.665 para la clase de inasistencia. Esto implica que, de cada 10 pacientes que efectivamente no asisten a su cita, el sistema logra identificar correctamente alrededor de 6 a 7 casos, permitiendo intervenir de manera preventiva mediante acciones como confirmaciones anticipadas o reprogramaciones.

Sin embargo, el aporte del modelo no se limita a su desempeño estadístico. A través de la simulación de escenarios operativos desarrollada en este trabajo, se evaluó el impacto potencial de aplicar el modelo en la gestión real de agendas médicas. Esta simulación permitió comparar escenarios con y sin intervención preventiva, estimando cómo la identificación anticipada de pacientes con alto riesgo de inasistencia podría traducirse en una mejor utilización de cupos disponibles y una disminución de horas médicas desaprovechadas. De esta manera, la simulación actuó como un puente entre el resultado técnico del modelo y su posible efecto en la operación cotidiana de un centro de salud.

Desde el punto de vista organizacional, la plataforma no solo permite visualizar información histórica, sino que entrega herramientas de priorización, segmentación y monitoreo en tiempo real, contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos clínicos. La integración de indicadores visuales, paneles de control (*dashboard*) y vistas operativas facilita la comprensión rápida del estado del sistema por parte del personal administrativo y clínico, fortaleciendo la toma de decisiones informadas.

En términos generales, el proyecto demuestra que la incorporación de herramientas analíticas y tecnológicas en la gestión de salud primaria no solo es técnicamente viable, sino que puede transformarse en un mecanismo concreto de optimización. Si bien su impacto real deberá validarse en un entorno operativo, los resultados obtenidos y la simulación realizada evidencian el potencial de la propuesta para reducir inasistencias, mejorar la utilización de agendas médicas y contribuir a una mayor continuidad del cuidado.

9.1. Limitaciones del Proyecto

Si bien los resultados obtenidos son técnicamente consistentes y prometedores, el presente trabajo presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, la solución no fue implementada ni validada en un entorno clínico real, por lo que no fue posible medir su impacto efectivo en indicadores operativos como la reducción de la tasa de inasistencia, la disminución de tiempos de espera o el nivel de adopción por parte del personal de salud. Las evaluaciones realizadas se basaron en datos históricos y en escenarios simulados, lo que limita la validación empírica en condiciones reales de operación.

Asimismo, el modelo predictivo fue entrenado con información disponible que, si bien permitió construir una solución funcional, puede no capturar completamente la realidad sociocultural y territorial específica de cada centro de salud. La ausencia de ciertas variables potencialmente relevantes podría afectar su desempeño en contextos distintos al analizado.

Por otra parte, el modelo implementado corresponde a una regresión logística, privilegiando interpretabilidad y simplicidad, sin explorar en profundidad técnicas más avanzadas que podrían mejorar el rendimiento predictivo en escenarios con mayor volumen y diversidad de datos.

Finalmente, aunque la arquitectura fue diseñada con principios de escalabilidad, no se desplegó en un entorno productivo multi-tenant real, por lo que no se evaluaron aspectos como rendimiento bajo alta concurrencia, costos efectivos de infraestructura o estrategias avanzadas de aislamiento entre organizaciones.

10. Trabajo Futuro

A partir de las limitaciones identificadas y del potencial de la solución desarrollada, se proyectan diversas líneas de trabajo futuro orientadas a fortalecer su validez y ampliar su alcance.

En primer lugar, resulta fundamental implementar la plataforma en un entorno clínico real bajo un esquema piloto controlado. Esto permitiría medir su impacto efectivo en la reducción de inasistencias, evaluar su adopción por parte del personal de salud y validar mejoras concretas en indicadores operativos, fortaleciendo así la evidencia empírica de la propuesta.

En segundo lugar, el modelo predictivo podría enriquecerse incorporando nuevas variables explicativas. Particularmente relevante sería integrar la dimensión territorial mediante el cálculo de distancia o tiempo estimado de traslado entre el domicilio del paciente y el centro de salud, lo que permitiría capturar factores asociados a accesibilidad geográfica.

También se proyecta la evaluación de técnicas de aprendizaje automático más avanzadas, tales como

CAPÍTULO 10 : TRABAJO FUTURO

Random Forest, Gradient Boosting o XGBoost, con el objetivo de mejorar el desempeño predictivo en escenarios con mayor volumen y diversidad de datos.

Desde el punto de vista tecnológico, se propone avanzar hacia un despliegue productivo con arquitectura multi-tenant, permitiendo su utilización por múltiples centros de salud bajo un modelo escalable. Esto implicaría evaluar estrategias de aislamiento de datos, costos de infraestructura y mecanismos de seguridad en un entorno cloud real.

Referencias

- Alturbag, M. (2024). Effectiveness of Personalised Phone Calls and Short Message Service Reminders in Improving Patient Attendance at a Radiology Department. *Cureus*, 16(9), e69568. <https://doi.org/10.7759/cureus.69568>
- Alvaro Flores. (2018). Medical Appointment. <https://www.kaggle.com/datasets/afflores/medical-appointment/data>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *Cómo acortar las listas de espera en los sistemas públicos de salud: aprendizajes de tres pilotos implementados en Chile*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Como-acortar-las-listas-de-espera-en-los-sistemas-publicos-de-salud-aprendizajes-de-tres-pilotos-implementados-en-Chile.pdf>
- Breeze, F., Hossain, R. R., Mayo, M., & McKelvie, J. (2023). Predicting ophthalmic clinic non-attendance using machine learning: Development and validation of models using nationwide data. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 51(8), 764-774. <https://doi.org/10.1111/ceo.14310>
- Henríquez, J. (2017). Limitaciones al acceso de las Garantías Explícitas en Salud (GES). <https://www.cepchile.cl/investigacion/limitaciones-al-acceso-de-las-garantias-explicitas-en-salud-ges/>
- JoniHoppen. (2016). Medical Appointment No Shows. <https://www.kaggle.com/datasets/joniarroba/noshowappointments/data>
- Jorge Espinoza Mella. (2025). *Alternativas políticas para reducir los tiempos de espera en el sistema de salud chileno*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/205652/Policy-Brief-Alternativas-pol%C3%ADticas-tiempos-espera.pdf>
- Leiva-Araos, A., Contreras, C., Kaushal, H., et al. (2025). Predictive Optimization of Patient No-Show Management in Primary Healthcare Using Machine Learning.

Journal of Medical Systems, 49(7). <https://doi.org/10.1007/s10916-025-02143-w>

- McLean, S. M., Booth, A., Gee, M., et al. (2016). Appointment reminder systems are effective but not optimal: Results of a systematic review. *Patient Preference and Adherence*, 10, 479-499. <https://doi.org/10.2147/PPA.S93046>
- Muñoz, N. (2017). *Estudio de las causas involucradas en el incumplimiento de las garantías de oportunidad dentro del Plan GES*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148669>
- Oikonomidi, T., Norman, G., McGarrigle, L., Stokes, J., van der Veer, S. N., & Dowding, D. (2022). *Predictive model-based interventions to reduce outpatient no-shows: a rapid systematic review*. Journal of the American Medical Informatics Association. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9933067/>
- Parikh, A., et al. (2010). The effectiveness of outpatient appointment reminder systems in reducing no-show rates. *The American Journal of Medicine*, 123(6), 542-548. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2009.11.022>
- Shah, S. J., Cronin, P., Hong, C. S., et al. (2016). Targeted Reminder Phone Calls to Patients at High Risk of No-Show for Primary Care Appointment: A Randomized Trial. *Journal of General Internal Medicine*, 31(12), 1460-1466. <https://doi.org/10.1007/s11606-016-3813-0>
- Shour, A. R., Jones, G. L., Anguzu, R., Doi, S. A., & Onitilo, A. A. (2023). *Development of an evidence-based model for predicting patient, provider, and appointment factors that influence no shows in a rural healthcare syste*. BMC Health Services Research. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12913-023-09969-5.pdf>
- Toffaha, K. M., Simsekler, M. C. E., Omar, M. A., & ElKebbi, I. (2025). Predicting patient no-shows using machine learning: A comprehensive review and future research agenda. *Intelligence-Based Medicine*, 11, 100229. <https://doi.org/10.1016/j.ibmed.2025.100229>

Yáñez Guerrero, I. (2022). *Mejora del proceso de gestión de pacientes con garantías explícitas de salud en el Hospital Clínico UC Christus*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184925>

Anexos

A. Ejemplo de Reporte Ejecutivo Exportado

Como complemento al desarrollo de la plataforma, se incluye un ejemplo de reporte ejecutivo exportado desde el sistema, el cual ilustra la presentación estructurada de indicadores y resultados operativos generados por la aplicación.

El documento puede consultarse en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1cj2dmGwQIiy-pdHIpuriXl3klxWfA8Qa/view>

B. Repositorio del Proyecto

El código fuente completo de la plataforma desarrollada, incluyendo frontend y backend, se encuentra disponible en el siguiente repositorio:

<https://gitlab.com/Dagarriroj/memoria-careflow>

C. Pseudocódigo de la Simulación de Escenarios

A continuación se presenta el pseudocódigo general utilizado para la simulación de escenarios operativos con intervención predictiva:

```
DEFINIR N, DAYS, iters, recall
DEFINIR rango_tasa_inasistencia
DEFINIR escenarios (Base y niveles de adopción)

PARA cada escenario HACER
  PARA i = 1 HASTA iters HACER

    // 1. Generar tasa base de inasistencia
    p_ns ← valor aleatorio en rango
```

```

// 2. Inasistencias reales
NS ← Binomial(N, p_ns)

// 3. Detección por modelo predictivo
TP ← Binomial(NS, recall)

SI escenario Base ENTONCES
    managed ← Binomial(TP, coverage)
    REC ← Binomial(managed, p_rec)
SINO
    REC ← 0
FIN SI

// 4. Inasistencias finales y ocupación
NS_final ← NS - REC
occ ← (N - NS_final) / N

// 5. Cálculo de llamadas
SI escenario = Base ENTONCES
    calls_month ← llamadas_base
SINO
    calls_month ← llamadas_plataforma
FIN SI

// 6. Estimar vencimientos GES
expired ← Binomial(NS_final, probabilidad_GES)

GUARDAR métricas del mes

FIN PARA

CALCULAR media y percentiles de resultados
FIN PARA

FIN ALGORITMO

```

Este procedimiento permitió comparar escenarios con y sin intervención preventiva, estimando el impacto potencial del uso del modelo predictivo en la optimización de la agenda médica