

Área de Conocimiento de Tecnología de la
Información y Comunicación

“Sistema de información Web de administración de servicios médicos para la clínica OdontoMédica Integral, Managua”

Trabajo Monográfico para optar al Título de Ingeniero de
Sistemas

Elaborado por:

Tutor:

Br. Agustín Gustavo
Amaya Soza

Carnet: 2018-1231U

Br. Ricardo Antonio
Morales Sánchez

Carnet: 2018-1015U

Br. Osneilling Elieth
Ramírez Gómez

Carnet: 2019-0816U

Ing. Reynaldo Antonio
Castaño Umaña

6 de mayo de 2026
Managua, Nicaragua

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	3
IV. OBJETIVOS	4
V. JUSTIFICACIÓN	5
VI. MARCO TEÓRICO	6
CAPÍTULO I: ANÁLISIS DEL SISTEMA	18
1.1. SITUACIÓN PRELIMINAR.....	18
1.1.1. Descripción de la infraestructura actual	18
1.1.2. Identificación de Problemáticas Actuales.....	19
1.2 ESTUDIO DE VIABILIDAD	20
1.2.1. Estudio de viabilidad técnica.....	20
1.2.2. Estudio de Viabilidad Económica.....	23
1.2.2.1 Costo Total del software	23
1.2.2.2 Puntos de Función (PF).	24
1.2.2.4 Puntos de Función Ajustados.....	25
1.2.2.5 Total de Líneas de Código.	26
1.2.2.6 Estimación del Esfuerzo.....	26
1.2.2.7 Cálculo del Tiempo de Desarrollo y Personal.....	27
1.2.2.8 Costo de Programación	28
1.2.2.9 Análisis Costo-Beneficio	29
1.2.3. Estudio Legal.....	30
1.2.4. Estudio de Viabilidad Operativa.....	32
1.2.4.2. Estrategia de Implementación (Fase Piloto).....	33
1.2.4.3. Análisis del Factor Humano y Adaptabilidad	34
CAPÍTULO II: ALCANCE DEL SISTEMA Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS	35
2.1. Generalidades	35
2.2. Identificación de Requerimientos Básicos del Usuario.....	35
2.3. Documentación de los Requerimientos	35
2.4. Descripción General del Sistema.....	36
2.5. Propósito y Alcance	36
2.6. Actores del Sistema.....	36
1.3.6 Requerimientos del sistema.....	37
1.3.6.1 Requerimientos funcionales	37
1.3.6.2 Requerimientos no funcionales	45
CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA	50
3.1 Modelo de Requerimientos.....	50
3.1.1. Módulo de Gestión de Pacientes	51
3.1.2 Módulo de Expediente Clínico	51
3.1.3 Módulo de Agenda y Citas	51
3.1.4. Módulo de Facturación y Promociones.....	52
3.1.4. Módulo de Autenticación, Sucursales y Reportes.....	52

3.1.5. Diagrama general de caso de usos propuesto.....	53
3.2 Especificación y Diagramas de Actividad	54
3.2.1 CU-01: Registrar Paciente.....	54
3.2.2 CU-02: Buscar Paciente	56
3.2.3 CU-03: Actualizar Paciente.....	58
3.2.4 CU-04: Eliminar/Dar de Baja Paciente.....	60
3.2.5 CU-05: Consultar Historial Clínico	63
3.2.6 CU-06: Agregar Nota Clínica	65
3.2.7 CU-07: Actualizar Expediente Matriz (Anamnesis)	67
3.2.8 CU-08: Registrar/Actualizar Odontograma	69
3.2.9 CU-09: Subir Adjuntos Clínicos	71
3.2.10 CU-10: Generar Plan de Tratamiento	73
3.2.11 CU-11: Agendar Cita	75
3.2.12 CU-12: Reprogramar Cita.....	77
3.2.13 CU-13: Cancelar Cita	79
3.2.14 CU-14: Marcar cita como atendida	80
3.2.15 CU-15: Generar Factura.....	82
3.2.16 CU-16: Aplicar Promoción	84
3.2.17 CU-17: Anular Factura.....	86
3.2.18 CU-18: Iniciar Sesión.....	88
3.2.19 CU-19: Gestionar Sucursales	90
3.2.20 CU-20: Generar Reportes Gerenciales.....	92
3.2.20 CU-21: Gestionar Usuarios y Roles.....	94
1. Modelo de Contenido	97
2. Diagramas de estado	98
Diagrama de estado, tratamiento odontograma.....	100
3. Modelo navegacional	101
7.1 Diagrama de navegación — Recepcionista	102
7.2. Diagrama de navegación — Dentista	102
7.3. Diagrama de navegación — Asistente dental	103
7.4. Diagrama de navegación — Administrador.....	103
7.5. Diagrama de navegación — Gerente.....	104
4. Modelo de presentación	105
5. Modelo de proceso de negocio.....	111
9.1. Diagrama de Procesos — Gestión de Pacientes	111
9.3. Diagrama de procesos — Gestión de caja.....	112
9.4. Diagrama de procesos — Gestión de Historial Clínico.....	112
9.5. Diagrama de procesos — Gestión de usuarios.....	113
CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	114
4.1.1 Arquitectura del sistema	114
4.1.2 Arquitectura de Infraestructura.....	120
4.1.3 Implementación de requerimiento funcionales (RF).....	122
4.1.4 Implementación de requerimiento no funcionales (RNF)	125
VI. CONCLUSIONES.....	128

VII. RECOMENDACIONES.....	130
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	131
IX. ANEXOS	135
Anexo A. Formato de entrevista	135
Anexo B. Árbol de problema.....	137
Anexo C. Tabla de puntos de función.....	138
Anexo D. Clasificación de componentes	139
Anexo E Cálculo del esfuerzo	139
Anexo F. Cálculo del tiempo de desarrollo	139
Anexo G. Cálculo de cantidad de personas.....	139
Anexo H. Plantillas de coleman	140

I. INTRODUCCIÓN

La Clínica OdontoMédica Integral ha buscado mantener una atención de calidad a través de métodos tradicionales de gestión desde su fundación. Durante años, la clínica ha dependido de formularios impresos para el registro de citas, el seguimiento de tratamientos y la administración de historiales médicos, herramientas que han permitido organizar la información y ofrecer una atención personalizada basada en los registros físicos de cada paciente. Sin embargo, este enfoque manual ha mostrado limitaciones significativas, especialmente con el aumento en la cantidad de pacientes. Problemas como la pérdida de datos, la ineficiencia operativa y la dificultad para acceder rápidamente a la información fuera de la clínica han afectado tanto la experiencia del paciente como la efectividad del personal médico, evidenciando la necesidad de una solución tecnológica.

En respuesta a estos desafíos, la presente investigación propone el desarrollo de un sistema de información web estructurado para centralizar la gestión clínica. Esta plataforma garantizará el acceso inmediato a historiales y odontogramas digitales, optimizará la programación de citas y automatizará tareas administrativas, permitiendo al personal priorizar la atención médica.

Los beneficiarios directos de esta solución tecnológica comprenden a la gerencia, el personal odontológico y el área de recepción de la Clínica OdontoMédica Integral, quienes optimizarán sus flujos de trabajo y la gestión de expedientes. Asimismo, los pacientes constituyen los beneficiarios indirectos al experimentar una atención médica más ágil, segura y eficiente.

Para facilitar la lectura y el desarrollo lógico de la investigación, el documento se estructura en cuatro capítulos. El Capítulo I evalúa el diagnóstico actual y la viabilidad técnica, económica, operativa y legal del proyecto. El Capítulo II delimita el alcance y establece los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Posteriormente, el Capítulo III detalla el diseño arquitectónico e interfaces mediante la metodología UWE. Finalmente, el Capítulo IV describe la implementación del software bajo una arquitectura de tres capas alojada en la nube (NestJS, React y PostgreSQL), integrando los mecanismos de seguridad criptográfica y el estricto cumplimiento normativo.

II. ANTECEDENTES

La Clínica OdontoMédica Integral, fundada en 2019, ha proporcionado servicios odontológicos de calidad utilizando formularios impresos para gestionar citas, tratamientos e historiales médicos. Este sistema manual permitió organizar la agenda diaria y ofrecer atención personalizada, pero con un volumen inicial de pacientes manejable, requería un esfuerzo significativo para mantener los registros actualizados.

En 2020, el aumento de pacientes evidenció las limitaciones de los formularios impresos, generando errores de transcripción, pérdida de documentos y dificultades para acceder a la información fuera de la clínica. Estos problemas afectaron la eficiencia operativa y la atención personalizada, impactando la experiencia del paciente y la productividad del personal. Durante la investigación documental realizada por el equipo desarrollador, se identificó un trabajo monográfico de la Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, titulado “*Sistema de Información Web con Aplicación Móvil para la Gestión de Servicios Médicos de la Clínica Dental Monte de Sión*” (Altamirano et al., 2020), que digitalizó procesos similares usando **PHP** y **MySQL**. Aunque este trabajo es un referente útil, la identificación de necesidades y la iniciativa para desarrollar un sistema digital fueron realizadas de manera autónoma por el equipo de desarrollo, a petición de la clínica.

En 2024, tras la solicitud de la Clínica OdontoMédica Integral, el equipo desarrollador propuso una **plataforma web** para gestionar citas, odontogramas digitales e historiales médicos, superando las limitaciones de los registros físicos. El proyecto utiliza **PostgreSQL** para la gestión de bases de datos, **NestJS** para el desarrollo del backend y **React** para una interfaz dinámica. Esta transición digital optimiza la gestión interna y mejora la experiencia del paciente, marcando un hito en la evolución tecnológica de la clínica.

III. PLANTEAMIENTO DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA

La Clínica OdontoMédica Integral actualmente enfrenta serias dificultades en su gestión operativa debido al uso de métodos manuales en el manejo de sus procesos internos, particularmente en el seguimiento de pacientes y la programación de citas. Estos métodos, que dependen de formularios impresos y registros físicos, presentan limitaciones que impactan directamente en la eficiencia administrativa y la calidad del servicio ofrecido a los pacientes. Entre los principales problemas identificados están:

La desorganización en el seguimiento clínico de los pacientes se manifiesta como un desafío significativo, dado que la dependencia exclusiva de registros físicos y métodos tradicionales para almacenar y consultar los historiales médicos obstaculiza el control adecuado y oportuno de la evolución de los tratamientos. Asimismo, la gestión manual de la agenda genera ineficiencias operativas, propiciando errores en la asignación de horarios, duplicidad de citas y complicaciones durante las reprogramaciones. Esta serie de deficiencias impacta negativamente en la calidad del servicio percibida por el paciente y ralentiza el flujo general de atención dentro de la clínica.

Por otro lado, la falta de herramientas tecnológicas limita la comunicación interna y con los pacientes, provocando demoras en confirmaciones y recordatorios de citas. Esta gestión manual genera ineficiencias, desviando el tiempo y enfoque del personal desde la atención médica hacia labores puramente administrativas.

Estos problemas, en conjunto, no solo afectan la gestión interna, sino que también tienen un impacto directo en la experiencia del paciente y la rentabilidad de la clínica, como se detalla en el **árbol de problemas en el Anexo B**. Para brindar una solución estructurada a esta problemática, se plantea la siguiente formulación del problema:

¿De qué manera el diseño y desarrollo de un sistema web optimizará el control de expedientes clínicos, la programación de citas y la gestión operativa de la Clínica OdontoMédica Integral?

IV. OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar un sistema de información Web de administración de servicios médicos para la clínica OdontoMédica Integral, Managua.

Objetivos Específicos

- Determinar la viabilidad organizativa, técnica, económica y legal del sistema de información Web acorde a los criterios necesarios de su implementación, a partir de la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.
- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema de información Web.
- Diseñar el sistema de información Web utilizando la metodología UWE, basada en UML, con base en los requerimientos encontrados.
- Implementar el sistema de información Web en NestJS y PostgreSQL a partir del modelado de los requerimientos.

V. JUSTIFICACIÓN

La implementación de este sistema web es de vital importancia porque marca la transición de una gestión clínica vulnerable y manual hacia un entorno digital centralizado y seguro. Es fundamental para resolver la desorganización de los registros físicos, garantizando un acceso rápido a historiales médicos y odontogramas digitales. Esto permite un control estricto de los tratamientos médicos, al mismo tiempo que organiza la agenda de manera inteligente, eliminando conflictos, duplicaciones y la pérdida de información vital para la operación diaria de la Clínica OdontoMédica Integral.

Este desarrollo tecnológico beneficia directamente a tres actores clave. En primer lugar, a los profesionales de la salud, quienes dispondrán de historiales completos actualizados al instante, agilizando el diagnóstico y seguimiento de los tratamientos. En segundo lugar, al personal administrativo, al simplificárseles tareas críticas como el registro, reprogramación de citas y coordinación interna. Finalmente, y de forma sustancial, beneficia a los pacientes, quienes recibirán una atención de mayor calidad, más ágil y con canales de comunicación directos que minimizan las demoras.

El impacto principal de esta digitalización es la optimización integral de los procesos internos de la clínica. A nivel operativo, reducirá drásticamente el papeleo, las ausencias y los errores manuales. A nivel de experiencia de usuario, transformará la percepción del servicio mediante recordatorios automáticos de citas y una gestión eficiente del tiempo. Como resultado, al liberar al equipo de la carga de tareas manuales redundantes, la clínica incrementará su capacidad de atención, logrando un servicio más personalizado y una mayor rentabilidad institucional.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1. Servicios Médicos

Los servicios médicos se entienden como el conjunto de actividades realizadas por profesionales de la salud con el objetivo de prevenir, diagnosticar o tratar condiciones que afectan el bienestar de los individuos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), estos servicios son esenciales para garantizar la promoción y el mantenimiento de la salud en una población. En este contexto, la cita médica se configura como un elemento organizativo clave, ya que establece un acuerdo formal entre el paciente y la institución clínica para la prestación de un servicio en un momento específico. Este proceso no solo facilita la planificación de la atención, sino que también optimiza el uso de recursos humanos y materiales en el ámbito clínico.

En función de la naturaleza de la atención brindada, los servicios médicos se pueden clasificar en distintas categorías. Esta clasificación es coherente con los niveles operativos establecidos por el Ministerio de Salud de diversos países y por autores como Frenk et al. (2010), quienes distinguen entre atención general, especializada, diagnóstico, urgencias y servicios administrativos. Esta estructura no solo permite una mejor organización institucional, sino que también facilita el diseño de herramientas digitales, como sistemas web, capaces de gestionar eficientemente la atención al paciente en clínicas médicas y odontológicas.

La atención por consulta general y especializada forma parte del primer y segundo nivel de atención médica, respectivamente. Mientras que la primera se enfoca en problemas comunes y de baja complejidad, como resfriados o dolores musculares, la segunda aborda patologías específicas que requieren conocimientos avanzados en áreas clínicas particulares (Morales & Pérez, 2018). En el ámbito odontológico, esto se traduce en consultas dentales generales como la evaluación bucal inicial, la toma de radiografías y la elaboración de un plan de tratamiento personalizado, así como limpiezas dentales (profilaxis), eliminación de placa y sarro, o consejos de higiene oral, que permiten al profesional establecer un diagnóstico certero y diseñar una atención preventiva y curativa.

En cuanto a los servicios de diagnóstico, estos permiten identificar de forma objetiva la presencia de enfermedades. Pruebas como análisis de sangre, estudios de imagen o radiografías dentales son fundamentales para establecer el estado clínico del paciente. Por ejemplo, una radiografía periapical puede revelar una caries profunda o una infección en la raíz dental que no es visible a simple vista. La incorporación de estos servicios es clave en el proceso de atención continua (Ministerio de Salud de Colombia, 2021), y su digitalización en sistemas web permite un acceso inmediato por parte del personal de salud.

Los tratamientos ambulatorios y procedimientos menores comprenden intervenciones que no requieren hospitalización, como la obturación de caries mediante empastes de resina o amalgama, o las extracciones dentales simples o quirúrgicas, incluyendo muelas del juicio. Estas prácticas forman parte de los protocolos de atención primaria descritos por la Guía de Práctica Clínica del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP, 2017). La atención odontológica ambulatoria también puede incluir la aplicación de medicamentos, curaciones o ajustes en prótesis dentales removibles, procedimientos que, si son registrados correctamente en un sistema web, permiten un seguimiento adecuado y seguro.

La atención de urgencias responde a eventos imprevistos que requieren una solución inmediata, como infecciones dentales agudas, fracturas dentales traumáticas o sangrados postoperatorios. Este tipo de atención, regulada por normativas de emergencias médicas, busca preservar la vida y la funcionalidad del paciente (Norma Oficial Mexicana NOM-206-SSA1-2022). Por ejemplo, un absceso dental puede necesitar una apertura urgente para drenaje, y su manejo clínico debe quedar documentado de inmediato para garantizar continuidad en el tratamiento.

El seguimiento médico es esencial, especialmente en pacientes con enfermedades crónicas o tratamientos prolongados. En odontología, esto se refleja en los controles periódicos de pacientes con ortodoncia, prótesis dentales o condiciones periodontales crónicas. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021), el seguimiento clínico reduce significativamente los reingresos y mejora la calidad de vida del paciente. Por ejemplo, un paciente con tratamiento de ortodoncia debe asistir cada mes para ajustes y monitoreo del progreso, lo que requiere un sistema que facilite la gestión de citas y el almacenamiento de registros clínicos e imágenes.

Asimismo, existen servicios especializados en odontología, que incluyen tratamientos de mayor complejidad. Entre ellos destaca la endodoncia, que permite salvar piezas dentales mediante tratamientos de conducto. Este procedimiento es común en pacientes con infecciones severas o dolor persistente en la pulpa dental (Asociación Dental Americana [ADA], 2021). También se encuentra la ortodoncia, que puede involucrar el uso de brackets metálicos o estéticos, o alternativas como alineadores transparentes (Invisalign), diseñados para corregir maloclusiones. En odontopediatría, se emplean mantenedores de espacio para preservar la posición correcta de los dientes futuros.

Otro campo especializado es la periodoncia, dedicada al diagnóstico y tratamiento de enfermedades de las encías. Aquí se incluyen limpiezas profundas (curetaje), cirugías periodontales y terapias regenerativas. Además, los implantes dentales representan una opción moderna para reemplazar dientes perdidos, permitiendo la colocación de prótesis fijas o removibles como coronas, puentes o dentaduras parciales. La planificación digital de estos tratamientos mejora la precisión quirúrgica y facilita el seguimiento del paciente (Ministerio de Salud de Chile, 2022).

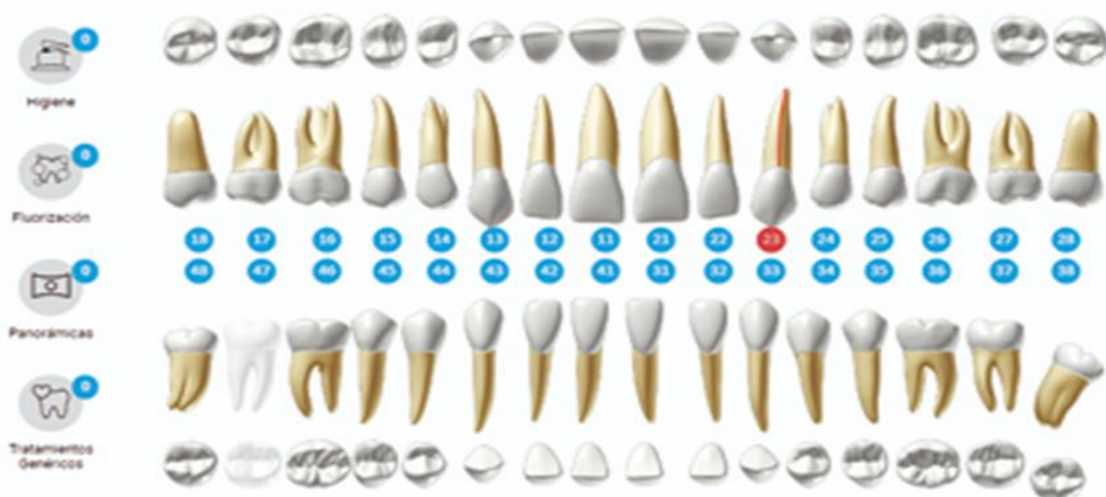
Por otro lado, los servicios estéticos dentales han cobrado gran relevancia en la actualidad, al contribuir no solo a la salud bucal, sino también al bienestar emocional y social del paciente. Procedimientos como el blanqueamiento dental, las carillas de porcelana o resina, el contorneado estético y el diseño de sonrisa permiten corregir imperfecciones visibles y mejorar la apariencia general de la dentadura. Según la Federación Dental Internacional (FDI, 2020), la estética dental forma parte del enfoque integral de salud y bienestar, y debe considerarse dentro de los planes de tratamiento personalizados.

Los servicios administrativos y de apoyo son esenciales para el funcionamiento de cualquier clínica. Entre estos se incluyen la gestión de citas, actualización de historias clínicas, facturación y control de inventario de insumos médicos y odontológicos. Por ejemplo, una secretaria puede programar desde el sistema web una cita para seguimiento ortodóncico, mientras el odontólogo revisa la evolución del paciente en la plataforma digital. Estos servicios, al ser gestionados a través de un sistema de información en salud, mejoran la coordinación interdepartamental y reducen errores administrativos (Silva & Torres, 2020).

En el campo de la odontología, el odontograma destaca como una herramienta fundamental para el registro gráfico del estado dental de un paciente. Este instrumento permite documentar de manera detallada aspectos como la presencia de caries, extracciones, restauraciones y otros procedimientos realizados en la cavidad oral. De acuerdo con Infomed Software (2023), la implementación de odontogramas digitales mejora significativamente la gestión del historial clínico al ofrecer una visualización clara y la posibilidad de actualizar la información en tiempo real. Esta digitalización se alinea con estándares internacionales como la norma ISO 11073, que regula los dispositivos y software médicos para garantizar su seguridad e interoperabilidad. En la figura 1 se muestra un ejemplo de odontograma digital que ilustra la disposición de los dientes y las anotaciones típicas para registrar el estado dental de un paciente.

Figura 1

Odontograma



Nota: Odontograma adaptado de Software de Odontología Clínica, por Infomed Software, 2023. Recuperado de infomedsoftware.com

6.2. Plataformas tecnológicas relacionadas a la atención odontológica

La transformación digital del sector odontológico ha impulsado el desarrollo de plataformas tecnológicas integrales que optimizan los procesos clínicos y administrativos. Estas soluciones, según Tiwana (2014), representan ecosistemas tecnológicos que integran hardware, software y servicios para mejorar la interacción entre profesionales y pacientes.

En el contexto nicaragüense, donde la brecha tecnológica en salud persiste como desafío (MINSA, 2024), el diseño de estas plataformas debe considerar realidades locales como el acceso limitado a internet en zonas remotas o la variabilidad en la capacitación tecnológica del personal de salud. Este proyecto propone una plataforma web basada en arquitecturas modernas que combina React para la interfaz de usuario y NestJS para el backend, asegurando compatibilidad con los estándares internacionales ISO/IEC 25010:2020 sobre calidad de software.

La interfaz de usuario (UI) juega un papel determinante en la adopción de estas tecnologías por parte del personal clínico. Nielsen (2012) enfatiza que en entornos médicos, las interfaces deben privilegiar la claridad sobre el diseño estético, minimizando la curva de aprendizaje. En este proyecto, el odontograma digital interactivo ejemplifica este principio, permitiendo anotaciones clínicas con gestos intuitivos que replican el flujo de trabajo convencional en papel.

La experiencia de usuario (UX) complementa este enfoque, considerando factores emocionales y cognitivos en la interacción humano-computadora. Norman y Nielsen (2010) destacan que en sistemas de salud, una UX bien diseñada puede reducir significativamente los errores de operación. Por ejemplo, el proceso de agendamiento de citas en la plataforma ha sido optimizado para completarse en menos de tres pasos, crucial para contextos con alta demanda de atención como las clínicas públicas nicaragüenses.

Las APIs constituyen el tejido conectivo de la plataforma, permitiendo la integración segura entre componentes. Fielding y Taylor (2002) establecen que en sistemas médicos, las APIs deben priorizar la interoperabilidad mediante estándares como HL7 FHIR. En este proyecto, las APIs desarrolladas con NestJS permiten no solo la gestión básica de datos, sino también la conexión con sistemas externos como laboratorios

dentales o aseguradoras, siguiendo los lineamientos técnicos del MINSA (2022) para interoperabilidad en salud.

El sistema utilizará PostgreSQL, un sistema de base de datos relacional que organiza la información en tablas relacionadas mediante claves primarias y foráneas, empleando SQL para consultas, inserciones y actualizaciones (Codd, 1970).

La protección de datos en salud representa un imperativo ético y legal, particularmente sensible en el manejo de información odontológica. En Nicaragua, la Ley No. 787 de Protección de Datos Personales (2012) establece requisitos estrictos para el tratamiento de información clínica. La plataforma implementa medidas de seguridad multinivel que incluyen encriptación AES-256, autenticación basada en tokens JWT (Jones et al., 2015) y control de acceso por roles, superando los estándares mínimos exigidos por la legislación nacional.

La inteligencia artificial emerge como componente transformador en la gestión odontológica moderna. La integración de la Gemini API de Google en este proyecto permite abordar tres desafíos críticos identificados:

El procesamiento de lenguaje natural (PLN) habilita el análisis automático de notas clínicas escritas en lenguaje coloquial, un problema frecuente en entornos con alta carga de trabajo donde la documentación suele ser breve o incompleta. Jurafsky y Martin (2021) explican cómo los modelos de IA pueden extraer entidades clínicas relevantes incluso de textos poco estructurados. Por ejemplo, al interpretar una anotación como "dolor al frío en 46", el sistema puede sugerir automáticamente posibles diagnósticos diferenciales como hipersensibilidad dentinaria o caries proximal.

La generación de conocimiento asistido por IA optimiza la toma de decisiones clínicas. Goodfellow et al. (2016) demuestran cómo los modelos de aprendizaje automático pueden identificar patrones complejos en datos odontológicos históricos. En la plataforma, esta capacidad se traduce en alertas preventivas; por ejemplo, al detectar que un paciente con historial de periodontitis ha pospuesto sus controles de mantenimiento, el sistema puede generar recordatorios personalizados con base en protocolos establecidos por el MINSA.

La vectorización de datos mediante técnicas como embeddings (Pennington et al., 2014) revoluciona la recuperación de información clínica. Esta aproximación permite búsquedas semánticas donde los profesionales pueden encontrar casos análogos usando lenguaje natural, superando las limitaciones de los sistemas tradicionales basados en palabras clave. En el contexto nicaragüense, donde la formación continuada puede verse limitada por recursos económicos, esta funcionalidad adquiere especial valor como herramienta de apoyo al diagnóstico.

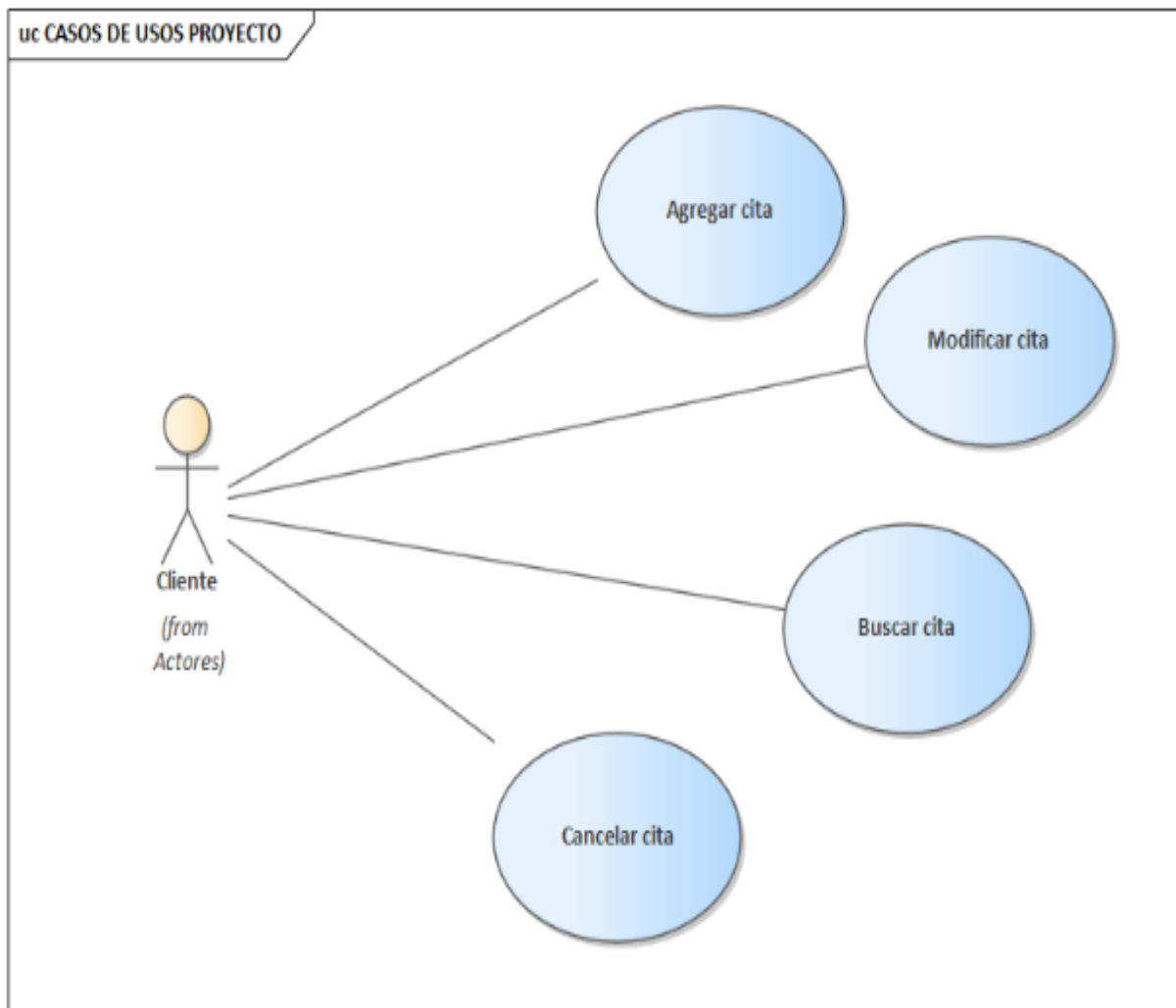
Es crucial enfatizar que, conforme a los lineamientos éticos de la OMS (2021) para IA en salud, el sistema está diseñado para operar bajo supervisión humana constante. Las sugerencias generadas por la IA requieren siempre validación profesional, manteniendo al odontólogo como responsable último de las decisiones clínicas. Este enfoque híbrido combina las ventajas de la tecnología con el juicio experto, particularmente importante en un país como Nicaragua donde las condiciones bucodentales presentan particularidades epidemiológicas que requieren adaptación local de los protocolos.

La integración de estos componentes tecnológicos sigue una metodología basada en UWE que permite modelar tanto los aspectos funcionales como los técnicos del sistema. Este enfoque garantiza que la plataforma pueda evolucionar para incorporar futuras innovaciones, manteniendo siempre la compatibilidad con los estándares nacionales e internacionales en informática de salud. Entre los principales diagramas se encuentran se encuentran:

- Diagrama de casos de uso: representa las interacciones entre los actores (usuarios) y las funcionalidades del sistema. En la figura 2 se muestra un diagrama de casos de uso, ejemplo de uso de la metodología UWE

Figura 2

Diagrama de caso de uso

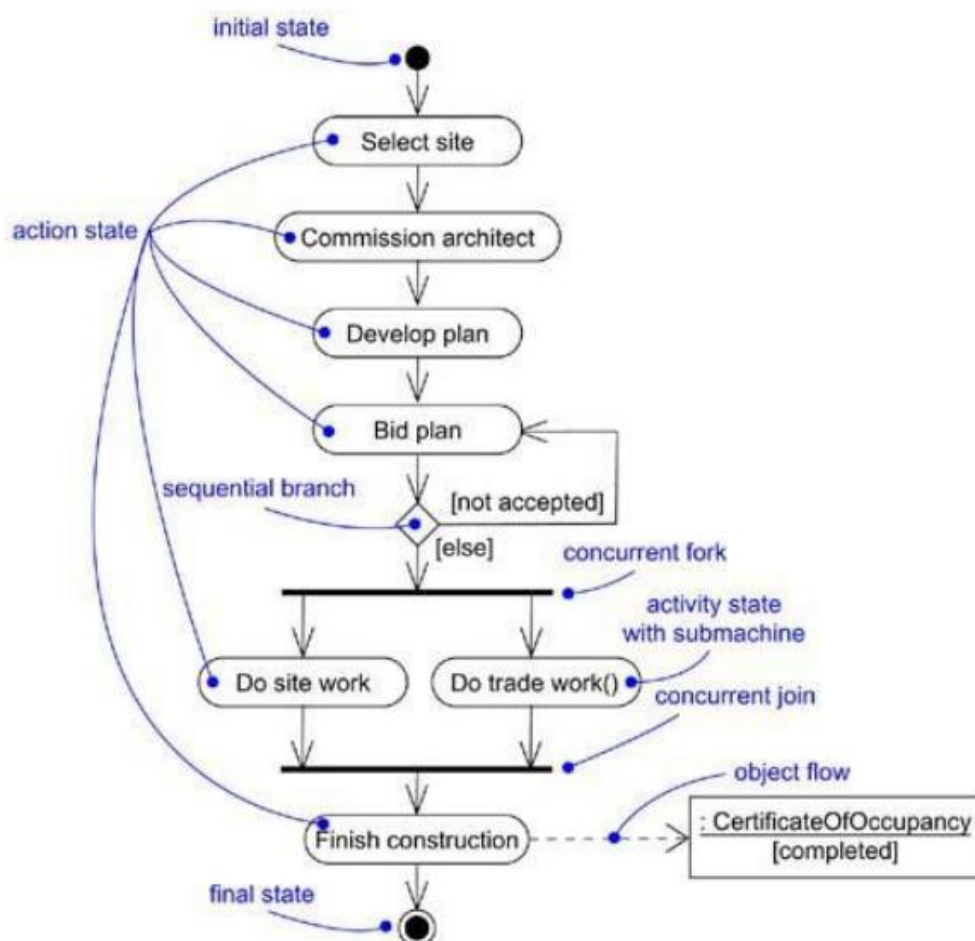


Nota: Elaboración propia

- Diagrama de actividades: muestra los flujos de trabajo y los estados de ejecución. En la figura 2 se visualiza un diagrama de actividades como ejemplo de uso de la metodología UWE.

Figura 3

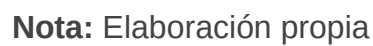
Diagrama de actividades



Nota: Diagrama de actividades adaptado de Unified Modeling Language User Guide, por Grady Booch, 2020. Recuperado de The Unified Modeling Language User Guide.

- **Modelo de contenido:** Describe la estructura estática del sistema, incluyendo clases, atributos y relaciones. En la figura 4, se muestra un diagrama de clases como ejemplo de uso de la metodología UWE

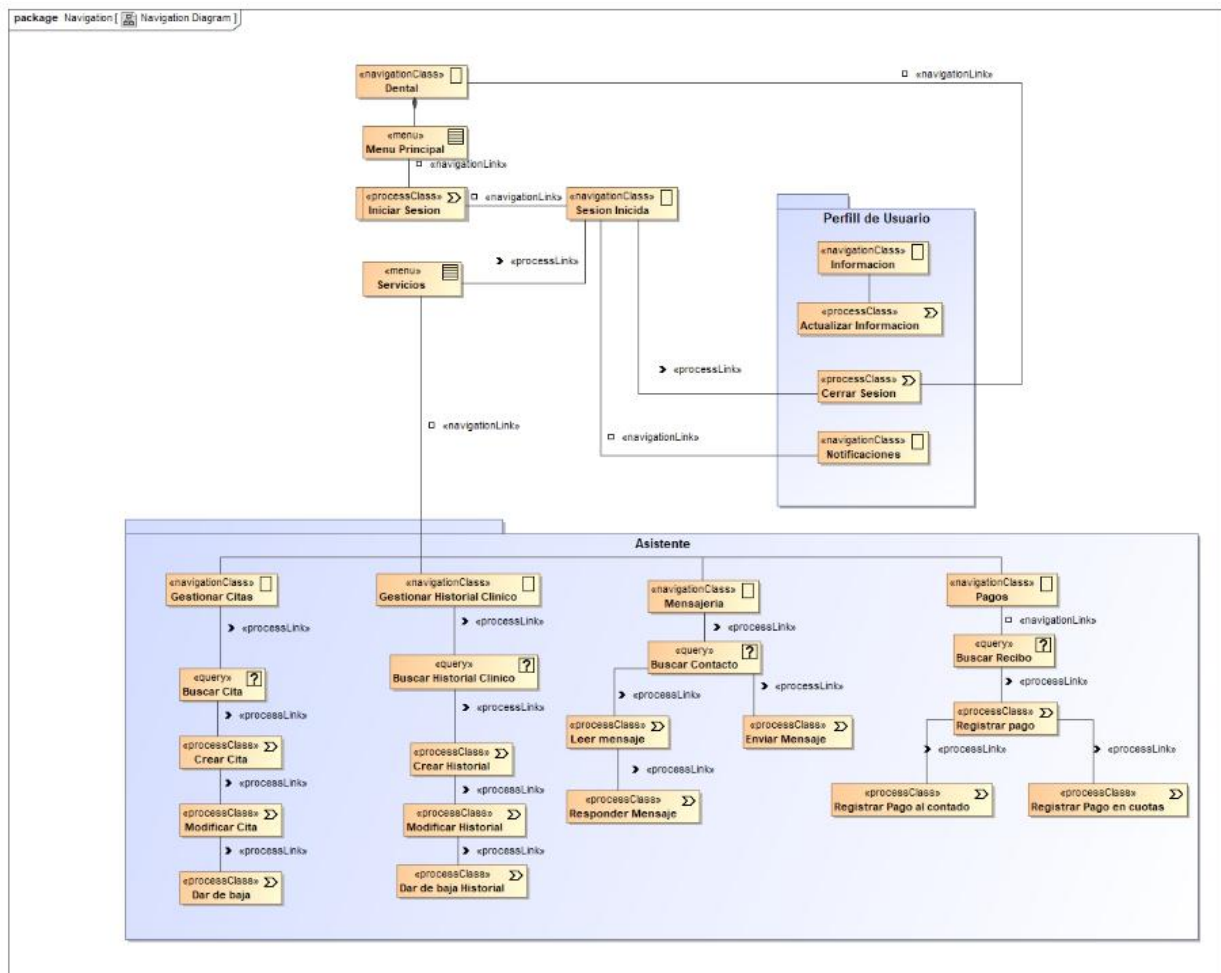
Modelo de contenido



- **Diagrama de navegación:** detalla el flujo entre las vistas de la aplicación web. En la figura 5, se muestra un diagrama navegacional como ejemplo de uso de la metodología UWE

Figura 5

Diagrama de navegación

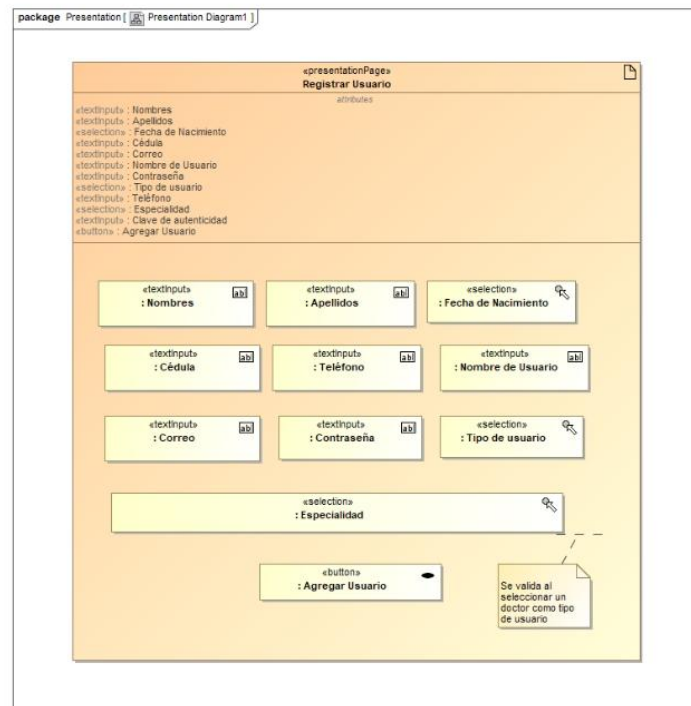


Nota: Elaboración propia

- **Diagrama de presentación:** ilustra la interfaz gráfica de usuario. En la figura 6, se muestra un ejemplo de diagrama navegacional bajo la metodología UWE.

Figura 6

Diagrama de presentación



Nota: Elaboración propia

Complementariamente, se emplea UML-based Web Engineering (UWE), una metodología orientada al diseño de aplicaciones web que garantiza la calidad del sistema conforme a la norma ISO/IEC 25010:2020 (Perforce, 2022). El modelo de datos se estructura en tres niveles —conceptual, lógico y físico— para definir la organización y manipulación de la información de manera eficiente (Castro et al., 2020). Además, la estimación de costos y esfuerzo se realiza mediante el modelo COCOMO II, adaptado a entornos modernos considerando factores como el tamaño y la complejidad del software, en total congruencia con los procesos del ciclo de vida de la norma ISO/IEC 12207:2017/Amd 1:2022 (ISO, 2022). Este enfoque metodológico asegura el rigor en la gestión del proyecto de ingeniería (Chimalakonda & Nori, 2021).

CAPÍTULO I: ANÁLISIS DEL SISTEMA

1.1. SITUACIÓN PRELIMINAR

En esta fase se analiza el entorno actual de la Clínica OdontoMédica Integral para comprender el contexto antes de la automatización. Se identifican los recursos disponibles y las problemáticas que justifican el desarrollo del sistema.

1.1.1. Descripción de la infraestructura actual

A partir de la visita realizada al local, se llevó a cabo una evaluación detallada de los elementos clave relacionados con su infraestructura y la manera en que se llevan a cabo los procesos operativos. Este análisis permitió identificar aspectos específicos del espacio físico, los recursos disponibles y las dinámicas de trabajo.

Tabla 1: Inventario de Hardware y Software actual por cada sucursal

Equipo	Modelo	Cantidad	Requerimientos	Software aplicado
HP Pro desk	3050 MT	1	1. Intel core i5 10ma gen 2. 12gb de ram 3. SSD 1TB	• Windows 11 pro • Office 2019
Router Claro		1	Internet domiciliar prepago de 100 MB de velocidad	-

Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Identificación de Problemáticas Actuales

A partir del levantamiento de información *in situ*, se determinó que los procesos centrales operan bajo un esquema tradicional no automatizado. El análisis de la situación preliminar permitió identificar diversas problemáticas operativas y administrativas que justifican la necesidad del sistema propuesto. En primer lugar, la gestión documental resulta ineficiente y fragmentada; dado que la clínica opera a través de una sucursal principal y tres sucursales adicionales, los expedientes físicos y odontogramas en papel quedan aislados geográficamente. Esto dificulta la trazabilidad clínica del paciente si este decide atenderse en una sucursal distinta a la de su registro inicial.

Asimismo, se observan constantes colisiones en la programación de citas. El manejo de la agenda mediante libros de registro físicos en múltiples ubicaciones provoca un alto índice de errores humanos, tales como el solapamiento de horarios entre distintos especialistas, lo cual complejiza los procesos de reprogramación. Por otro lado, existe una evidente falta de métricas financieras centralizadas, ya que el control de ingresos y egresos en caja se realiza mediante herramientas ofimáticas aisladas. Esta falta de sincronización entre sucursales impide a la gerencia general la obtención de reportes consolidados y métricas en tiempo real para la oportuna toma de decisiones.

Finalmente, se evidencia una deficiencia en la comunicación con el paciente. La ausencia de un canal automatizado para el recordatorio de citas incrementa la tasa de ausentismo, lo que se traduce en tiempos muertos para los profesionales y pérdidas económicas significativas para la clínica.

1.2 ESTUDIO DE VIABILIDAD

El estudio de viabilidad tiene como objetivo determinar si es factible desarrollar el sistema propuesto considerando los recursos tecnológicos, económicos, legales y operativos.

1.2.1. Estudio de viabilidad técnica

El análisis técnico tiene como objetivo determinar si la organización cuenta con las condiciones tecnológicas para soportar el nuevo sistema y evaluar si la arquitectura de software propuesta es la solución técnica más adecuada para resolver las problemáticas operativas.

Evaluación de Alternativas Tecnológicas

Para resolver las deficiencias operativas de la Clínica OdontoMédica Integral, se evaluaron distintos paradigmas tecnológicos con el fin de seleccionar la solución más viable y escalable. En primer lugar, se descartó la estandarización de herramientas ofimáticas (tales como Microsoft Excel o Google Sheets), dado que carecen de un entorno transaccional real. Estas plataformas no garantizan los principios ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad), no soportan concurrencia masiva sin riesgo de corrupción de datos y carecen de un control de acceso basado en roles. Asimismo, resulta técnicamente inviable modelar un odontograma interactivo y versionado mediante simples celdas de cálculo.

Por otro lado, se analizó la viabilidad de desarrollar una arquitectura de escritorio local bajo el paradigma cliente-servidor tradicional. Esta opción fue desestimada debido a la dispersión geográfica de la clínica; implementar una red local requeriría la configuración de complejas redes privadas virtuales (VPN), la adquisición de servidores físicos de alto costo y mantenimiento presencial constante. Además, un servidor físico local representa un punto único de fallo (SPOF) vulnerable a percances físicos, lo cual comprometería la alta disponibilidad requerida. De igual manera, se evaluó la adquisición de *software* comercial genérico (SaaS). Si bien esta alternativa reduce los tiempos de despliegue, fue descartada por su rigidez arquitectónica,

sumado a que el almacenamiento de datos clínicos en servidores extranjeros de terceros plantea riesgos de soberanía de datos y dificulta el cumplimiento estricto de la Ley No. 787 de Protección de Datos Personales de Nicaragua.

Tras descartar las opciones anteriores, se determinó que la solución técnicamente óptima es el desarrollo de un sistema de información web a la medida bajo una arquitectura de tres capas alojada en la nube. Esta alternativa resuelve la conectividad multi-sucursal al permitir el acceso remoto mediante cualquier navegador web. La implementación se fundamenta en el uso de PostgreSQL para garantizar la integridad relacional, NestJS para centralizar la lógica de negocio y la seguridad criptográfica, y React para renderizar interfaces dinámicas de alta complejidad, como el odontograma vectorial. Finalmente, el uso de servicios gestionados en la nube asegura la escalabilidad y la replicación de datos exigida por la organización.

Evaluación de la infraestructura actual

Al contrastar el inventario tecnológico de la clínica con las necesidades de la nueva arquitectura web, se concluye que el equipo HP ProDesk actual cumple con los requisitos técnicos mínimos para funcionar como terminal de acceso (cliente) mediante un navegador web para el área de recepción. Por otro lado, respecto al servidor, se determina que la infraestructura local es inviable para alojar el sistema de información, ya que no cuenta con las condiciones para garantizar la alta disponibilidad (99.0%) ni la seguridad criptográfica requerida. Por consiguiente, se requiere contratar servicios en la nube (Servidor Privado Virtual y base de datos gestionada), cuyo costo operativo se estima en \$420.00 USD anuales, cifra que se justifica detalladamente en el estudio de viabilidad económica.

Requerimientos técnicos mínimos del proyecto

Para garantizar la correcta ejecución del proyecto, se han categorizado las necesidades tecnológicas en dos rubros fundamentales: los recursos requeridos para la fase de construcción (entorno de desarrollo) y los recursos necesarios para el despliegue del sistema (entorno de producción). A continuación, se detallan las especificaciones y sus costos estimados, los cuales serán consolidados en el estudio de viabilidad económica.

Tabla 2. Requerimientos para el Entorno de Desarrollo

N°	Descripción del recurso	Descripción	Cantidad	Costo estimado (USD)
1	Estación de trabajo (Laptop)	HP x360 Envy, 12 GB de memoria RAM DDR4, 500 GB de Almacenamiento SSD	1	\$ 850.00 (propio)
2	Sistema Operativo	Licencia para windows 11 home	1	
3	Conectividad a Internet	Internet domiciliar prepago de 50 MB de velocidad	1	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Requerimientos para el Entorno de Producción (Despliegue)

N°	Descripción del recurso	Descripción	Costo estimado (USD)
1	Terminal de acceso (Cliente)	PC HP ProDesk, 8 GB RAM, Navegador Web actualizado (Chrome/Edge)	Existente en Clínica
2	Infraestructura Backend (VPS)	Licencia para windows 11 home	Incluido en rubro 4
3	Base de Datos Gestionada	Internet domiciliar prepago de 50 MB de velocidad	Incluido en rubro 4
4	Presupuesto Cloud Anual	Suscripción de servicios en la nube para alojamiento y persistencia de datos	\$ 390.00 / anual

Fuente: Elaboración propia

1.2.2. Estudio de Viabilidad Económica

El estudio de viabilidad económica es la segunda etapa que se lleva a cabo. Los recursos básicos que deben considerarse son: el tiempo de desarrollo del equipo de análisis y programación, el costo de la realización integral del estudio de sistemas (incluyendo el tiempo del personal de la clínica que participará en el levantamiento de requerimientos), el costo estimado de la infraestructura (hardware, servidores en la nube) y el costo de las licencias o software comercial necesario.

Se presentó una propuesta técnica y económica a la Clínica OdontoMédica Integral bajo el enfoque de costo-beneficio. Si bien el sistema de información es de uso interno y no un producto para la venta directa, representa una inversión tecnológica estratégica para el negocio. El beneficio económico real no provendrá de la venta del software, sino del retorno de inversión (ROI) obtenido a través de la optimización de tiempos operativos, la reducción drástica de costos administrativos (papelería e insumos físicos) y el incremento en la capacidad de atención diaria de pacientes. Partiendo de esta premisa de eficiencia financiera, a continuación, se detallará el análisis de los costos asociados a su desarrollo e implementación.

1.2.2.1 Costo Total del software

Para determinar la inversión económica necesaria, se han integrado dos componentes fundamentales: el costo de desarrollo técnico (basado en el modelo algorítmico **COCOMO II**) y el costo de infraestructura inicial para el despliegue (**Año 0**). A partir de la arquitectura propuesta (NestJS y React), se determinó que el costo total para la puesta en marcha del software asciende a **\$9,445.52 USD**.

A continuación, se presentan las métricas globales y el resumen de la inversión inicial, cuyo desglose financiero detallado de mano de obra se encuentra en el acápite de Costos de Programación (1.2.2.8):

Tabla 4. Resumen de Inversión Inicial (Año 0)

Concepto de Inversión	Métrica de Estimación	Costo Estimado (USD)
Desarrollo de Software	Esfuerzo técnico (11 meses / 3 desarrolladores)	\$9,055.52
Infraestructura Cloud	Servidor VPS + Supabase	\$ 390
Total inversión inicial		\$9,445.52

Fuente: Elaboración propia

1.2.2.2 Puntos de Función (PF).

Se emplean para establecer el tamaño y complejidad del sistema a desarrollar, basados en la cantidad de funcionalidades requeridas y además miden el tamaño lógico y funcional del sistema establecidos en los requerimientos funcionales del usuario.

En la tabla se detallan las constantes de multiplicación y el número de entradas, salidas, peticiones, archivos e interfaces externas.

Tabla 5. Tabla de Puntos de Función

Parametros de medicion	Baja		Total	Media		Total	Alta		Total
No entradas	23	3	69	16	4	64	3	6	18
No. Salidas	7	4	28	2	5	10	2	7	14
No. Peticiones	7	3	21	4	4	16	0	6	0
No. Archivos internos	7	7	49	0	10	0	0	15	0
No. Archivos externos	1	5	5	2	7	14	1	10	10
TOTALES			172			104			42
TOTAL									318

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anteriormente expuesta se muestra el resultado de la multiplicación de los diferentes puntos de función y la sumatoria de todos los resultados indica la cantidad

de puntos de función sin ajustar. En el Anexo C, se pueden apreciar las entradas, salidas, peticiones, archivos internos y externo.

1.2.2.3 Ajustes de Complejidad

El factor de ajuste de complejidad está basado en 14 preguntas que evalúan la funcionalidad general del sistema a desarrollar.

Tabla 6. Preguntas

Preguntas		
¿Requiere el sistema copias de seguridad y de recuperación fiables?	1	2
¿Se requiere comunicación de datos?	2	3
¿Existen funciones de procesamiento distribuido?	3	2
Es crítico el rendimiento?	4	2
¿Se ejecutará el sistema en un entorno operativo existente y fuertemente utilizado?	5	4
¿Requiere el sistema entrada de datos interactiva?	6	4
¿Requiere la entrada de datos interactiva que las transacciones de entrada se lleven a cabo sobre múltiples pantallas u operaciones?	7	5
¿Se actualizan los archivos maestros de forma interactiva?	8	4
¿Son complejas las entradas, las salidas, los archivos o las peticiones?	9	2
¿Es complejo el procesamiento interno?	10	4
¿Se ha diseñado el código para ser reutilizable?	11	2
¿Están incluidas en el diseño la conversión y la instalación?	12	5
¿Se ha diseñado el sistema para soportar múltiples instalaciones en diferentes organizaciones?	13	0
¿Se ha diseñado la aplicación para facilitar los cambios y para ser fácilmente utilizada por el usuario?	14	4
	TOTAL	43

Fuente: Elaboración propia

1.2.2.4 Puntos de Función Ajustados.

$$PFA = PF * [0.65 + 0.01 \sum Fi]$$

Donde:

- PFA: Punto de función ajustado.

- PF: Punto de función no ajustado.
- $\sum Fi$: Sumatoria de los valores de ajuste de complejidad.

Las variables PF y $\sum Fi$ tienen 318 y 43 respectivamente por lo que aplicando la fórmula, el resultado es el siguiente:

$$PFA = 318 * (0.65 + 0.01 * 43)$$

$$\text{Puntos de Función Ajustada (PFA)} = 343.44$$

1.2.2.5 Total de Líneas de Código.

Se midió el software en base a las líneas de código fuente totales. El sistema está hecho con NESTJS por lo que se toma un valor de 20 puntos en función de dicho lenguaje.

$$TLDC = \# \text{ promedio de líneas de código de C\# (Lenguaje orientado a objetos)} * PFA$$

$$TLDC = (20 * 343.44) / 1000$$

$$TLDC = 6.8688 \text{ K}$$

1.2.2.6 Estimación del Esfuerzo.

Tabla 6: Estimación del esfuerzo

MEI - FACTOR DE ESFUERZO		
Personal	ACAP	1.00
	PCAP	1.00
	PCON	1.00
	AEXP	1.00
	PEXP	1.00
	LTEX	1.10
Producto	RELY	0.88

	DATA	1.19
	CPLX	1.30
	RUSE	1.00
	DOCU	1.00
Plataforma	TIME	1.00
	STOR	1.00
	PVOL	0.87
Proyecto	TOOL	1.00
	SITE (LOC)	0.84
	SITE (COM)	1.29
πME_i		1.4117

Fuente: Elaboración propia

B	1.0748
πME_i	1.4117
Esfuerzo	32.9292

Con estos datos, se calculó un exponente de escala ($B = 1.0748$) y un valor de $\pi ME_i = 1.4117$, que se usaron para estimar el esfuerzo de desarrollo. El esfuerzo total estimado es de 32.9292 persona-meses.

1.2.2.7 Cálculo del Tiempo de Desarrollo y Personal

Tiempo de desarrollo		10.95	Meses
Cantidad de personal		3.01	Hombres

A partir de este esfuerzo, se estima que el tiempo de desarrollo será de 10.95 meses, y se necesitará un equipo de aproximadamente 3.01 personas para completar el proyecto en ese plazo. Por lo que se requiere de un programador frontend para la parte visual, un programador backend para desarrollar la funcionalidad y un arquitecto de software para orquestar el proyecto.

1.2.2.8 Costo de Programación

Para la determinación del costo de programación, las tasas salariales mensuales asignadas a cada perfil técnico fueron establecidas tomando como referencia los rangos del mercado laboral tecnológico para la región (Talently, 2026). Aplicando un enfoque de estimación conservadora, se asignó una compensación base de \$1,500.00 USD para el Arquitecto de Software, \$1,000.00 USD para el Programador Backend y \$800.00 USD para el Programador Frontend.

Para efectos de esta estimación financiera, se asume que el equipo de desarrollo operará bajo la modalidad legal de contrato por servicios profesionales. La adopción de esta figura justifica la estimación basada estrictamente en honorarios por tiempo invertido, eximiendo al proyecto del cálculo de cargas patronales y prestaciones sociales de ley, dada la naturaleza temporal y por entregables del desarrollo.

El costo total se obtiene determinando el pago por hora de cada perfil (asumiendo jornadas de desarrollo a tiempo parcial de 4 horas diarias, 15 días hábiles al mes) y multiplicándolo por el total de horas estimadas (658.6 horas por rol) durante los 11 meses de desarrollo, como se detalla a continuación:

Tabla 7. Costos de Programación

Cargo	Días hábiles/mes	Horas por día	Pago / hora	Salario mensual	Meses de desarrollo	Total de horas	Total a pagar
Arquitecto de software	15	4	6.3	1500	11.0	658.6	4116.1
Programador backend	15	4	4.2	1000	11.0	658.6	2744.1
Programador frontend	15	4	3.3	800	11.0	658.6	2195.3
TOTAL							\$9,055.52

Fuente: Elaboración propia

1.2.2.9 Análisis Costo-Beneficio

Para validar la rentabilidad, se transformaron las optimizaciones operativas en beneficios económicos mensuales. Estos ingresos representan ahorros en tiempo, insumos y mejora en la capacidad de atención de la clínica

Tabla 8. Estimación de Beneficios Operativos Mensuales

Concepto de beneficio	Cálculo Estimado	Ahorro Mensual (USD)
Optimización de Tiempo Administrativo	2 horas diarias ahorradas en búsqueda de expedientes x \$4/hora x 22 días	\$176.00
Reducción de Insumos Físicos	Eliminación de papelería, folders y archivo físico	\$45.00
Incremento en Capacidad de Citas	Gestión eficiente que permite 1 paciente extra al día (\$40 promedio) por 22 días laborales hábiles	\$880.00
Reducción de Citas Perdidas	Recordatorios automáticos que recuperan 2 citas/mes (\$40 promedio /cita)	\$80.00
Total Beneficio mensual		\$1,181.00

Fuente: Elaboración propia

Se proyecta un crecimiento anual del 8% en los beneficios operativos. Tras aplicar una tasa de descuento (TMAR Mixta) del 23.69%, los indicadores de rentabilidad son los siguientes:

Tabla 9. Flujo Neto de Efectivo Proyectado y VPN

	Inv. Inicial	0	1	2	3
Ingresos		\$14,172.00	\$15,305.76	\$16,530.22	\$17,852.64
Costos		\$390.00	\$421.20	\$454.90	\$491.29
FNE	-\$9,445.52	\$13,782.00	\$14,884.56	\$16,075.32	\$17,361.35
VPN	\$27,341.43				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Resumen de Indicadores de Rentabilidad

Años antes recuperación		1
Costo no recuperado		-\$4,336.48
Periodo de recuperación		0.71

Ingreso total de operaciones		\$46,787.49
Costo total de operaciones		\$10,733.07
Relacion Costo-Beneficio		435.92%

Fuente: Elaboración propia

1.2.3. Estudio Legal

Se ha proporcionado una descripción general de la plataforma tecnológica para atención odontológica, así como un análisis de las posibles restricciones legales que podrían afectar al software. Se han tenido en cuenta aspectos como el uso de licencias de software, la protección de datos sensibles en salud, la interoperabilidad con estándares nacionales e internacionales, y las regulaciones específicas para sistemas de información en el sector salud nicaragüense.

El sistema fue desarrollado utilizando React para la interfaz de usuario, un framework de JavaScript de código abierto sujeto a la Licencia MIT, una licencia permisiva que permite el uso, modificación y distribución libre del software sin restricciones significativas. Para el backend, se empleó NestJS, también bajo Licencia MIT, lo que garantiza flexibilidad en su implementación en proyectos comerciales o no comerciales. La base de datos PostgreSQL opera bajo la Licencia PostgreSQL, similar a las licencias BSD o MIT, que es una licencia de software libre y abierta que no impone limitaciones en su uso o redistribución.

Adicionalmente, la integración de la Gemini API de Google está sujeta a los Términos de Servicio Adicionales de Google para la API de Gemini, que incluyen restricciones específicas. Estos términos prohíben el uso de los servicios en práctica clínica, para proporcionar consejos médicos, o en cualquier manera que requiera aprobación de una agencia reguladora de dispositivos médicos. No se permite su empleo en

aplicaciones críticas para la seguridad, como en entornos de salud, donde un mal funcionamiento podría llevar a lesiones o daños. Los usuarios deben tener al menos 18 años, y el servicio no puede dirigirse a menores de edad. Aunque la plataforma propone un uso supervisado por profesionales, esta restricción podría representar un obstáculo legal, recomendándose evaluar alternativas o buscar aprobación expresa de Google para su integración en contextos odontológicos.

Con relación a las leyes o restricciones en Nicaragua, la Ley No. 787 de Protección de Datos Personales (2012) establece requisitos estrictos para el tratamiento de datos personales, especialmente datos sensibles como la información clínica odontológica, que incluye historiales médicos, notas clínicas y datos de pacientes. La plataforma cumple con estos mediante encriptación AES-256, autenticación JWT y controles de acceso por roles, superando los estándares mínimos exigidos. Sin embargo, cualquier tratamiento de datos debe garantizar el consentimiento informado, la cancelación de datos innecesarios y la notificación de brechas, alineándose con el artículo 17 de la ley que obliga a cancelar datos cuando dejan de ser pertinentes.

En el ámbito de la salud, el Ministerio de Salud (MINSa) regula mediante normas como la NTON 24001:2023 sobre Tecnología de la Salud y Dispositivos Médicos, que requiere el registro sanitario para software clasificado como dispositivo médico si este realiza diagnósticos, sugerencias clínicas o procesamiento de datos para fines terapéuticos. Dado que la plataforma incluye un odontograma digital, procesamiento de lenguaje natural para notas clínicas y sugerencias basadas en IA, podría requerir evaluación y registro ante la Autoridad Nacional de Regulación Sanitaria (ANRS/MINSa) para asegurar el cumplimiento con requisitos de calidad, seguridad y eficacia. Además, los lineamientos del MINSa (2022) para interoperabilidad en salud, basados en estándares como HL7 FHIR, deben mantenerse para la integración con sistemas externos.

Respecto a la inteligencia artificial en salud, Nicaragua no cuenta con legislación específica, pero se alinea con directrices internacionales como las de la OMS (2021) para IA ética en salud, que enfatizan la supervisión humana y la adaptación local. El MINSa está implementando IA en sistemas como agendamiento de citas, lo que sugiere viabilidad, pero el enfoque híbrido (IA con validación profesional) debe documentarse para mitigar riesgos éticos y legales.

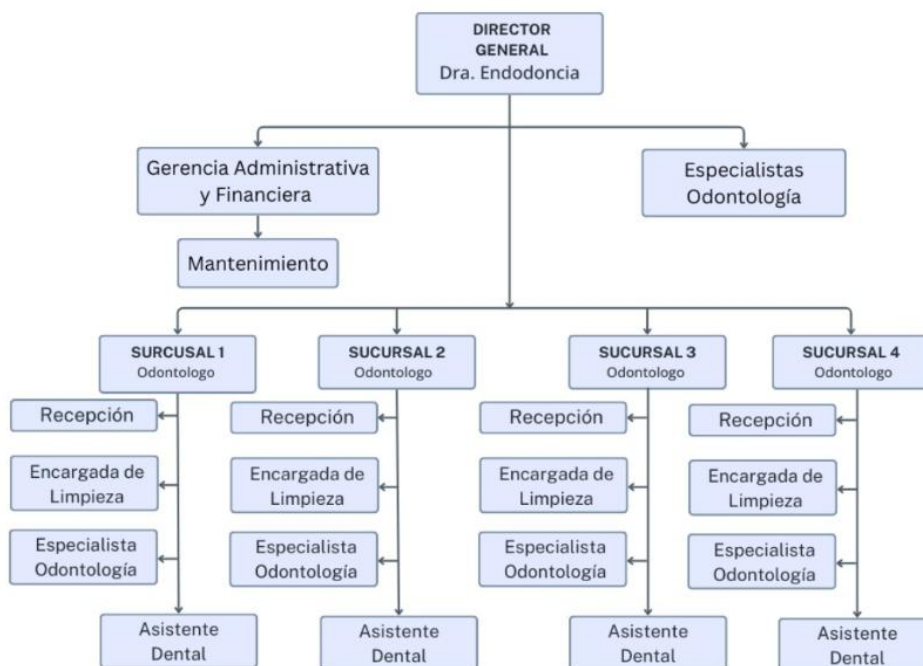
1.2.4. Estudio de Viabilidad Operativa

Esta etapa analiza si la organización cuenta con la estructura, los procesos y la cultura necesaria para adoptar el nuevo sistema, minimizando la resistencia al cambio y garantizando continuidad operativa

1.2.4.1 Estructura Organizacional

Para fundamentar la viabilidad operativa, es imperativo comprender la dinámica de la clínica. La organización opera bajo una estructura descentralizada con una dirección general que supervisa cuatro sucursales activas.

Organigrama Clínica Odontomédica



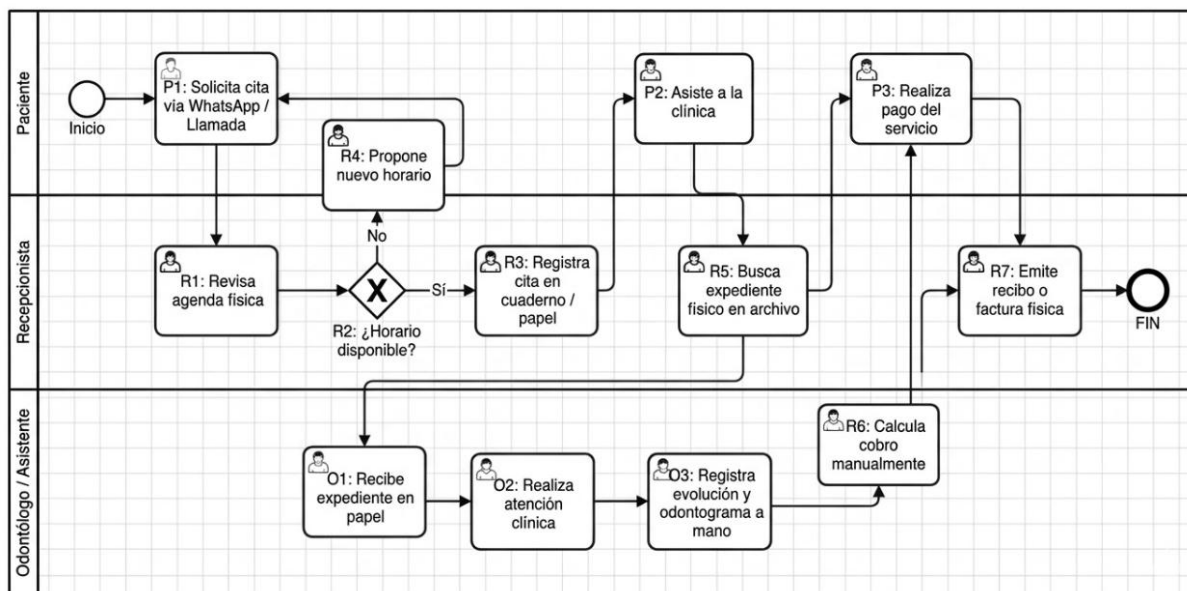
Fuente: elaboración propia

Para ilustrar el flujo de las operaciones diarias, se procedió a levantar el modelo de negocio actual mediante el modelado de procesos (BPMN). Como se detalla en el diagrama correspondiente, el proceso inicia con la recepción del paciente, continúa con la apertura o búsqueda física del historial clínico, la atención odontológica, y finaliza con la facturación y el registro en el módulo de caja. La estructuración de este

modelo evidencia los cuellos de botella generados por la gestión documental en papel y valida la capacidad de la organización para absorber una reingeniería de procesos a través del nuevo sistema web.

Figura 7

Modelado de proceso de la clínica



Nota: Elaboración propia

1.2.4.2. Estrategia de Implementación (Fase Piloto)

Para garantizar el éxito operativo y mitigar el impacto del cambio tecnológico, se ha diseñado una estrategia de despliegue progresivo basada en un enfoque de adopción en paralelo. La implementación se ejecutará en las siguientes fases:

- 1. Fase de Capacitación:** Sesiones teórico - prácticas con el personal de la sucursal principal utilizando un entorno de pruebas para familiarizarlos con la interfaz web y los flujos del odontograma interactivo. Durante esta etapa, se dará inicio al proceso de digitalización y migración de los expedientes clínicos físicos al nuevo sistema.

- 2. Fase Piloto en paralelo:** Durante un período de 15 días, la sucursal principal operará el nuevo sistema web simultáneamente con el registro físico tradicional. Esto permitirá validar la integridad de la base de datos PostgreSQL y la estabilidad del servidor VPS sin poner en riesgo la operación clínica.
- 3. Transición Final:** Una vez validadas las métricas de rendimiento y la precisión de los datos en la fase piloto, se procederá al abandono de los registros manuales en la sucursal principal, escalando posteriormente este modelo de adopción a las 3 sucursales restantes de manera secuencial.

1.2.4.3. Análisis del Factor Humano y Adaptabilidad

La viabilidad operativa depende críticamente de la aceptación del usuario final. En este contexto, se identificó al personal clave de la institución, conformado por la Gerencia General, los Odontólogos Especialistas, los Asistentes Dentales y el personal de Recepción.

A través de la aplicación de entrevistas diagnósticas (ver Anexo A: Formato de entrevista), se evaluó la disposición de estos perfiles frente a la digitalización. El análisis reveló una alta receptividad para migrar hacia una solución digital, motivada por la necesidad urgente de mitigar las ineficiencias actuales. Estas ineficiencias, soportadas documentalmente en el árbol de problemas (ver Anexo B) , incluyen la pérdida de historiales físicos, la doble programación de citas en las agendas manuales y la prolongación de los tiempos de espera, problemáticas que el personal clave ha reconocido como insostenibles para el crecimiento a corto plazo de la clínica.

CAPÍTULO II: ALCANCE DEL SISTEMA Y OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS

2.1. Generalidades

En el presente capítulo se aborda la delimitación del alcance del proyecto y la especificación detallada de los requerimientos del sistema. A partir del diagnóstico realizado en la Clínica OdontoMédica Integral, se documentan los procesos involucrados en el área de aplicación y se definen los requerimientos funcionales y no funcionales. Estos elementos constituyen el marco de desarrollo arquitectónico y lógico del sistema de información web para la administración de servicios médicos, asegurando su alineación con los objetivos organizacionales y el estricto cumplimiento normativo establecido por la Ley No. 787 de Protección de Datos Personales.

2.2. Identificación de Requerimientos Básicos del Usuario

Se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales que detallan las funciones específicas que debe y no debe realizar el sistema web para satisfacer las necesidades de los usuarios de la Clínica OdontoMédica Integral, además los atributos del software que no están relacionados con la función, pero que son importantes para los usuarios como la seguridad, accesibilidad, rendimiento y facilidad de uso

2.3. Documentación de los Requerimientos

Esta etapa debe incluir tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales y debe proporcionar una descripción detallada de lo que el Sistema Web debe hacer.

Para la documentación de los requerimientos se utilizaron los diagramas UWE () y las plantillas de Coleman para comprender y validar los requerimientos antes de iniciar la implementación del sistema.

2.4. Descripción General del Sistema

El Sistema de Información Web a desarrollar para la Clínica OdontoMédica Integral constituye una solución tecnológica integral que transforma la gestión operativa de la clínica dental, migrando de procesos manuales basados en formularios físicos hacia una plataforma digital moderna, eficiente y centralizada.

2.5. Propósito y Alcance

El sistema será diseñado para abordar las principales problemáticas identificadas en la clínica: la desorganización en el seguimiento de pacientes, la programación manual ineficiente de citas, las limitaciones en la comunicación interna y externa, y la ineficiencia en la administración de recursos y tiempos. La solución implementada centraliza toda la información médica y administrativa en una plataforma web accesible que optimiza los flujos de trabajo y mejora significativamente la experiencia tanto del personal médico como de los pacientes.

2.6. Actores del Sistema

Los participantes usuarios del sistema según la investigación son los siguientes:

- Paciente: usuario externo que recibe atención y notificaciones vía whatsapp
- D: profesional que atiende, diagnostica, actualiza historia/odontograma y gestiona los tratamientos
- Asistente dental: actualiza historial/odontograma, gestiona los egresos del módulo de caja
- Recepcionista: gestiona agenda, gestiona caja y la comunicación operativa
- Administrador del sistema: gestiona usuarios, roles y configuración
- Gerencia: acceso a reportes, indicadores, políticas y actividad

1.3.6 Requerimientos del sistema

1.3.6.1 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales del sistema de información web para la Clínica OdontoMédica Integral, representan las funcionalidades esenciales identificadas a través de entrevistas realizadas al gerente de la clínica.

Estos requerimientos reflejan las necesidades de la clínica y establecen las acciones que el sistema debe de realizar para cumplir con sus objetivos principales.

A continuación, se listan los requerimientos obtenidos en base al análisis de la información recopilada:

RF-01	Gestión de pacientes (CRUD)
Versión	1.0.0
Autores	• Recepcionista • Dentista • Administrador
Fuente	• Dentista • Administrador
Descripción	Alta, consulta, actualización y desactivación de pacientes con datos personales, contactos, antecedentes y alergias
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	N/A

RF-02	Gestión usuarios y roles
Versión	1.0.0
Autores	• Administrador
Fuente	• Administrador del sistema
Descripción	Crear usuarios (Dentista, recepcionista, dmin, asistente dental y gerencia) y asignar permisos por rol
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	N/A
Dependencias	RNF-01

RF-03	Historia clínica y alergias
Versión	1.0.0
Autores	• Dentista, asistente dental y paciente (vista controlada)
Fuente	• Dentista
Descripción	Registrar y consultar historia clínica, antecedentes, alergias y evolución
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	N/A
Dependencias	RF-01, RNF-01

RF-04	Odontograma digital
Versión	1.0.0
Autores	• Dentista, asistente dental
Fuente	• Dentista
Descripción	Representación dental por pieza/superficie, diagnóstico y tratamiento asociado, con versionado
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• Alta/modificación de estados por diente y superficie • Historial de cambios por visita • Visualización
Dependencias	RF-03

RF-05	Agenda de citas por odontólogo y consultorio
Versión	1.0.0
Autores	• Dentista y recepcionista
Fuente	• Recepcionista y dentista
Descripción	Crear, consultar y asignar citas por franja horaria y profesional
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• No permite solapamientos en mismo odontólogo/consultorio. • Manejo de estados: programada, confirmada, reprogramada,

	cancelada, atendida, ausente. • Búsqueda por fecha, odontólogo, paciente, estado.
Dependencias	RF-01, RNF-02

RF-06	Reprogramación y cancelación con motivos
Versión	1.0.0
Autores	• Recepcionista y odontólogo
Fuente	• Recepcionista
Descripción	Cambiar fecha/hora o cancelar, registrando motivo y notificación al paciente
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• Reprogramación actualiza disponibilidad sin solapamientos. • Cancelación exige motivo y genera notificación. • Se guarda trazabilidad de cambios (antes/después).
Dependencias	RF-01, RNF-02

RF-07	Recordatorios automáticos de citas
Versión	1.0.0
Autores	• Recepcionista, Dentista
Fuente	• Sistema, paciente
Descripción	Envío automático (email/SMS/WhatsApp) 24–48h antes y el mismo día

Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• Plantillas configurables por canal e idioma. • Confirmación del paciente registra estado “confirmada”. • Reintentos y registro de entregabilidad
Dependencias	RF-05, RNF-03

RF-08	Adjuntos clínicos (imágenes/documentos)
Versión	1.0.0
Autores	• Dentista, asistente dental
Fuente	• Dentista
Descripción	Subir radiografías, fotos y documentos con metadatos y control de acceso.
Prioridad	Media
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• Tamaño máximo y tipos de archivo permitidos. • Almacenamiento con nombres no predecibles y checksums. • Descargas auditadas.
Dependencias	RNF-01, RNF-04

RF-9	Auditoría y bitácora
Versión	1.0.0
Autores	Administrador
Fuente	Administrador, sistema
Descripción	Registrar operaciones sensibles: CRUD pacientes, historia, citas, permisos.
Prioridad	Media
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• Log con usuario, acción, timestamp, IP/agente, payload mínimo. • Retención mínima 12 meses. • Búsqueda y exportación de eventos por rango de fechas.
Dependencias	RNF-01, RNF-07

RF-10	Gestión de caja e ingresos/egresos
Versión	1.0.0
Autores	Recepcionista, asistente dental, administrador
Fuente	Recepcionista, administrador
Descripción	Control de flujo de caja con registro de ingresos, egresos y balance
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta

Comentarios	• Dashboard con totales: Ingresos, Egresos, Balance • Filtros por fecha y tipo de transacción • Búsqueda de transacciones específicas • Paginación de resultados
Dependencias	N/A

RF-11	Facturación de servicios odontológicos
Versión	1.0.0
Autores	Recepcionista, dentista
Fuente	Recepcionista, administrador
Descripción	Generar facturas por servicios prestados con múltiples ítems
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	• Selección de servicios del catálogo • Búsqueda de productos/servicios • Cálculo automático de subtotales • Asociación con paciente específico • Selección de doctor responsable
Dependencias	N/A

RF-12	Autenticación de Usuarios (Login)
Versión	1.0.0
Autores	Administrador
Fuente	Gerencia, Equipo de TI
Descripción	El sistema debe permitir a los usuarios autorizados (ej. Administrador, Odontólogo, Recepcionista) acceder a la plataforma mediante el ingreso de credenciales válidas (correo/usuario y contraseña), validando el rol encapsulado en el token para otorgar permisos específicos a los módulos.
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto / Implementado
Estabilidad	Alta
Comentarios	El acceso debe estar protegido mediante tokens de acceso JWT (JSON Web Tokens) inyectados en las cabeceras HTTP y contraseñas cifradas (hash).
Dependencias	Ninguna aplicable al login inicial.

RF-13	Soporte Multitenancy (Múltiples Sucursales)
Versión	1.0.0
Autores	Gerencia, Administrador
Fuente	Gerencia
Descripción	El sistema debe aislar y gestionar la información operativa (agendas, caja, pacientes locales e inventarios) diferenciando entre la sucursal principal y las sedes anexas mediante una

RF-13	Soporte Multitenancy (Múltiples Sucursales)
	arquitectura multitenant lógica. La gerencia y perfiles globales podrán alternar entre contextos de sucursales dinámicamente.
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto / Implementado
Estabilidad	Alta
Comentarios	Soluciona la problemática de fragmentación de expedientes físicos y permite separar la facturación por establecimiento (RFC/RUC en cada sede). El contexto (tenant) se maneja a nivel de interceptores en la API.
Dependencias	Aplica globalmente al core del sistema.

RF-14	Generación de Reportes Operativos y Financieros
Versión	1.0.0
Autores	Gerencia, Administrador
Fuente	Gerencia
Descripción	El sistema debe permitir al personal autorizado generar, visualizar estadísticamente y exportar consolidados de métricas financieras (ingresos, facturación) y operativas (citas atendidas/ausentismo), pudiendo aplicar filtros cruzados de tiempo (mes, semana) y delimitados por profesional o sucursal activa.
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto / Implementado
Estabilidad	Alta

RF-14	Generación de Reportes Operativos y Financieros
Comentarios	Fundamental para obtener KPIs financieros centralizados y apoyar la toma de decisiones en tiempo real sin requerir cruces manuales en Excel. La carga generativa gráfica recae en módulos del cliente (Frontend).
Dependencias	Recopilación de RF-10 y RF-05

1.3.6.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales del sistema de información web de la Clínica OdontoMédica Integral, son aquellas condiciones o restricciones que el sistema debe cumplir para ser útil y eficiente en el consultorio. Esos se encuentran aplicados al sistema en general, mas que a funciones o servicios específico, y garantizan que su desempeño sea adecuado para las necesidades de la clínica.

A continuación, se listan los requerimientos obtenidos en base al análisis de la información recopilada:

RNF-01	Rendimiento
Versión	1.0.0
Autores	Gerencia
Fuente	Gerencia, TI
Criterios	• p95 de respuesta API < 2s en operaciones CRUD comunes. • Búsquedas con índice p95 < 3s con 100k pacientes y 500k citas. • Página de agenda carga p95 < 2s con 1 mes visible.
Prioridad	Alta

Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	N/A

RNF-02	Disponibilidad
Versión	1.0.0
Autores	Gerencia
Fuente	Gerencia, TI
Criterios	• Disponibilidad $\geq 99.0\%$ mensual. • RPO $\leq 24h$; RTO $\leq 2h$. • Backups diarios automáticos y prueba de restauración trimestral.
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	N/A

RNF-03	Seguridad y Control de Acceso
Versión	1.0.0
Autores	Administrador del sistema
Fuente	Gerencia, TI
Criterios	• Autenticación basada en JSON Web Tokens (JWT) firmados, con validación de sesión activa en la base de datos para permitir la revocación inmediata ante vulneraciones. • Protección contra ataques de fuerza bruta mediante la implementación de <i>Rate Limiting</i> (límite de 10 intentos

	de inicio de sesión por minuto). • Toda comunicación cliente-servidor se realizará de forma cifrada a través de HTTPS (TLS 1.3) • Encriptación de datos en reposo utilizando el estándar AES-256 • Estricto cumplimiento normativo de la Ley No. 787 de Protección de Datos Personales de Nicaragua
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Es mandatorio para la protección de la información clínica y personal de los pacientes.

RNF-04	Usabilidad e interfaz de usuario
Versión	1.0.0
Autores	Dentista, Recepcionista, Asistente
Fuente	Usuarios finales, Equipo de TI
Criterios	• La interfaz gráfica se desarrollará utilizando la biblioteca React , garantizando un diseño responsivo que se adapte a resoluciones de monitores de escritorio y dispositivos móviles. • El diseño del sistema priorizará la claridad y minimizará la curva de aprendizaje, aplicando los principios de usabilidad de Nielsen para entornos médicos • El módulo del odontograma digital debe permitir la interacción intuitiva (selección gráfica por pieza y superficie) replicando el flujo de trabajo convencional.
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Garantiza la adopción tecnológica y reduce la carga operativa del personal

RNF-05	Mantenibilidad y Escalabilidad Arquitectónica
Versión	1.0.0
Autores	Equipo de Desarrollo
Fuente	Arquitectura de Software
Criterios	• El código fuente se estructurará bajo el patrón de arquitectura de tres capas (Presentación, Lógica de Negocio y Persistencia). • La adopción del framework NestJS responde a la necesidad de organizar el código en módulos desacoplados. Esta cualidad permite aislar el desarrollo de funcionalidades específicas, como la Agenda o la Gestión Clínica, sin afectar el resto del sistema. Adicionalmente, el uso nativo de TypeScript proporciona un tipado estático fuerte, lo cual reduce significativamente los errores en tiempo de compilación y eleva la calidad general del código. • Para asegurar la escalabilidad de los datos sin comprometer la integridad de la información clínica, la base de datos PostgreSQL es gestionada a través del mapeo objeto-relacional (ORM) TypeORM
Prioridad	Alta
Estado	Propuesto
Estabilidad	Alta
Comentarios	Facilita la escalabilidad futura, el aislamiento de fallos y las pruebas unitarias independientes por módulo.

CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA

El diseño del sistema de la Clínica OdontoMédica Integral se fundamenta en la metodología **UWE (UML-based Web Engineering)**, un enfoque de ingeniería de software especializado en aplicaciones web. A partir del estudio de procesos y el levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales previamente definidos, se omitió el modelado del negocio para dar paso directo al modelado arquitectónico del sistema. Este capítulo detalla los modelos de requerimientos, contenido, navegación y presentación, asegurando una estructura robusta y escalable.

3.1 Modelo de Requerimientos

El modelo de requerimientos define las interacciones directas entre los actores (usuarios del sistema, como Recepcionista, Odontólogo y Administrador) y el sistema web. Dado que los procesos operativos ya fueron analizados en la fase previa, este modelo se centra exclusivamente en las funciones que el software debe ejecutar para satisfacer dichas necesidades operativas.

A continuación, se presenta el diagrama general de Casos de Uso del Sistema, el cual consolida las acciones principales, tales como la gestión de pacientes, control de citas, manejo de expedientes clínicos y facturación:

3.1.1. Módulo de Gestión de Pacientes

- **CU-01 Registrar Paciente:** Permite ingresar los datos personales y de contacto de un nuevo paciente al sistema.
- **CU-02 Buscar Paciente:** Permite consultar la base de datos mediante filtros (nombre, cédula) para localizar el registro de un paciente existente.
- **CU-03 Actualizar Datos de Paciente:** Permite modificar la información de un paciente (ej. cambio de teléfono o dirección).
- **CU-04 Deshabilitar Paciente:** Permite dar de baja lógica a un paciente en el sistema sin borrar su historial clínico (soft delete).

3.1.2 Módulo de Expediente Clínico

- **CU-05 Consultar Historial Clínico:** Permite al odontólogo visualizar todas las atenciones previas, diagnósticos y radiografías adjuntas de un paciente.
- **CU-06 Agregar Nota Clínica:** Permite al odontólogo registrar la evolución, diagnóstico y tratamiento realizado durante la consulta.
- **CU-07 Actualizar Expediente Matriz (Anamnesis):** Permite modificar los datos de antecedentes médicos, familiares y alergias del paciente.
- **CU-08 Registrar/Actualizar Odontograma:** Permite registrar el estado dental inicial y la evolución por pieza/superficie del paciente.
- **CU-09 Subir Adjuntos Clínicos:** Permite subir archivos multimedia (radiografías, fotos, documentos) asociados al historial del paciente.
- **CU-10 Generar Plan de Tratamiento:** Permite crear una propuesta estructurada de tratamientos (presupuesto) basada en los hallazgos del odontograma.

3.1.3 Módulo de Agenda y Citas

- **CU-11 Agendar Cita:** Permite registrar una nueva reservación de espacio en la agenda para un paciente y un doctor específico.
- **CU-12 Reprogramar Cita:** Permite modificar la fecha, hora, duración o doctor asignado de una cita previamente agendada sin alterar el motivo original.
- **CU-13 Cancelar Cita:** Permite anular una reservación cuando el paciente notifica que no asistirá, liberando el espacio en el calendario.
- **CU-14 Marcar Cita como Atendida:** Permite cambiar el estado de la cita a "Atendida" una vez que el odontólogo culmina su valoración o tratamiento.

3.1.4. Módulo de Facturación y Promociones

- **CU-15 Generar Factura:** Permite registrar el cobro de un servicio odontológico realizado.

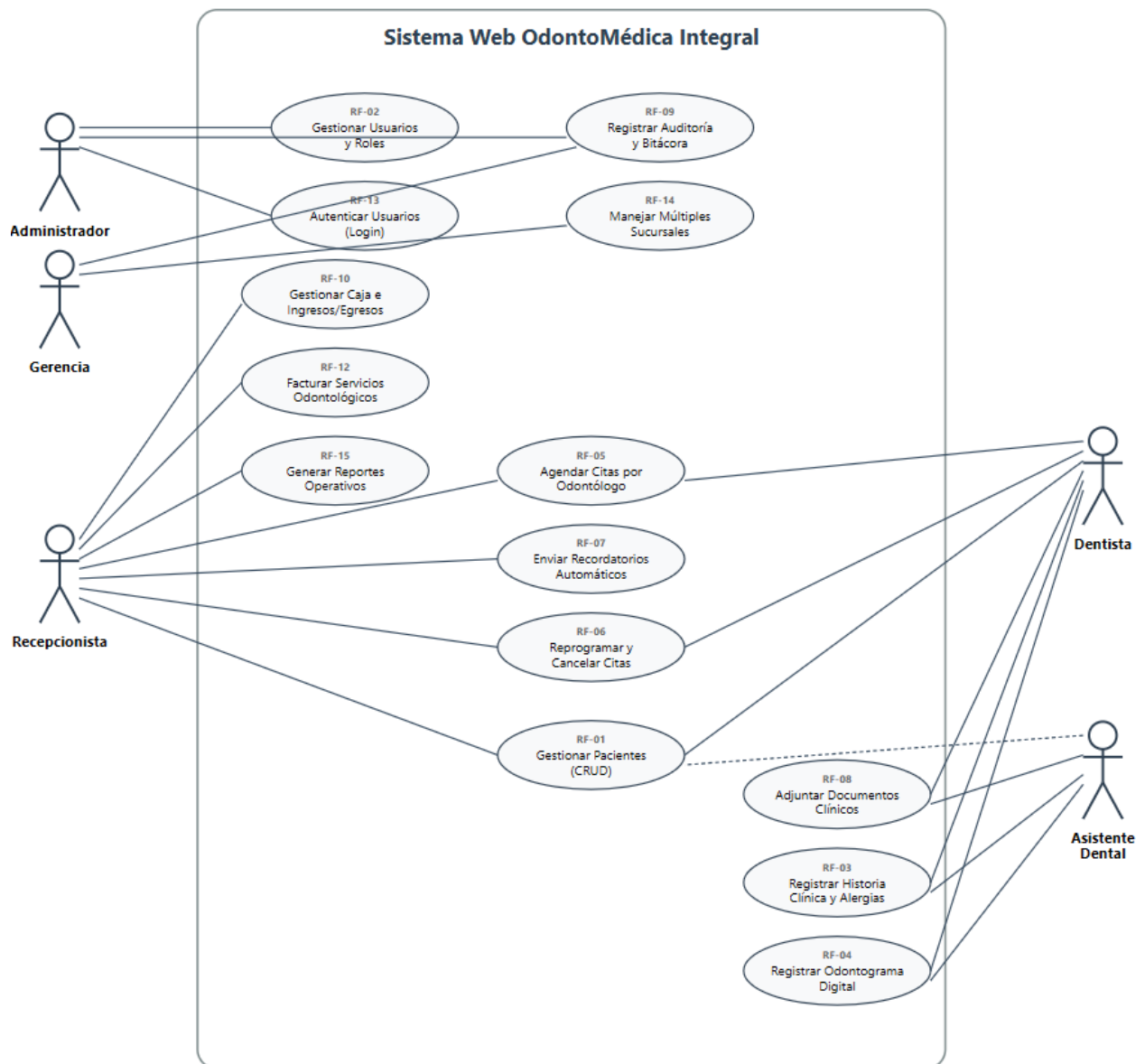
- **CU-16 Aplicar Promoción:** Permite descontar un porcentaje o monto fijo a una factura basándose en campañas vigentes.
- **CU-17 Anular Factura:** Permite invalidar un registro de cobro emitido por error.

3.1.4. Módulo de Autenticación, Sucursales y Reportes

- **CU-18 Iniciar Sesión:** Permite a los usuarios registrados autenticarse en la plataforma mediante credenciales válidas y obtener acceso según los permisos de su rol.
- **CU-19 Gestionar Sucursales:** Permite descontar un porcentaje o monto fijo a una factura basándose en campañas vigentes.
- **CU-20 Generar Reportes Gerenciales:** Permite consolidar datos operativos y financieros (ingresos, egresos, flujo de caja, cantidad de citas) para emitir reportes exportables que apoyen la toma de decisiones.
- **CU-21 Gestionar Usuarios y Roles:**

3.1.5. Diagrama general de caso de usos propuesto

A continuación, se presenta el diagrama UML que ilustra gráficamente a los actores y su interacción con los casos de uso explotados del sistema.



3.2 Especificación y Diagramas de Actividad

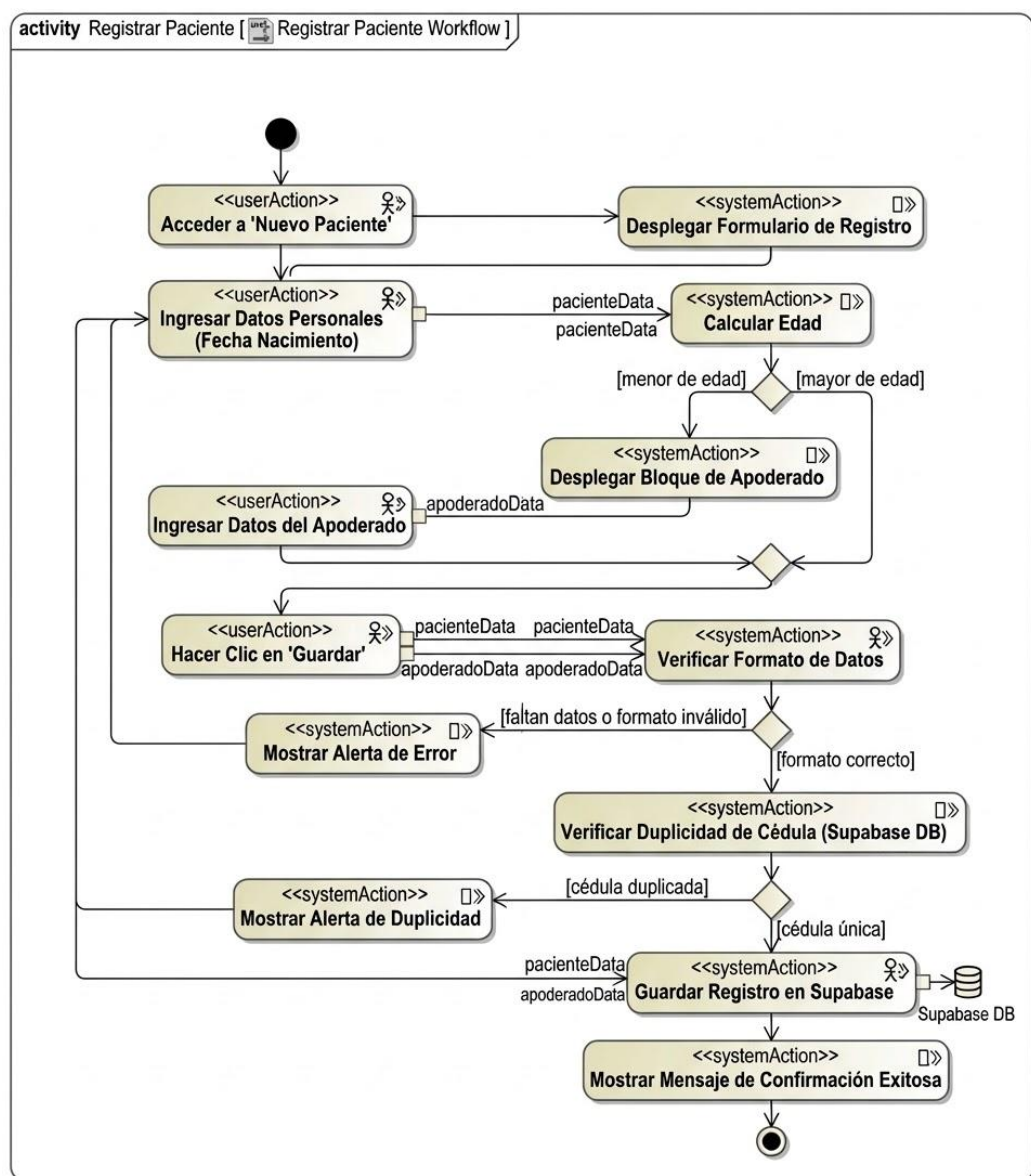
Según la metodología UWE, cada caso de uso debe ser detallado técnica y visualmente mediante un Diagrama de Actividad que modele la interacción entre el usuario y el sistema. A continuación, se presentan las especificaciones de los procesos críticos.

3.2.1 CU-01: Registrar Paciente

CU-01	Registrar Paciente
Descripción	Permite ingresar los datos personales y de contacto de un nuevo paciente al sistema, creando un registro único en la base de datos.
Actores	Recepcionista, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata.
Precondición	El usuario debe estar autenticado en el sistema. El paciente no debe poseer un registro previo basado en su número de documento de identidad.
Pasos	1. El usuario accede al módulo "Pacientes" y selecciona "Nuevo Paciente". 2. El sistema muestra el formulario de registro. 3. El usuario ingresa los datos solicitados. Si el sistema detecta por la fecha de nacimiento que es menor de edad, despliega el bloque obligatorio de "Datos del Apoderado". 4. El usuario hace clic en "Guardar". 5. El sistema valida los formatos de los campos y verifica que no exista duplicidad. 6. El sistema guarda la información y muestra un mensaje de éxito.
PostCondición	Se crea un nuevo registro único de paciente en la base de datos, habilitando para agendar citas y crear su expediente clínico.

CU-01	Registrar Paciente
Excepciones	- Error de validación: Datos obligatorios en blanco o formatos inválidos (ej. correo electrónico). - Error de duplicidad: Ya existe un paciente con el mismo documento de identidad. - Error de conexión: Pérdida de comunicación con la base de datos.

Diagrama de Actividad (CU-01)



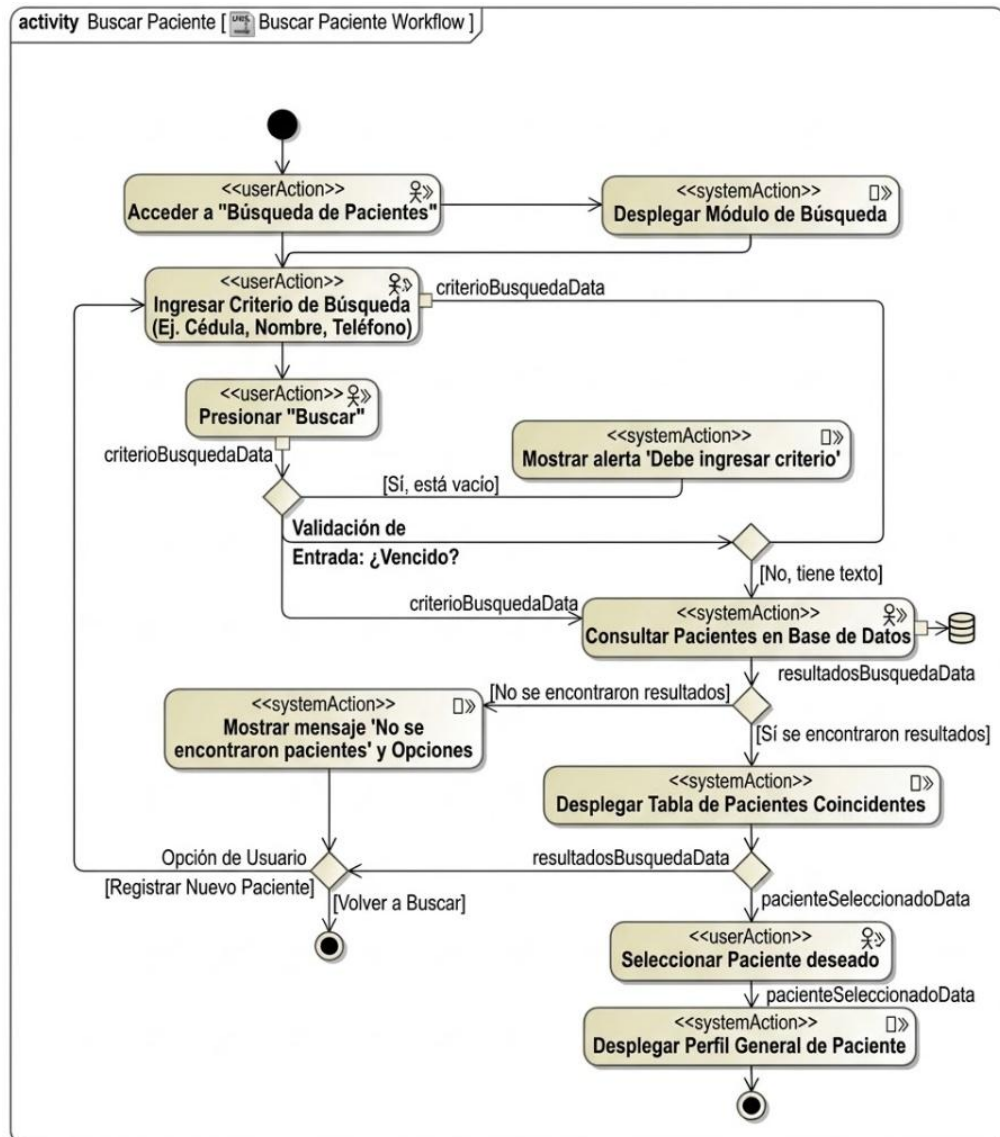
3.2.2 CU-02: Buscar Paciente

CU-02	Buscar Paciente
Nombre	Buscar Paciente
Descripción	Permite consultar la base de datos mediante filtros (nombre, cédula/documento, teléfono, email) para localizar el registro de un paciente existente.
Actores	Recepcionista, Dentista, Asistente Dental, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata.
Precondición	El usuario debe estar autenticado en el sistema. Deben existir pacientes registrados en la base de datos.
Pasos	1. El usuario accede al módulo "Pacientes". 2. El sistema muestra la barra superior de búsqueda iterativa. 3. El usuario ingresa un término de búsqueda (ej. parte del nombre o número de cédula). 4. El sistema filtra en tiempo real la tabla de pacientes o muestra sugerencias dinámicas. 5. El usuario selecciona el paciente deseado de la lista filtrada. 6. El sistema redirige al usuario al perfil clínico/administrativo del paciente.
PostCondición	El usuario visualiza exitosamente el perfil del paciente buscado.

Excepciones

- **Sin resultados:** El sistema muestra el mensaje "No se encontraron resultados" y sugiere registrar un nuevo paciente.
- **Error de conexión:** Fallo al comunicarse con el servidor durante la búsqueda en tiempo real.
- **Cancelación:** El usuario abandona la búsqueda antes de seleccionar un paciente o cerrar la ventana/módulo.
- **Datos inválidos:** El usuario ingresa caracteres especiales o un formato que el sistema no puede procesar (aunque el filtrado en tiempo real debería manejar esto).

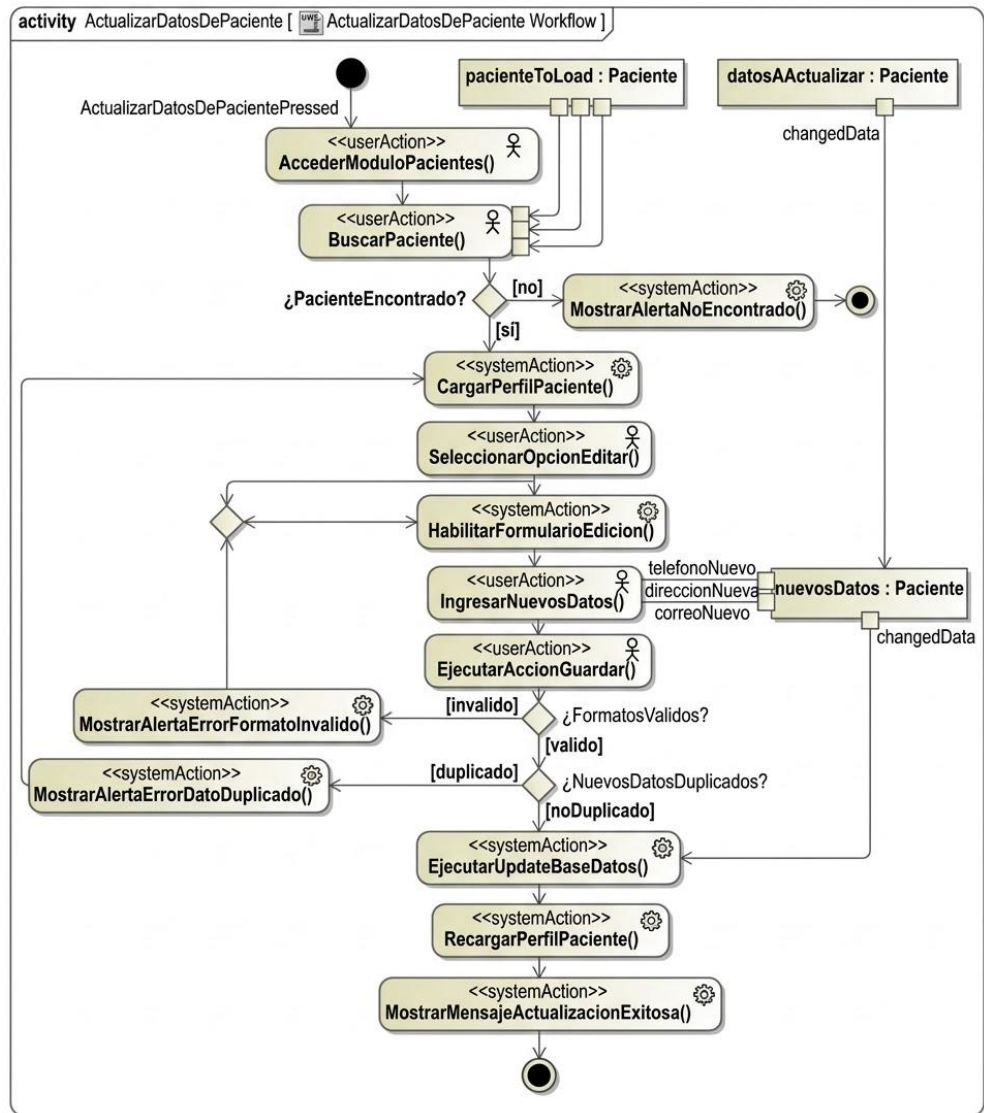
Diagrama de Actividad (CU-02)



3.2.3 CU-03: Actualizar Paciente

CU-03	Actualizar Paciente
Descripción	Permite modificar la información personal, de contacto o administrativa de un paciente ya registrado (ej. cambio de teléfono o dirección).
Actores	Recepcionista, Administrador.
Prioridad	Media.
Urgencia	Normal.
Precondición	El paciente debe existir en el sistema. El usuario debe estar autenticado.
Pasos	1. El usuario accede al perfil del paciente objetivo (por ejemplo, desde el CU-02). 2. El usuario selecciona la acción de "Editar" en la pestaña de Filiación o datos personales. 3. El sistema habilita el formulario con los datos actuales precargados. 4. El usuario modifica los datos deseados (ej. teléfono o correo electrónico). 5. El usuario hace clic en "Guardar cambios". 6. El sistema valida la integridad y los formatos (ej. que el nuevo correo sea válido). 7. El sistema actualiza el registro parcial y muestra una confirmación de éxito.
PostCondición	Los datos del paciente quedan actualizados en la base de datos, y el historial de cambios registra la actualización (si aplica auditoría).
Excepciones	- Error de validación: Se ingresó un formato incorrecto.- Conflicto de unicidad: Se intenta actualizar el correo/cédula por uno que ya pertenece a otro paciente. - Error de conexión: Fallo al comunicarse con la base de datos durante la actualización.

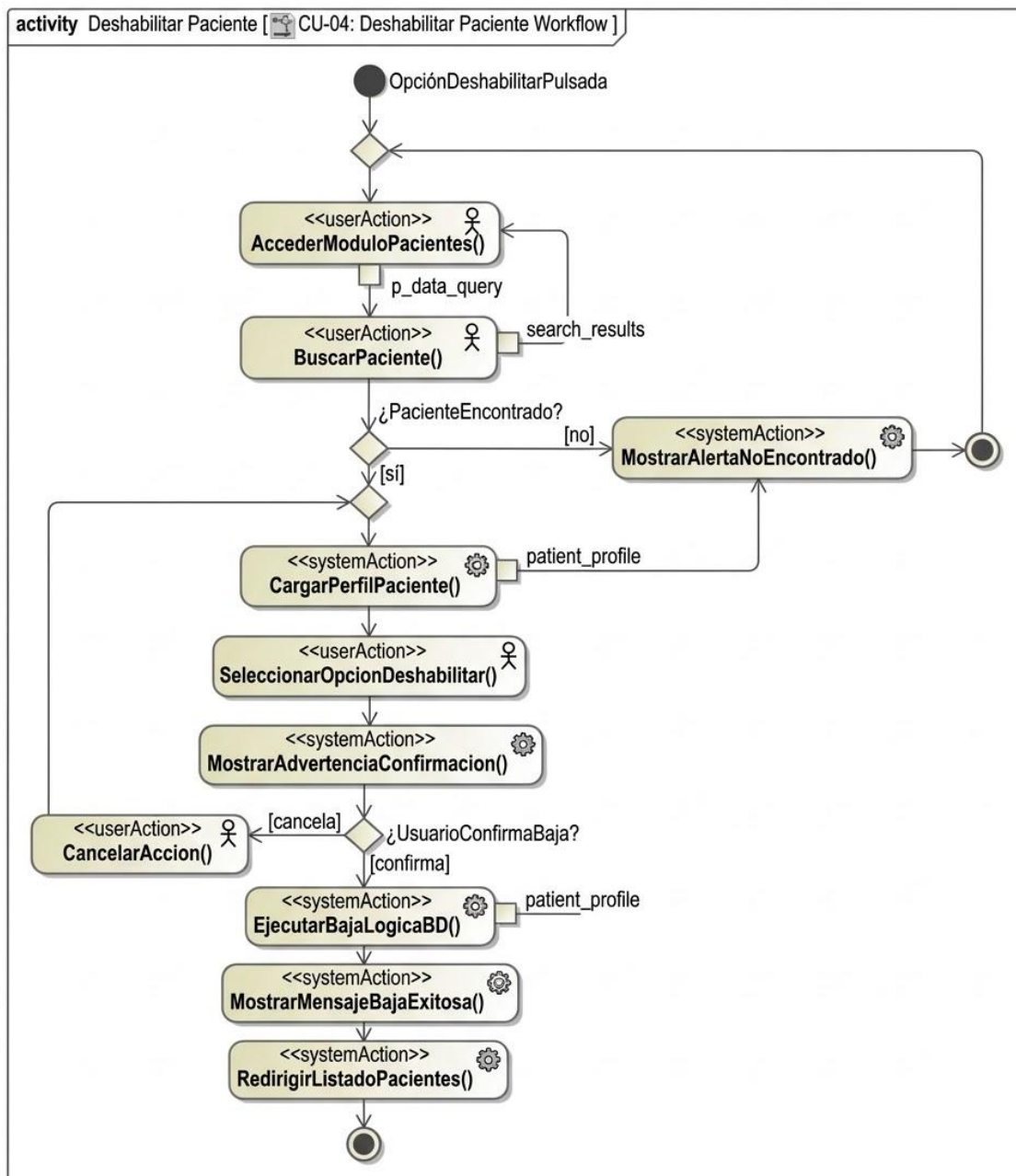
Diagrama de Actividad (CU-03)



3.2.4 CU-04: Eliminar/Dar de Baja Paciente

CU-04	Eliminar/Dar de Baja Paciente
Descripción	Permite marcar el registro de un paciente como inactivo o archivado, manteniendo la integridad referencial para el historial clínico (se recomienda una baja lógica en lugar de una eliminación física).
Actores	Administrador.
Prioridad	Baja.
Urgencia	Normal.
Precondición	El paciente debe existir en el sistema. El usuario debe tener permisos de Administrador y estar autenticado.
Pasos	1. El usuario accede al perfil del paciente objetivo. 2. El usuario selecciona la opción "Dar de Baja" o "Archivar". 3. El sistema muestra un mensaje de advertencia solicitando confirmación de la acción, explicando que el historial clínico permanecerá. 4. El usuario confirma la baja. 5. El sistema actualiza el estado del paciente a "Inactivo" o "Archivado" en la base de datos. 6. El sistema muestra un mensaje de éxito y redirige al listado de pacientes.
PostCondición	El registro del paciente queda marcado como "Inactivo" y no aparecerá en las búsquedas o listados activos, pero su información se preserva para auditoría y referencias históricas.
Excepciones	- No autorizado: El usuario no tiene permisos para realizar la baja. - Error de conexión: Fallo al actualizar el estado en la base de datos.

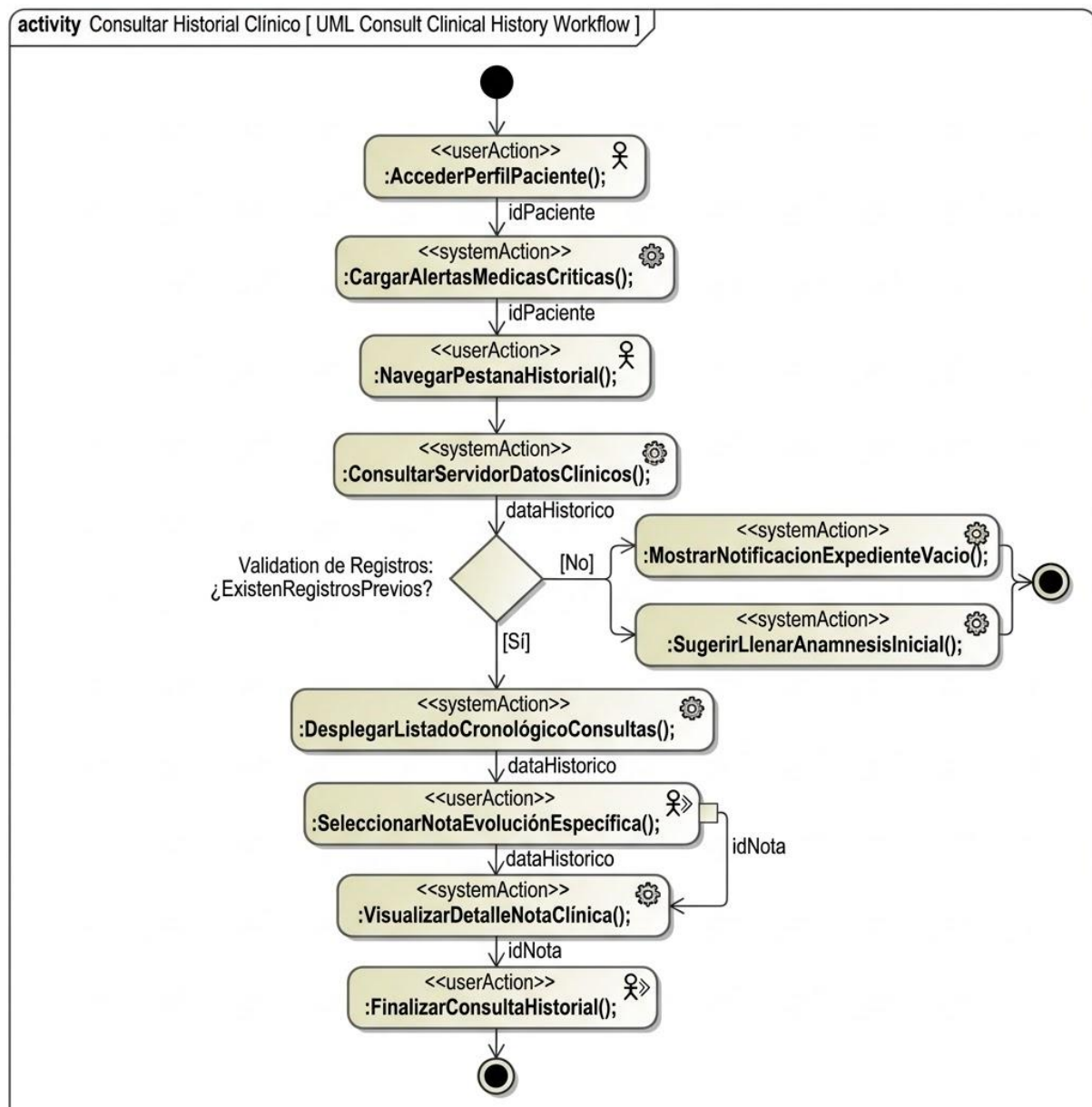
Diagrama de Actividad (CU-04)



3.2.5 CU-05: Consultar Historial Clínico

CU-05	Consultar Historial Clínico
Descripción	Permite al odontólogo visualizar de forma unificada todas las atenciones previas, diagnósticos y alertas médicas (expediente matriz) de un paciente.
Actores	Dentista, Asistente Dental, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata.
Precondición	El paciente debe existir y tener un perfil clínico creado.
Pasos	1. El odontólogo accede al perfil del paciente. 2. El sistema carga automáticamente las alertas médicas críticas (badge visuales si es alérgico, diabético, etc.). 3. El usuario navega a la pestaña de "Historial" o "Notas de Evolución". 4. El sistema despliega un listado o línea de tiempo cronológica con todas las consultas previas. 5. El usuario puede seleccionar una nota específica para ver el detalle de diagnóstico, plan de tratamiento y signos vitales registrados en esa visita.
PostCondición	El odontólogo queda informado del historial y estado actual del paciente para la toma de decisiones clínicas.
Excepciones	- Expediente vacío: El paciente es nuevo y el sistema notifica que no existen registros clínicos previos, sugiriendo llenar la Anamnesis inicial. - Error de carga: Fallo al recuperar la información del servidor. El sistema muestra un mensaje de error y permite reintentar la carga.

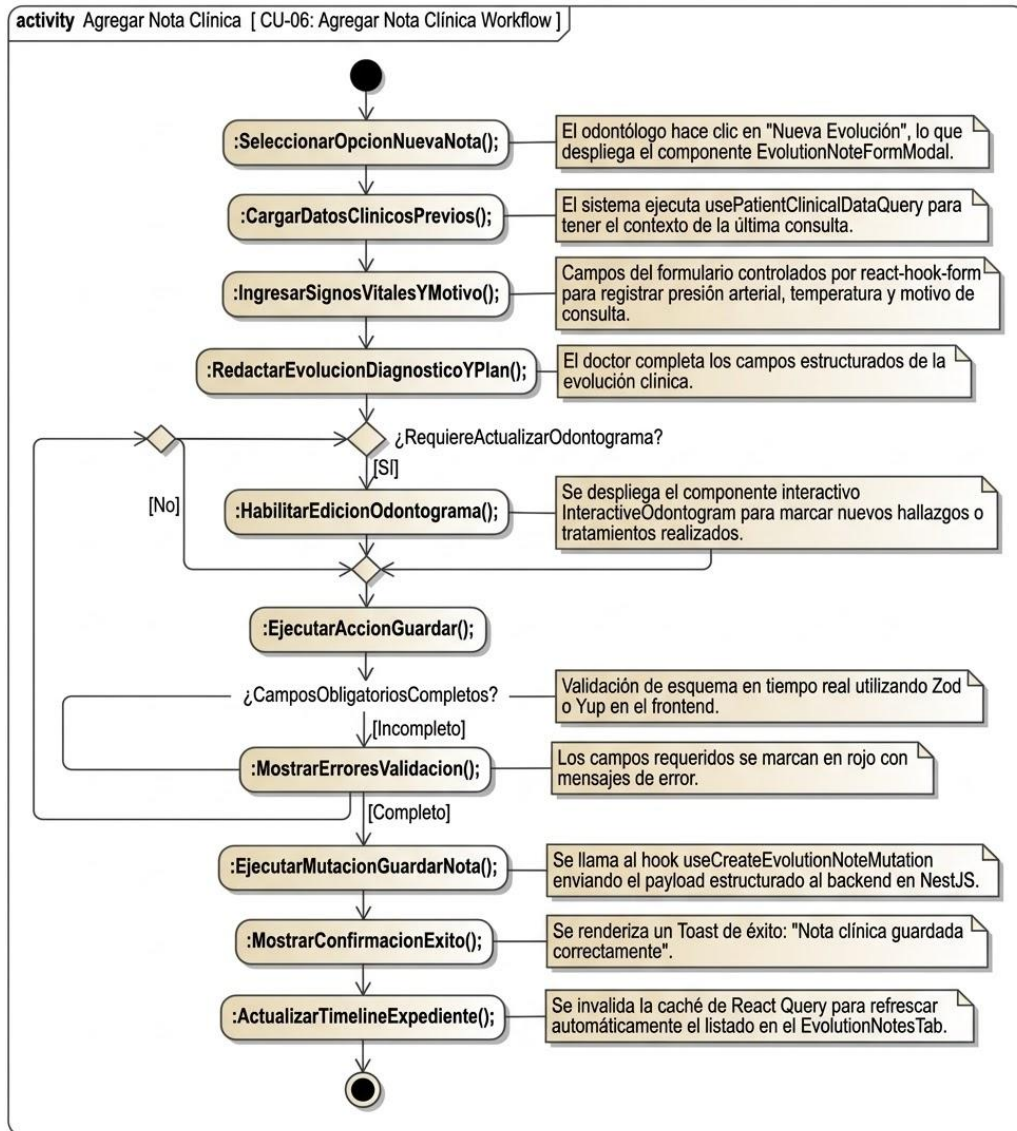
Diagrama de Actividad (CU-05)



3.2.6 CU-06: Agregar Nota Clínica

CU-06	Agregar Nota Clínica
Descripción	Permite al odontólogo registrar la evolución, diagnóstico y el tratamiento realizado al paciente durante la cita actual.
Actores	Dentista, Asistente dental.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata (durante o justo después de la cita).
Precondición	El odontólogo debe estar autenticado y visualizar el perfil del paciente atendido.
Pasos	1. Dentro de la pestaña clínica del paciente, el usuario selecciona "Nueva Nota" o "Agregar Evolución". 2. El sistema abre un panel o formulario lateral (Sheet/Dialog). 3. El odontólogo describe la evolución del cuadro clínico, ingresa signos vitales, diagnóstico, pronóstico y el plan de tratamiento efectuado. 4. El usuario hace clic en "Guardar nota". 5. El sistema asocia la nota al odontólogo que la crea y la fecha y hora actuales. 6. El sistema guarda la información y compila la línea de tiempo clínica.
PostCondición	Una nueva entrada cronológica se añade de forma inmutable al historial del paciente.
Excepciones	- Ausencia de cuadro clínico: El sistema bloquea el guardado si el campo obligatorio de evolución está vacío. - Error de guardado: Fallo al intentar almacenar la nota en la base de datos (ej. error de conexión).

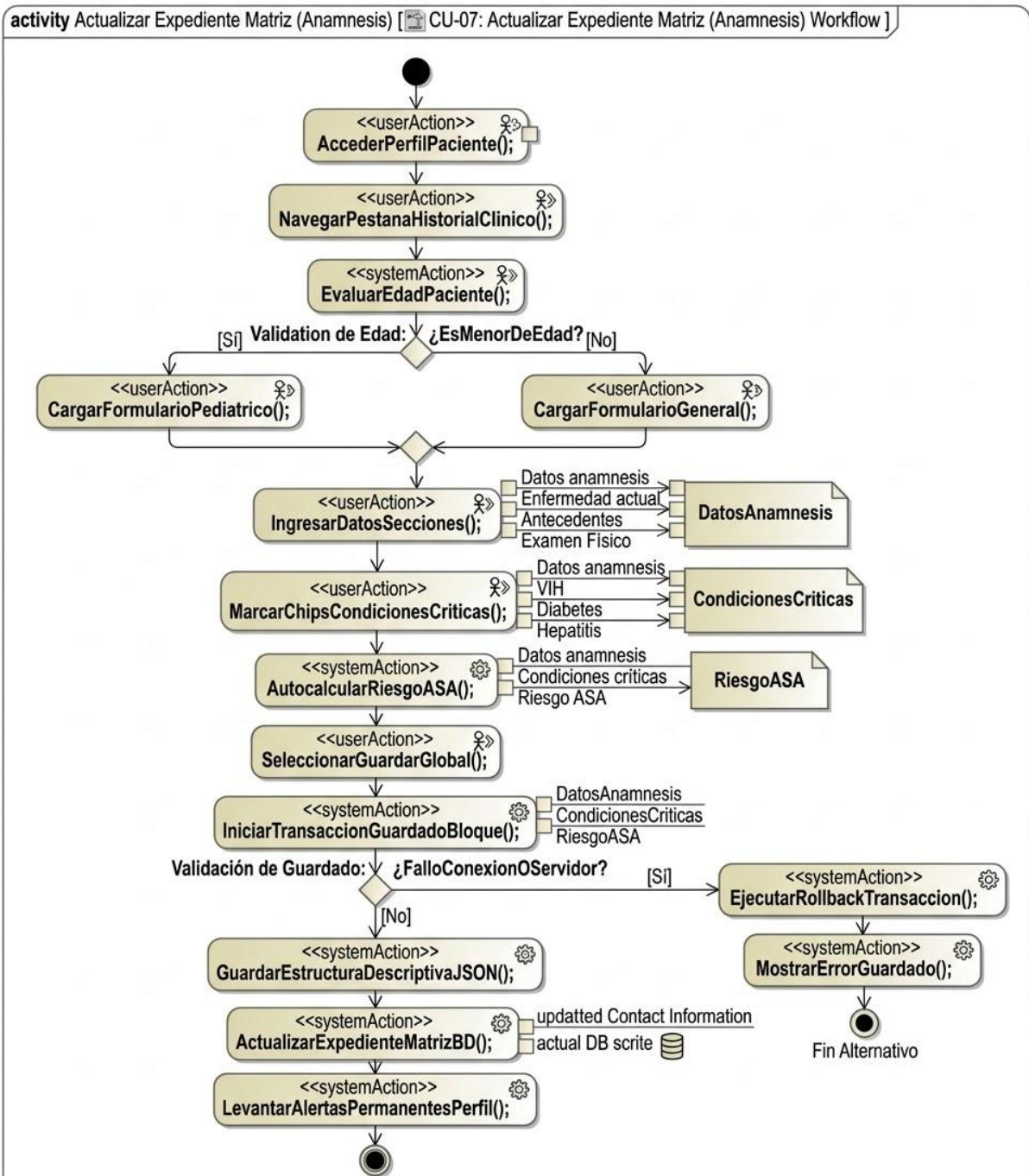
Diagrama de Actividad (CU-06)



3.2.7 CU-07: Actualizar Expediente Matriz (Anamnesis)

CU-07	Actualizar Expediente Matriz (Anamnesis)
Descripción	Permite registrar o modificar los datos fundacionales de la salud del paciente: enfermedad actual, antecedentes médicos, familiares, signos vitales y hábitos de salud oral.
Actores	Dentista, Asistente dental.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Normal (generalmente ejecutado en la primera visita del paciente).
Precondición	El paciente debe existir.
Pasos	1. El usuario navega a la pestaña "Historial Clínica" bajo el perfil del paciente. 2. El sistema provee un formulario general (o pediátrico según la edad) segmentado en secciones (Enfermedad actual, Antecedentes, Examen Físico). 3. El usuario marca chips interactivos para identificar condiciones médicas críticas (ej. VIH, Diabetes). 4. El sistema autocalcula internamente el riesgo ASA del paciente. 5. El usuario revisa y guarda la historia clínica mediante un botón global. 6. El sistema envía los datos unificados, guarda los JSON descriptivos y levanta las alertas permanentes en el encabezado del perfil.
PostCondición	El Expediente Matriz base del paciente se crea o actualiza, disparando alarmas visuales si hay condiciones de salud de cuidado.
Excepciones	- Fallo en guardado en bloque: Caída del servicio durante la consolidación de datos (roll-back de transacción).

Diagrama de Actividad (CU-07)

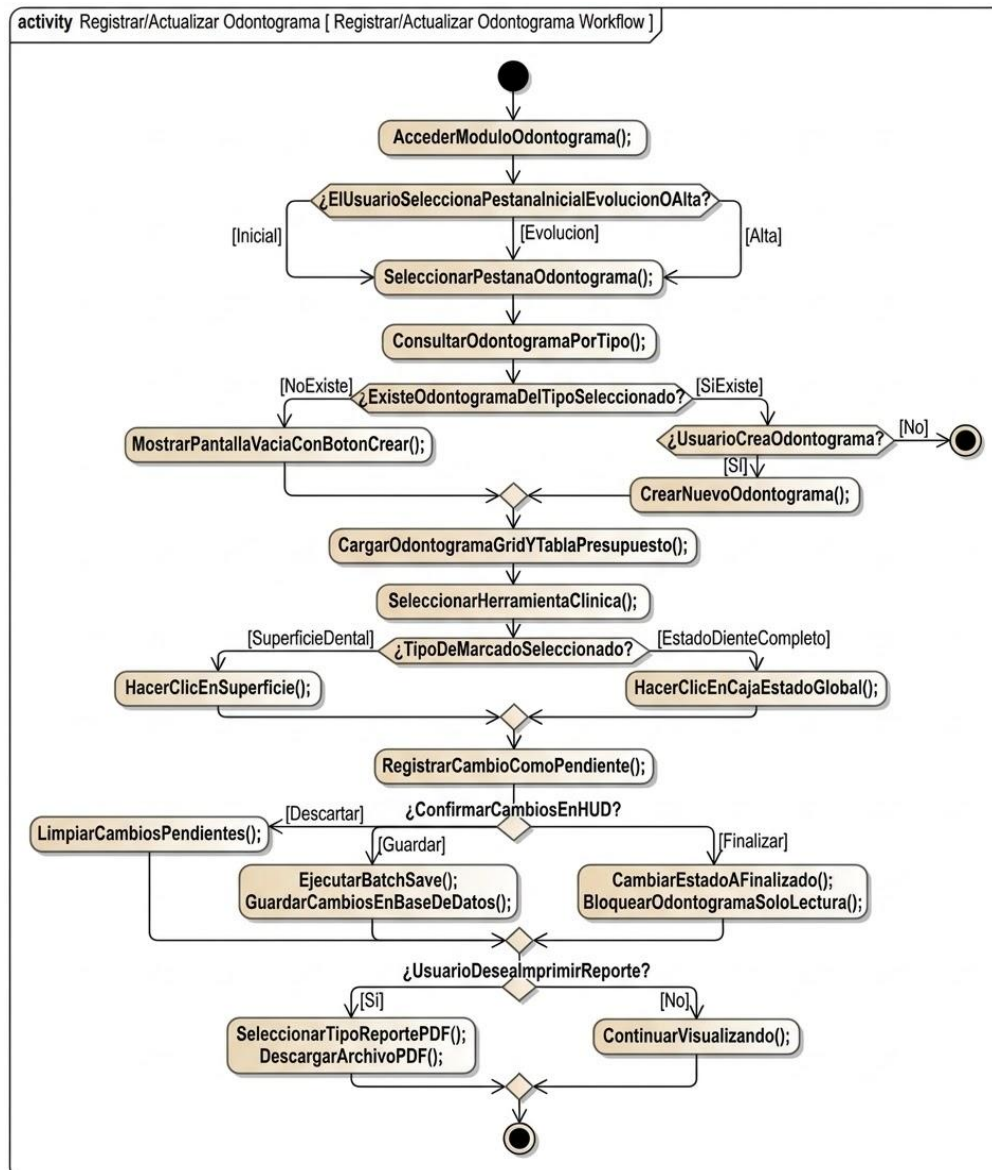


3.2.8 CU-08: Registrar/Actualizar Odontograma

CU-08	Registrar/Actualizar Odontograma
Descripción	Permite registrar gráficamente el estado dental (Inicial, Evolución o Alta) de las piezas dentarias y superficies del paciente (caries, restauraciones, etc.).
Actores	Dentista.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata (durante la evaluación clínica).
Precondición	El paciente debe existir.
Pasos	1. El odontólogo accede a la pestaña de "Odontograma" eligiendo la subpestaña (Inicial, Evolución, Alta). 2. Si no existe un odontograma previo para esa categoría, el usuario genera uno nuevo presionando "Crear Odontograma". 3. El sistema despliega la matriz visual de los cuadrantes dentales. 4. El usuario selecciona una herramienta del catálogo (ej. "Caries - Rojo"). 5. El usuario clicca sobre la sección u oclusal de una pieza para aplicar el hallazgo, o sobre el cuadro global para tratamientos de diente completo (extracción, coronas). 6. Los cambios se mantienen localmente pendientes (destello azul). 7. El usuario presiona el botón "Guardar" en la barra de acciones flotante (HUD). 8. El sistema sube los hallazgos en lote y los asienta en la base de datos.
PostCondición	El esquema dental gráfico del paciente queda actualizado, afectando colateralmente la generación de presupuestos.
Excepciones	- Cierre de pestaña: El sistema advierte que existen gráficas pendientes de guardar si el usuario intenta salir.

- Error de guardado: Fallo al intentar almacenar la nota en la base de datos (ej. error de conexión).

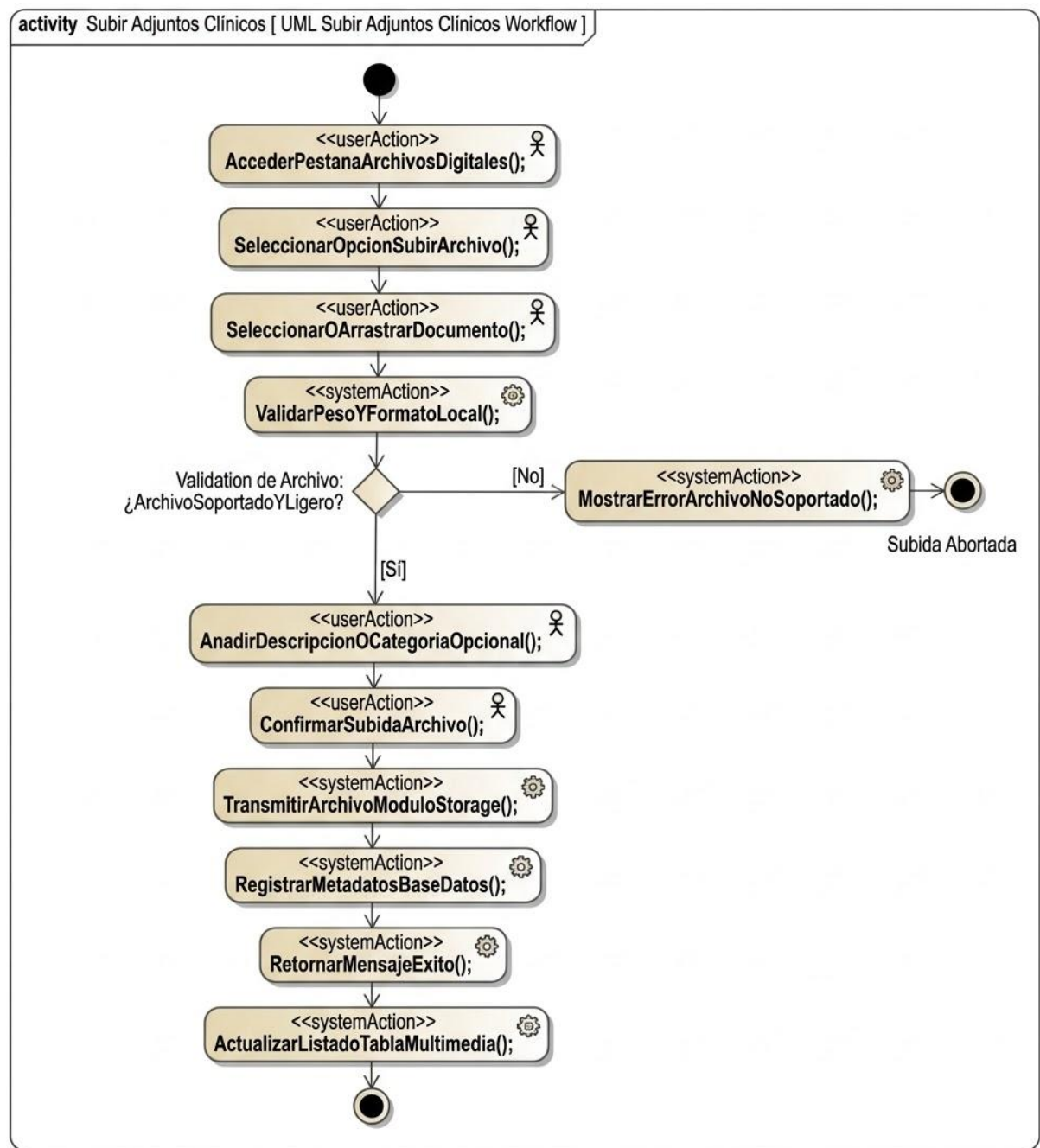
Diagrama de Actividad (CU-08)



3.2.9 CU-09: Subir Adjuntos Clínicos

CU-09	Subir Adjuntos Clínicos
Descripción	Permite anexar todo tipo de archivo multimedia como evidencia o soporte al historial del paciente, como panorámicas, periapicales, tomografías, o exámenes de sangre.
Actores	Dentista, Recepcionista.
Prioridad	Media.
Urgencia	Normal.
Precondición	El paciente debe existir.
Pasos	1. El usuario accede a la pestaña de "Archivos Digitales" del paciente. 2. Selecciona la opción de "Subir archivo". 3. El usuario busca un documento (PDF, JPG, DICOM) desde su computadora o lo arrastra a la zona designada. 4. Añade opcionalmente una descripción o categoría (ej. "Panorámica Post-operatoria"). 5. El sistema transmite el archivo mediante el módulo Storage del servidor. 6. El servidor retorna el mensaje con éxito y el archivo pasa a enlistarse en la tabla de multimedia con fecha y usuario que la subió.
PostCondición	El documento se resguarda en la nube/servidor y el paciente tiene el archivo adjunto enlistado en su perfil.
Excepciones	- Archivo no soportado: El formato del archivo o su peso superan el límite del servidor.

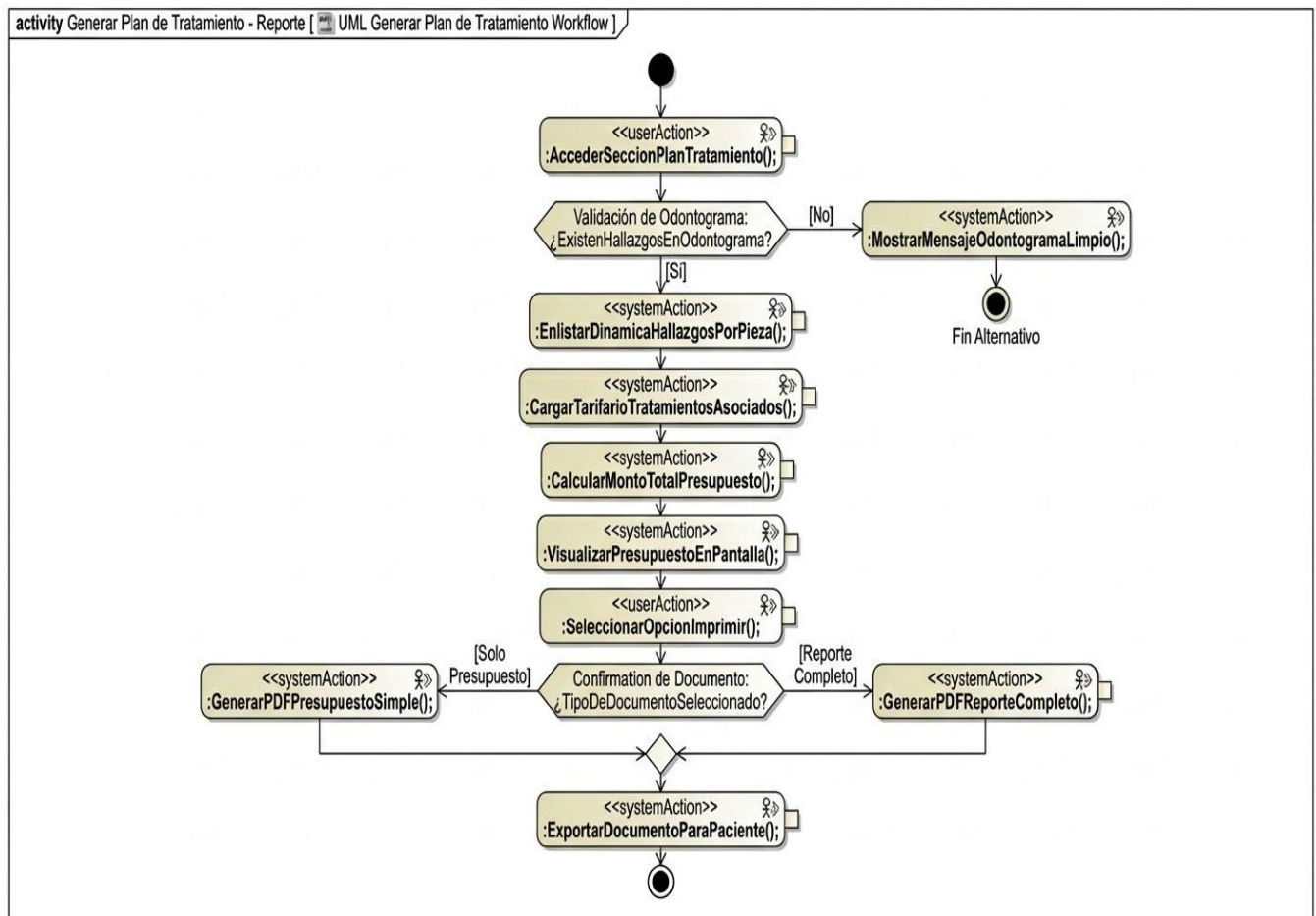
Diagrama de Actividad (CU-09)



3.2.10 CU-10: Generar Plan de Tratamiento

CU-10	Generar Plan de Tratamiento - Reporte
Descripción	Permite crear una propuesta pre-estructurada (presupuesto) con descripciones y costos basados directamente en los hallazgos negativos (como caries o extracciones necesarias) detectados durante el levantamiento del odontograma.
Actores	Dentista, Asistente Dental, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Normal (se efectúa tras culminar el diagnóstico inicial).
Precondición	Debe existir un Odontograma Inicial o Evolución con hallazgos para asociar tarifas.
Pasos	1. El usuario visualiza el "Plan de Tratamiento y Presupuesto" en la parte baja del Odontograma. 2. El sistema enlista dinámicamente cada hallazgo por pieza (ej. Pieza #16, Caries en Oclusal). 3. El sistema carga automáticamente el tarifario de tratamientos disponibles para esa patología. 4. El sistema totaliza el monto del presupuesto según los hallazgos. 5. El usuario puede seleccionar la opción de imprimir/generar un PDF del "Solo Presupuesto" o "Reporte Completo". 6. El sistema exporta la lista cotizada para entrega al paciente.
PostCondición	Se cristaliza una propuesta económica y un flujograma de próximas intervenciones para el paciente.
Excepciones	- Sin hallazgos: El odontograma está limpio, sin patologías, por ende no hay matriz a cotizar.

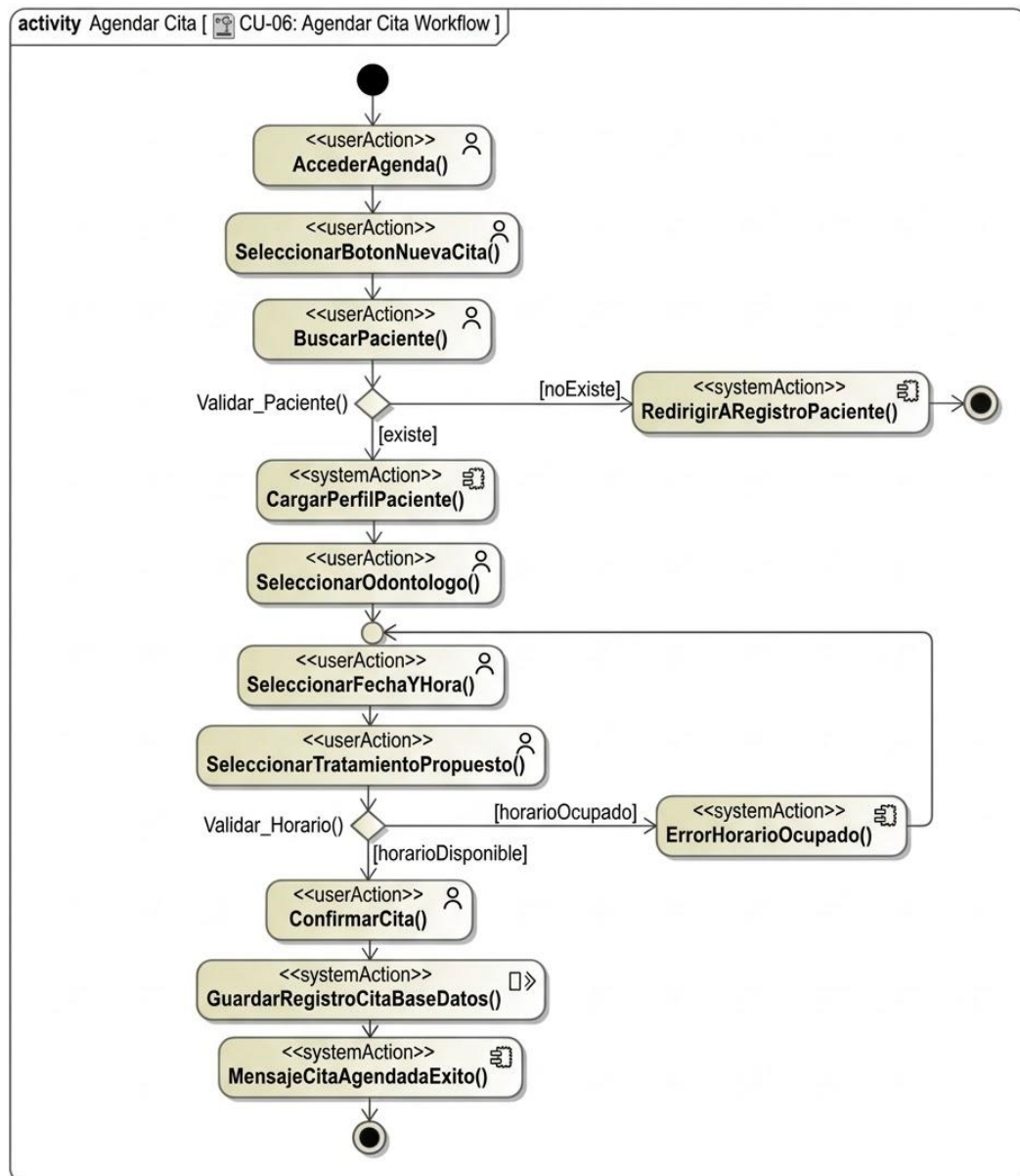
Diagrama de Actividad (CU-10)



3.2.11 CU-11: Agendar Cita

CU-11	Agendar Cita
Descripción	Permite registrar una nueva reserva de espacio en la agenda para un paciente y un doctor específico.
Actores	Recepcionista, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata.
Precondición	El paciente debe estar registrado en el sistema. Debe haber disponibilidad en el horario seleccionado.
Pasos	1. El usuario accede al módulo "Agenda" o "Citas". 2. El usuario selecciona un espacio en blanco en el calendario (vista día/semana) o hace clic en "Nueva Cita". 3. El sistema despliega el formulario para agendar. 4. El usuario busca y selecciona al paciente. 5. El usuario especifica la fecha, hora, duración, doctor a cargo y motivo/tratamiento de la consulta. 6. El usuario pulsa "Guardar". 7. El sistema valida que no exista cruce de horarios para ese odontólogo. 8. El sistema guarda la cita y la renderiza gráficamente en el calendario.
PostCondición	La cita queda agendada con estado "Programada" y ocupa un bloque de tiempo en la agenda del doctor.
Excepciones	- Cruce de horarios: El sistema bloquea el guardado advirtiendo que el doctor ya tiene otra cita en el mismo rango horario. - Paciente no encontrado: El usuario debe salir para crear el registro del paciente primero.

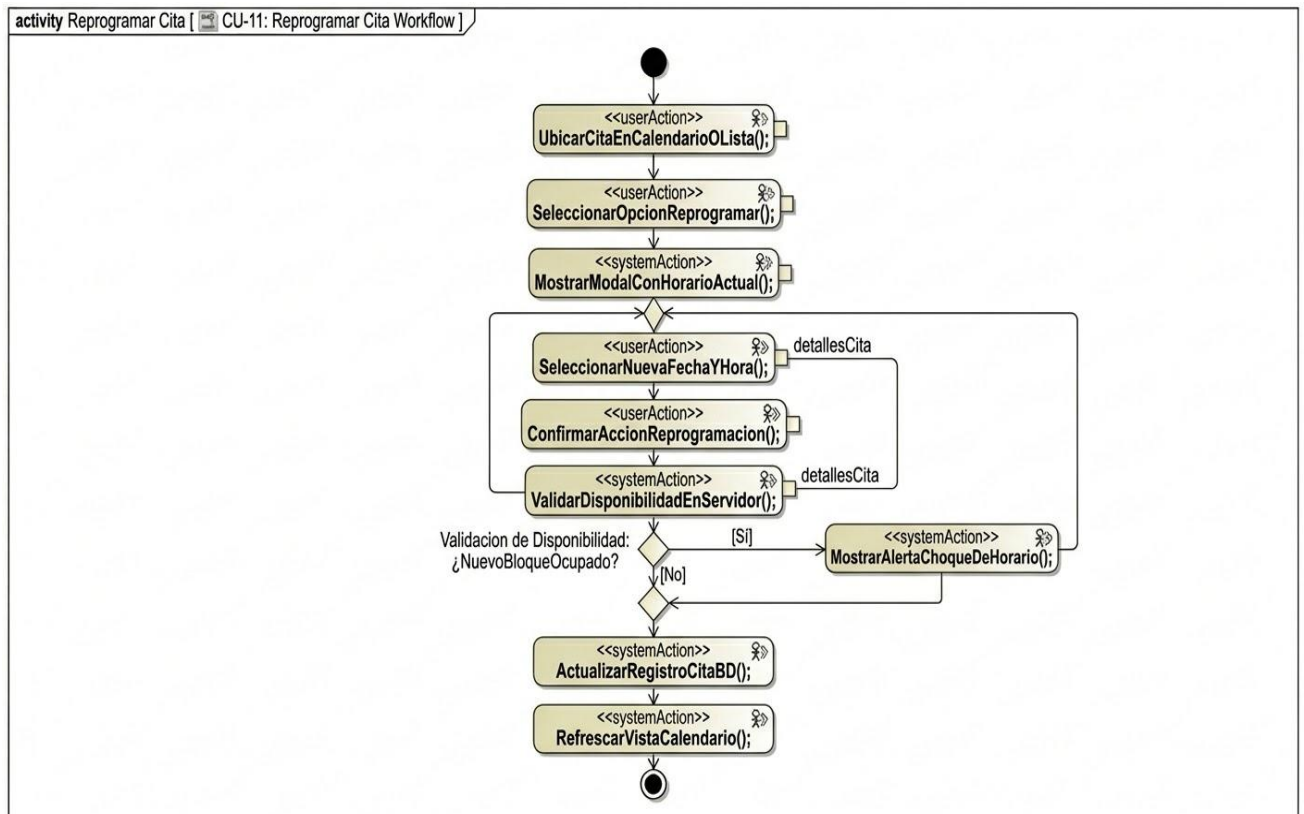
Diagrama de Actividad (CU-11)



3.2.12 CU-12: Reprogramar Cita

CU-11	Reprogramar Cita
Descripción	Permite modificar la fecha, hora, duración o doctor asignado de una cita previamente agendada sin alterar el motivo original.
Actores	Recepcionista, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Normal.
Precondición	La cita debe existir y estar en estado "Programada".
Pasos	1. El usuario ubica la cita en el calendario o en la lista de citas del paciente.2. El usuario selecciona la opción "Reprogramar" desde el menú de acciones de la cita.3. El sistema presenta un modal con la fecha y hora actuales.4. El usuario selecciona la nueva fecha u hora deseada.5. Confirma la acción de reprogramación.6. El sistema valida la disponibilidad en el nuevo horario.7. El sistema actualiza la cita y refresca el calendario.
PostCondición	La cita cambia de bloque horario en el calendario pero conserva su historial (estado "Reprogramada" o "Programada").
Excepciones	- Nuevo bloque ocupado: El sistema alerta choque de horario y solicita elegir otro espacio.

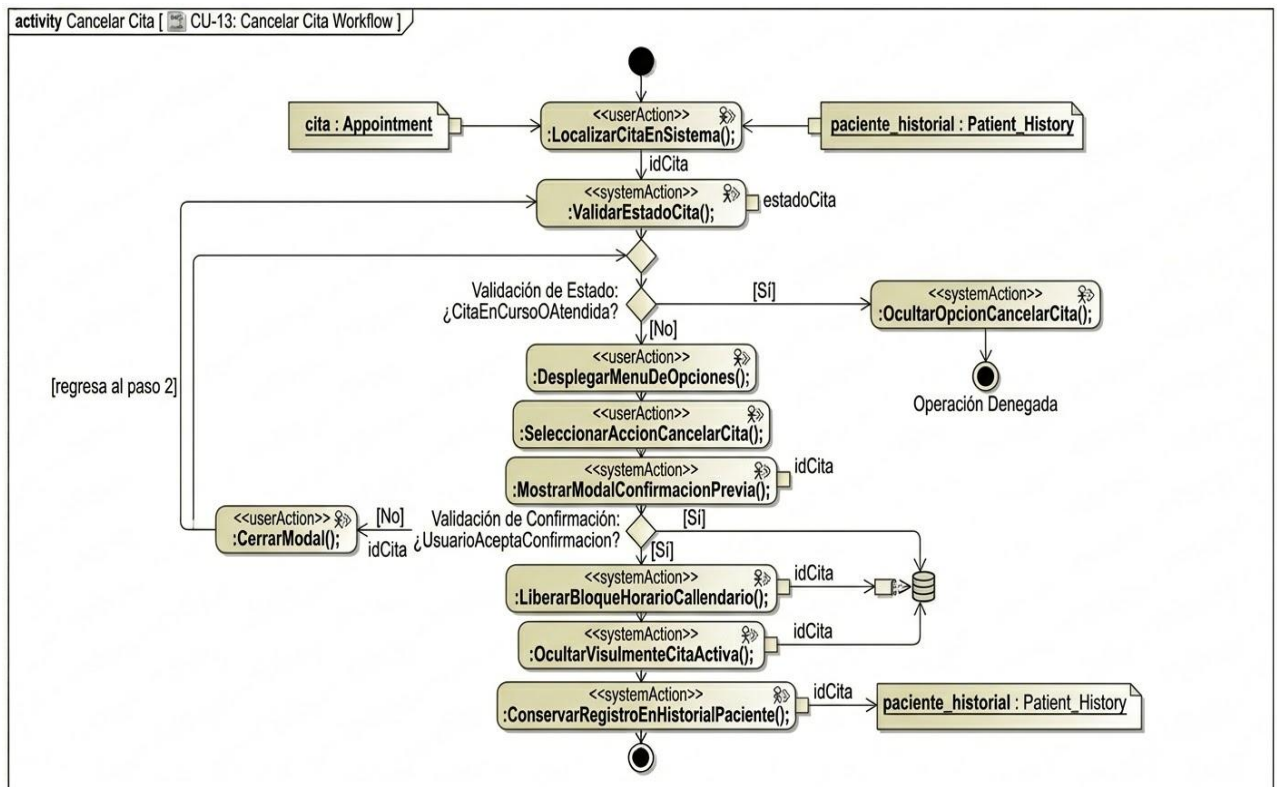
Diagrama de Actividad (CU-12)



3.2.13 CU-13: Cancelar Cita

CU-13	Cancelar Cita
Descripción	Permite anular una reservación cuando el paciente notifica que no asistirá, liberando el espacio en el calendario.
Actores	Recepcionista, Administrador.
Prioridad	Media.
Urgencia	Normal.
Precondición	La cita debe existir y no estar en estado "Atendida" ni "Cancelada".
Pasos	1. El usuario localiza la cita a cancelar. 2. Despliega el menú de opciones (tres puntos) y elige "Cancelar cita". 3. El sistema solicita confirmación del usuario para prevenir clics accidentales. 4. El usuario acepta la confirmación. 5. El sistema cambia el estado de la cita a "Cancelada". 6. La cita es ocultada visualmente del calendario o minimizada, pero perdura en el historial del paciente.
PostCondición	La cita se muestra como cancelada, dejando el bloque de tiempo disponible para ser ocupado por otro paciente.
Excepciones	- Cita en curso/atendida: El sistema oculta la opción de cancelar si la cita ya ha sido procesada.

Diagrama de Actividad (CU-13)

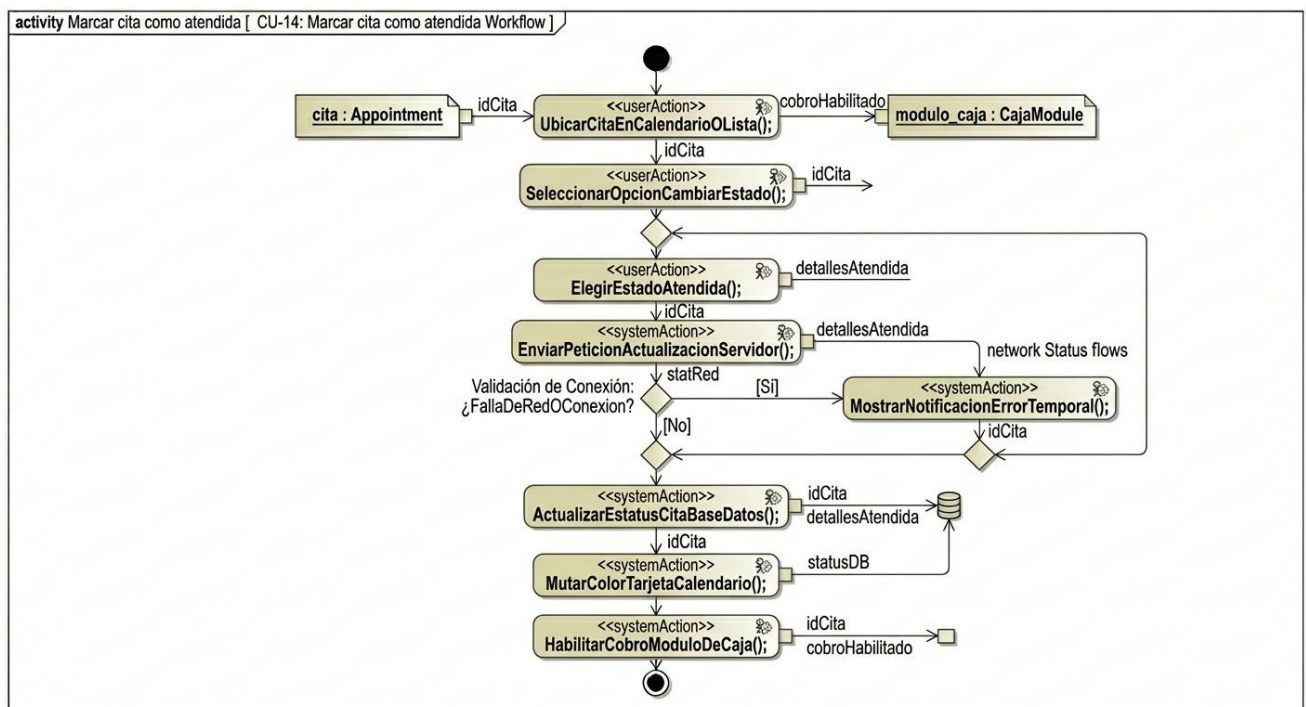


3.2.14 CU-14: Marcar cita como atendida

CU-14	Marcar cita como atendida
Descripción	Permite cambiar el estado de la cita a "Atendida" una vez que el odontólogo culmina su valoración o tratamiento.
Actores	Dentista, Recepcionista.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Normal (se ejecuta al término de la intervención).
Precondición	La cita debe estar en estado "Programada" (o "En sala de espera").
Pasos	1. Desde el calendario o la vista rápida del Doctor, el usuario clic visualmente sobre la cita. 2. Selecciona "Cambiar estado". 3. Elige el estado "Atendida" (color verde).

CU-14	Marcar cita como atendida
	4. El sistema actualiza de inmediato el estatus en la base de datos. 5. El color de la tarjeta de la cita en el calendario muta a la configuración de "Completada/Atendida".
PostCondición	La cita refleja factualmente que el servicio fue entregado, lo cual habilita al módulo de caja a cobrar de ser procedente.
Excepciones	- Falla de red: La mutación del estado falla temporalmente; el sistema muestra notificación de error.

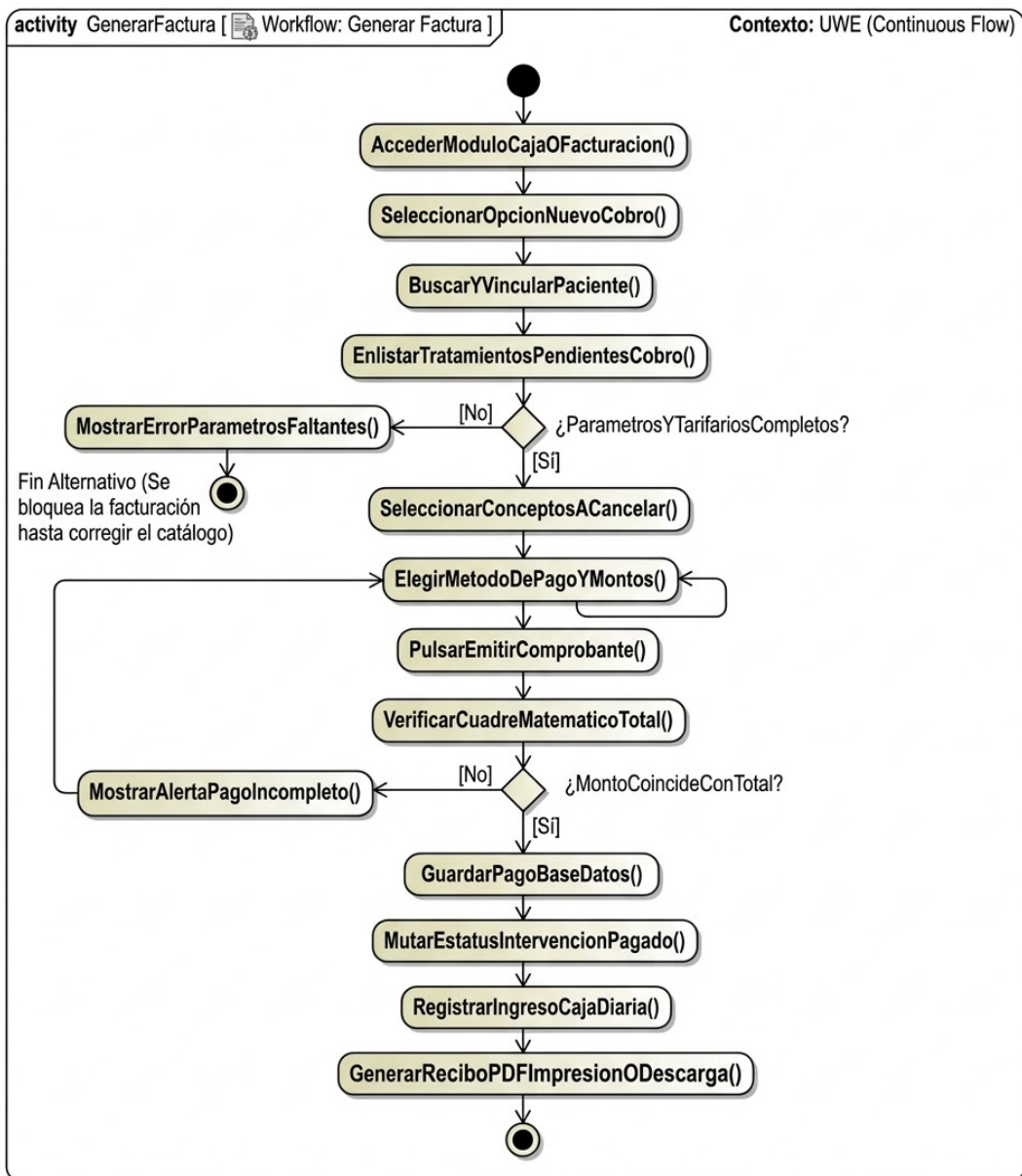
Diagrama de Actividad (CU-14)



3.2.15 CU-15: Generar Factura

CU-15	Generar Factura
Descripción	Permite procesar el cobro administrativo por los servicios prestados, vinculando tratamientos realizados, moneda de curso y emitiendo un comprobante fiscal o interno válido.
Actores	Administrador, Recepcionista.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata (tras la ejecución de un servicio en cita).
Precondición	El paciente debe tener un cargo por servicio o cita completada por el Odontólogo.
Pasos	1. El usuario ingresa al módulo de "Caja" o "Facturación". 2. Selecciona la opción de "Nuevo Cobro/Factura". 3. Busca y vincula al paciente respectivo. 4. El sistema enlista los tratamientos ejecutados en estado "pendientes de cobro" asociados al paciente. 5. El usuario selecciona los conceptos a cancelar y el método de pago (Efectivo, Tarjeta, Transferencia, mixto). 6. El usuario pulsa emitir comprobante. 7. El sistema verifica que la cuenta totalice matemáticamente, guarda el pago y muta el estatus de la intervención a "Pagado". 8. Genera un recibo PDF para impresión térmica o descarga.
PostCondición	El comprobante de ingresos se registra en la caja diaria, alimentando la contabilidad del sistema.
Excepciones	- Parámetros faltantes: No se configuró moneda por defecto o el tarifario del tratamiento está en valor \$0. - Pago incompleto: El monto depositado no concuerda con el listado seleccionado (a menos que se prevea abono en cuotas).

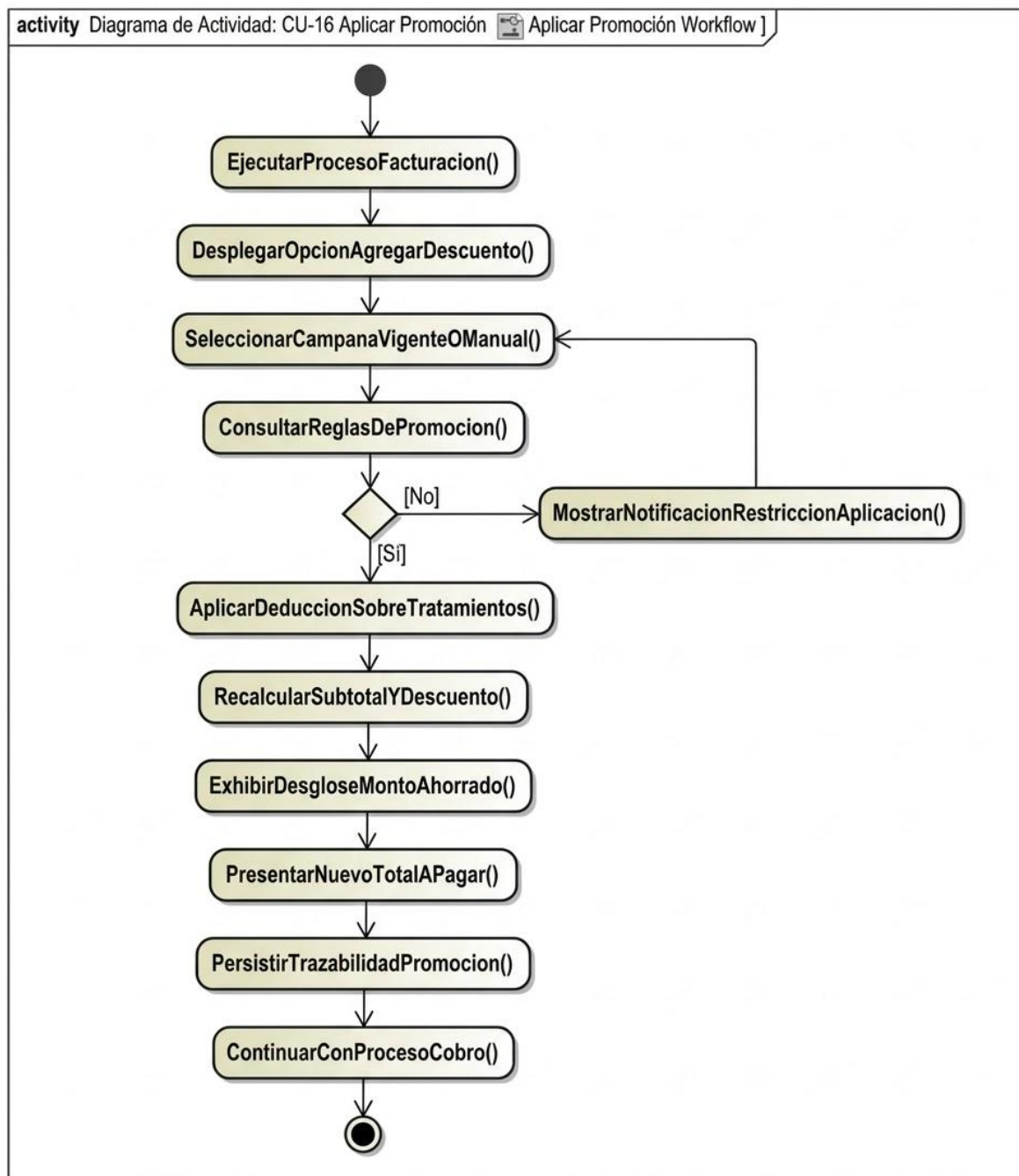
Diagrama de Actividad (CU-15)



3.2.16 CU-16: Aplicar Promoción

CU-16	Aplicar Promoción
Descripción	Permite deducir un porcentaje o monto fijo de descuento al total facturable, validado por parámetros vigentes o autorizaciones jerárquicas.
Actores	Administrador.
Prioridad	Media.
Urgencia	Normal (se da en tiempo de ejecución de la factura).
Precondición	Una factura/cobro debe estar en curso en el sistema.
Pasos	1. Durante la elaboración de la factura (CU-15), el usuario despliega una opción de "Agregar Descuento". 2. Selecciona de una lista desplegable campañas vigentes (ej. "Descuento 10% Cliente Recurrente") o inserta un descuento manual si tiene permisos. 3. El sistema evalúa si la promoción es aplicable sobre los tratamientos listados. 4. El sistema recalcula el subtotal, exhibe de forma desglose en rojo el monto ahorrado, y presenta el "Nuevo Total a Pagar". 5. Se continúa con el cobro.
PostCondición	La factura se registra guardando la trazabilidad de la promoción otorgada.
Excepciones	- Restricción: La promoción seleccionada no aplica en ciertos tratamientos del carrito o la fecha de la campaña expiró.

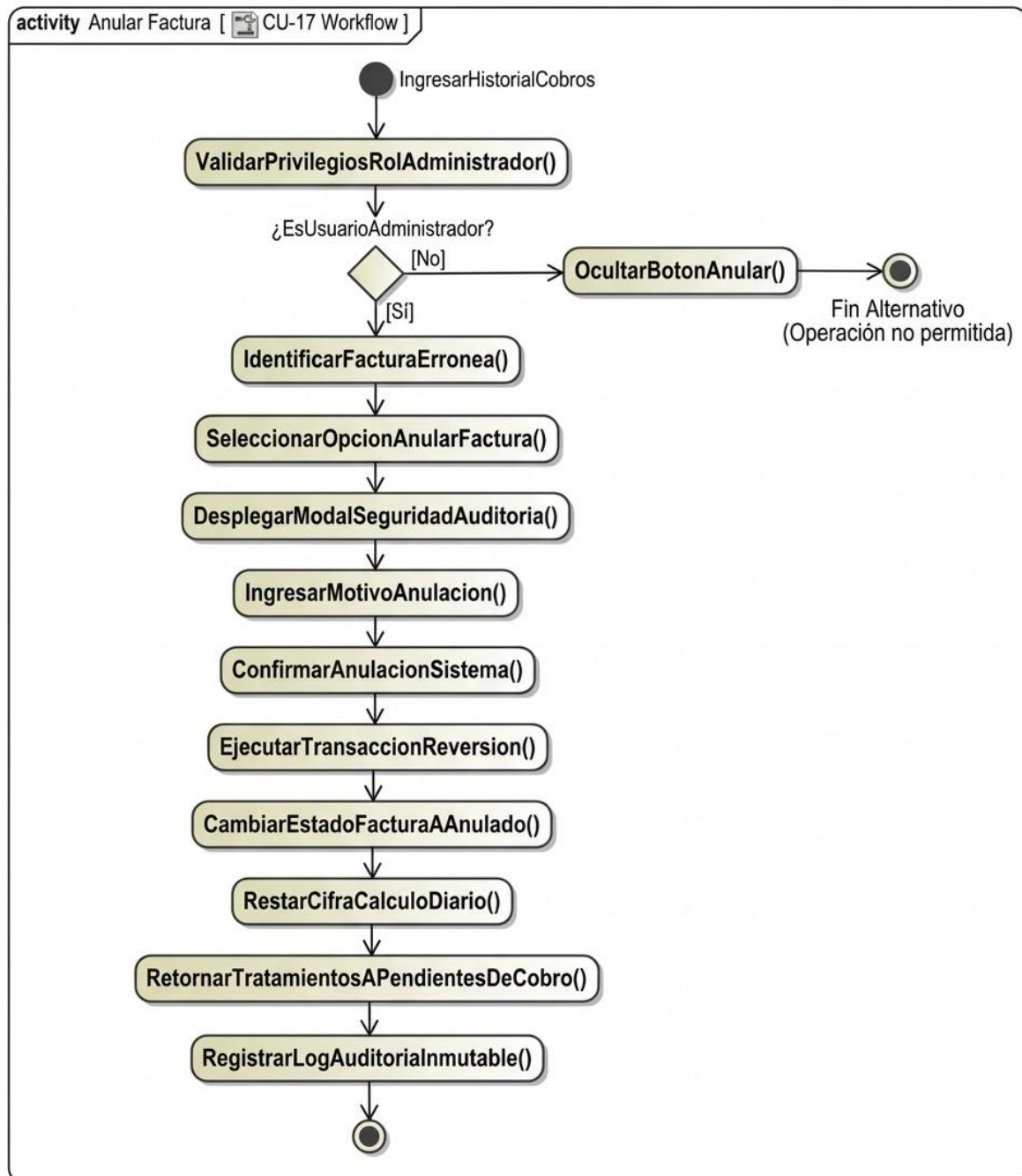
Diagrama de Actividad (CU-16)



3.2.17 CU-17: Anular Factura

CU-17	Anular Factura
Descripción	Invalida un comprobante de ingresos generado por la clínica en caso de error administrativo o reversión del pago, regresando el saldo a la cuenta del paciente.
Actores	Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Ocasional/Crítica (tras detectarse el error).
Precondición	Una factura debe existir y estar en estatus de "pagada". El usuario debe tener privilegios de Administrador.
Pasos	1. El administrador ingresa al historial de "Cobros" o "Caja". 2. Identifica la factura errónea y entra a su visualización general. 3. Selecciona la opción de "Anular Factura". 4. El sistema exige un modal de seguridad con un "Motivo de la anulación" por motivos de auditoría (ej. Error en monto, reintegro). 5. El usuario envía confirmación. 6. El sistema revierte los cobros marcando el comprobante en color gris como <i>Anulado</i> y resta la cifra del cálculo diario de la clínica, retornando los tratamientos vinculados al estatus de "pendientes de cobro" si procede.
PostCondición	La caja se re-balancea excluyendo el comprobante y manteniendo historial auditable del suceso.
Excepciones	- Privilegio insuficiente: Un odontólogo o recepcionista intenta anular la operación, pero el sistema les oculta el botón.

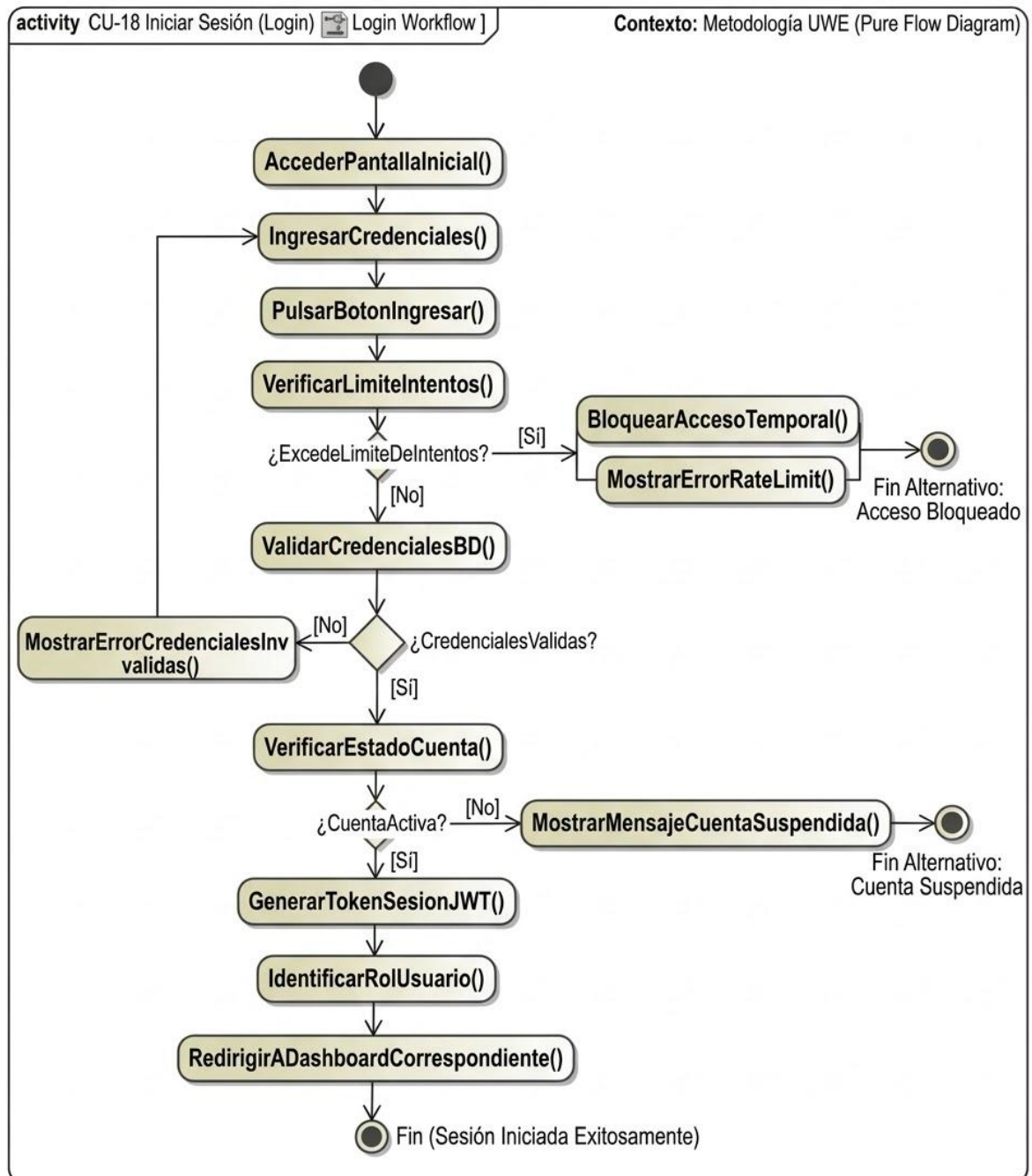
Diagrama de Actividad (CU-17)



3.2.18 CU-18: Iniciar Sesión

CU-18	Iniciar Sesión (Login)
Descripción	Permite a los usuarios registrados autenticarse en la plataforma mediante credenciales válidas y obtener acceso según los permisos de su rol.
Actores	Administrador, Gerencia, Recepcionista, Dentista, Asistente Dental.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Inmediata (Es el punto de entrada al sistema).
Precondición	El usuario debe existir en la base de datos y su cuenta debe estar en estado "Activo".
Pasos	1. El usuario accede a la pantalla inicial del sistema. 2. Ingresa su correo electrónico y contraseña. 3. Hace clic en el botón "Ingresar". 4. El sistema valida las credenciales y el estado de la cuenta contra la base de datos. 5. El sistema genera un token de sesión (JWT) y redirige al usuario a su Dashboard correspondiente según su rol.
PostCondición	El usuario queda autenticado y puede navegar por los módulos permitidos para su rol.
Excepciones	Credenciales inválidas: El sistema muestra un mensaje de error "Usuario o contraseña incorrectos". Cuenta inactiva: El sistema deniega el acceso indicando que la cuenta está suspendida. Límite de intentos: Si falla muchas veces, se bloquea temporalmente por Rate Limiting.

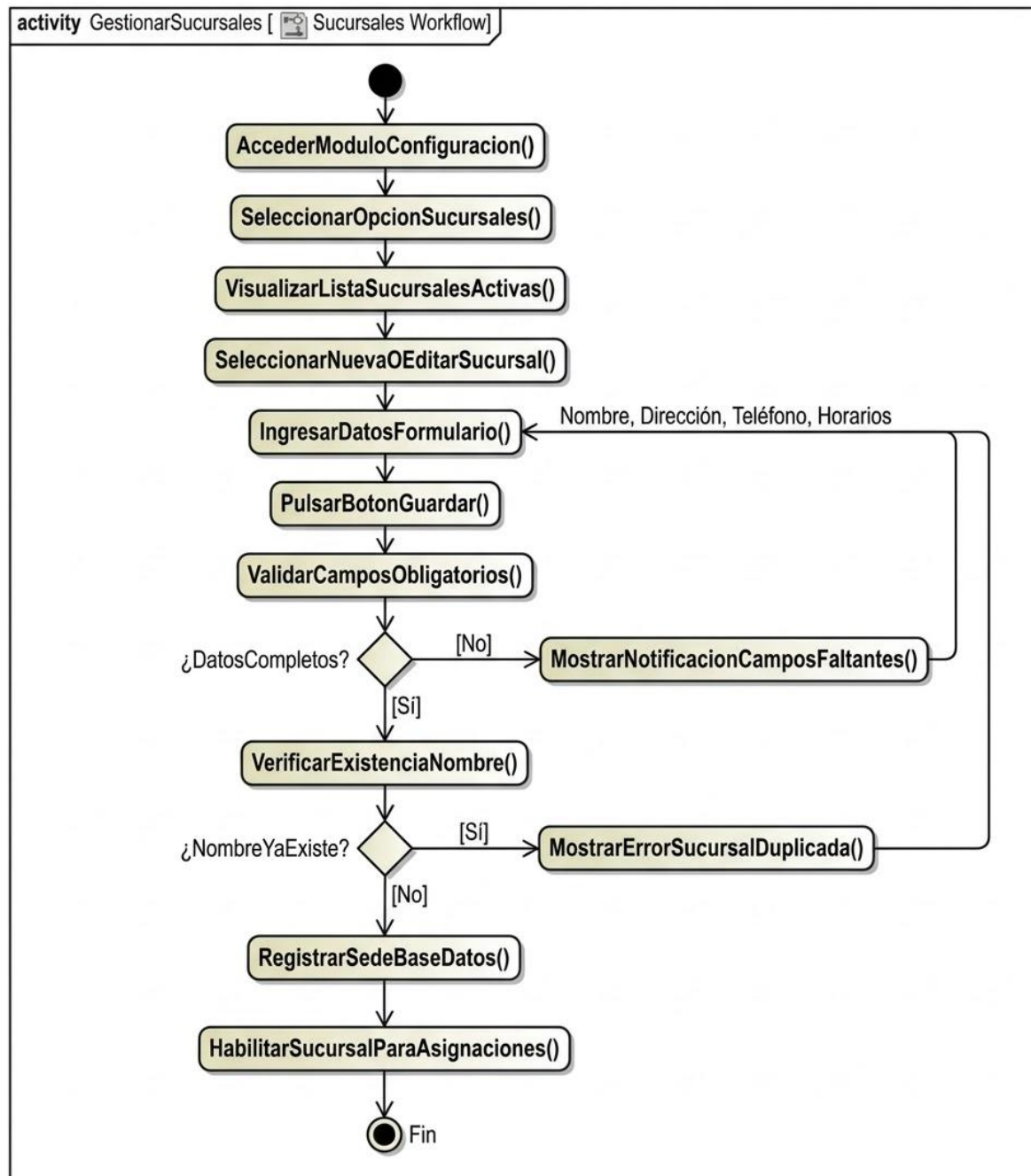
Diagrama de Actividad (CU-18)



3.2.19 CU-19: Gestionar Sucursales

CU-19	Gestionar Sucursales
Descripción	Permite crear, modificar y visualizar la información de las diferentes sedes físicas de la clínica (principal y adicionales) para segmentar agendas y reportes.
Actores	Administrador, Gerencia.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Normal.
Precondición	El usuario debe estar autenticado con rol de Administrador o Gerencia.
Pasos	1. El usuario accede al módulo de "Configuración" y selecciona "Sucursales". 2. El sistema muestra la lista de sucursales activas. 3. El usuario selecciona "Nueva Sucursal" (o editar una existente). 4. Ingresa los datos: Nombre, Dirección, Teléfono y Horarios de atención. 5. Hace clic en "Guardar". 6. El sistema valida los datos y registra la nueva sede en la base de datos.
PostCondición	La sucursal queda disponible en el sistema para que se le puedan asignar doctores, citas y pacientes.
Excepciones	Datos incompletos: Faltan campos obligatorios como el nombre o la dirección. Duplicidad: Se intenta crear una sucursal con un nombre que ya existe.

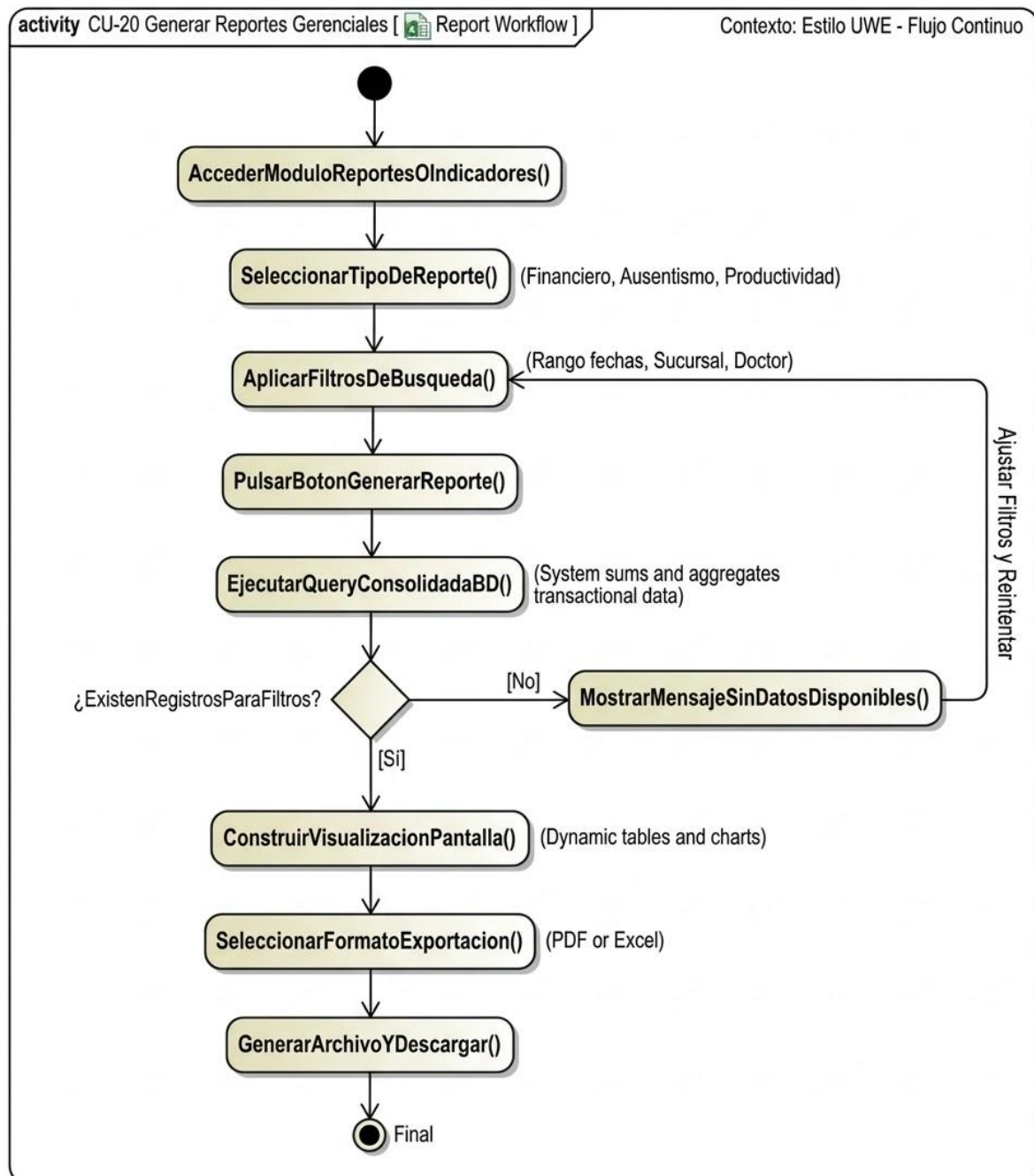
Diagrama de Actividad (CU-19)



3.2.20 CU-20: Generar Reportes Gerenciales

CU-20	Generar Reportes Gerenciales
Descripción	Permite consolidar datos operativos y financieros (ingresos, egresos, flujo de caja, cantidad de citas) para emitir reportes exportables que apoyen la toma de decisiones.
Actores	Gerencia, Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Normal.
Precondición	El sistema debe tener datos transaccionales procesados (citas atendidas, facturas emitidas).
Pasos	1. El usuario accede al módulo de "Reportes" o "Panel de Indicadores". 2. Selecciona el tipo de reporte deseado (ej. Cierre Financiero, Ausentismo de Pacientes). 3. Aplica los filtros necesarios (rango de fechas, sucursal, doctor). 4. Hace clic en "Generar Reporte". 5. El sistema consulta la base de datos, consolida la información y la muestra en pantalla (tablas/gráficos). 6. El usuario selecciona "Exportar a PDF/Excel".
PostCondición	El documento es generado y descargado en el equipo del usuario.
Excepciones	Sin datos: El sistema muestra un mensaje indicando que no hay registros para el rango de fechas o filtros seleccionados.

Diagrama de Actividad (CU-20)

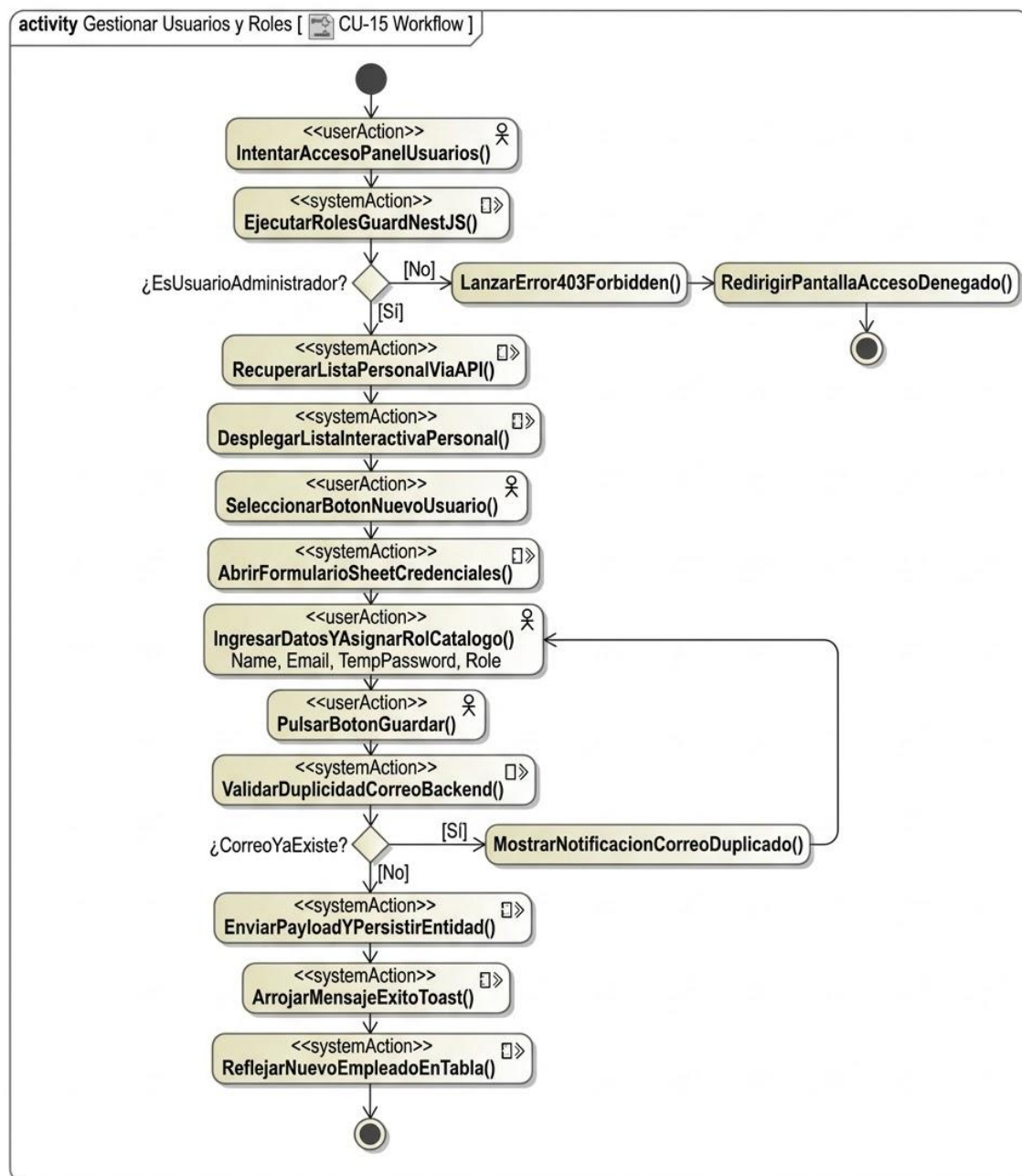


3.2.20 CU-21: Gestionar Usuarios y Roles

CU-15	Gestionar Usuarios y Roles
Descripción	Permite al Administrador dar de alta, modificar, deshabilitar cuentas de acceso al sistema (Odontólogos, Recepcionistas) y asignarles perfiles de permisos (Roles) para delimitar estrictamente su acceso operativo.
Actores	Administrador.
Prioridad	Alta.
Urgencia	Crítica (Requisito base para el arranque del sistema).
Precondición	El usuario ejecutante debe estar autenticado con credenciales de rol Administrador.
Pasos	1. El Administrador accede al panel central de "Configuración" o "Usuarios". 2. El sistema recupera vía API y despliega la lista interactiva de todo el personal registrado. 3. El Administrador hace clic en el botón "Nuevo Usuario". 4. El sistema abre un formulario (Sheet) solicitando credenciales (Nombre, Correo/Username). 5. El Administrador crea una contraseña temporal y selecciona el Rol a asignar desde un catálogo desplegable (ej. Recepcionista, Doctor, Gerencia). 6. El Administrador confirma la acción presionando "Guardar". 7. El Backend recibe el payload y persiste la entidad relacional. 8. El sistema arroja un mensaje de éxito (Toast) y la tabla frontend refleja al nuevo empleado.
PostCondición	El nuevo usuario es capaz de iniciar sesión exitosamente, pero su interfaz e interacciones estarán limitadas al perímetro de su Rol asignado.

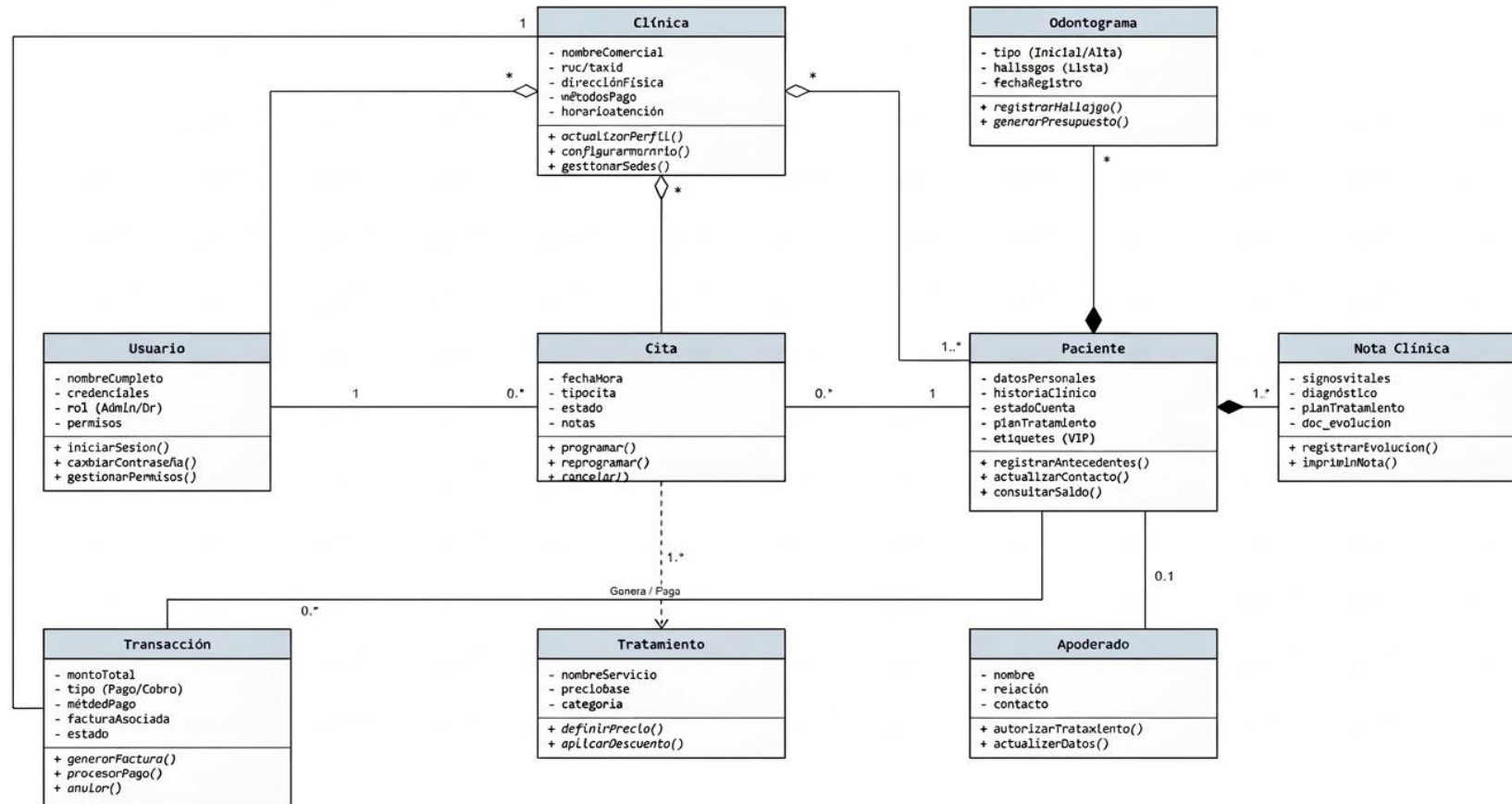
CU-15	Gestionar Usuarios y Roles
Excepciones	- Duplicidad de Correo: El backend rechaza la transacción informando que el correo ya pertenece a otro usuario existente.- Falta de permisos: Un usuario sin rol administrador intenta acceder a la ruta, y el sistema (Guard en NestJS) lanza error 403 Forbidden.

Diagrama de Actividad (CU-21)

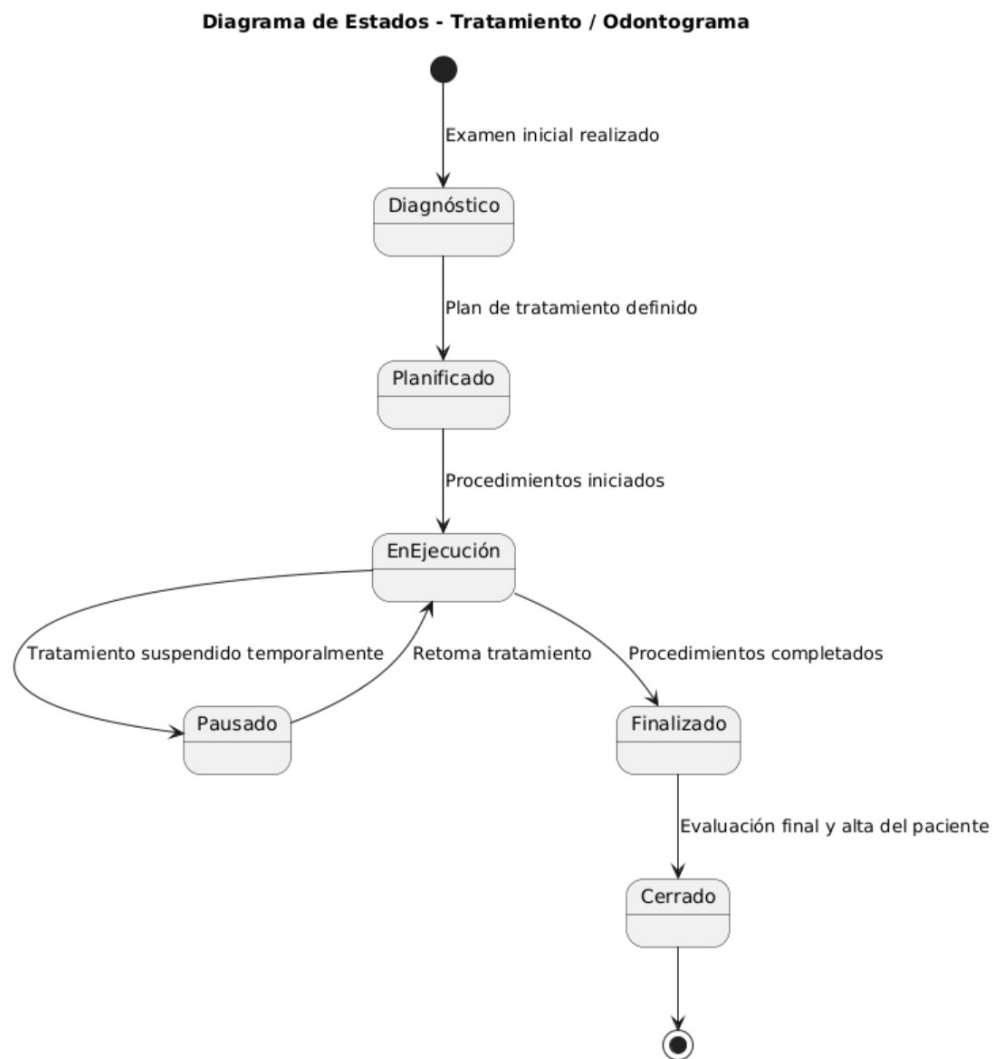


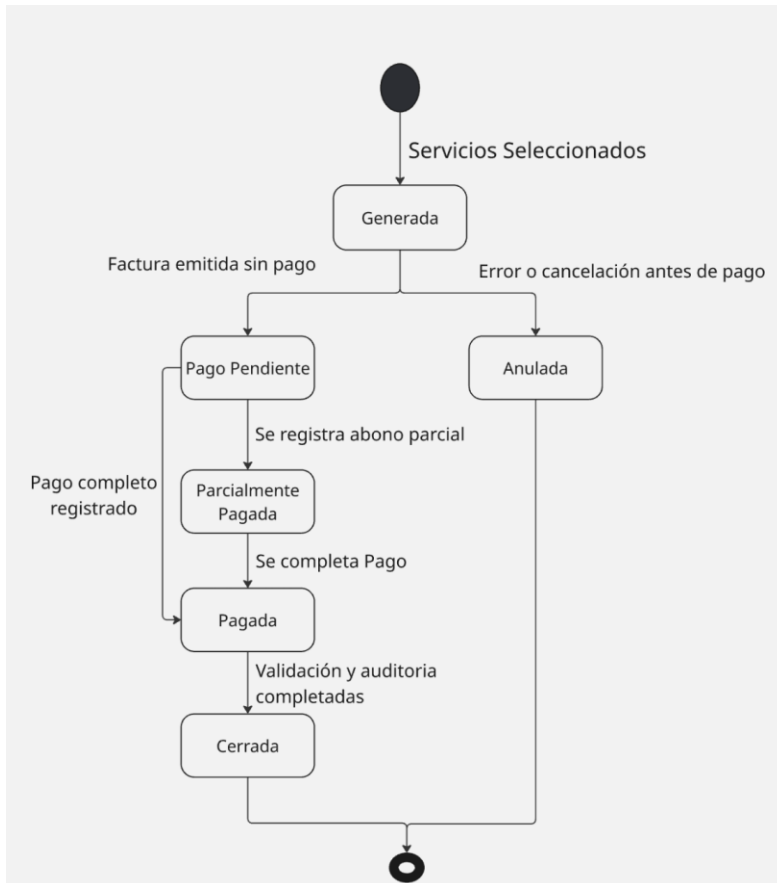
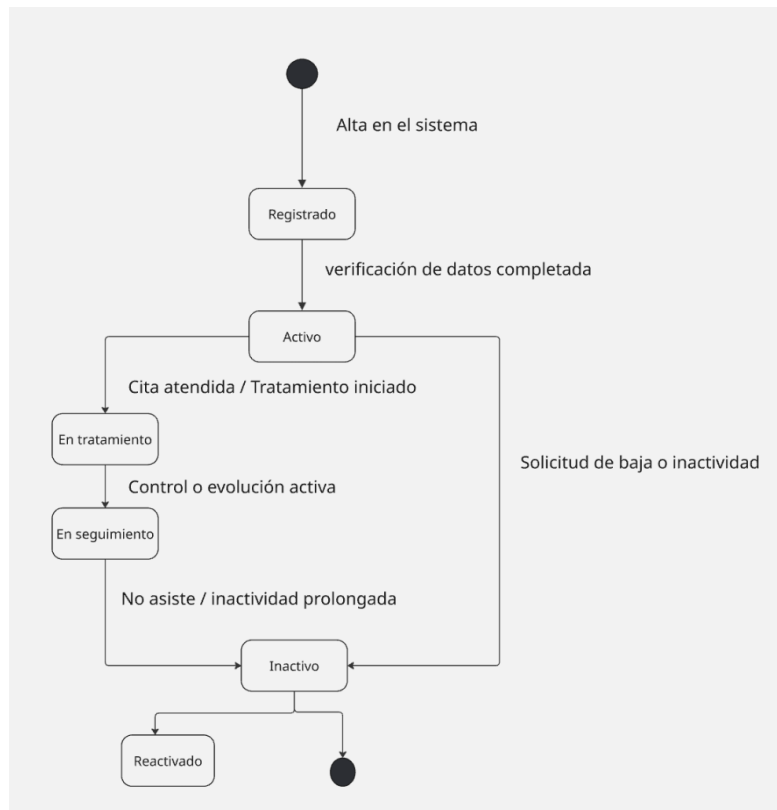
Nota: Para consultar la especificación detallada de los procesos de soporte (Gestión de Usuarios y Seguridad), remitirse al **Anexo I**

1. Modelo de Contenido



2. Diagramas de estado





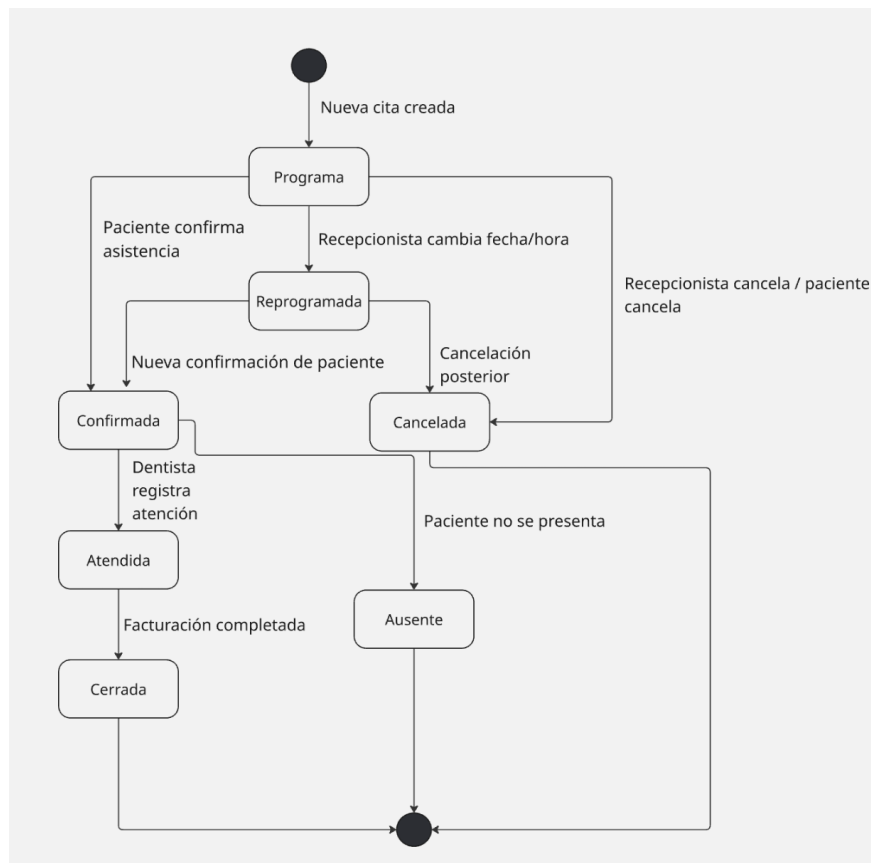
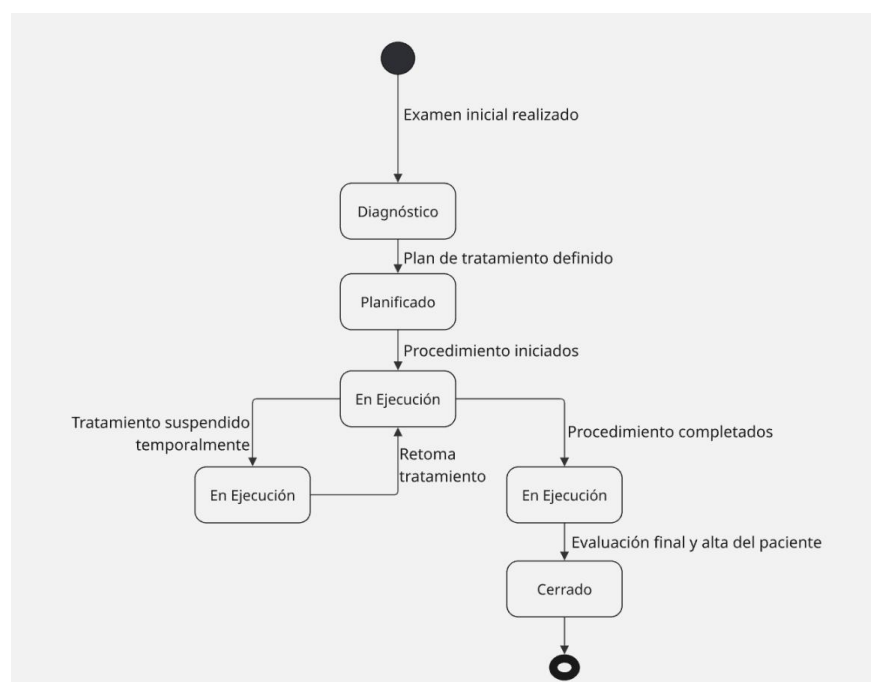
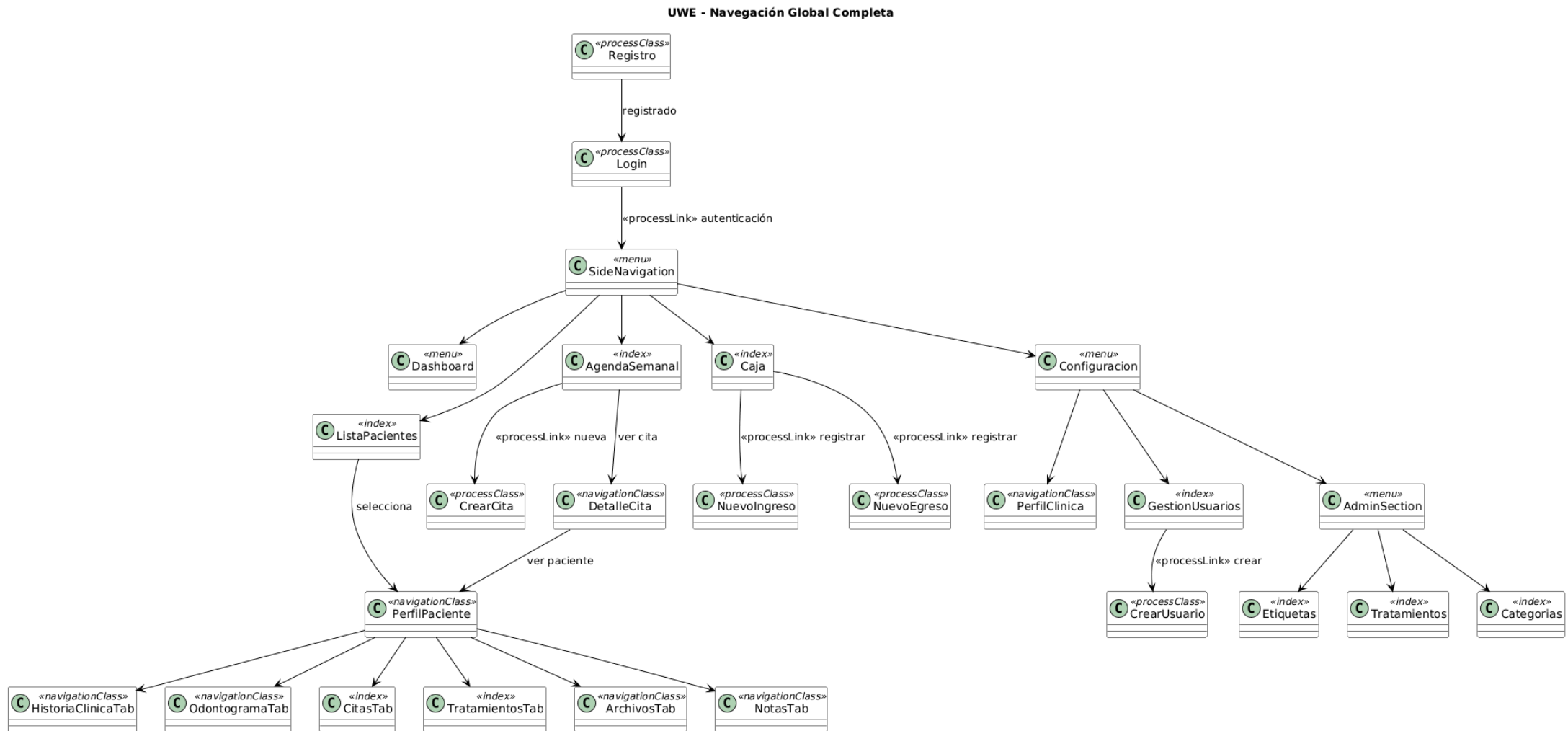


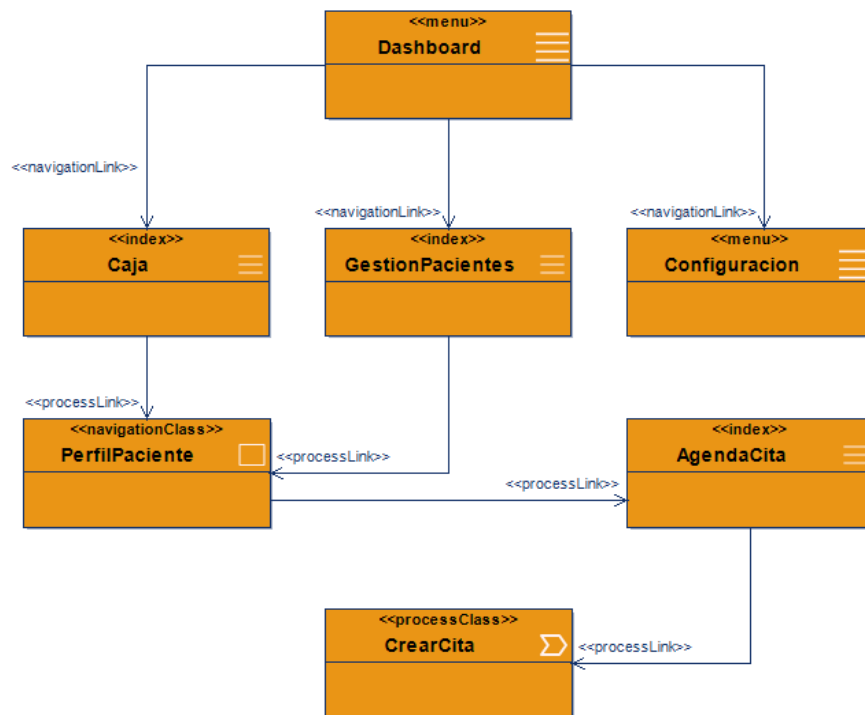
Diagrama de estado, tratamiento odontograma



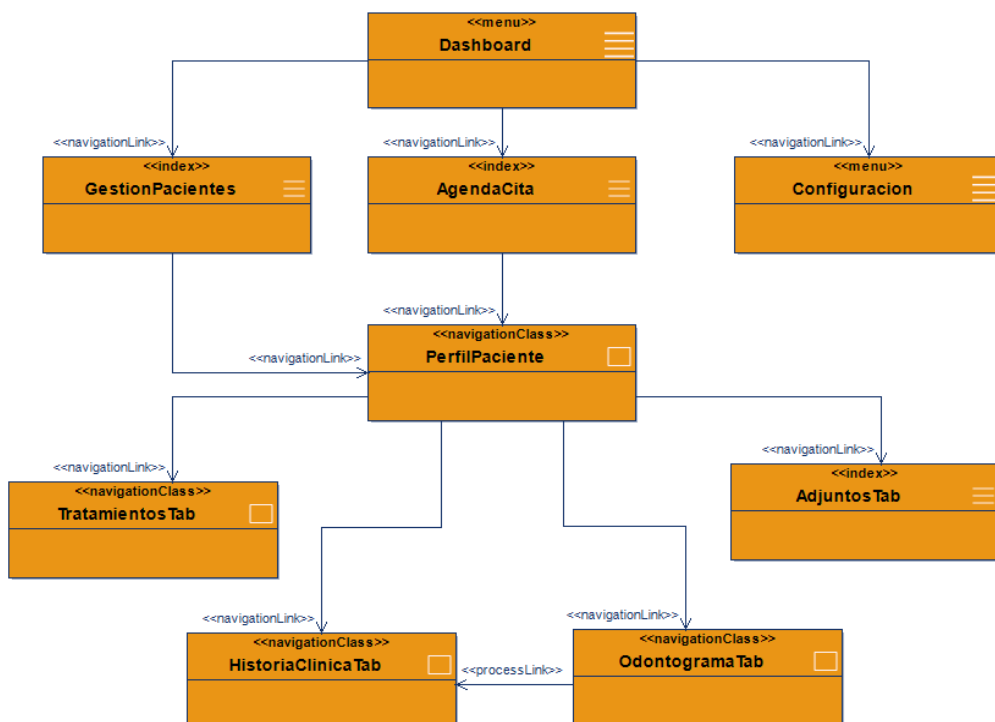
3. Modelo navegacional



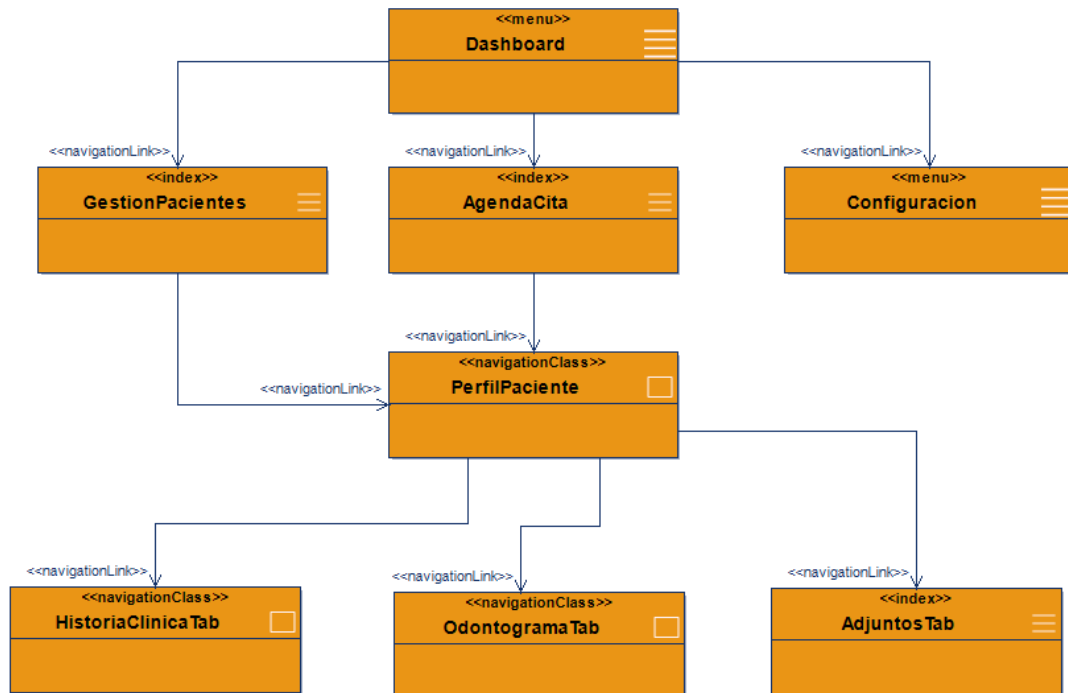
7.1 Diagrama de navegación — Recepcionista



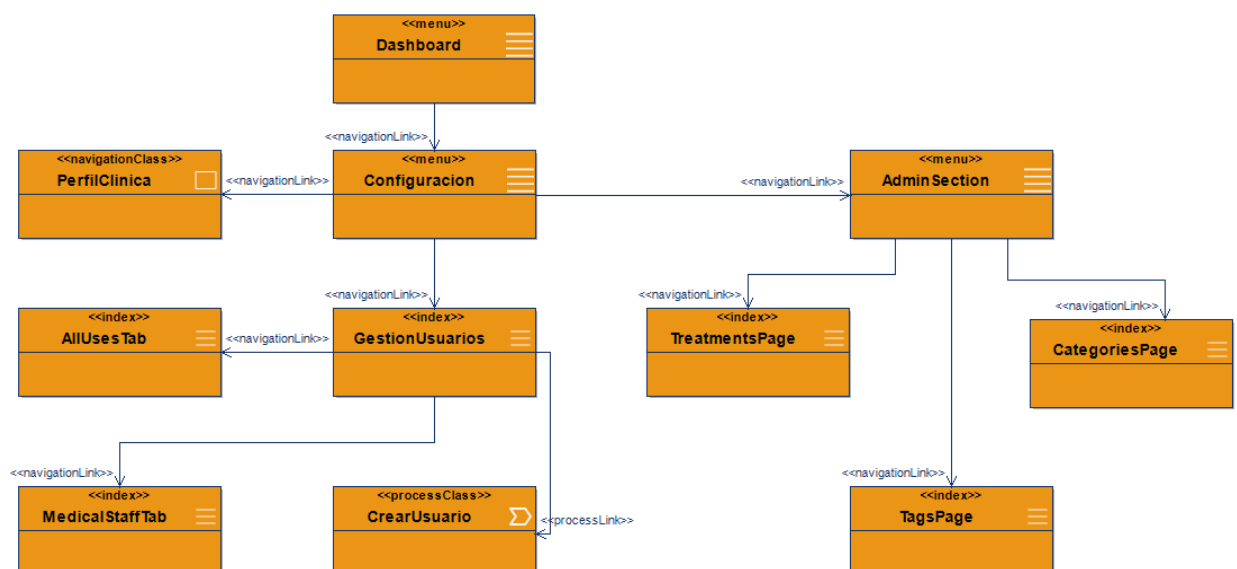
7.2. Diagrama de navegación — Dentista



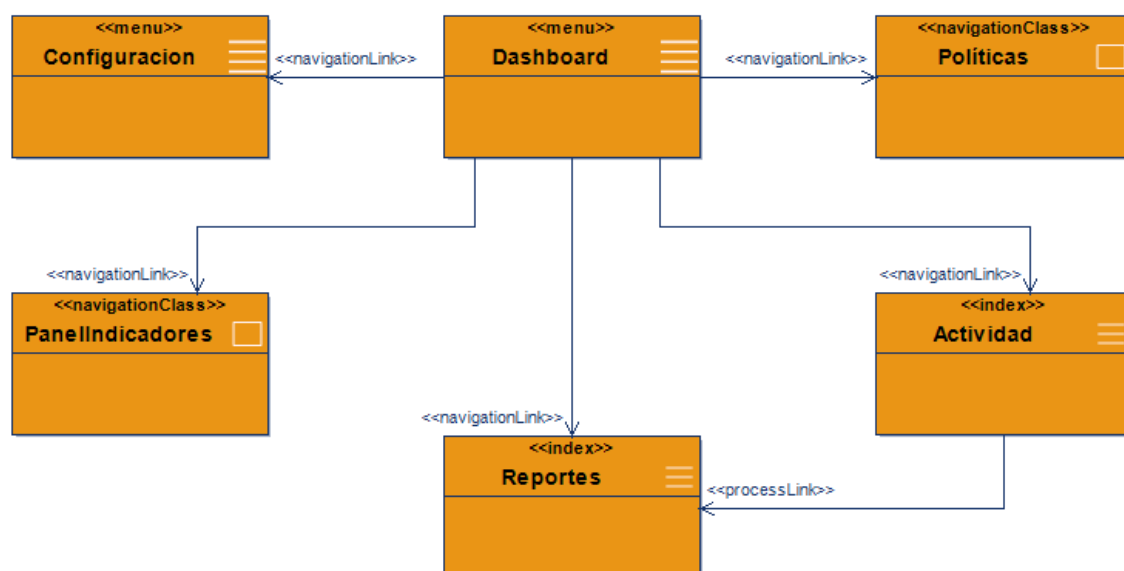
7.3. Diagrama de navegación — Asistente dental



7.4. Diagrama de navegación — Administrador



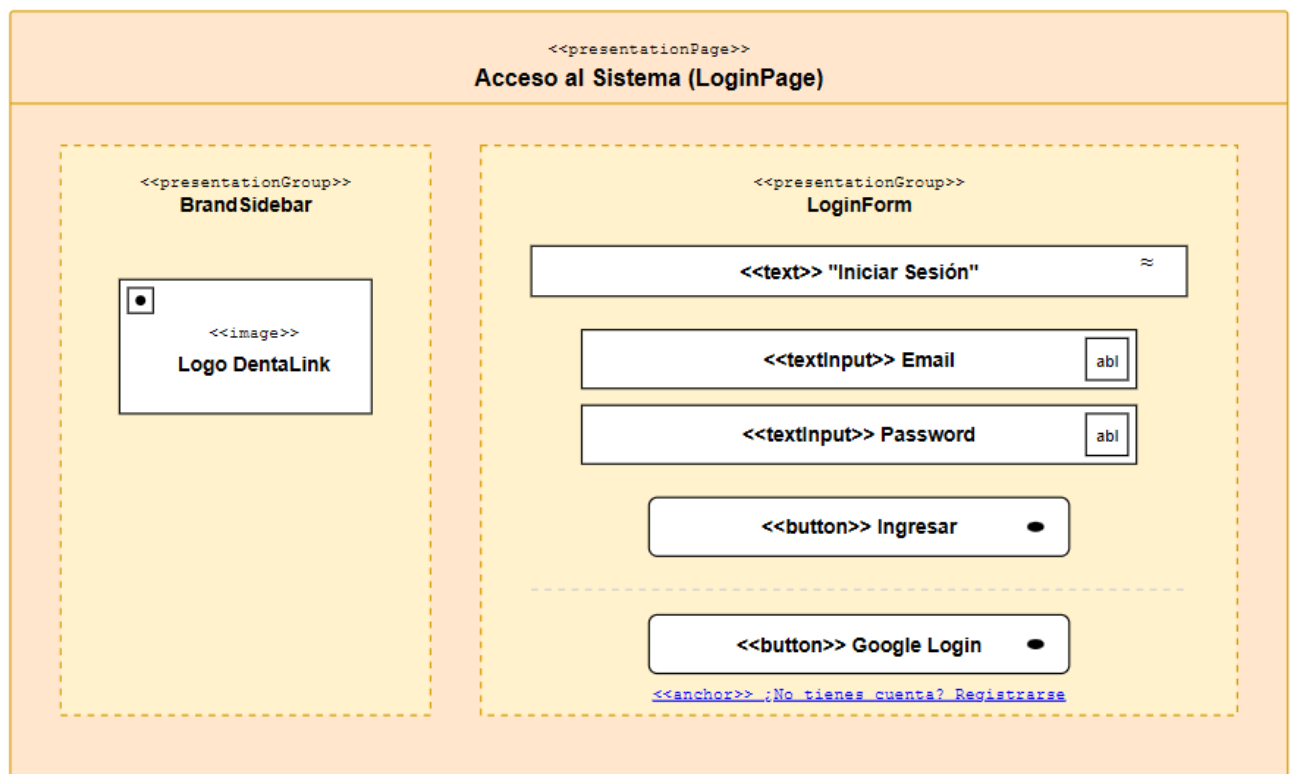
7.5. Diagrama de navegación — Gerente



4. Modelo de presentación

Los modelos de presentación se elaboraron para brindar un detalle informativo de cómo será la representación de los diferentes campos, botones, textos, etc. que se incluirán en el diseño visual del sistema web. A continuación, se listan los diagramas de presentación del sistema.

Modelo de presentación Inicio de sesión



Modelo de presentación registro de usuario

<<presentationPage>>

Registro de Usuario (SignupPage)

<<presentationGroup>>
BrandSideBar

 <<image>>
Logo DentalLink

<<presentationGroup>>
SignupForm

<<text>> "Crear Cuenta" ≈

<<textInput>> Nombre ab

<<textInput>> Email @

<<textInput>> Usuario usr

<<textInput>> Contraseña ***

Reg

Google

[<<anchor>> ¿Ya tienes cuenta? Iniciar Sesión](#)

Modelo de presentación configuración de la clínica

<<presentationPage>>
Configuración (ClinicSettingsPage)

<<presentationGroup>> NavigationTabs

Mi Perfil

Usuarios

Admin

Integraciones

<<presentationGroup>> Outlet (ClinicProfileForm)

<<presentationGroup>> Detalles Principales

Nombre Comercial	<<textInput>>
Tel. Celular	<<textInput>>
Tel. Fijo	<<textInput>>
Dirección	<<textInput>>
Email	<<textInput>>
Medios Pago	<<textInput>>
Zona Horaria	<<selection>>

<<presentationGroup>> Horarios de Trabajo

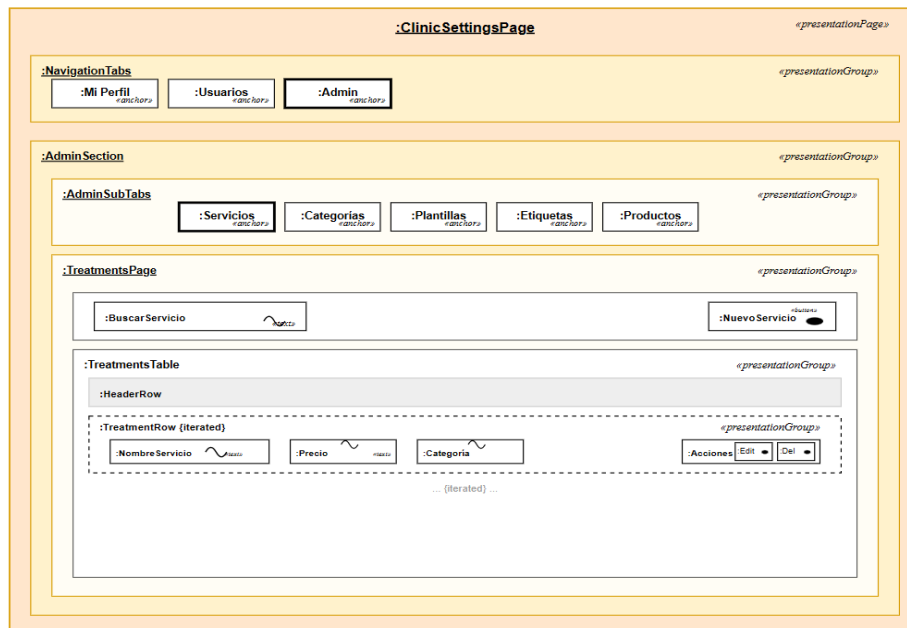
Schedule Matrix

<<presentationGroup>> Multimedia & Enlaces

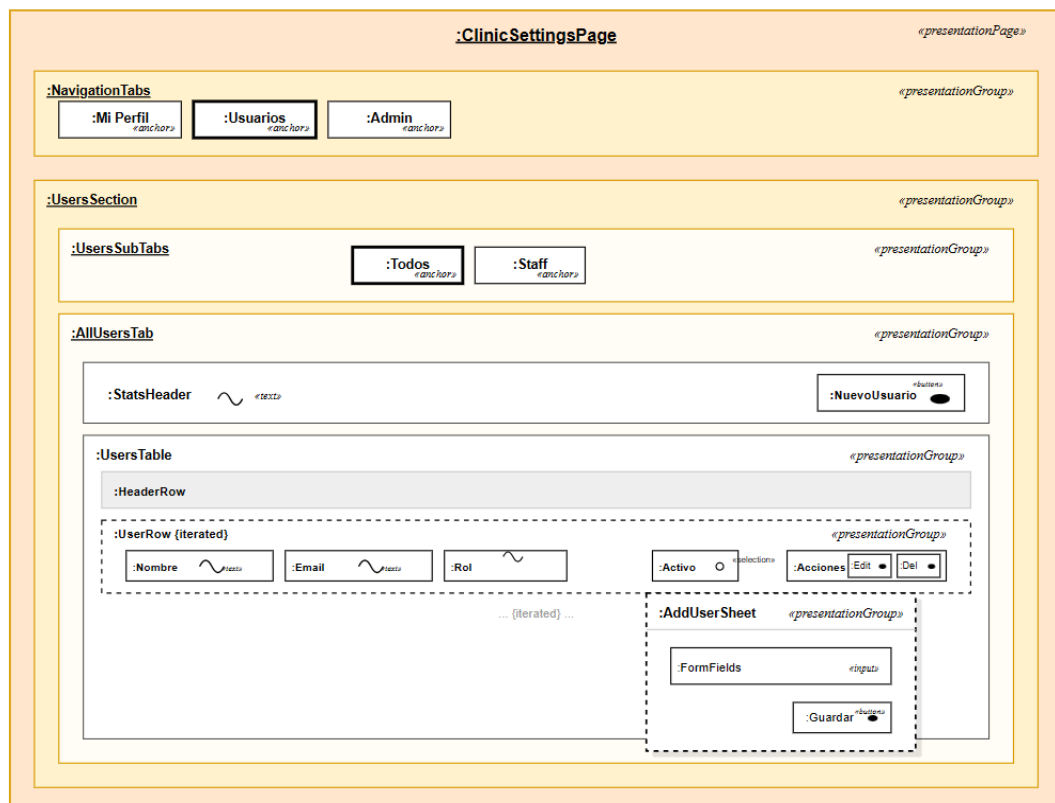
Presentación	<<textarea>>
Google Maps	<<textInput>>
Website	<<textInput>>
Logo	<<button>> Subir
Link Registro	<input style="width: 30px; height: 20px; margin-left: 5px;" type="checkbox"/>
Link Citas	<input style="width: 30px; height: 20px; margin-left: 5px;" type="checkbox"/>

<<button>> Guardar

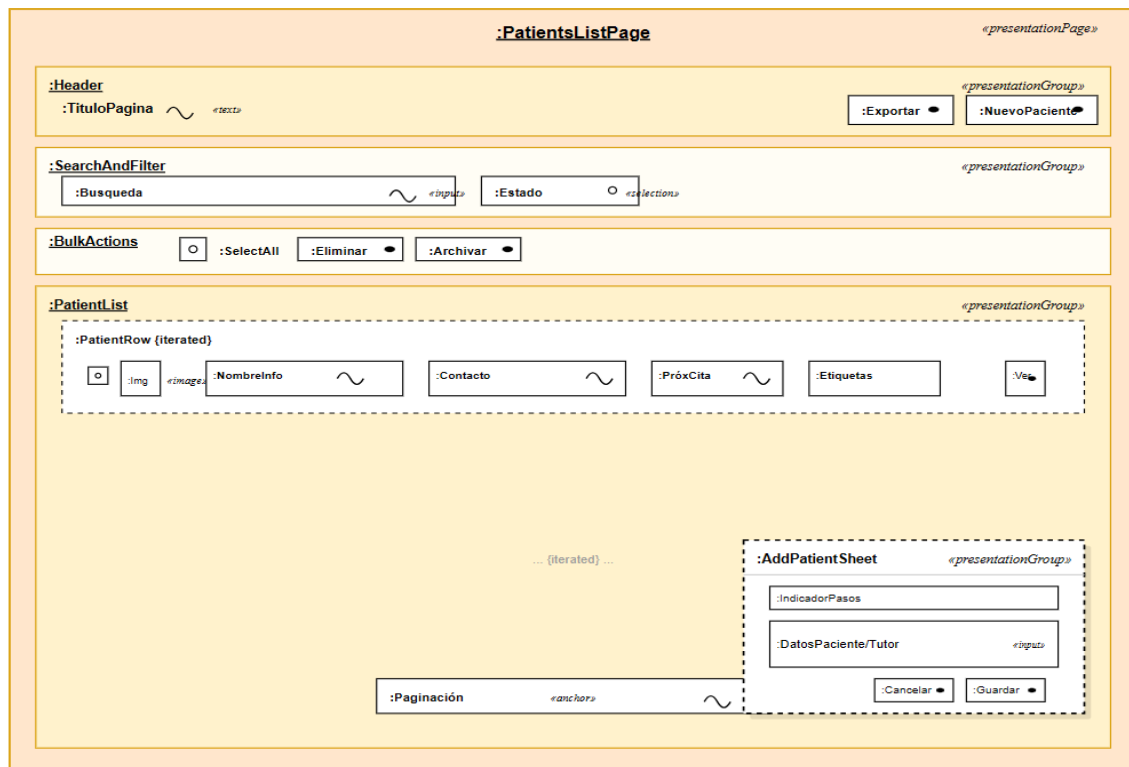
Modelo de presentación - Gestión de usuarios



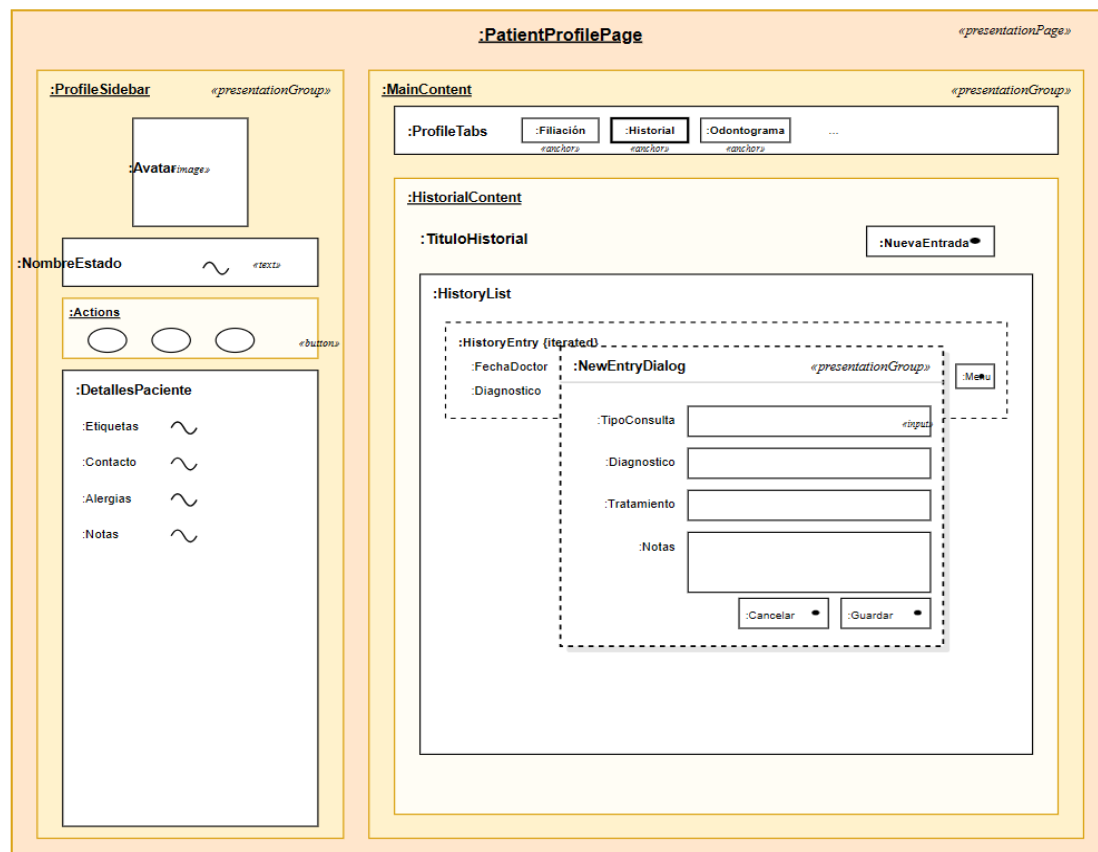
Modelo de presentación - Administración



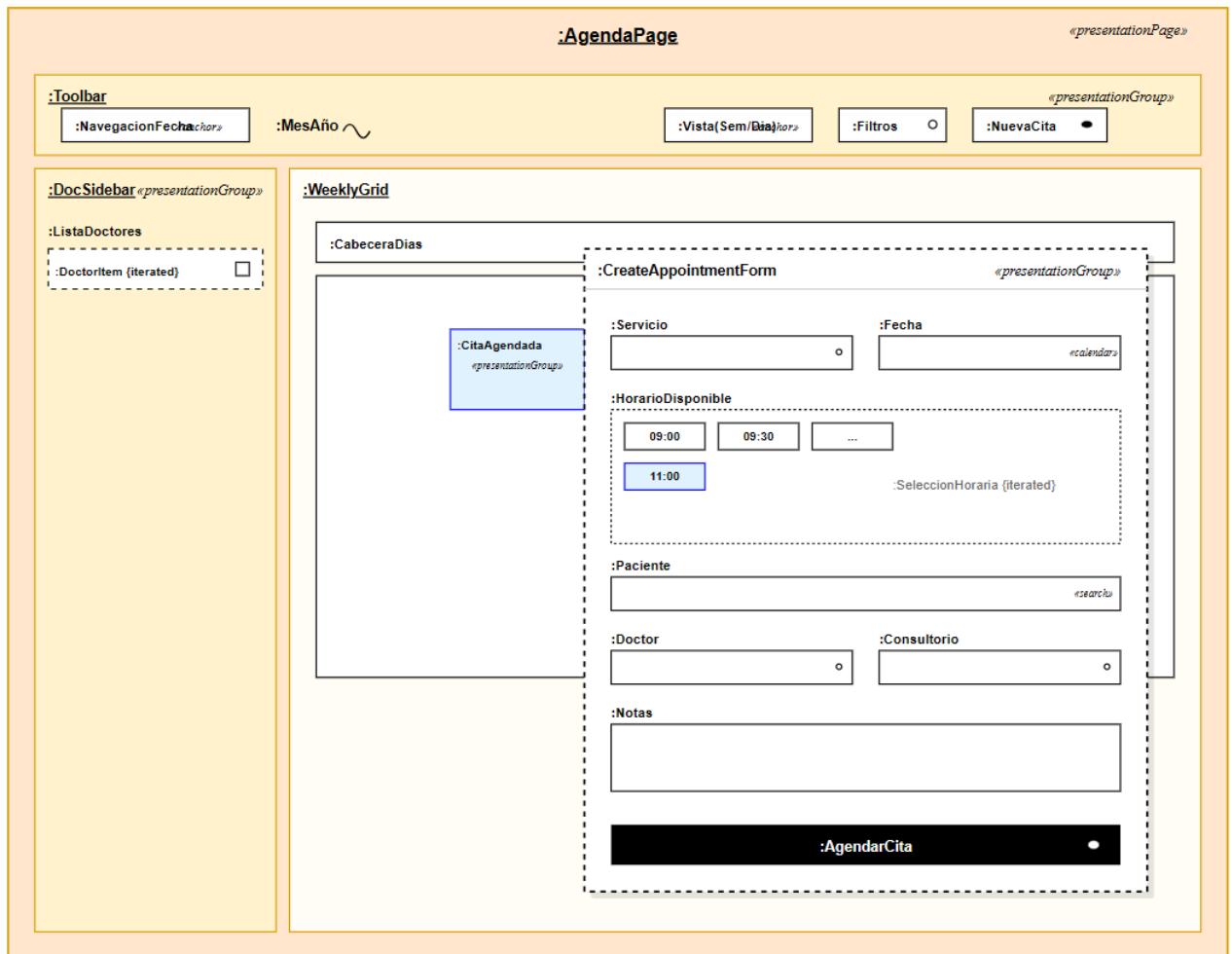
Modelo de presentación - Lista de pacientes



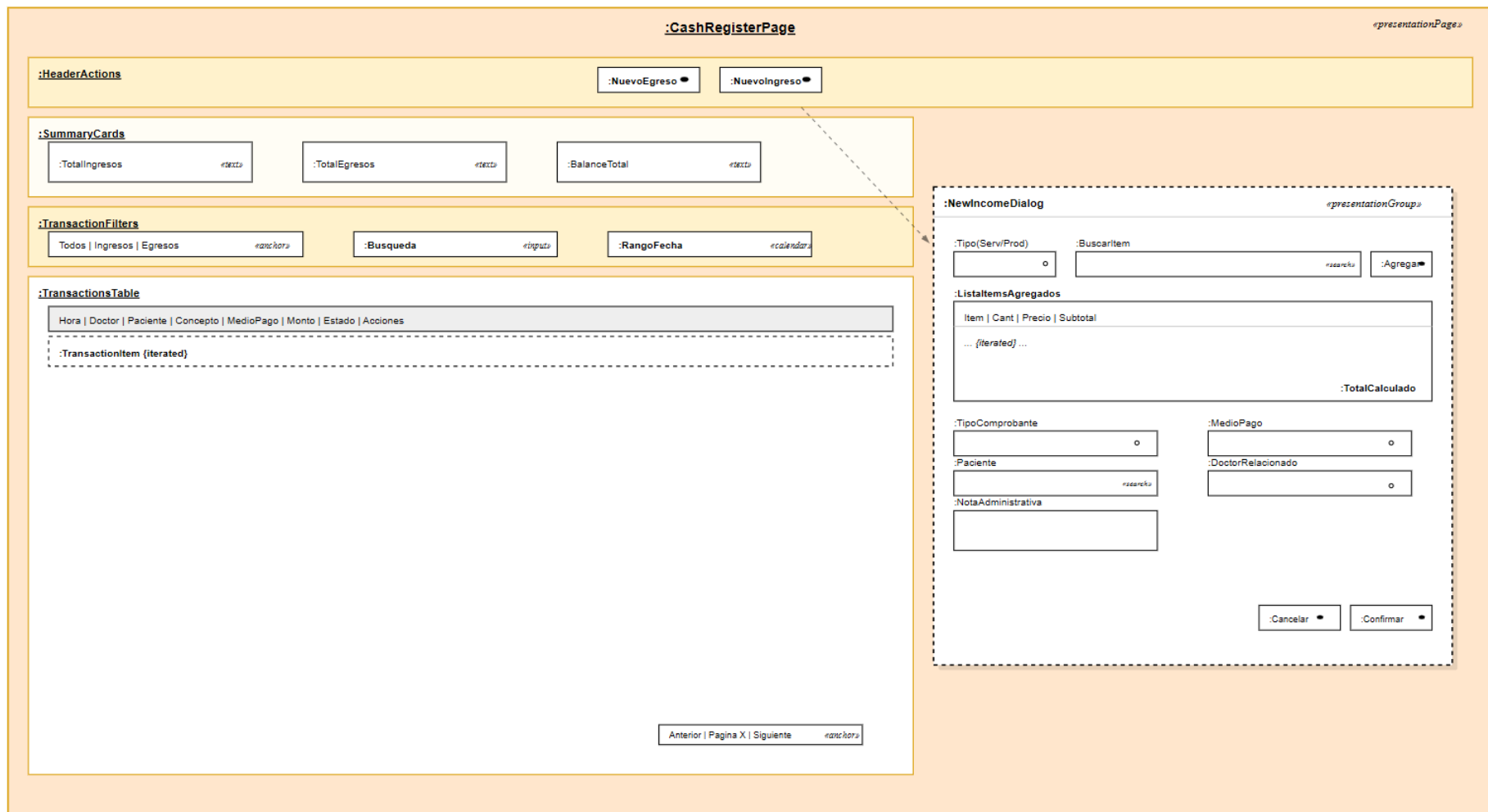
Modelo de presentación - Perfil de paciente



Modelo de presentación - Módulo de agenda

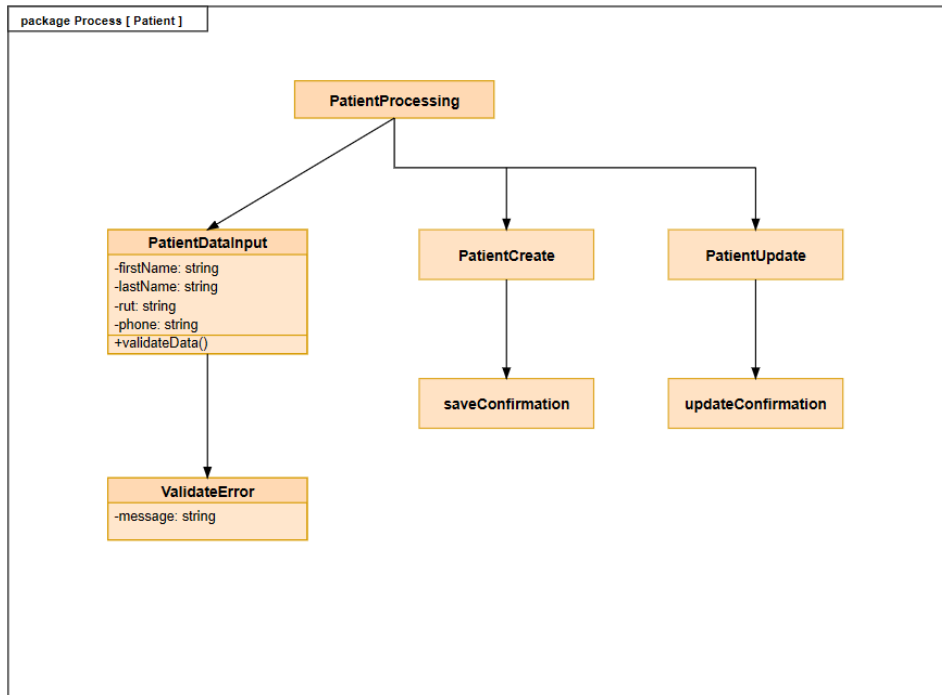


Modelo de presentación - Módulo de caja

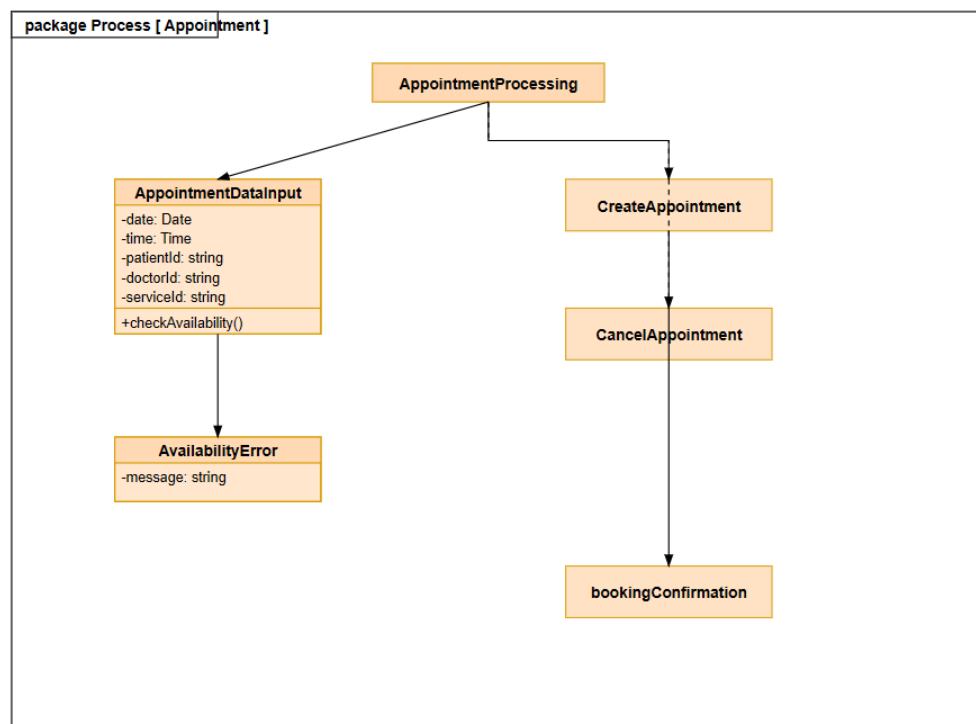


5. Modelo de proceso de negocio

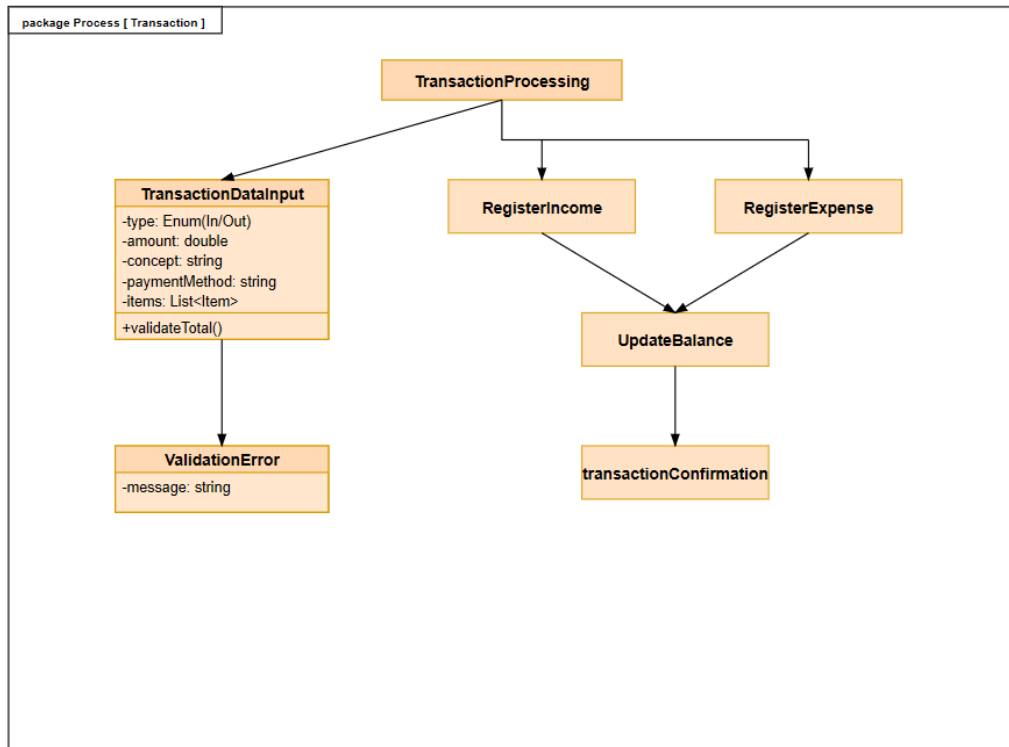
9.1. Diagrama de Procesos — Gestión de Pacientes



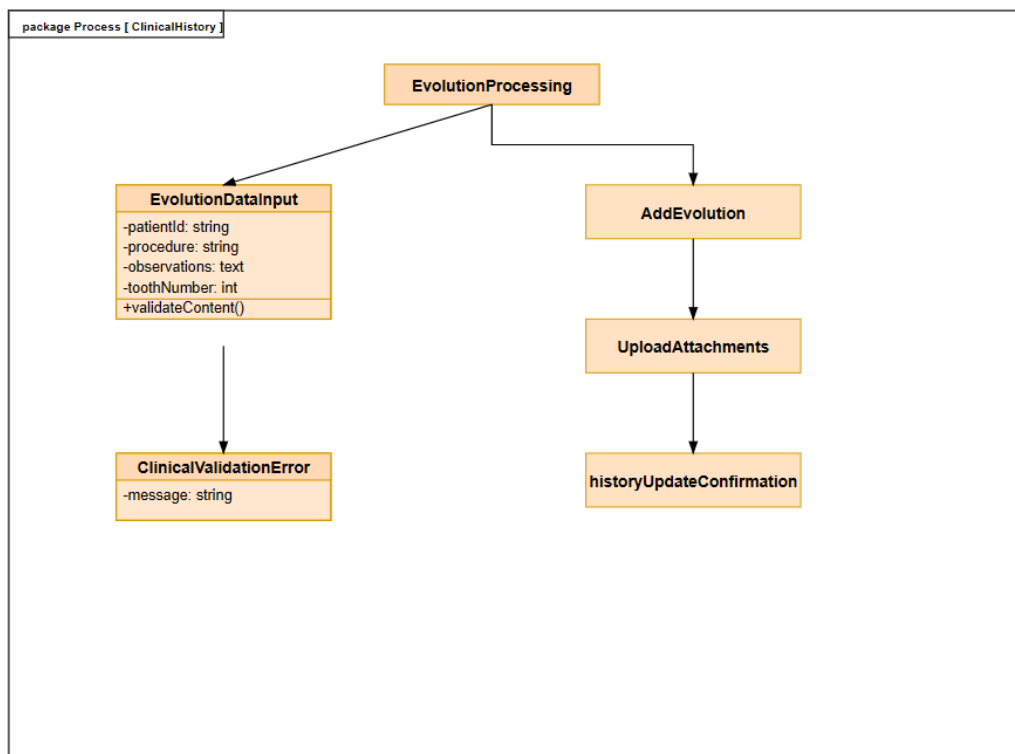
9.2. Diagrama de procesos — Gestión de citas



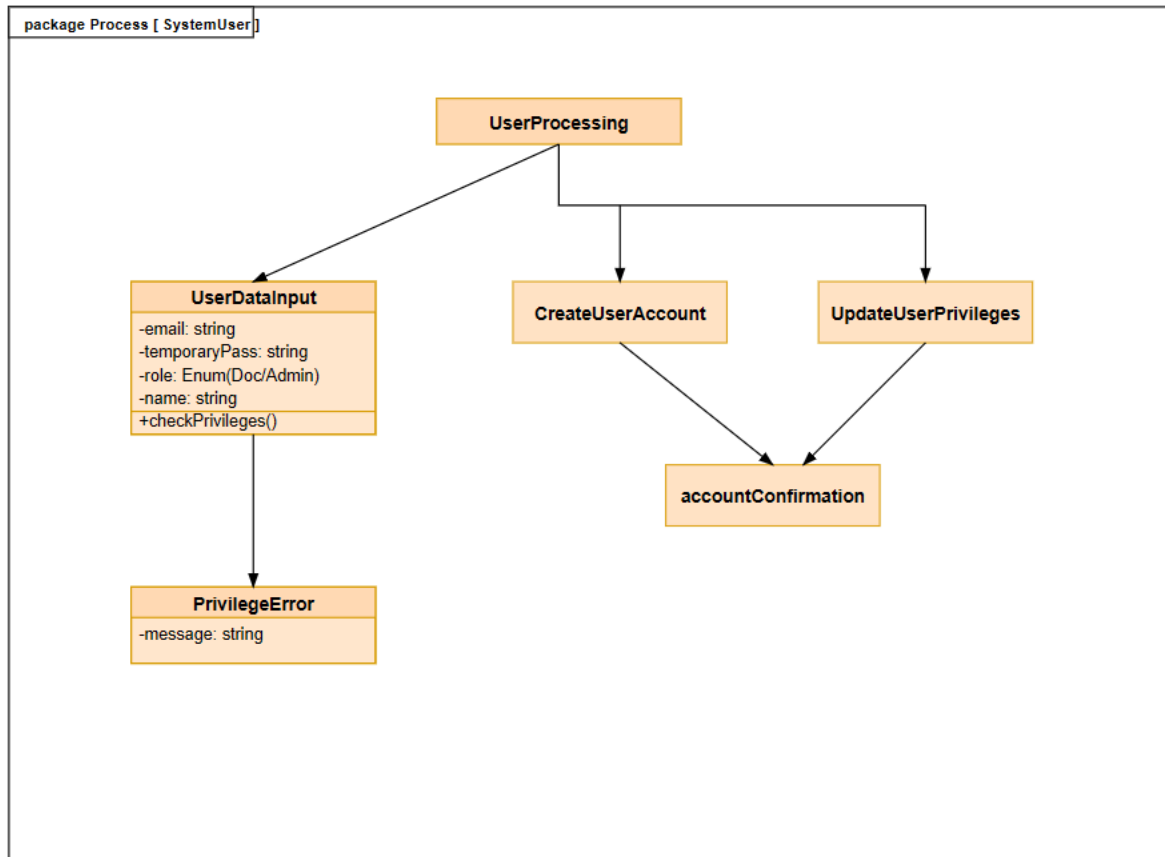
9.3. Diagrama de procesos — Gestión de caja



9.4. Diagrama de procesos — Gestión de Historial Clínico



9.5. Diagrama de procesos — Gestión de usuarios



CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Este capítulo detalla la arquitectura lógica, física, y la implementación técnica de los componentes del sistema. Se describe cómo las decisiones de diseño responden a los Requerimientos Funcionales (RF) y No Funcionales (RNF) establecidos en el capítulo IIa, garantizando una solución robusta, segura y escalable.

4.1.1 Arquitectura del sistema

El sistema de información web de la Clínica OdontoMédica Integral se desarrolló bajo una arquitectura de tres capas (Three-Tier Architecture). Este patrón de diseño garantiza la separación de responsabilidades (presentación, lógica de negocio y datos), facilitando el mantenimiento y la escalabilidad futura del software.

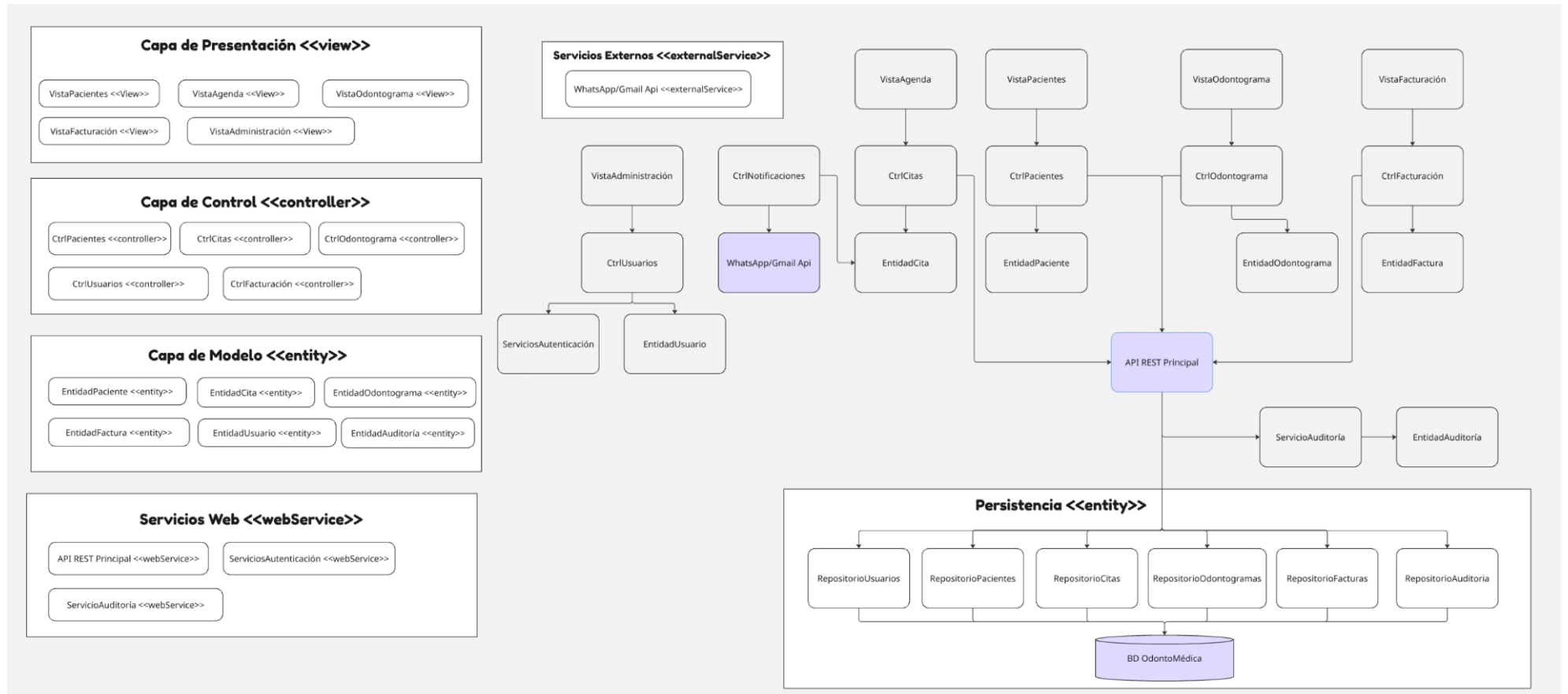
Para la capa de lógica de negocio, se seleccionó **NestJS**, un framework progresivo de Node.js. Esta elección técnica se fundamenta en:

- **Arquitectura Modular:** Organiza el código en módulos desacoplados, lo que permite trabajar en funcionalidades específicas (Agenda, Clínica) sin afectar el resto del sistema.
- **TypeScript Nativo:** Proporciona un tipado estático fuerte, reduciendo errores en tiempo de compilación y mejorando la calidad del código.
- **Inyección de Dependencias (DI):** Facilita la gestión de componentes y la realización de pruebas unitarias.
- **Integración con ORM:** Ofrece soporte nativo para **TypeORM**, simplificando la interacción con la base de datos relacional.

Capas de la Arquitectura Implementada:

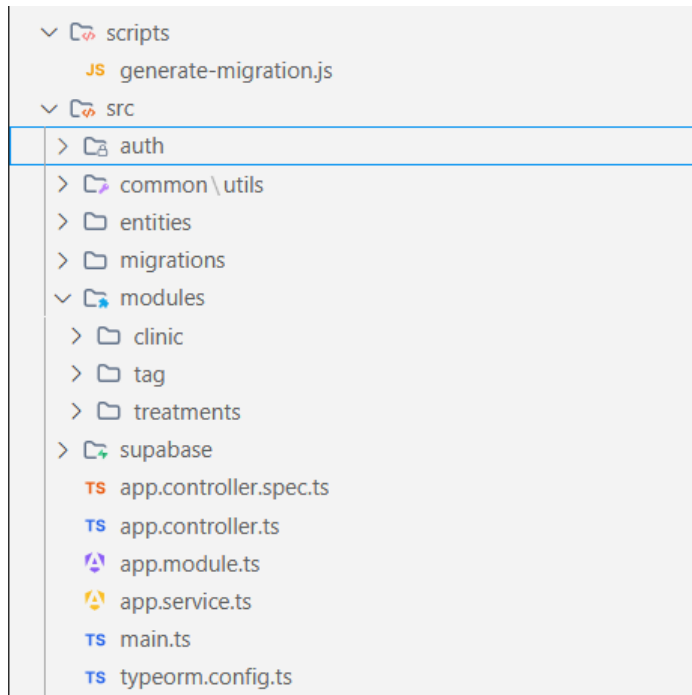
1. **Capa de Presentación (Cliente):** Interfaz web responsiva (React) que se comunica vía REST (HTTP/HTTPS).
2. **Capa de Lógica de Negocio (Backend):**
 - *Controladores:* Manejan las peticiones y respuestas HTTP.
 - *Servicios:* Contienen la lógica pura del negocio.
 - *Guardias (Guards):* Gestionan la seguridad (Autenticación/Autorización).
 - *Pipes e Interceptors:* Validan datos y manejan errores globalmente.

3. Capa de Datos (Persistencia): Base de datos PostgreSQL gestionada mediante TypeORM con migraciones versionadas.



Estructura Modular del Backend

La organización del código fuente refleja la separación de dominios del negocio:



Fuente: elaboración propia

El proyecto está organizado en carpetas especializadas que separan responsabilidades y facilitan el mantenimiento del código:

1. src/common - Utilidades compartidas

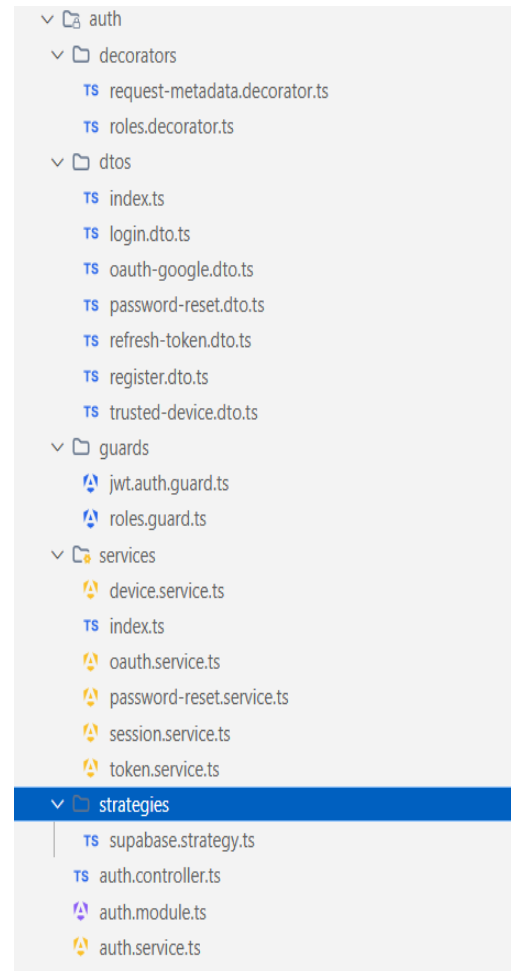
Esta carpeta contiene funciones y utilidades reutilizables en todo el proyecto, promoviendo el principio DRY (**Don't Repeat Yourself**)

2. src/auth/ - Módulo de Autenticación y Autorización

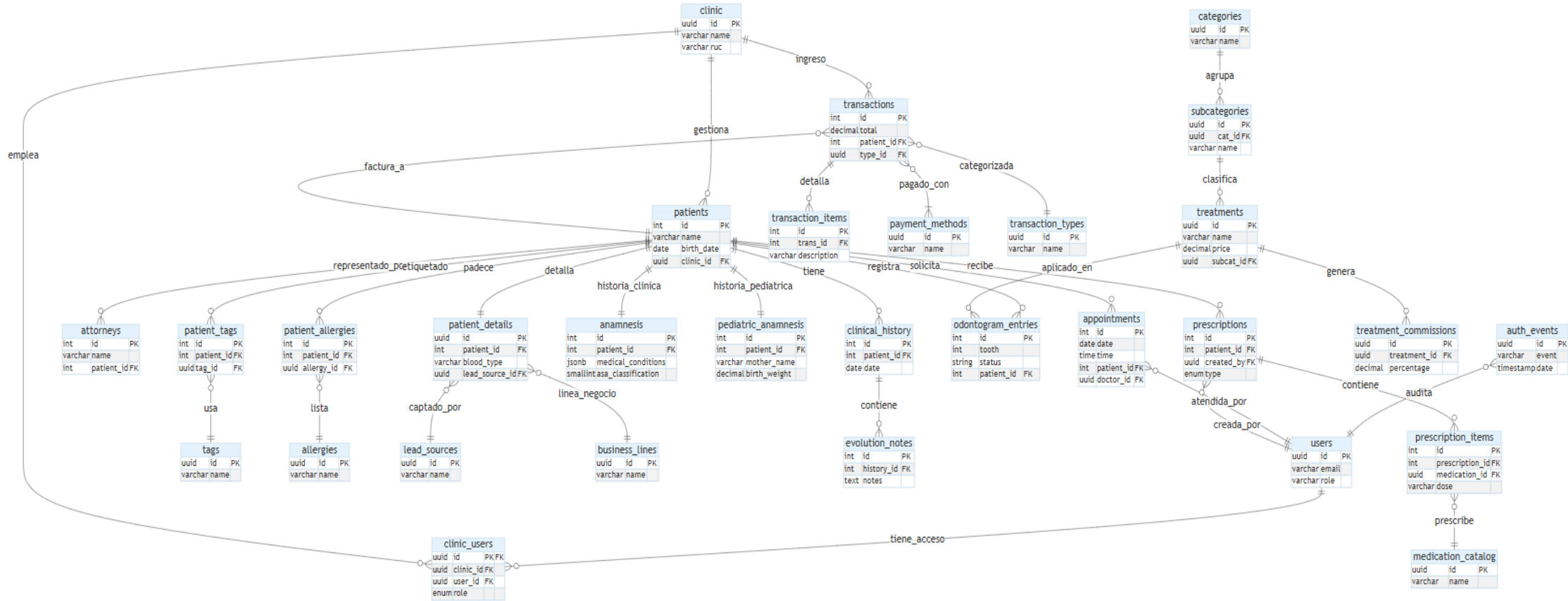
Este módulo se encarga de gestionar identidad, seguridad y control de acceso

Protecciones Implementadas:

- **Rate Limiting:** Máximo 10 intentos de login por minuto (previene ataques de fuerza bruta)
- **JWT con Expiración:** Tokens válidos por 24 horas
- **Refresh Tokens:** Para renovación sin re-autenticación



3. src/entities - Modelos de Datos (ORM)



4. **src/migrations** - Control de Versiones del Esquema de Base de Datos

Las migraciones son archivos TypeScript que definen cambios incrementales en el esquema de la base de datos, garantizando reproducibilidad y trazabilidad.

5. **src/modules/** - Módulos de Lógica de Negocio

Los módulos son la unidad organizacional principal de NestJS, cada uno encapsula funcionalidad relacionada

- **Ventajas del Patrón de Módulos:**

1. Encapsulación: Cada módulo tiene responsabilidades claras
2. Reusabilidad: Servicios exportables entre módulos
3. Lazy Loading: Módulos se cargan sólo cuando se necesitan
4. Testing Aislado: Cada módulo se puede probar independientemente.

4.1.2 Arquitectura de Infraestructura

Para dar cumplimiento al **RNF-02** (Disponibilidad $\geq 95\%$) y garantizar la seguridad y escalabilidad del sistema, se determinó que la solución debe ser alojada en la nube. Tras evaluar las necesidades de procesamiento del backend (NestJS) y persistencia de datos (PostgreSQL), se diseñó una arquitectura híbrida que combina:

1. **Supabase:** Plataforma gestionada que provee la base de datos PostgreSQL, el sistema de autenticación de usuarios y el almacenamiento seguro de archivos clínicos (Buckets).
2. **Cloudzy VPS:** Servidor Privado Virtual donde se desplegarán los contenedores del backend NESTJS y el frontend REACT.

Evaluación y Selección de Proveedores

Se analizaron las alternativas de contratación buscando un equilibrio entre rendimiento técnico y el límite presupuestario del proyecto establecido en \$420 USD anuales.

Proveedor	Plan	Precio/mes	CPU	RAM	Storage	Notas
Supabase	Free tier	0 USD	-	-	500 MB + 1GB STORAGE	Limitado, suficiente para pruebas o baja carga
Supabase pro	Pro plan	25 USD	-	-	8 GB DB + 100 GB Storage	Escalable y seguro, pero excede el presupuesto.
Cloudzy VPS	Advance	7.48 USD	1 vCPU - 4.2 + GHz	2 GB DDR5	60 GB NVMe/SSD	Adecuado para alojar NestJS + React

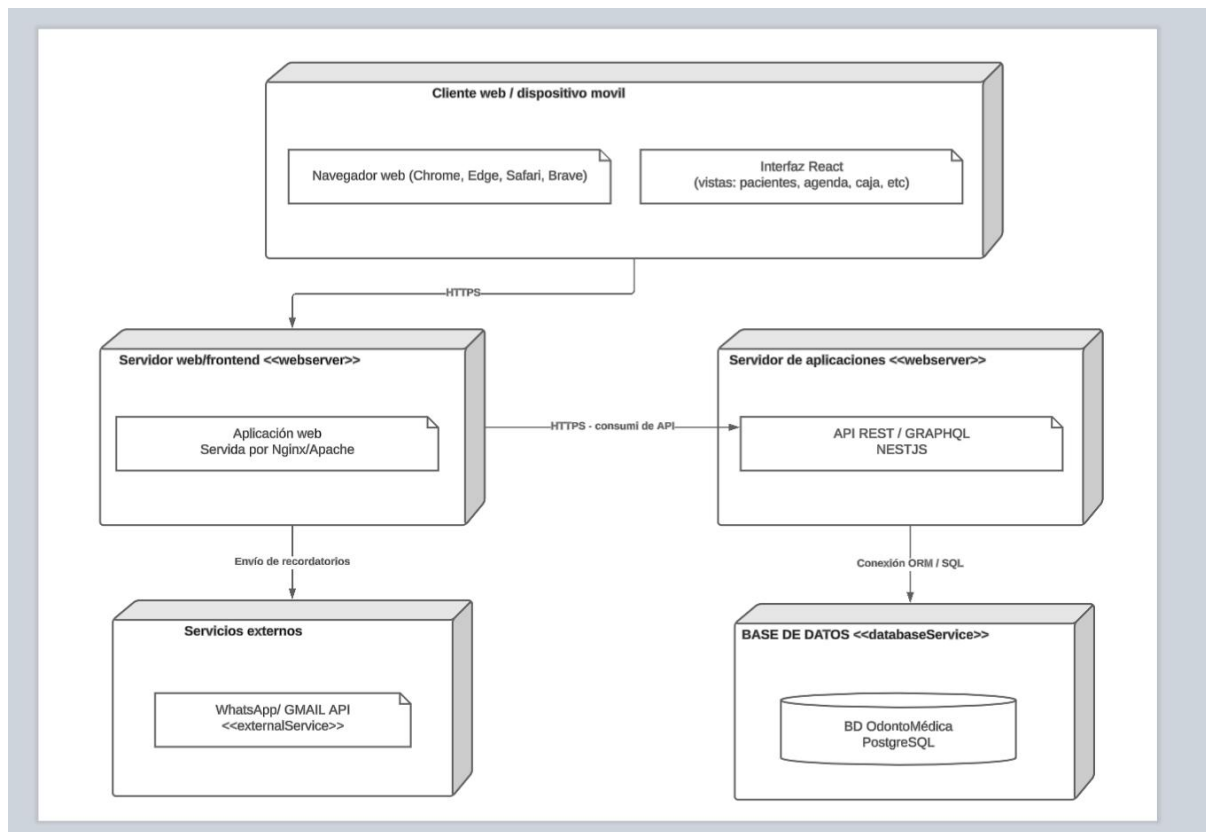
Fuente: elaboración propia

Evaluación

- Supabase Pro garantiza una base de datos y almacenamiento escalable, con autenticación segura y backups automáticos, lo que reduce la carga sobre el VPS.
- Cloudzy VPS Advance proporciona recursos suficientes para ejecutar la API y el frontend, aprovechando un vCPU de alta frecuencia y almacenamiento NVMe rápido.
- Costo total anual combinado (Supabase Pro + Cloudzy VPS): $300 + 89.76 \approx 390$ USD, dentro del presupuesto máximo de 420 USD.

Con base en el análisis, la mejor alternativa para la clínica es adoptar Supabase Pro junto con Cloudzy VPS Advance.

Diagrama de componentes



4.1.3 Implementación de requerimiento funcionales (RF)

Para garantizar la coherencia del sistema y demostrar que la arquitectura y el código desarrollado responden directamente a las necesidades del negocio definidas en la fase de análisis, se elaboró una matriz de trazabilidad. Esta herramienta mapea los Requerimientos Funcionales (RF) principales con sus respectivos módulos lógicos, controladores, rutas de la API REST (endpoints) en NestJS y las entidades de persistencia en PostgreSQL.

Tabla 11: Matriz de Trazabilidad de Requerimientos a Componentes Backend

ID	Descripción del Requerimiento	Componente Frontend (React)	Módulo Backend (NestJS)	Controlador y Endpoints	Entidades BD
RF-01	Gestión de pacientes (CRUD)	PatientsPage, PatientFormSheet	PatientsModule	-GET /api/v1/patients -POST /api/v1/patients -PATCH /api/v1/patients/:id -DELETE /api/v1/patients/:id	PatientEntity
RF-02	Gestión usuarios y roles	UsersTable, RoleManager	UsersModule	-GET /api/v1/users -POST /api/v1/users	UserEntity, RoleEntity
RF-03	Historia clínica y alergias	ClinicalHistoryTab, AnamnesisForm	PatientsModuleAnamnesisModule	-GET /api/v1/patients/:id/anamnesis -POST /api/v1/patients/:id/anamnesis	AnamnesisEntity
RF-04	Odontograma digital	OdontogramManager, InteractiveGrid	OdontogramsModule	-GET /api/v1/patients/:id/odontograms -POST /api/v1/odontograms/batch	OdontogramEntity, ToothTreatmentEntity
RF-05	Agenda de citas por odontólogo y consultorio	AppointmentCalendar	AppointmentsModule	-GET /api/v1/appointments -POST /api/v1/appointments	AppointmentEntity
RF-06	Reprogramación y cancelación con motivos	AppointmentDialog	AppointmentsModule	PATCH /api/v1/appointments/:id/status	AppointmentEntity
RF-07	Recordatorios automáticos de citas	(Ejecución en Background)	NotificationsModule	(Tareas Cron / Automáticas, no interactivo via REST)	NotificationLogEntity
RF-08	Adjuntos clínicos (imágenes/documentos)	DigitalFilesTab, Uploader	StorageModule	-GET /api/v1/patients/:id/files -POST /api/v1/files/upload	ClinicalFileEntity
RF-09	Auditoría y bitácora	AuditLogsPage	AuditModule	-GET /api/v1/audit/logs	AuditLogEntity
RF-10	Gestión de caja e ingresos/egresos	CashRegisterDashboard	BillingModule	-GET /api/v1/billing/transactions	TransactionEntity
RF-11	Facturación de servicios odontológicos	InvoiceForm, BillingPage	BillingModule	-POST /api/v1/billing/invoices -GET /api/v1/billing/invoices/:id	InvoiceEntity, InvoiceItemEntity
RF-12	Autenticación de Usuarios (Login)	LoginPage, RequireAuth	AuthModule	-POST /api/v1/auth/login GET /api/v1/auth/profile	UserEntity
RF-13	Soporte Multitenancy (Múltiples Sucursales)	TenantProvider, GlobalHeader	BranchesModule	-GET /api/v1/branches -POST /api/v1/branches (Validado via Header x-tenant-id)	BranchEntity
RF-14	Generación de Reportes Operativos y Financieros	ReportsDashboard, RevenueChartsOdontogramPDF	ReportsModule	GET /api/v1/reports/revenue GET /api/v1/reports/appointments(Consultas CSR para PDFs)	(Agregaciones BD)

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan las particularidades lógicas y de seguridad implementadas en los módulos más críticos del sistema.

4.1.3.1 Módulo de Gestión de Pacientes y Seguridad (RF-01, RF-02)

Para el RF-01 (Gestión de Pacientes), se implementaron controladores RESTful que permiten operaciones CRUD. Se utilizaron decoradores class-validator para asegurar que los datos de entrada (email, teléfonos) sean válidos antes de llegar a la base de datos.

Para el RF-02 (Gestión de Usuarios y Roles), se implementó un sistema de control de acceso basado en roles (RBAC). Se creó un Guardia personalizado (RolesGuard) que intercepta cada petición y verifica los permisos:

```
src > auth > guards > roles.guard.ts > RolesGuard > canActivate
1 import { Injectable, CanActivate, ExecutionContext } from '@nestjs/common';
2 import { Reflector } from '@nestjs/core';
3 import { ROLES_KEY } from '../decorators/roles.decorator';
4
5 @Injectable()
6 export class RolesGuard implements CanActivate {
7   constructor(private reflector: Reflector) {}
8
9   canActivate(context: ExecutionContext): boolean {
10     const requiredRoles = this.reflector.getAllAndOverride<string[]>(
11       ROLES_KEY,
12       [context.getHandler(), context.getClass()],
13     );
14
15     if (!requiredRoles) {
16       return true;
17     }
18
19     const { user } = context.switchToHttp().getRequest();
20
21     if (!user || !user.role) {
22       return false;
23     }
24
25     return requiredRoles.some((role) => user.role === role);
26   }
27 }
28
```

Fuente: elaboración propia

Esto asegura que solo usuarios con el rol admin o doctor puedan acceder a rutas críticas.

4.1.3.2 Módulo Clínico y Odontograma (RF-03, RF-04)

La implementación del RF-03 (Historia Clínica) y RF-04 (Odontograma) se centró en la trazabilidad.

Versionado de Historia y Evolución Clínica: En lugar de sobrescribir archivos monolíticos, se implementó la entidad transaccional Note (Notas de Evolución Clínica). Esta entidad registra cada intervención médica como un documento independiente e inmutable que captura el progreso del cuadro clínico, signos vitales, resultados de estudios complementarios, diagnóstico, pronóstico y el plan de tratamiento. Esto permite reconstruir la historia de salud del paciente cronológicamente y facilita las auditorías clínicas.

Odontograma Digital: Se estructuró un modelo de alta fidelidad clínica (ICDAS-friendly) apoyado por la interfaz en React, que divide cada pieza dental en 7 superficies interactuables: separando el registro de afecciones en coronas de las zonas cervicales (cuellos de los dientes). El sistema almacena cada intervención utilizando la Nomenclatura FDI Internacional de la OMS (ej. piezas del 11 al 48 para la dentición permanente, y 51 al 85 para la decidua). Al registrar un tratamiento o patología, el sistema vincula un paciente, una superficie dentaria específica y el tratamiento, garantizando una alta especificidad en la historia clínica.

4.1.4 Implementación de requerimiento no funcionales (RNF)

4.1.4.1 Seguridad y Cumplimiento Normativo (Ley 787)

La seguridad se implementó en múltiples capas para proteger los datos sensibles de salud:

- **Autenticación JWT:** Se utilizan Json Web Tokens firmados. El sistema valida no solo la firma criptográfica, sino también que la sesión exista en la tabla auth_sessions, permitiendo la revocación inmediata de acceso en caso de robo de dispositivo.

- **Encriptación:** Las contraseñas se almacenan mediante hashing (bcrypt) y la comunicación es exclusivamente HTTPS (TLS 1.3).

```

12 @Injectable()
13 export class JwtAuthGuard implements CanActivate {
14     constructor(
15         private readonly jwtService: JwtService,
16         private readonly configService: ConfigService,
17         private readonly tokenService: TokenService,
18         private readonly reflector: Reflector,
19     ) {}
20
21     async canActivate(context: ExecutionContext): Promise<boolean> {
22         const request = context.switchToHttp().getRequest();
23         const token = this.extractTokenFromHeader(request);
24
25         if (!token) {
26             throw new UnauthorizedException('Token no proporcionado');
27         }
28
29         try {
30             const payload = await this.tokenService.validateToken(token);
31
32             // Verificar si la sesión sigue activa
33             const session = await this.tokenService.getSessionById(payload.sessionId);
34             if (!session || !session.isActive) {
35                 throw new UnauthorizedException('Sesión inválida o expirada');
36             }
37
38             // Actualizar última actividad
39             await this.tokenService.updateSessionActivity(payload.sessionId);
40
41             request.user = payload;
42             return true;
43         } catch (error) {
44             throw new UnauthorizedException('Token inválido');
45         }
46     }
47
48     private extractTokenFromHeader(request: any): string | undefined {
49         const [type, token] = request.headers.authorization?.split(' ') ?? [];
50         return type === 'Bearer' ? token : undefined;
51     }
52 }
53

```

Fuente: elaboración propia

4.1.4.2. Rendimiento y Optimización (RNF-01)

Para cumplir con el tiempo de respuesta $p95 < 2$ segundos, se aplicaron estrategias de indexación en la base de datos:

- Índices compuestos en auth_events para búsquedas rápidas de auditoría.

- Índices en campos de búsqueda frecuente: **paciente.apellido**, **appointments.date**, **transaction.createdat**.
- Uso de QueryBuilder de **TypeORM** para optimizar consultas complejas y evitar la carga innecesaria de relaciones (Lazy Loading).

4.1.4.3 Auditoría y Trazabilidad (RF-10)

Se implementó un sistema de auditoría transversal. Todas las entidades heredan de una clase BaseEntity que gestiona automáticamente:

- **created_at / updated_at**: Timestamps automáticos.
- **ccguid**: Identificador global único para rastreo.

Adicionalmente, la entidad **AuthEvent** registra inmutablemente todos los eventos de seguridad (Login, Logout, Intentos fallidos) junto con la dirección IP y el User Agent, facilitando la detección de anomalías y el cumplimiento de normativas legales.

	id uuid	inactive bool	createdat timestamp	updatedat timestamp	user_id uuid	event_type varchar	success bool	ip_address varchar
	0c6730d4-3954-4c93-8f...	TRUE	2025-11-23 02:04:47.36119	2025-11-23 02:04:47.36119	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	113ee54f-dce5-4ab6-b9f1	TRUE	2025-11-20 18:58:33.249326	2025-11-20 18:58:33.249326	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	549001ca-69ad-4573-bc...	TRUE	2025-11-21 01:36:41.395565	2025-11-21 01:36:41.395565	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	797ada8e-6d77-4259-b9...	TRUE	2025-11-17 09:48:29.804813	2025-11-17 09:48:29.804813	5ef6aefd-f1aa-42...	password_reset_request	TRUE	EMPTY
	8c786677-be84-448e-9e...	TRUE	2025-11-21 01:17:00.984999	2025-11-21 01:17:00.984999	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	93edbc20-292c-4b47-8f...	TRUE	2025-11-21 00:35:51.433741	2025-11-21 00:35:51.433741	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	b599e009-54dd-4acb-b...	TRUE	2025-11-17 10:18:06.725026	2025-11-17 10:18:06.725026	5ef6aefd-f1aa-42...	password_reset_complete	TRUE	EMPTY
	d25a1a14-dbf1e-47df-a88	TRUE	2025-11-17 08:50:25.728601	2025-11-17 08:50:25.728601	5ef6aefd-f1aa-42...	register	TRUE	::1
	ee6ea5c7-0940-457c-bc...	TRUE	2025-11-21 00:19:42.410044	2025-11-21 00:19:42.410044	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	f01bf7c2-4767-4196-9d5	TRUE	2025-11-20 18:52:13.742419	2025-11-20 18:52:13.742419	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1
	f7853b07-d04b-4fea-a2f	TRUE	2025-11-17 09:41:38.068528	2025-11-17 09:41:38.068528	5ef6aefd-f1aa-42...	login	TRUE	::1

Fuente: elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

En correspondencia con los resultados obtenidos y el cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- **En relación a la evaluación de viabilidad:** Se determinó la factibilidad integral para el desarrollo e implementación del sistema web. Operativamente, se constató la disposición organizacional para la adopción tecnológica. A nivel económico y técnico, la aplicación del modelo algorítmico COCOMO II permitió estimar un esfuerzo de 32.93 persona-meses, un tiempo de desarrollo de 10.95 meses, un equipo de 3 desarrolladores y un costo de programación de \$2,936.18. Asimismo, se estructuró una arquitectura híbrida en la nube (Supabase y Cloudzy VPS) cuyo costo proyectado de \$390 anuales garantiza la operatividad del sistema sin exceder el presupuesto máximo estimado de \$420 anuales asignado por la clínica. En el ámbito legal, el cumplimiento se materializa mediante la adopción estratégica de un ecosistema de código abierto con licencias permisivas (MIT y PostgreSQL), y la observancia estricta de la Ley No. 787 de Protección de Datos Personales, integrando encriptación AES-256 y JSON Web Tokens (JWT) para asegurar la confidencialidad del historial clínico.
- **Respecto a la definición de requerimientos:** Se identificaron y documentaron de manera exhaustiva las necesidades del negocio. Se establecieron requerimientos funcionales críticos, destacando la integración de un odontograma digital interactivo y módulos de facturación. Simultáneamente, se definieron requerimientos no funcionales orientados a la calidad y resiliencia del software, exigiendo tiempos de respuesta inferiores a dos segundos y una disponibilidad mensual del 99.0%.
- **En cuanto al diseño del sistema:** Se aplicó la metodología UML-based Web Engineering (UWE). Este enfoque permitió modelar de forma estructurada y estandarizada los procesos del negocio, abarcando desde el diagrama general de casos de uso y el modelo conceptual de datos, hasta los esquemas navegacionales y las interfaces de presentación del usuario.

- **Sobre la fase de implementación:** Se desarrolló la plataforma web utilizando una arquitectura modular de tres capas. La adopción de NestJS para la lógica de negocio (backend) y PostgreSQL para la persistencia de datos resultó en un sistema robusto y escalable. Asimismo, se garantizó la confidencialidad de la información clínica mediante la aplicación de protocolos de seguridad avanzados, incluyendo encriptación y autenticación por tokens JWT.

VII. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones expuestas y con el propósito de organizar el éxito a largo plazo del sistema de información web, se sugieren las siguientes acciones:

- **Ejecutar una implementación escalonada:** Se recomienda iniciar el despliegue del sistema mediante una fase piloto exclusiva en la sucursal principal. Esta estrategia permitirá validar el comportamiento del software en un entorno operativo real y controlado, minimizando riesgos antes de habilitar el acceso a las 3 sucursales restantes.
- **Establecer un programa de capacitación continua:** Es imperativo diseñar e impartir sesiones de entrenamiento técnico dirigidas a odontólogos, asistentes dentales y personal administrativo. Esto mitigará la resistencia al cambio, reducirá la curva de aprendizaje y asegurará una transición eficiente desde los procesos manuales hacia la plataforma digital.
- **Implementar rutinas de monitoreo de infraestructura:** Se sugiere asignar recursos para la supervisión constante de los servicios alojados en la nube (Supabase y VPS). Un monitoreo proactivo es fundamental para prevenir caídas del sistema y asegurar el cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio (SLA) referente a la alta disponibilidad.
- **Gestionar el cumplimiento normativo periódico:** Dado el uso de historiales clínicos y sugerencias apoyadas por la inteligencia artificial, se recomienda someter las funcionalidades críticas del sistema a revisiones periódicas ante la Autoridad Nacional de Regulación Sanitaria (ANRS/MINSA), garantizando la alineación continua con la Ley de Protección de Datos y las normativas de salud vigentes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ADA (2021). *Endodontic Treatments Overview*. American Dental Association.

Aportaciones Diagramas UML. (s.f.). *Diagrama de clases*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de https://diagramasuml.com/diagrama-de-clases/?utm_source.com

Arciniega Martínez, F. O. (s.f.). *Diagrama de presentación*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de https://fernandoarciniega.com/tipos-de-diagramas-para-representar-sitios-web/?utm_sou.com

Bitácora de Software. (s.f.). *Sistema de gestión de citas*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://www.bitacorasoftware.com/2018/06/sistema-gestion-de-citas-parte-0.html>

Booch, G. (2020). *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison Wesley.

Chimalakonda, S., & Nori, K. V. (2021). *Can we make software engineering education better by applying learning theories?* ResearchGate. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/221368579_Can_we_make_software_engineering_education_better_by_applying_learning_theories

Codd, E. F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, 13(6), 377-387.

FDI World Dental Federation (s.f.). *FDI Two-Digit Notation System*. Recuperado el 5 de marzo de 2026, de <https://www.fdiworldddental.org/>

Federación Dental Internacional (FDI). (2020). *Oral Health and General Health: A Multisectoral Approach*.

Fielding, R. T., & Taylor, R. N. (2002). Principled design of the modern Web architecture. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 2(2), 115-150.

Frenk, J., Gómez-Dantés, O., & Knaul, F. M. (2010). *Health system reform in Mexico*. The Lancet.

Gómez, A., López, M. d. C., Migani, S., & Otazú, A. (s.f.). *Un modelo de estimación de proyectos de software*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://blogadmi1.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/11/cocom0llfull.pdf>

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

HL7 International (2022). *FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)*. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://www.hl7.org/fhir/>

Health Level Seven International (HL7) (2020). *HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) Release 4*. Recuperado el 5 de marzo de 2026, de <https://www.fdiworldddental.org/>

INSP (2017). *Guía de Práctica Clínica para Atención en Primer Nivel*. Instituto Nacional de Salud Pública.

Ismail, A. I., Sohn, W., Tellez, M., Amaya, A., Sen, A., Hasson, H., & Pitts, N. B. (2007). *The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries*. Community dentistry and oral epidemiology, 35(3), 170-178.

Kamil Mysliwiec. (2025). *NestJS*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://docs.nestjs.com/>

Jones, M., Bradley, J., & Sakimura, N. (2015). *JSON Web Token (JWT)*. Request for Comments: 7519. Internet Engineering Task Force (IETF). Recuperado de <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519>

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2021). *Speech and Language Processing* (3rd ed. draft). Stanford University.

Koch, N., Knapp, A., Wirsing, M., Zhang, G., Kroiss, C., Busch, M., Harrer, S., & Kozuruba, S. (s.f.). *UWE – UML-based Web Engineering*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://uwe.pst.ifi.lmu.de/index.html>

Ministerio de Salud de Chile (2022). *Normativa de atención ortodóncica en establecimientos de salud pública*.

Ministerio de Salud de Colombia (2021). *Lineamientos para la atención integral en salud*.

Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSa). (2024). *La estrategia de Salud Digital en Nicaragua está cambiando las atenciones médicas*. Centro de Noticias MINSa. Managua, Nicaragua. Recuperado de <https://www.minsa.gob.ni/centro-de-medios/noticias/la-estrategia-de-salud-digital-en-nicaragua-esta-cambiando-las-atenciones>

"Modelo de datos". (s.f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_datos

Morales, R., & Pérez, L. (2018). *Niveles de atención médica y especialidades clínicas*. Revista Ciencias de la Salud.

Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. Nielsen Norman Group. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>

Norma Oficial Mexicana NOM-206-SSA1-2022. *Regulación de los servicios de atención médica en urgencias*. <https://www.cndh.org.mx/index.php/documento/nom-206-ssa1-2002-regulacion-de-los-servicios-de-salud-que-establece-los-criterios-de>

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2022). *ISO/IEC 12207:2017/Amd 1:2022 Systems and software engineering — Software life cycle processes — Amendment 1*. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/82541.html>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Estrategia mundial sobre salud digital 2020-2025*. Ginebra: OMS.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Resolución WHA74.5: Salud bucodental. Ginebra: Asamblea Mundial de la Salud.

OPS (2021). *Atención de enfermedades crónicas no transmisibles*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-no-transmisibles>

Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. D. (2014). GloVe: Global Vectors for Word Representation. En *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)* (pp. 1532-1543).

Perforce. (2024). *What is ISO 25010? Software Quality Standard Overview*. Perforce Blog. Recuperado de <https://www.perforce.com/blog/qac/what-is-iso-25010>

Silva, D., & Torres, A. (2020). *Transformación digital en servicios clínicos: retos y oportunidades*. Revista de Gestión Sanitaria.

Talently. (2026). *Salarios de programadores por rol y seniority en LATAM*. Talently Blog. Recuperado el 21 de marzo de 2026, de <https://talently.tech/blog/salarios-programadores-por-rol-seniority-latam/>

The Object Management Group. (2017). *Unified Modeling Language (UML) Specification*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://www.omg.org/spec/UML/>

The PostgreSQL Global Development Group. (2025). *PostgreSQL Documentation*. Recuperado el 11 de marzo de 2025, de <https://www.postgresql.org/about/>

Unión Europea (2020). *Reglamento General de Protección de Datos (GDPR)*. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>

IX. ANEXOS

Anexo A. Formato de entrevista

Entrevista dirigida a la dueña de la Clínica OdontoMédica Integral (Managua)

Fecha: 11/11/2024

Nombre del entrevistado: Erika López Berroterán

Empresa: Clínica OdontoMédica Integral

OBJETIVO:

Recopilar información clave sobre los problemas actuales de la clínica y las necesidades específicas para diseñar una solución tecnológica que aborde estas dificultades.

1. Contexto y Problemas Actuales

- ¿Cuáles son sus responsabilidades principales en su puesto?
- ¿Qué herramientas o sistemas usa actualmente para realizar su trabajo?
- ¿Cuáles son las tareas que requieren más tiempo o esfuerzo?
- ¿Qué problemas enfrenta con los sistemas o procesos actuales?
- ¿Cómo afectan estos problemas a su trabajo diario?
- ¿Cuáles son las principales dificultades que experimentan los pacientes/clientes debido a estos problemas?

2. Requerimientos y Necesidades

- ¿Qué funcionalidades le gustaría que tuviera el nuevo sistema?
 - ¿Hay alguna funcionalidad específica que considere imprescindible?
 - ¿Qué procesos le gustaría automatizar?
 - ¿Qué aspectos considera importantes para que el sistema sea fácil de usar?
- ¿Cómo debería ser el acceso a la información en el sistema? (ej. reportes, consultas en tiempo real, notificaciones)

3. Requisitos Técnicos y de Seguridad

¿Quiénes deberían tener acceso al sistema y qué niveles de permisos deberían existir?

¿Qué datos considera sensibles o críticos para la operación del sistema?

¿Hay alguna regulación o política interna que el sistema debe cumplir?

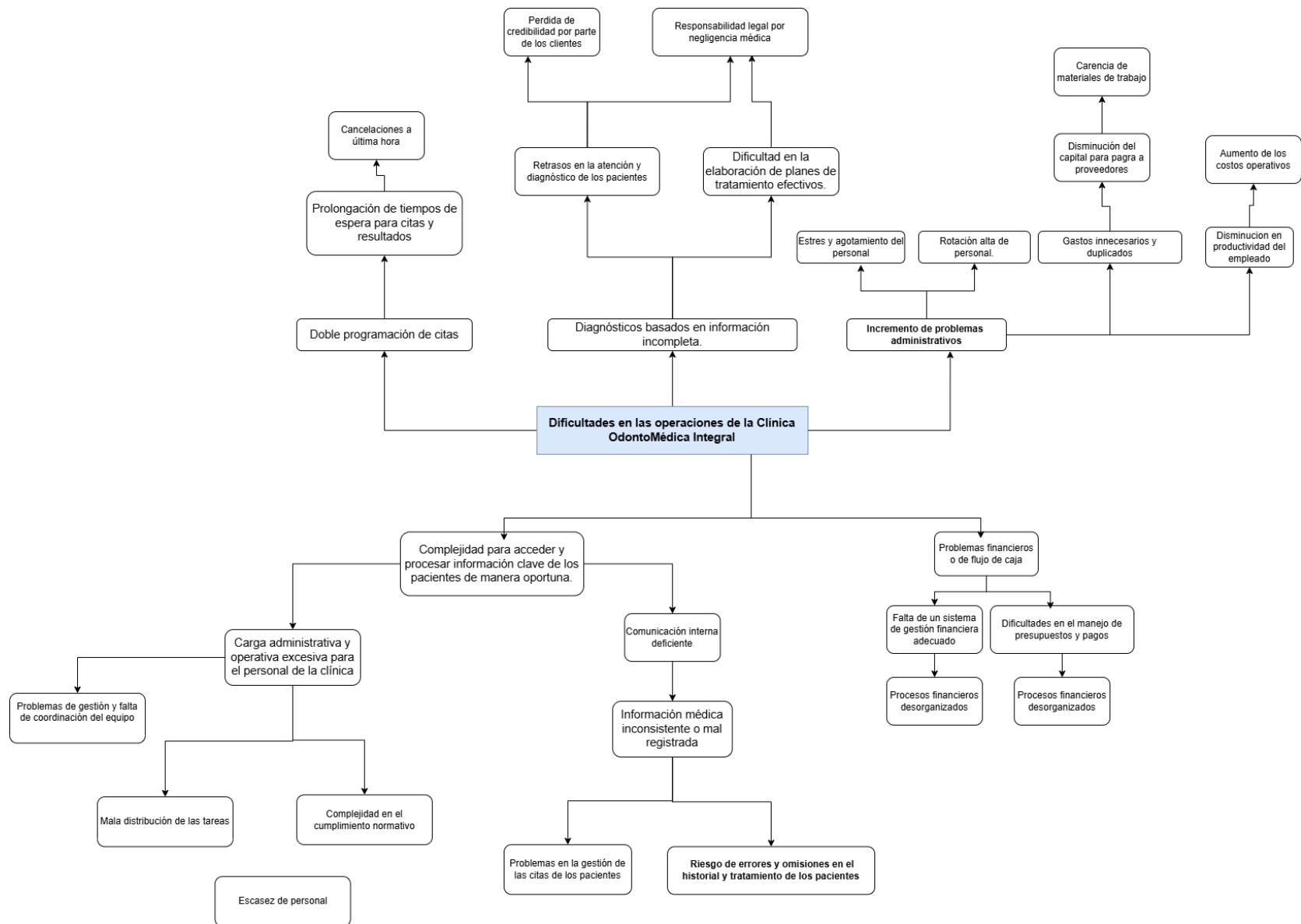
4. Expectativas y Resultados Esperados

¿Cómo mediría el éxito de este nuevo sistema?

¿Qué impacto espera que tenga el sistema en su trabajo y en la organización en general?

¿Hay algún otro comentario o sugerencia que desee agregar?

Anexo B. Árbol de problema



Anexo C. Tabla de puntos de función

Tabla de Puntos de Función			
Clasificación de: Entradas, Salidas, Consulta, Archivos Internos y Externos			
Clasf/Complejidad	Baja	Media	Alta
No. Entradas	Registrar alergia	Modificar Alergia	Crear Factura con multiples items
	Eliminar Historial Clinico	Eliminar Alergia	Registrar pago con multiples medios
	Registrar Paciente	Registrar Historial Clinico	Crear/Actualizar una entrada en el odontograma
	Modificar Paciente	Modificar Historial Clinico	
	Eliminar Paciente	Registrar Nuevo Usuario	
	Eliminar Usuario	Modificar Usuario	
	Crear Roles	Asignar Roles	
	Registrar Tratamientos	Modificar Roles	
	Subir Archivo Clinico	Modificar Tratamientos	
	Registrar Ingreso/Egreso	Eliminar Tratamiento	
	Configurar Plantilla Recordatorio	Registrar cita	
	Registrar Evento de auditoria	Reprogramar Citas	
	Buscar productos/servicios	Cancelar Cita	
	Registrar notas de evolución	Agregar Servicio a Factura	
	Modificar notas de evolución	Agregar Medio de pago	
	Eliminar notas de evolución	Reembolsar pago	
	Registrar tags		
	Modificar tags		
	Eliminar tags		
	Asignar tags a paciente		
	Registrar lineas de negocio		
	Modificar lineas de negocio		
	Eliminar linea de negocio		
Total	23	16	3
No. Salidas	Consultar Alergia	Exportar Historial Clinico	Generar PDF de Facturar
	Consultar Paciente	Generar recibo de pago	Generar un reporte del odontograma de un paciente
	Consultar Tratamientos		
	Descarga de Archivos		
	Dashboard de caja		
	Enviar recordatorio automatico		
	Exportar log de Auditoria		
Total	7	2	2
No. Peticiones de usuario	Buscar Alergia	Consultar tratamientos por línea de negocio	
	Buscar Historial Clinico	Consultar Facturar por rango de fecha	
	Buscar Paciente	Consultar Agenda por Doctor	
	Buscar Usuario	consultar pagos por rango de fechas	
	Buscar Tratamientos		
	Consultar un tratamiento específico en un diente		
	Consultar pacientes por tags		
Total	7	4	0
Archivos internos	Tabla historial Clinico		
	Tabla Alergia		
	Tabla Paciente		
	Tabla de Usuario		
	Tabla de Roles		
	Tabla de permisos		
	OdontogramEntry		
Total	7	0	0
Archivos externos	Logotipo de la Clinica	Servicio de correo MAILJET	Supabase
		Google Auth	
Total	1	2	1

Anexo D. Clasificación de componentes

Para Ficheros Lógicos Internos y Ficheros Externos de Interfaz				Para Salidas Externas y Consultas Externas				Para Entradas Externas			
Nº de tipos de registro	Tipos de Datos distintos			Nº de ficheros referenc	Tipos de Datos distintos			Nº de ficheros referenc	Tipos de Datos distintos		
	1-19	20-50	+51		1-5	6-19	+20		1-4	5-15	+16
1	Baja	Baja	Media	0 - 1	Baja	Baja	Media	0 - 1	Baja	Baja	Media
2 - 5	Baja	Media	Alta	2 - 3	Baja	Media	Alta	2 - 3	Baja	Media	Alta
+6	Media	Alta	Alta	+4	Media	Alta	Alta	+3	Media	Alta	Alta

Tabla 3. Clasificación de los componentes del sistema, según el modelo COCOMO II.

Anexo E Cálculo del esfuerzo

$$E = A * TLDCB * \prod E_{mi}$$

Anexo F. Cálculo del tiempo de desarrollo

$$E = A * TLDC^B * \prod E_{mi}$$

Anexo G. Cálculo de cantidad de personas

$$T_{des} = 3.67E^{0.28+0.002\sum SFI}$$

Anexo H. Plantillas de coleman

CU-21	Envío Automático de Recordatorios
Descripción	El sistema envía notificaciones automáticas a los pacientes para recordar sus citas próximas y reducir el ausentismo.
Actores	Sistema (Proceso Automático)
Prioridad	Alta
Urgencia	Media
Precondición	Cita agendada y datos de contacto del paciente (Email o Teléfono) válidos.
Pasos	1. El sistema verifica automáticamente las citas programadas para el día siguiente (o según configuración). 2. Selecciona la plantilla de mensaje adecuada con los detalles de la cita. 3. Envía el mensaje por el canal preferido (Correo electrónico o Mensajería). 4. Registra el envío como exitoso en el historial de la cita.
PostCondición	El paciente recibe la notificación. El estado de envío se actualiza en el sistema.
Excepciones	- Fallo en el servicio de envío de mensajes. - Datos de contacto del paciente inválidos o inexistentes.

Anexo J. Cálculo de TMAR mixta

Año	Ingresos	Costos Operativos	Tasa de Inflacion	Prima de riesgo	20%
2026	\$14,172.00	\$390.00	3.50%	TMAR	23.50%
2027	\$15,305.76	\$421.20	4.13%		24.13%
2028	\$16,530.22	\$454.90	3.61%		23.61%
2029	\$17,852.64	\$491.29	3.50%		23.50%
				TMAR Mixta	23.69%