Maestría en Economía y Gestión de la Salud

Trabajo Final de Maestría

Autora: Marina Ayelén Carena

PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMÁGENES BIDIMENSIONALES EN EL SERVICIO DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES BUCOMAXILOFACIAL EN UN CENTRO DE IMÁGENES ODONTOLÓGICAS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES PERÍODO 2025

2026

Director de Tesis: Mg. Sebastián Apa
Co-directora de Tesis: Mg. Analía Sesta

Citar como: Carena, M. A. (2026). Proyecto de implementación de inteligencia artificial para la evaluación de imágenes bidimensionales en el servicio de diagnóstico por imágenes bucomaxilofacial en un centro de imágenes odontológicas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires período 2025. [Trabajo Final de Maestría, Universidad ISALUD]

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL (RID ISALUD)

BIBLIOTECA ISALUD
DR. NÉSTOR RODRÍGUEZ CAMPOAMOR
VENEZUELA 847, CABA.

Resumen....4
Abstract....5
1. Introducción....7
1.1 Presentación....7
1.2 Descripción del problema....8
1.3 Contexto....9
1.4 Relevancia y Justificación....13
2. Planteamiento del problema....15
2.1 Formulación del problema de la tesis....15
2.2 Objetivos....16
2.2.1 Objetivo general....16
2.2.2. Objetivos específicos....16
3. Marco teórico....17
3.1 Fundamentos conceptuales y técnicos....17
3.1.1 Inteligencia artificial en diagnóstico por imágenes odontológicas....17
3.1.2 Sistemas PACS y digitalización médica....20
3.1.3 Evaluación de impacto en salud digital....23
3.1.4 Análisis de casos en benchmarking internacional....25
3.2 Hipótesis....30
4. Metodología....30
4.1 Tipo de estudio....30
4.2 Dimensiones, variables e indicadores....31
4.2.1 Definición operacional de variables....32
4.2.2 Tabla de operacionalización de variables....33
4.3 Universo y características de la muestra....34
4.4 Fuentes de información y técnicas de recolección de datos....34
4.5 Consideraciones éticas....36
4.6 Estrategia de diseño y evaluación del modelo de intervención....38
5. Desarrollo....40
5.1 Diagnóstico institucional actual....40
5.1.1 Identificación de cuellos de botella e ineficiencias operativas....43
5.1.2 Evaluación cualitativa del grado de digitalización actual....44
5.2 Análisis estratégico....46
5.2.1 Análisis FODA institucional del centro de diagnóstico odontológico....46

5.2.2 Árbol de problemas.....50
5.2.3 Árbol de objetivos.....53
5.3 Diseño del modelo lógico de intervención.....55
5.3.1 Introducción al enfoque metodológico.....56
5.3.2 Construcción de la matriz de Marco Lógico.....57
5.3.3 Actividades proyectadas.....59
5.3.4 Planificación temporal de la intervención.....63
5.4 Evaluación técnica y financiera preliminar.....63
5.4.1 Estimación de costos asociado.....64
5.4.2 Estimación de costos contextualizada para el centro de diagnóstico.....66
5.4.3 Proyección y análisis comparativo de inversión – PACS + IA.....71
5.4.4 Mantenimiento anual y soporte técnico.....72
5.5 Evaluación del proyecto (enfoque prospectivo).....74
5.5.1 Evaluación ex ante.....74
5.5.2 Evaluación ex post.....75
6. Conclusiones.....75
7. Discusión y propuestas.....78
7.1 Discusión.....78
7.2 Propuestas.....79
8. Bibliografia.....82
9. Anexo 9.1 Entrevistas semiestructuradas a actores clave.....87
9.1.1 Entrevista a perfil clínico.....87
9.1.2 Entrevista a perfil administrativo.....90

Resumen

La transformación digital en salud ha impulsado el desarrollo de herramientas de inteligencia artificial (IA) y sistemas de almacenamiento y comunicación de imágenes (PACS) con potencial para optimizar los procesos diagnósticos y administrativos. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una propuesta para mejorar la eficiencia diagnóstica en términos de precisión y tiempos de elaboración de informes de estudios por imágenes bidimensionales en un centro privado de diagnóstico por imágenes odontológicas de la Ciudad de Buenos Aires.

La hipótesis que orientó la investigación plantea que la incorporación de un sistema PACS integrado con herramientas de inteligencia artificial podría contribuir a mejorar la precisión diagnóstica, reducir los tiempos de entrega de estudios y optimizar los procesos administrativos.

Se desarrolló un estudio descriptivo y proyectivo, con predominio de un enfoque cuantitativo descriptivo complementado por técnicas cualitativas. La metodología comprendió el análisis de registros institucionales, la revisión de literatura científica, entrevistas semiestructuradas a actores clave, la aplicación de herramientas de análisis estratégico (FODA, árbol de problemas, árbol de objetivos y matriz de Marco Lógico), una evaluación técnica y financiera preliminar de distintas alternativas de implementación y el diseño de un esquema de evaluación prospectiva mediante enfoques ex ante y ex post.

Los resultados permitieron identificar un escenario de digitalización parcial caracterizado por procesos fragmentados, dependencia de procedimientos manuales y ausencia de un sistema integrado para la gestión de imágenes. A partir de este diagnóstico se elaboró una propuesta metodológicamente estructurada para la incorporación de un sistema PACS integrado con herramientas de inteligencia artificial, estableciendo criterios para su implementación, indicadores de evaluación y mecanismos de seguimiento.

Se concluye que la propuesta desarrollada constituye una alternativa técnicamente viable y organizacionalmente pertinente para contribuir a mejorar el proceso diagnóstico y fortalecer la gestión de la información clínica. No obstante, debido al carácter descriptivo y proyectivo del estudio, la magnitud de sus beneficios sobre la precisión diagnóstica y los tiempos de entrega de estudios deberá ser corroborada mediante futuras instancias de implementación y evaluación en contextos reales.

Palabras clave: inteligencia artificial; PACS; diagnóstico por imágenes odontológicas; transformación digital; gestión en salud; evaluación prospectiva.

Abstract

Digital transformation in healthcare has fostered the development of artificial intelligence (AI) and Picture Archiving and Communication Systems (PACS), offering new opportunities to improve diagnostic and administrative processes. In this context, the aim of this study was to develop a proposal to improve diagnostic efficiency in terms of diagnostic accuracy and report turnaround time for two-dimensional imaging studies in a private dental imaging center in Buenos Aires, Argentina.

The guiding hypothesis proposed that the incorporation of a PACS integrated with artificial intelligence tools could contribute to improving diagnostic accuracy, reducing study turnaround times, and optimizing administrative processes.

A descriptive and projective study was conducted using a predominantly descriptive quantitative approach complemented by qualitative techniques. The methodology included the analysis of institutional records, a review of the scientific literature, semi-structured interviews with key stakeholders, the application of strategic analysis tools (SWOT analysis, problem tree, objective tree, and Logical Framework Matrix), a preliminary technical and financial assessment of implementation alternatives, and the design of a prospective evaluation framework based on ex ante and ex post approaches.

The findings revealed a partially digitalized workflow characterized by fragmented processes, reliance on manual procedures, and the absence of an integrated image management system. Based on this diagnosis, a methodologically structured proposal was developed for the implementation of a PACS integrated with artificial intelligence, including implementation criteria, performance indicators, and monitoring mechanisms.

The study concludes that the proposed model represents a technically feasible and organizationally appropriate alternative to improve diagnostic processes and strengthen clinical information management. However, due to the descriptive and projective nature of the study, the magnitude of its potential benefits on diagnostic accuracy and study turnaround times should be confirmed through future implementation and evaluation in real-world settings.

Keywords: artificial intelligence; PACS; dental diagnostic imaging; digital transformation; health management; prospective evaluation.

1. Introducción

1.1 Presentación

Este trabajo se enmarca en la categoría de innovación en tecnología aplicada al diagnóstico por imágenes en el ámbito odontológico. Se centra en una institución privada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires con los objetivos específicos de fortalecer la experiencia del paciente, optimizar la calidad de los servicios proporcionados y mejorar los procedimientos internos. El uso de tecnologías como la inteligencia artificial (IA) y PACS (Picture Archiving and Communication System) ofrece una oportunidad estratégica para modernizar la gestión clínica y administrativa en un entorno donde la transformación digital de la atención médica está avanzando rápidamente.

Actualmente no hay tecnologías basadas en inteligencia artificial ni un sistema PACS en el centro. Para transformar los procedimientos de análisis, interpretación y entrega de informes de imágenes bidimensionales, el proyecto pretende proporcionar una propuesta para combinar las dos tecnologías. Además de optimizar el trabajo de los profesionales, esta integración tiene como objetivo facilitar el acceso digital a los hallazgos, eliminando la necesidad de impresión y fomentando un tratamiento más sostenible y eficaz.

Los beneficios esperados incluyen tiempos de respuesta más breves para los informes, mejor precisión diagnóstica, disminución de errores humanos y un acceso más fácil a los estudios para pacientes y profesionales. Tomados en conjunto, estos elementos ayudarían al centro a proporcionar atención de mayor calidad y a establecerse como un líder en innovación técnica dentro del ámbito odontológico privado.

A pesar de la naturaleza exploratoria y teórica de esta investigación, se tienen en cuenta ciertos factores económicos cruciales para evaluar la viabilidad de la propuesta. Se incluye una evaluación preliminar de los gastos relacionados con la adquisición, implementación y mantenimiento del software, así como los requerimientos de infraestructura tecnológica. También se considera una mejor utilización del tiempo profesional disponible, las ventajas potenciales en términos de eficiencia operativa y los ahorros en recursos físicos, como papel y radiografías impresas.

La identificación de características organizacionales que podrían influir la efectividad de la implementación es otra área crucial de atención para el estudio. Para integrar

con éxito estas nuevas tecnologías digitales en las rutinas institucionales, se debe prestar especial atención a tres áreas claves: la formación del personal, la aceptación del cambio y la adaptación del flujo de trabajo.

La investigación comprenderá una revisión conceptual de las tecnologías involucradas, un diagnóstico de la condición actual del centro de imágenes, el uso de herramientas de análisis estratégico para identificar áreas que requieren mejora y, por último, la creación de una propuesta de implementación que tenga en cuenta los factores técnicos, organizativos y financieros mencionados anteriormente. El objetivo final es desarrollar una solución viable y duradera que satisfaga las demandas de la organización y produzca beneficios tangibles para el personal, los pacientes y el sistema de gestión del centro.

1.2 Descripción del problema

Actualmente, las instalaciones del centro de diagnóstico por imágenes odontológicas utilizan un proceso principalmente manual con varias fases operativas, lo que requiere tiempo, recursos y aumenta la probabilidad de errores. Una vez que el técnico radiólogo registra e imprime la imagen radiográfica bidimensional en placas de acetato, el odontólogo especialista la analiza visualmente colocándola en un negatoscopio. Luego el profesional escribe a mano sus observaciones en un formulario físico.

El informe manuscrito es trasladado al área administrativa, donde un asistente lo transcribe en el sistema informático de la institución. Por último, se entrega al paciente un sobre con el informe impreso y la radiografía en acetato. El tiempo promedio de respuesta para este proceso es de 72 horas hábiles, lo que puede tener un efecto negativo en la efectividad del servicio y la satisfacción del paciente.

Desde un punto de vista organizativo y operativo, este modelo posee varias limitaciones. La gestión manual de documentos crea más demoras y sobrecarga a los empleados al aumentar la posibilidad de pérdidas, errores de transcripción y la necesidad de rehacer informes. Además, la capacidad de respuesta del centro se ve disminuida y la escalabilidad del servicio se ve obstaculizada por su fuerte dependencia de las operaciones físicas en caso de un aumento en la demanda.

Además, se ocasionan gastos operativos recurrentes relacionados con el uso de papel, placas de acetato, impresoras, insumos y trabajo administrativo relacionado con el manejo de material físico. A esto se añaden gastos logísticos indirectos y un impacto ambiental sustancial por el uso de recursos no reutilizables. Tanto la eficiencia

económica del modelo actual como la sostenibilidad deben tenerse en cuenta en esta situación.

Frente a este escenario, integrar herramientas digitales—como un sistema PACS y software de inteligencia artificial—emerge como un sustituto viable para transformar el proceso. En cuestión de segundos, el software de IA podría generar informes preliminares que un profesional podría evaluar y validar, mejorando la consistencia diagnóstica sin reemplazar el juicio clínico. Mientras tanto, el sistema PACS eliminaría la necesidad de soportes físicos al permitir el almacenamiento digital de estudios y acceso en línea para pacientes y odontólogos tratantes.

A través de la reducción de errores operativos, la optimización del tiempo profesional y la reducción del consumo de insumos, esta transformación tecnológica proporcionaría notables ventajas clínicas, organizativas y económicas. Además, reduciría el impacto ambiental del centro y lo alinearía con los estándares más recientes de calidad, eficiencia y sostenibilidad en salud.

Sin embargo, hay varias dificultades involucradas en el cambio a entornos digitales. Será necesario evaluar el grado de alfabetización digital del personal, la compatibilidad con los equipos actuales y la infraestructura técnica que está disponible. Así, el principal desafío es cómo incorporar nueva tecnología en un proceso tradicionalmente manual, manteniendo la seguridad de la información y la continuidad operativa. Por tanto, el reto es lograr una implementación eficaz que mejore la satisfacción del paciente, eleve los estándares de calidad y garantice la sostenibilidad operativa a largo plazo.

1.3 Contexto

El estudio se llevó a cabo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en una clínica privada de diagnóstico por imágenes odontológicas. Desde su establecimiento hace más de 10 años, la institución se ha convertido en un estándar local por la excelencia técnica de sus estudios, el cuidado individualizado que ofrece y la solidez de su personal, atendiendo un promedio de 120 pacientes diarios para la realización de estudios bidimensionales y tridimensionales. Ha comenzado a integrar la tecnología digital en algunas de sus operaciones, fusionando herramientas modernas con una experiencia clínica específica, aunque todavía utiliza en su mayoría técnicas manuales para la generación y entrega de estudios.

El equipo profesional está compuesto por un director general, dos odontólogos especialistas en diagnóstico por imágenes, cinco técnicos en radiología y un pequeño equipo administrativo. Mientras que el personal administrativo gestiona la atención al paciente y la preservación física de los datos clínicos, los técnicos son responsables de capturar y procesar las imágenes, los odontólogos especialistas evalúan los estudios y redactan informes.

Durante el período comprendido entre enero y junio de 2025, se observa un volumen mensual de estudios bidimensionales relativamente estable, con valores que oscilan entre los 1680 y los 1803 estudios mensuales. Esta estabilidad se corresponde con la capacidad operativa sostenida del centro de diagnóstico por imágenes odontológicas.

El porcentaje de estudios con informe emitido se mantiene en torno al 26–27%, con leves fluctuaciones a lo largo del período. El valor más bajo se registra en junio de 2025 (24,9%), mientras que el máximo se observa en febrero (28,2%). No obstante, al analizar la distribución mensual, se evidencia un incremento en la actividad durante los meses de marzo y abril, seguido de una leve disminución hacia mayo y junio, lo que podría vincularse con la dinámica de la demanda asistencial y la estacionalidad propia de la práctica odontológica.

En relación con los estudios observados por los odontólogos derivantes, estos representan entre el 7% y el 11% de los estudios informados mensualmente. El valor máximo se registra en abril (11%), mientras que el mínimo se observa en junio (7%). Se observa una tendencia descendente en este indicador hacia los últimos meses del período, aunque con variaciones que no permiten establecer un comportamiento sostenido.

En conjunto, la relativa estabilidad en el volumen de estudios y en la proporción de informes emitidos, junto con la variabilidad observada en los estudios señalados por los profesionales derivantes, pone de manifiesto la necesidad de continuar evaluando y optimizando la precisión diagnóstica. En este contexto, la futura incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial podría representar una estrategia potencial para mejorar la calidad de los informes, reducir la variabilidad diagnóstica y fortalecer la respuesta del servicio frente a la demanda clínica.

A continuación, se presenta la tabla correspondiente, que detalla la cantidad de estudios realizados, los informes emitidos y los estudios observados por mes, proporcionando una visión integral de los indicadores de producción y calidad diagnóstica durante el período analizado.

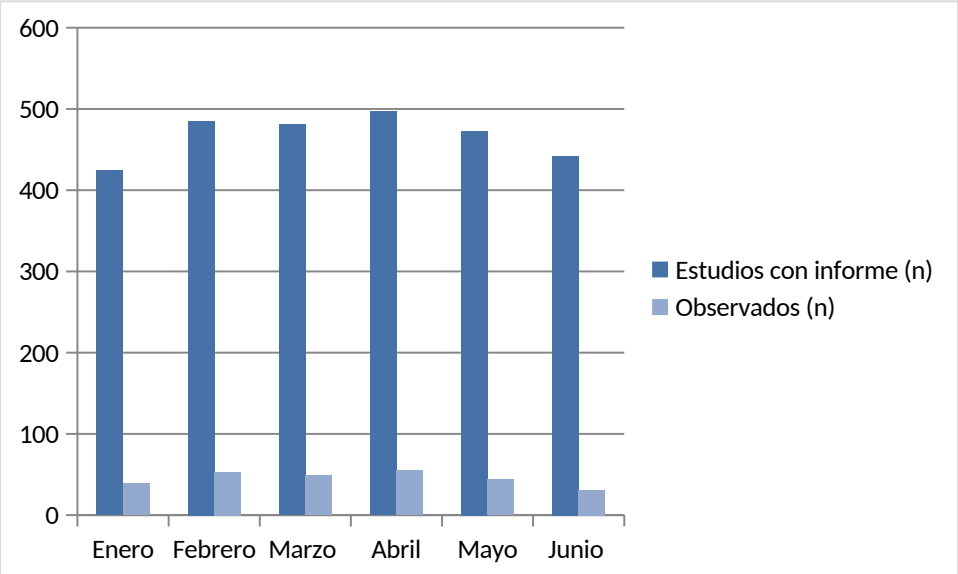
Tabla N°1: *Cantidad de estudios realizados, informes emitidos y estudios observados por mes (Enero 2025– Junio 2025)*

Mes	Cantidad de estudios	Con informe (%)	Con informe (n)	Observados (%)	Observados (n)
Enero	1680	25,2	424	9,2	39
Febrero	1720	28,2	485	10,9	53
Marzo	1793	26,8	481	10,2	49
Abril	1804	27,6	497	11	55
Mayo	1787	26,5	473	9,3	44
Junio	1771	24,9	442	7	31

Fuente: *Elaboración propia.*

Referencia: "n" número absoluto de casos.

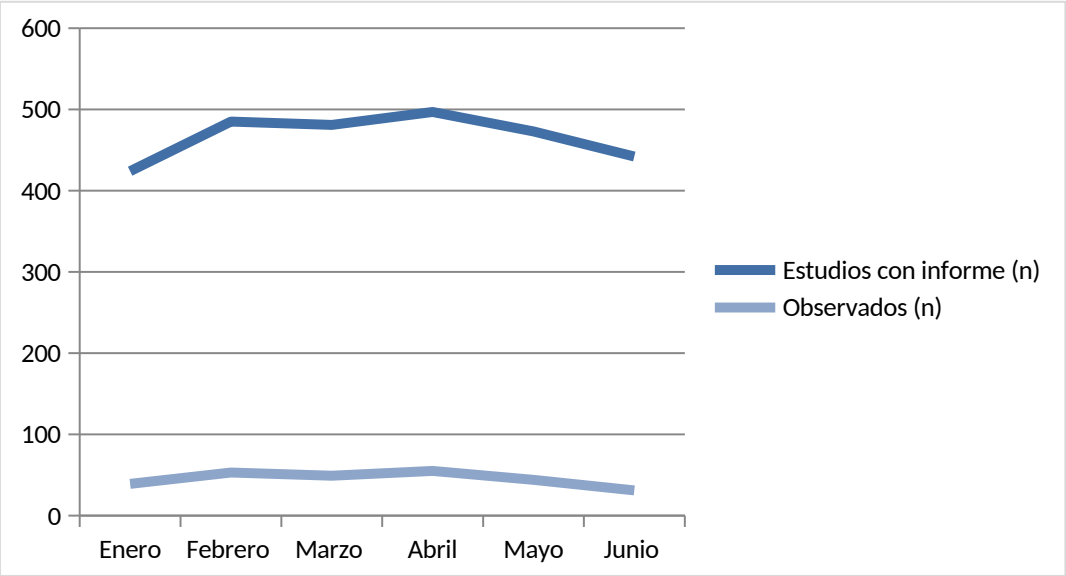
Grafico N°1: *Distribución mensual de estudios solicitados e informados (Enero 2025– Junio 2025)*



Fuente: *Elaboración propia.*

Referencia: "n" número absoluto de casos.

Grafico N°2: *Cantidad de estudios realizados con informe y observados por mes (Enero 2025– Junio 2025)*



Fuente: *Elaboración propia.*

Referencia: "n" número absoluto de casos.

La infraestructura del centro incluye un servidor local que permite la copia de seguridad periódica de imágenes y equipos digitales de rayos X de última generación. Sin embargo, actualmente no cuenta con un sistema PACS ni con tecnologías de IA que permitan el análisis automatizado de estudios. Para garantizar una transición digital segura y eficaz, una evaluación exhaustiva de la infraestructura, necesidades de capacitación del personal y recursos disponibles determinará si estas tecnologías pueden ser incorporadas.

Esta investigación se inscribe en un conjunto de investigaciones sobre la innovación tecnológica en el ámbito de la salud desde un enfoque metodológico. El estudio utilizará una metodología exploratoria-descriptiva que combina entrevistas semiestructuradas con profesionales de la salud y un análisis documental de datos institucionales. Además, se modelarán los procesos actuales y se examinarán escenarios de mejora relacionados con el uso de tecnologías basadas en IA. Esto ayudará a identificar cuellos de botella y oportunidades para mejorar la calidad y eficiencia del diagnóstico del servicio.

El marco regulatorio en Argentina impone estándares estrictos para la calidad de la interpretación radiológica y la protección de datos personales. La Ley Nº 25.326 exige específicamente que la información sensible de los pacientes mantenga seguridad y privacidad. Para garantizar que la prestación de servicios digitales sea legal, ética y

confiable, cada solución tecnológica considerada debe cumplir con estas cuestiones, así como con cualquier criterio de certificación aplicable.

Por último, el centro se enfrenta a un difícil escenario operativo: los tiempos de respuesta, que actualmente promedian 72 horas hábiles, se han ralentizado significativamente debido a la notable cantidad de estudios. La experiencia del paciente y la eficacia organizacional se ven afectadas por este retraso. La incidencia de reclamos resultantes de inexactitudes—aproximadamente el 10%—destaca la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que aumenten simultáneamente la precisión diagnóstica, la velocidad operativa y la calidad general del servicio.

1.4 Relevancia y Justificación

Este estudio incorpora indicadores cuantitativos descriptivos obtenidos a partir de registros institucionales y documentación operativa del centro, incluyendo tiempos promedio de respuesta de informes y la proporción de estudios que requieren intervención diagnóstica especializada. De manera complementaria, se utilizaron entrevistas semiestructuradas y análisis documental como herramientas cualitativas exploratorias orientadas a contextualizar las dinámicas organizacionales y operativas del servicio. Esta estrategia metodológica permitirá desarrollar una evaluación integral del funcionamiento actual del proceso diagnóstico e identificar áreas potenciales de mejora vinculadas a la modernización tecnológica.

Cabe destacar que el estudio no tiene en cuenta la implementación directa de nuevas tecnologías ni la comparación de los resultados experimentales antes y después de su adopción. No obstante, el análisis desarrollado ofrecerá datos pertinentes para ayudar a guiar elecciones futuras sobre el uso de tecnologías digitales, como los sistemas PACS y la IA en el análisis radiográfico. En este sentido, el estudio se posiciona como un diagnóstico exploratorio y prospectivo con el objetivo de establecer una base sólida para la optimización operativa y los procedimientos de modernización clínica a medio y largo plazo.

Académicamente, se incorporarán métodos de planificación y análisis como el Árbol de Problemas y el Marco Lógico, que se utilizan frecuentemente en el diseño de intervenciones organizacionales. Las propuestas de acción basadas en evidencia serán posibles gracias a estas tecnologías, que facilitarán la identificación de causas, consecuencias y soluciones de mejora de manera organizada. Además, al proporcionar un modelo replicable, el trabajo espera apoyar la planificación estratégica

que prioriza la eficiencia y la calidad del servicio para otras organizaciones de atención odontológica que buscan evaluar la viabilidad de integrar la tecnología digital en sus flujos de trabajo.

Cantú et al. (2020) afirman que los algoritmos entrenados para identificar patologías tempranas en radiografías bidimensionales pueden desempeñarse mejor que los especialistas humanos en promedio, con valores de sensibilidad tan altos como 0.75 y especificidad del 0.80. Al reducir la variabilidad clínica inherente al análisis manual, la capacidad de las redes neuronales profundas para detectar pequeñas anomalías que no siempre son visibles para el ojo humano mejora la precisión del diagnóstico. Según Semerci y Yardımcı (2024), automatizar la creación de informes preliminares permitiría liberar a los odontólogos centrando su tiempo profesional en situaciones más complicadas al eliminar actividades repetitivas.

La inclusión de un sistema PACS proporcionaría múltiples beneficios adicionales. Estas incluyen la preservación digital, la trazabilidad y la disponibilidad remota de imágenes, que consolidan el proceso de diagnóstico en una plataforma integral, agilizan la comunicación con los odontólogos tratantes y facilitan la priorización de estudios esenciales. En un entorno urbano como la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde hay una fuerte demanda de servicios de radiología y un clima competitivo que exige estándares de calidad cada vez más altos, esta digitalización no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que también puede servir como una ventaja competitiva significativa. Además, el uso de menos papel y placas de acetato resulta en gastos operativos más bajos y un menor efecto ambiental, lo que es consistente con los principios de sustentabilidad institucional.

Por último, el valor adicional de este estudio trasciende el caso específico analizado. La tesis proporcionará un marco que puede ser utilizado por otros centros de salud con características comparables, mediante el diseño de técnicas de gestión del cambio organizacional, formación del personal y evaluación de la escalabilidad tecnológica. En este sentido, ayudará a construir mejores prácticas para los procedimientos de modernización tecnológica en la atención odontológica, además de mejorar el centro bajo investigación. Los objetivos generales del estudio son mejorar la calidad de la imagen diagnóstica, fomentar la toma de decisiones basada en evidencia y apoyar la sostenibilidad operativa de los servicios de salud en entornos urbanos.

2. Planteamiento del problema

2.1 Formulación del problema de la tesis

En la actualidad, el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas que se está examinando realiza alrededor de 1700 estudios bidimensionales por mes. Aproximadamente entre el 7% y el 11% de los informes son observados por los odontólogos derivantes, quienes manifiestan dudas o detectan posibles discrepancias diagnósticas. En consecuencia, estos informes son posteriormente reevaluados por los profesionales del centro de imágenes.

La imagen impresa en placas de acetato es visualizada mediante negatoscopio y analizada por un especialista que registra sus hallazgos de forma manual; posteriormente, esta información es ingresada al sistema informático por el personal administrativo, lo que configura un proceso secuencial y laborioso. Este flujo de trabajo incrementa la posibilidad de error humano asociado al manejo de registros físicos y a la transcripción de datos, además de implicar un tiempo de respuesta promedio de 72 horas hábiles.

Las tecnologías emergentes, incluyendo la IA y sistemas PACS se ofrecen en este contexto como formas viables de maximizar la efectividad operativa y la calidad del servicio diagnóstico. Los algoritmos de IA utilizados para el análisis de imágenes dentales han demostrado en diversos estudios obtener sensibilidades de hasta 0.89 y especificidades alrededor de 0.98, superando el rendimiento promedio de los odontólogos que no cuentan con herramientas algorítmicas (Musleh et al., 2024; Carvalho et al., 2024; Carrillo-Perez et al., 2022). Según la investigación en radiología médica, los sistemas PACS pueden mejorar la trazabilidad y disponibilidad del material clínico al reducir los tiempos de acceso y distribución de imágenes entre un 30% y un 50% (Alharbi et al., 2024; Luke et al., 2025). Sin embargo, su aplicación en entornos dentales sigue presentando desafíos, especialmente en lo que respecta a la capacitación del personal y la compatibilidad con los sistemas clínicos actuales.

Frente a este escenario, la presente investigación plantea la siguiente pregunta orientadora:

¿En qué medida la incorporación de un software de inteligencia artificial para el análisis de radiografías bidimensionales, integrado a un sistema PACS para el archivo y distribución digital de imágenes, podría contribuir a mejorar la precisión diagnóstica y reducir los tiempos de entrega de estudios en un centro

privado de diagnóstico odontológico de la Ciudad de Buenos Aires?

Cabe mencionar que este estudio está orientado a ser un diagnóstico exploratorio y proyectivo, no una implementación directa de estas tecnologías. Se basa en un análisis de las operaciones actuales del centro, una revisión de la literatura científica especializada, la consulta con miembros importantes del equipo profesional y una evaluación inicial de la infraestructura tecnológica que está actualmente disponible. Este enfoque metodológico se centra en analizar en qué medida la IA y los sistemas PACS pueden contribuir a superar los principales cuellos de botella identificados, evitando la reiteración de descripciones operativas ya abordadas previamente. Además, establece la base para un estudio de viabilidad técnica y operativa que esté en línea con los objetivos institucionales de sostenibilidad, innovación, eficiencia y calidad. En segundo lugar, sin entrar aún en un análisis financiero exhaustivo, también se considerará la viabilidad económica preliminar—que se define como el vínculo entre los beneficios previstos y los recursos necesarios.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta para mejorar la eficiencia diagnóstica en términos de precisión y tiempos de elaboración de informes de estudios por imágenes bidimensionales en un centro de imágenes odontológicas período 2025.

2.2.2. Objetivos específicos

• Realizar un diagnóstico sistémico de la situación inicial del centro, utilizando herramientas de análisis estratégico (FODA, árbol de problemas y matriz de marco lógico), a fin de identificar oportunidades y limitaciones para la implementación de inteligencia artificial.

• Diseñar una estrategia de implementación de inteligencia artificial en el diagnóstico por imágenes bidimensionales, contemplando la integración con el sistema PACS, los requisitos tecnológicos, la escalabilidad operativa y la seguridad de la información.

• Elaborar estándares de evaluación orientados a definir criterios de desempeño del proceso diagnóstico, considerando aspectos como la precisión diagnóstica, los tiempos de informe y la calidad del servicio.

• Generar criterios para la implementación del uso de inteligencia artificial, incluyendo la estimación de costos, los requerimientos organizacionales y la capacitación del recurso humano.

• Diseñar un esquema de evaluación prospectiva que permita establecer mecanismos de seguimiento y análisis de los resultados en un escenario hipotético de implementación, mediante instancias de evaluación ex ante y ex post.

3. Marco teórico

3.1 Fundamentos conceptuales y técnicos

3.1.1 Inteligencia artificial en diagnóstico por imágenes odontológicas

La IA en el diagnóstico por imágenes odontológicas es una rama de este campo que utiliza algoritmos, así como modelos computacionales capaces de analizar y procesar imágenes radiográficas y otras modalidades de imagen en odontología, con el fin de asistir a los profesionales en la detección de anomalías, el diagnóstico de enfermedades y la planificación de tratamientos (de Magalhães y Santos, 2025). Diversas investigaciones han demostrado que los sistemas automatizados pueden alcanzar, e incluso superar, la precisión diagnóstica de profesionales experimentados, representando por tanto un avance crucial en el proceso de digitalización de servicios odontológicos (Abdulakhatov et al., 2025).

Por ejemplo, Wang et al. (2025) demostraron uno de los desarrollos más pertinentes al crear un sistema de IA que utilizó detección de objetos y segmentación semántica para reconocer ocho tipos diferentes de hallazgos dentales en radiografías panorámicas tomadas en tres naciones diferentes (Taiwán, Brasil y los Países Bajos). Con un AUC-ROC promedio del 96.2% y una sensibilidad notablemente mejor que la de expertos humanos en la identificación de dientes faltantes e imágenes radiolúcidas periapicales, el sistema demostró un rendimiento notable en este contexto. Además, la IA aumentó significativamente la eficiencia operativa al procesar imágenes 79 veces más rápido que los lectores humanos. Sumando a la precisión lograda, la característica más destacada del estudio fue la capacidad del sistema para generalizar su rendimiento a diversos contextos clínicos y demográficos, un requisito crucial para implementar una solución tecnológica en entornos diversos y del mundo real, como los que se encuentran en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En una línea similar, Barroso et al. (2024) ofrecen una visión actual del uso de métodos de aprendizaje profundo en el diagnóstico por imágenes odontológicas, enfatizando cómo las redes neuronales convolucionales han revolucionado la metodología de las investigaciones de imágenes bidimensionales. Además de imitar patrones de reconocimiento visual, estos sistemas también tienen mecanismos de aprendizaje continuo que les permiten desempeñarse mejor con el tiempo. Los autores señalan que se ha observado una disminución considerable en el tiempo de interpretación de imágenes y un aumento en la consistencia diagnóstica entre operadores en varios centros que ya han comenzado a integrar la IA en sus procesos. Esto es particularmente útil en entornos con altas cargas de pacientes, cuando el tratamiento clínico puede verse afectado por márgenes de error y retrasos en la entrega de resultados. El estudio también destaca la necesidad de la validación cruzada para garantizar el rendimiento del sistema fuera del entorno en el que fue creado, así como la importancia de contar con conjuntos de datos fiables y bien anotados para el entrenamiento del modelo. Enfatizan que, en comparación con los flujos de trabajo humanos convencionales, la combinación de redes neuronales convolucionales y algoritmos de aprendizaje profundo ha demostrado reducir los tiempos de procesamiento en más del 70%.

Para abordar el problema de la escasez de datos etiquetados, que es uno de los principales obstáculos en el entrenamiento de algoritmos de IA en imágenes dentales, se han optado por métodos más creativos que emplean modelos de aprendizaje semi-supervisado y auto-supervisado. Para categorizar trece problemas dentales a partir de 8,795 radiografías panorámicas, Silva et al. (2024) crearon una arquitectura basada en Transformadores de Visión y modelos de lenguaje. En la mayoría de las categorías clínicas evaluadas, lograron igualar o superar el rendimiento de especialistas más jóvenes utilizando técnicas avanzadas de aprendizaje automático para extraer características de los datos, junto con anotaciones generadas parcialmente de forma autónoma. Este resultado es especialmente importante para entornos como las instalaciones de imágenes dentales diagnósticas que no cuentan con muchos datos etiquetados por expertos, ya que hace posible entrenar modelos eficientes con menos participación humana, lo que reduce los costos iniciales y acelera los plazos de implementación. Además, el método basado en Transformers reduce la dependencia de anotaciones manuales en más del 50% sin comprometer la precisión al capturar mejor las intrincadas interacciones espaciales entre las estructuras dentales, lo que mejora significativamente el diagnóstico de enfermedades difusas o en etapas tempranas.

Según una meta-revisión realizada por Turosz et al. (2023), se revelarán desarrollos notables en tecnología de la información relacionados con la interpretación de radiografías panorámicas dentales (DPRs) entre 1988 y 2023. En una variedad de escenarios, los modelos de IA más modernos examinados en este artículo muestran una excelente precisión diagnóstica. En particular, se ha documentado una precisión del 91.5% en la detección de caries, 89.29% de precisión en el diagnóstico de osteoporosis y 87.5% de precisión en la identificación de sinusitis maxilar. Los modelos alcanzan una precisión del 93.09% en la pérdida ósea periodontal y del 93.67% en la identificación y numeración de dientes. Además, una sensibilidad muy alta del 99.95% y una especificidad del 92% son características de la identificación de lesiones periapicales. Los autores concluyen que, aun con gran precisión, la evaluación continua de estos sistemas es crucial debido a la rapidez con la que surge constantemente nueva evidencia.

El problema de la limitada cantidad de radiografías dentales para el entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo fue abordado por Almalki y Latecki (2023). Su trabajo aumentó la eficiencia y comprensión del modelo a partir de un número reducido de radiografías dentales al implementar y utilizar técnicas contemporáneas de aprendizaje auto-supervisado como Masked Image Modeling (SimMIM) y UM-MAE. La arquitectura Swin Transformer fue utilizada especialmente por los investigadores para manejar funciones cruciales como la segmentación de instancias, la identificación de restauraciones dentales y la numeración de dientes. Este estudio es el primero en utilizar técnicas de aprendizaje auto-supervisado en radiografías panorámicas dentales usando el Swin Transformer. De acuerdo con los resultados, el enfoque SimMIM tuvo un rendimiento superior al de los demás, en la detección de piezas dentales y restauraciones con una precisión del 90.4% y segmentando instancias con una precisión del 88.9%. En comparación con una línea base de inicialización aleatoria, estos hallazgos mostraron una mejora sustancial en la precisión promedio de 13.4 y 12.8 puntos porcentuales, respectivamente.

Por último, la investigación de Nagareddy et al. (2024), quienes llevaron a cabo un estudio comparativo para determinar el rendimiento de un modelo de IA frente a radiólogos experimentados en la detección de periodontitis periapical, complementa la evaluación del papel de la inteligencia artificial en el diagnóstico radiográfico. Se evaluaron métricas como la precisión diagnóstica, sensibilidad, especificidad y niveles de confianza mediante el uso de análisis estadísticos, incluyendo pruebas T de muestras independientes, correlación de Pearson y pruebas Chi-cuadrado, en treinta imágenes radiográficas de varios tipos (CBCT, panorámicas y periapicales). Según los

hallazgos, la precisión, sensibilidad y especificidad del modelo de IA fueron del 89.6%, 86.5% y 88.1%, respectivamente. En contraste, un radiólogo se desempeñó mejor que el otro (98.5% de precisión), mientras que los hallazgos del segundo radiólogo fueron algo peores que los del modelo de IA (81.7% de precisión). Además, el modelo de IA mostró relaciones más fuertes tanto con la confianza de los radiólogos como con el mayor nivel promedio de confianza (86.5% ± 9.18%). Estos resultados indican que los modelos de IA son una herramienta útil para mejorar la precisión y consistencia de los diagnósticos dentales, ya que pueden desempeñarse al nivel de los especialistas en el diagnóstico de periodontitis periapical.

3.1.2 Sistemas PACS y digitalización médica

Los sistemas PACS son plataformas digitales desarrolladas para la gestión apropiada de imágenes médicas, incluyendo su adquisición, almacenamiento, acceso y transmisión. Integrados con la digitalización médica, estos sistemas son capaces de facilitar el flujo de trabajo clínico, mejorando la seguridad de la información y optimizando la interpretación diagnóstica en entornos de salud. Kawa et al. (2022) señalaron que las limitaciones de los sistemas PACS tradicionales —como su arquitectura de red DICOM orientada a la compatibilidad con versiones anteriores, así como sus deficiencias en seguridad y mantenimiento— son ampliamente reconocidas. Estas debilidades han comenzado a ser abordadas por nuevas soluciones que integran patrones de diseño y servicios basados en tecnologías en la nube. Los autores señalaron que no ha habido una demostración integral de que sea completamente nativo de la nube. Abordaron esto introduciendo una arquitectura PACS en la nube que es independiente del proveedor y consta de dos partes principales: un dispositivo de acceso y una plataforma en la nube. La plataforma en la nube multiusuario gestiona la administración del backend (la parte del sistema que no es visible para el usuario, pero que se encarga de la lógica y el procesamiento de datos), el flujo de información y la preservación de imágenes a largo plazo en línea. Para ello, integra tecnologías modernas como Kafka (para la transmisión eficiente de datos entre servicios), OpenSearch (para la búsqueda rápida de metadatos clínicos) y Memcached (para acelerar respuestas mediante almacenamiento en caché). Este sistema PACS en la nube fue implementado inicialmente sobre la infraestructura web de Amazon Web Services (AWS). Se utilizaron volúmenes de imágenes de tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM) y radiografía computarizada (RC) para validar su funcionamiento, demostrando una recuperación y almacenamiento de imágenes fiable. Pruebas adicionales revelaron diferencias en el comportamiento de escalabilidad entre esta solución distribuida y el servidor monolítico Dcm4chee, una

solución PACS tradicional en la que todos los componentes del sistema están integrados en un solo bloque funcional; el rendimiento del PACS en la nube mejoró considerablemente, pero el rendimiento del servidor monolítico permaneció sin verse afectado por la adición de más conexiones paralelas. Este entorno operativo ahora mantiene más de 4,000 nodos DICOM y almacena más de 450 TB de datos de imágenes, demostrando la resiliencia y viabilidad de las infraestructuras PACS basadas en la nube.

Una investigación cualitativa de Cronin (2021) examinó la aceptabilidad y satisfacción del personal, que son esenciales para el éxito de cualquier PACS. Para identificar las inadecuaciones de la tecnología PACS y dirigir futuros avances, se entrevistó a 35 profesionales de la salud basados en hospitales, incluidos radiólogos y tecnólogos, entre febrero de 2019 y diciembre de 2020. La mayoría informó que usaban PACS a menudo (más de seis veces al día) para consultar informes e imágenes, aunque raramente miraban elementos más complejos como mediciones. Además de las inquietudes sobre la protección de datos, muchos profesionales señalaron que la usabilidad del sistema PACS presenta dificultades, lo que puede limitar su aprovechamiento. Para mejorar esta situación, se sugiere implementar instancias de capacitación continua, especialmente adaptadas al flujo de trabajo clínico, lo cual resultaría especialmente útil para quienes tienen menor experiencia con estas plataformas.

Los usos emergentes de PACS fuera del contexto clínico, incluyendo la mejora de los procedimientos de investigación médica, el fomento de asociaciones multidisciplinarias y la promoción del aprendizaje, son revisados en un artículo publicado por Varghese et al. (2024). En el trabajo se enfatiza cómo estas plataformas ayudan a la investigación de vanguardia sobre la progresión de enfermedades y modalidades de imagen, al permitir la gestión y análisis de enormes cantidades de datos de imágenes con una precisión y rapidez excepcionales. Al combinar estas tecnologías con algoritmos de IA, la imagen médica adopta un nuevo enfoque que mejora el procesamiento de imágenes, la precisión diagnóstica y la atención personalizada. Estas tecnologías interpretan volúmenes vastos de datos visuales de forma rápida y precisa, superando intentos anteriores. El acceso a grandes bibliotecas de imágenes médicas y estudios de casos es esencial para la enseñanza, ya que permite a los practicantes y estudiantes interactuar con eventos específicos y mejorar su precisión diagnóstica en un entorno controlado.

Un ejemplo del valor de incorporar PACS en flujos de trabajo analíticos automatizados involucra el campo de la investigación en neuroimagen. Li et al. (2023) abordaron la necesidad de software personalizado para algoritmos sofisticados y nuevos campos de investigación que no están comúnmente disponibles o incorporados en soluciones empaquetadas en un entorno donde el volumen y la complejidad de la recolección y procesamiento de imágenes médicas han aumentado dramáticamente. Para facilitar la rápida creación de prototipos de algoritmos de análisis de imágenes y su posterior prueba en un contexto clínico, los autores describen el despliegue de un pipeline (secuencia organizada de pasos) de procesamiento de imágenes versátil y de sencilla creación. Este pipeline recibe y analiza automáticamente datos de resonancia magnética funcional en estado de reposo (fMRI) obtenidos directamente de un filtro personalizado en la salida del escáner de RM. Para ello, combina el servidor Orthanc, que gestiona y organiza las imágenes, con código MATLAB personalizado para el procesamiento específico, junto con herramientas públicas especializadas como FMRIB Software Library y RestNeuMap, que permiten realizar análisis avanzados y mapeo de la actividad cerebral. Sin ninguna intervención del usuario, los archivos procesados se transfieren posteriormente directamente a un sistema de archivo de imágenes. Esta primera experiencia demuestra que un sistema bien configurado no solo es útil para diagnósticos, sino también como una base crucial para la investigación traslacional, y proporciona un modelo para aquellos que buscan un despliegue sencillo de un sistema automatizado personalizado para satisfacer demandas clínicas.

El uso de procesos computarizados en la radiografía maxilofacial se volvió aún más crucial durante la pandemia de COVID-19. La pandemia afectó la práctica de la radiología oral y maxilofacial, restringiendo los procedimientos dentales a situaciones de emergencia como el manejo del dolor, infecciones o traumas, según un artículo de Soltani et al. (2021). Por esta razón, el uso de PACS para transferir digitalmente radiografías panorámicas y cefalométricas eliminó la necesidad de copias en papel. Esto fue importante porque el papel y la película podían causar contaminación cruzada.

En conjunto, las investigaciones presentadas evidencian que los sistemas PACS modernos —ya sean on-premise, híbridos o bien nativos en la nube— no solo logran optimizar la gestión de imágenes y por su parte reducir tiempos de entrega, sino que también se integran con otras plataformas clínicas e investigativas, aportando escalabilidad, seguridad y nuevas capacidades analíticas. La digitalización médica

mediante PACS de esta forma obtiene el rol de un componente indispensable para la excelencia operativa y la innovación en la atención sanitaria.

3.1.3 Evaluación de impacto en salud digital

Se han propuesto numerosas metodologías y criterios en investigaciones recientes sobre la evaluación de tratamientos de salud digital, lo que permite una evaluación exhaustiva del efecto operativo y la madurez de las tecnologías, así como de la calidad de la evidencia.

El modelo Evidence DEFINED (Silberman et al., 2023) propone un método riguroso y ágil para evaluar la evidencia de las intervenciones de salud digital (DHI). Esta estrategia se organiza en cuatro etapas: (1) la evaluación de requisitos absolutos, como el cumplimiento de normas de privacidad; (2), la aplicación de metodologías consolidadas para evaluar evidencia, como el sistema GRADE, originalmente diseñado para intervenciones no digitales; (3), el uso de una lista de verificación especialmente desarrollada para abordar las particularidades de las DHI; y (4), la formulación de recomendaciones basadas en la calidad de la evidencia, lo que permite establecer niveles apropiados de adopción. Este modelo surge como respuesta a tres debilidades comunes observadas en modelos previos para evaluar intervenciones en salud digital. En primer lugar, muchos de esos enfoques no están preparados para considerar los desafíos particulares de las tecnologías digitales, como el abandono de usuarios que puede distorsionar los resultados. En segundo lugar, suelen prestar poca atención a aspectos regulatorios fundamentales, como el registro y la publicación de ensayos clínicos. En tercer lugar, rara vez aprovechan metodologías robustas que ya se utilizan ampliamente para evaluar intervenciones no digitales. Evidence DEFINED busca cubrir estos vacíos, ofreciendo un enfoque práctico que agiliza la evaluación sin perder rigor ni calidad.

La revisión sistemática de Segur-Ferrer et al. (2024) ofrece un metaanálisis exhaustivo que identifica, analiza y clasifica 102 marcos conceptuales, enfoques metodológicos y herramientas utilizadas en la evaluación de tecnologías digitales aplicadas a la salud (dHT). Este artículo discute cómo las dHT presentan una oportunidad especial para abordar problemas del sistema de salud, pero también plantea interrogantes sobre sus efectos reales y posibles peligros, de evaluación de tecnologías sanitarias (HTA). La revisión se llevó a cabo de acuerdo con los criterios PRISMA-ScR con el objetivo de establecer marcos metodológicos, identificar los dominios considerados y desarrollar una propuesta basada en la literatura que ocurría con mayor frecuencia. Entre 2011 y 2021, se investigaron siete bases de datos; se encontraron 26 investigaciones y 102

marcos, lo que demuestra una variabilidad significativa. Después de un análisis temático exhaustivo que eliminó la heterogeneidad a través de pasos de agrupamiento de temas descriptivos y analíticos y codificación provisional, se encontraron 12 dominios principales, 38 dimensiones y 11 subdimensiones cruciales. Desde consideraciones organizativas, económicas y éticas hasta cuestiones clínicas y de seguridad, esta investigación organiza los dominios considerados en la dHTA. El enfoque resultante se basa en las características mencionadas con mayor frecuencia en la literatura ofreciendo un modelo integral que articula marcadores de eficacia, adopción, usabilidad, interoperabilidad, y equidad en salud, entre otros.

Schwabe et al. (2024) introducen el marco METRIC, una herramienta especializada y esencial para la evaluación de la calidad de los datos en inteligencia artificial médica, en un contexto marcado por la creciente adopción de aplicaciones de aprendizaje automático (ML) y aprendizaje profundo (DL) en el ámbito clínico. Para su desarrollo, los autores realizaron una revisión sistemática exhaustiva utilizando las bases de datos PubMed y la Biblioteca Digital de ACM, siguiendo los lineamientos PRISMA. A partir de esta literatura, integraron la perspectiva de las aplicaciones de ML en medicina con el conocimiento actual sobre marcos de calidad de datos, proponiendo así 15 dimensiones clave que deben ser evaluadas antes del entrenamiento de modelos de DL. Entre ellas se incluyen la completitud, representatividad, validez, coherencia interna y transparencia de los metadatos.

Los autores destacan que el sesgo en los datos representa una de las principales causas de injusticia en la inteligencia artificial médica, ya que puede generar disparidades en el rendimiento de los modelos entre distintos grupos poblacionales, afectando así la equidad diagnóstica y la calidad de atención. En este sentido, el marco METRIC enfatiza que la calidad del conjunto de datos tiene un impacto directo en el comportamiento y desempeño de los modelos, siendo fundamental para reducir sesgos, aumentar la robustez y facilitar la interpretación. Con el objetivo de promover la confianza clínica y la aceptación regulatoria de las soluciones basadas en IA médica, el marco también propone métricas específicas para cada dimensión de calidad.

Se realizó un análisis de alcance de 156 artículos publicados entre 2000 y 2022 por Rouleau et al. (2024) para mapear la forma en que se han aplicado teorías, modelos y marcos (TMFs) en la evaluación de intervenciones de salud digital (DHIs) a un nivel teórico y de implementación más general. En total, encontraron 68 TMFs diferentes en 85 investigaciones distintas. Más de la mitad de las aplicaciones (el 55% de los

estudios incluidos) se basaron en seis TMFs prevalentes: el Marco Consolidado para la Investigación de Implementación (n=39), el marco de Alcance, Efectividad, Adopción, Implementación y Mantenimiento (n=17), el Modelo de Aceptación de Tecnología (n=16), la Teoría Unificada sobre Aceptación y Uso de Tecnología (n=12), la Teoría de Difusión de Innovaciones (n=10) y la Teoría del Proceso de Normalización (n=9). Según los autores, estos TMF se utilizaron con mayor frecuencia para guiar la recopilación de datos (n=86), guiar el análisis de datos (n=69) y señalar conceptos importantes que pueden actuar tanto como facilitadores como barreras (n=52). Además, destacan la necesidad de mejorar las directrices de informes para hacer que los estudios sean más aplicables en la práctica y cerrar la brecha entre la práctica clínica y la investigación. Esto ayudaría a garantizar que los esfuerzos de transformación tecnológica estén fundamentados en la teoría y la evidencia, en lugar de ser impulsados anecdóticamente.

Por último, el Digital Transformation Evaluation Model (DTEM) es propuesto por Mishra y Sharma (2022) para examinar a los proveedores de telemedicina desde tres perspectivas: adopción (el grado en que los pacientes y profesionales utilizan el servicio), madurez (el grado de integración dentro de la organización) y convergencia (la alineación de la tecnología y el proceso). El DTEM, que se ha implementado en ocho organizaciones, proporciona datos de rendimiento en cada dimensión, permite el desarrollo de "mapas perceptuales" de posicionamiento competitivo e identifica áreas que requieren mejora (p. ej., estandarización de procedimientos, capacitación y protocolos). Además de facilitar la comparación de proveedores, este enfoque ayuda a los administradores y responsables de políticas a priorizar inversiones y crear planes de escalamiento.

3.1.4 Análisis de casos en benchmarking internacional

Uno de los estudios de referencia más extensos a nivel mundial en radiología clínica fue realizado por Arzamasov et al. (2023), quienes evaluaron ocho modelos comerciales de IA en una colección de casos de rutina que incluía flurogramas, mamogramas y radiografías de tórax de la práctica habitual en Moscú. Mientras los algoritmos de IA manejaban los casos automáticamente, 204 radiólogos de 11 naciones diferentes evaluaron las mismas imágenes y utilizaron una escala de Likert para calificar la presencia o ausencia de patologías. Los hallazgos demostraron que, aunque la precisión diagnóstica general de los especialistas (AUROC 0.96) fue mayor que el promedio de los algoritmos (AUROC 0.87), los modelos de IA empataron con

todos ellos en las lecturas de tórax y alcanzaron niveles no inferiores a los de los especialistas en mamografía y fluorografía menos experimentados.

Por otro lado, el estudio de Wang et al. (2025) marca un punto de inflexión significativo, ya que lleva a cabo una evaluación global de la capacidad de un sistema de IA para la interpretación radiografías panorámicas dentales (DPRs). El objetivo del estudio fue crear una base sólida para la automatización del reconocimiento de hallazgos dentales mediante la combinación de métodos de segmentación semántica y detección de objetos. El conjunto de datos, según el análisis, comprendía 6,669 imágenes de Taiwán, Brasil y los Países Bajos, tres naciones con diferentes características clínicas y demográficas. Este método permitió evaluar la aplicabilidad del modelo en diversos contextos demográficos y geográficos, lo cual es un obstáculo crucial en la implementación a gran escala de soluciones de atención médica. A nivel de cada pieza dental, el sistema fue entrenado y probado para detectar ocho tipos diferentes de hallazgos dentales, como caries, dientes ausentes y radiolucencias periapicales, entre otros.

En términos de rendimiento, los resultados del sistema de IA fueron notablemente prometedores. La excepcional capacidad del modelo para distinguir entre piezas dentarias sanas y con patologías bajo una variedad de situaciones clínicas se demostró con su AUROC macro-promediado del 96.2% (IC del 95%: 94.6%–97.8%). Más importante aún, la IA superó a los lectores humanos en términos de sensibilidad para identificar algunos hallazgos importantes: pudo identificar radiolucencias periapicales con un aumento del +67.9% (IC del 95%: 54.0%–81.9%; p <.001) y en la detección de dientes ausentes con un aumento del +4.7% (IC del 95%: 1.4%–8.0%; p =.008). Estos resultados confirman la utilidad del modelo como un potencial co-diagnóstico clínico confiable, además de su uso como herramienta de apoyo.

El sistema automatizado evaluó las imágenes 79 veces más rápido que los profesionales humanos, una diferencia sustancial (IC 95%: 75-82) que sugiere mejoras significativas en la eficiencia clínica. La velocidad de procesamiento fue un aspecto central del estudio, especialmente relevante para flujos de trabajo de alto volumen, como los de servicios de urgencias, clínicas públicas o programas de salud preventiva, donde la reducción de tiempos puede tener un impacto considerable.

En cuanto a la precisión diagnóstica, el sistema mostró un alto grado de concordancia con el estándar de referencia en siete de las ocho categorías de hallazgos, con niveles comparables al consenso entre odontólogos especialistas. La única excepción fue la detección de caries, donde se observó una diferencia estadísticamente significativa (p

= .024), lo que sugiere que ciertos hallazgos con bajo contraste o mayor ambigüedad visual aún representan un desafío para los algoritmos actuales.

Estos resultados respaldan el potencial de la inteligencia artificial como herramienta complementaria en el diagnóstico clínico, al lograr una concordancia similar a la interhumana en la mayoría de las categorías evaluadas.

En este sentido, el estudio de Yalamanchili et al. (2025) utiliza datos reales de la práctica clínica habitual para mostrar cuán exitosa es la plataforma VELMENI en un entorno de odontología aplicada. Para evaluar la precisión en la detección automatizada de caries, restauraciones y prótesis, se procesaron 300 radiografías dentales panorámicas (DPR) en el Sibar Institute of Dental Sciences (India). Este estudio permite una comparación directa entre el rendimiento del sistema automatizado y la experiencia clínica de odontólogos calificados mediante la estrategia de referencia contra cuatro profesionales humanos. Este método llena una brecha crítica en el campo médico: evaluar la viabilidad práctica de soluciones de IA 'listas para usar' sin requerir una gran potencia de procesamiento. Esto es especialmente importante en áreas con infraestructura inadecuada o capacidades tecnológicas limitadas.

La estadística kappa de Fleiss y Cohen, que evalúa el acuerdo entre múltiples evaluadores más allá del azar, mostró que el sistema VELMENI tenía niveles superiores de concordancia diagnóstica. En específico, se reportó un intervalo de confianza asintótico del 95% (0.592–0.622) y un valor kappa global de 0.607; esto indica un grado de acuerdo considerado "bueno" según los estándares de interpretación clásica de Landis y Koch. El resultado también fue estadísticamente significativo ($z = 79.324$, $p < 0.001$), lo que confirmó cuán fuerte era el acuerdo entre el sistema y el experto humano. El estudio enfatiza la utilidad estratégica de herramientas como VELMENI para estandarizar la calidad de las evaluaciones clínicas, minimizando la variabilidad del lector y reduciendo la carga de trabajo, además de las ventajas diagnósticas. Estos instrumentos pueden servir como un 'co-piloto' clínico que garantiza un diagnóstico rápido y preciso en un entorno donde hay una gran demanda de atención dental y los recursos humanos no siempre son suficientes.

McKinney et al. (2020) publicaron uno de los desarrollos más importantes en las extensas pruebas clínicas de sistemas de IA para diagnósticos de imágenes médicas en la revista Nature. Al demostrar que un sistema de IA podría igualar o incluso superar a radiólogos experimentados en la interpretación de mamografías de cribado

—uno de los instrumentos más importantes para la identificación temprana del cáncer de mama—este estudio señaló un cambio de paradigma. El estudio fue diseñado para ser geográfica y metodológicamente completo, abarcando dos programas nacionales de detección significativos: uno de los Estados Unidos y otro del Reino Unido. Una sólida base clínica es proporcionada por el conjunto de datos altamente representativo utilizado para entrenar y validar el sistema, que incluyó decenas de miles de pacientes, muchos de los cuales tenían biopsias confirmadas. Un conjunto de datos independiente creado para imitar las circunstancias de uso del mundo real se utilizó para la evaluación. Una medida importante de la capacidad de la IA para distinguir más precisamente entre casos positivos y negativos en este contexto es su curva AUC-ROC, que fue un 11.5% superior a la media de los seis radiólogos expertos que participaron.

El análisis del efecto sobre las prácticas clínicas reales fue una de sus fortalezas, particularmente en el contexto británico donde es práctica habitual que dos radiólogos independientes escaneen mamografías simultáneamente. Sin sacrificar la sensibilidad diagnóstica del procedimiento, el sistema de IA mostró una impresionante capacidad para reducir la carga de trabajo del segundo lector humano en un 88% en simulaciones de este proceso. Esta investigación implica que, en los sistemas de salud con alta demanda y falta de personal especializado, la IA no solo puede aumentar la precisión, sino también maximizar los recursos humanos. Además, el estudio evidenció que el sistema posee la capacidad de generalizar internacionalmente además de ser efectivo en un entorno local. Cuando se evaluó con un conjunto de datos enriquecido de los Estados Unidos, el algoritmo entrenado con datos del Reino Unido demostró reducciones absolutas en falsos negativos (−9.4% en EE. UU. y −2.7% en el Reino Unido) y falsos positivos (−5.7% en EE. UU. y −1.2% en el Reino Unido). Esto refuerza su resistencia y adaptabilidad, dos requisitos cruciales para el uso clínico mundial de sistemas automatizados.

Por último, Garrucho et al. (2022) implementó una estrategia a gran escala para evaluar ocho modelos de detección, entrenados cada uno en un único entorno clínico y posteriormente probados en cinco entornos previamente no vistos, con variaciones en proveedores de equipos y protocolos de adquisición. Este enfoque permitió analizar con mayor precisión cómo las diferencias reales entre poblaciones y contextos médicos afectan el rendimiento de los algoritmos diagnósticos. Durante la fase de entrenamiento, se utilizó un pipeline secuencial que incorporaba progresivamente datos de distintos centros. Esto permitió desarrollar un modelo final denominado CheXpert-Shifa-NET, entrenado con imágenes provenientes de SIH (Pakistán),

CheXpert y NIH (ambos de Estados Unidos). Los resultados fueron concluyentes: el modelo multicéntrico logró una detección de masas significativamente más precisa y robusta en contextos no vistos, superando de manera estadísticamente significativa ($p < 0.05$) a los modelos entrenados con datos de un solo centro. Estos hallazgos refuerzan la importancia de incluir diversidad de datos durante el entrenamiento para mejorar la capacidad de generalización y la resiliencia de los modelos en entornos clínicos variados.

Una de las principales contribuciones del estudio, además del análisis de las métricas de precisión, fue el examen exhaustivo de las causas del sesgo de dominio. Los autores identificaron fallas significativas en los modelos convencionales al analizar factores clínicos y demográficos como la edad de las pacientes, la densidad mamaria, el tamaño de las masas y la variabilidad entre fabricantes de equipos.

Por ejemplo, el conjunto de datos BCDR presentó una marcada caída en el rendimiento, especialmente en la detección de masas benignas pequeñas, que constituían el 55 % de los casos en esa categoría. En contraste, conjuntos como INbreast y algunos subconjuntos de OPTIMAM mostraron un desempeño más equilibrado, lo que sugiere que ciertos sesgos se originaron en desequilibrios de clases y en la escasa representación de determinados fenotipos de lesiones en los datos de entrenamiento.

El estudio también destacó desafíos específicos relacionados con la morfología de las masas. Las lesiones con una alta relación altura/anchura y aquellas con un diámetro menor a 5 mm resultaron particularmente difíciles de detectar. Esta limitación fue especialmente evidente en el subconjunto de OPTIMAM adquirido con equipos Philips, donde ciertas masas fueron sistemáticamente omitidas. Estos hallazgos indican que una generalización efectiva depende no solo del volumen de datos, sino también de la heterogeneidad estructural de las lesiones.

En conclusión, los autores señalaron una vulnerabilidad clara del modelo frente a muestras escasamente representadas en el conjunto de entrenamiento, aunque no se hallaron correlaciones consistentes entre el rendimiento y variables como la edad o la densidad mamaria. A partir de estos resultados, se sugirieron como buenas prácticas el balanceo de clases, la selección deliberada de dominios de entrenamiento y la inclusión intencional de casos poco frecuentes durante el pre procesamiento y la curación de datos.

3.2 Hipótesis

La incorporación de un sistema PACS integrado con herramientas de inteligencia artificial para el diagnóstico por imágenes odontológicas podría contribuir a mejorar la precisión diagnóstica, reducir los tiempos de elaboración de informes y optimizar los procesos administrativos en un centro privado de diagnóstico por imágenes odontológicas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

4. Metodología

4.1 Tipo de estudio

El presente trabajo se clasifica como un estudio descriptivo y proyectivo, con predominio de indicadores cuantitativos descriptivos vinculados al funcionamiento operativo del servicio, complementado mediante técnicas cualitativas exploratorias. Este enfoque permite analizar el problema desde una doble perspectiva: por un lado, caracterizando variables operativas relacionadas con tiempos de respuesta, digitalización de procesos y estimaciones de costos; y, por otro, incorporando elementos interpretativos vinculados a las dinámicas institucionales, las percepciones del equipo profesional y las barreras organizacionales asociadas a la transformación digital.

La dimensión cuantitativa del estudio se basa en el análisis de registros institucionales y documentación operativa del centro, permitiendo caracterizar objetivamente aspectos del funcionamiento actual del servicio, tales como los tiempos de emisión de informes, la proporción de estudios que requieren intervención diagnóstica especializada, el nivel de digitalización de los procesos y las estimaciones de costos asociadas a una eventual incorporación de sistemas PACS e inteligencia artificial. Estos indicadores descriptivos permiten construir una línea de base institucional para el análisis prospectivo del proyecto.

De manera complementaria, se incorporaron entrevistas semiestructuradas y análisis documental como herramientas cualitativas exploratorias destinadas a contextualizar los hallazgos operativos y aportar una comprensión más amplia de las dificultades organizacionales y tecnológicas presentes en el servicio. Los aportes obtenidos a través de las entrevistas fueron integrados de manera interpretativa al desarrollo del diagnóstico institucional y del análisis estratégico, permitiendo complementar la información cuantitativa con percepciones vinculadas a la digitalización, la

organización del trabajo y las necesidades identificadas en relación con la modernización tecnológica.

Por otra parte, el componente proyectivo del estudio contempla la elaboración de escenarios hipotéticos de modernización tecnológica, incluyendo instancias de evaluación ex ante y ex post orientadas a estimar posibles mejoras en términos de eficiencia operativa, tiempos de respuesta, organización de los flujos de trabajo y capacidad de integración digital. Dichas proyecciones no implican la implementación real de las herramientas analizadas, sino el desarrollo de criterios teóricos de evaluación y seguimiento aplicables a un eventual proceso de transformación institucional.

En conjunto, el enfoque metodológico adoptado permite desarrollar una caracterización integral del proceso diagnóstico actual, considerando tanto sus dimensiones operativas y tecnológicas como los factores organizacionales que condicionan la incorporación de nuevas herramientas digitales en el ámbito del diagnóstico por imágenes odontológicas.

4.2 Dimensiones, variables e indicadores

Las dimensiones, variables e indicadores del presente estudio fueron definidos en función de los objetivos específicos planteados y de las características del modelo teórico propuesto. Debido a que la investigación se orienta al análisis prospectivo de una eventual incorporación de herramientas de inteligencia artificial y sistemas PACS en un centro de diagnóstico por imágenes odontológicas, las variables seleccionadas permiten caracterizar la situación institucional actual y estimar posibles cambios asociados a un escenario hipotético de implementación tecnológica.

En este sentido, se establecieron dimensiones vinculadas al funcionamiento operativo del servicio, el nivel de digitalización institucional, la viabilidad técnico-financiera y los mecanismos de evaluación prospectiva. A partir de estas dimensiones, se definieron variables e indicadores orientados a facilitar el análisis institucional y la planificación estratégica del modelo propuesto.

4.2.1 Definición operacional de variables

Variables vinculadas al funcionamiento operativo:

- Tiempo de emisión de informes (TI): variable cuantitativa continua expresada en horas entre la realización del estudio radiográfico y la entrega del informe clínico correspondiente.

- Estudios con informe clínico (EI): variable cuantitativa discreta expresada como número y proporción de estudios que requieren informe diagnóstico profesional respecto del total de estudios realizados.

Variables vinculadas al nivel de digitalización institucional

- Nivel de digitalización de procesos (ND): variable cuantitativa expresada como proporción de procesos diagnósticos realizados mediante herramientas digitales respecto del total de procesos identificados.

- Disponibilidad de sistema PACS (PACS): variable cualitativa dicotómica referida a la presencia o ausencia de un sistema de almacenamiento y gestión digital de imágenes.

Variables vinculadas a la evaluación del desempeño diagnóstico

- Calidad del proceso diagnóstico (CPD): variable cuantitativa expresada como proporción de estudios observados (consulta o aclaración del derivante, no necesariamente error) o corregidos respecto del total de estudios informados, utilizada como criterio prospectivo de evaluación del desempeño diagnóstico y la calidad del servicio.

Variables vinculadas a la viabilidad técnico-financiera

- Costo estimado de implementación (CI): variable cuantitativa continua expresada en dólares estadounidenses (USD), correspondiente a la inversión proyectada para la incorporación de sistemas PACS e inteligencia artificial.

- Costo de mantenimiento anual (CM): variable cuantitativa continua expresada en USD/año, correspondiente a gastos de soporte técnico, renovaciones y mantenimiento operativo.

Variables vinculadas a la evaluación prospectiva

- Indicadores de evaluación ex ante y ex post (EP): variable cualitativa orientada a la comparación entre la situación diagnóstica inicial y el escenario proyectado de modernización tecnológica.

4.2.2 Tabla de operacionalización de variables

Tabla N°2: *Operacionalización de variables e indicadores*

Objetivo específico	Variable	Indicador	Resultado esperado
Realizar un diagnóstico sistémico de la situación inicial del centro	Tiempo de emisión de informes (TI)	Promedio de horas entre la realización del estudio y la entrega del informe	Identificación de demoras operativas
	Estudios con informe clínico (EI)	Tasa de estudios informados: N° de estudios informados / total de estudios ×100	Determinación de la carga diagnóstica
Diseñar una estrategia de implementación de IA y PACS	Nivel de digitalización (ND)	Tasa de digitalización de procesos diagnósticos: N° de procesos digitalizados / total de procesos diagnósticos ×100	Identificación del grado de digitalización institucional
	Disponibilidad de PACS (PACS)	Presencia o ausencia de sistema PACS	Evaluación de infraestructura tecnológica
Elaborar estándares de evaluación orientados a definir criterios de desempeño del proceso diagnóstico	Calidad del proceso diagnóstico (CPD)	Tasa de estudios observados o corregidos: N° de estudios observados o corregidos / total de estudios informados ×100	Identificación de oportunidades de mejora y definición de criterios de evaluación del desempeño diagnóstico
Generar criterios para la implementación del uso de IA	Costo estimado de implementación (CI)	Estimación total de inversión inicial en USD	Evaluación de viabilidad económica
	Costo de mantenimiento anual (CM)	Costos recurrentes anuales estimados	Análisis de sostenibilidad económica
Diseñar un esquema de evaluación prospectiva	Indicadores ex ante y ex post (EP)	Comparación prospectiva entre situación diagnóstica inicial y escenario teórico de implementación	Definición de mecanismos de seguimiento y evaluación

Fuente: *Elaboración propia.*

4.3 Universo y características de la muestra

El universo analítico incluye todos los estudios radiográficos 2D completadas en marzo de 2025, que suman casi 1.800 estudios, proporcionando una sólida base empírica para observar los patrones de demanda, la distribución por tipo de imagen y la frecuencia de generación de informes clínicos. Esta selección permite caracterizar el comportamiento del centro en un período de alta actividad, representativo de su dinámica operativa habitual.

Asimismo, proporciona una base representativa para el análisis de indicadores de desempeño y gestión del servicio, si bien sus resultados deben interpretarse en el contexto de las variaciones mensuales observadas en el período analizado.

La estructura de la muestra refleja tanto la heterogeneidad de las técnicas de radiografía utilizadas (panorámica, seriada, periapicales y bite wing) como la variabilidad en los flujos de trabajo que implican la generación o no generación de informes. Estas características son críticas para evaluar la reactividad diagnóstica del centro, así como los beneficios potenciales de implementar sistemas PACS y módulos de inteligencia artificial.

4.4 Fuentes de información y técnicas de recolección de datos

La herramienta principal para recopilar datos es el análisis sistemático de fuentes documentales y registros internos, que incluye la información recopilada por la clínica durante el primer semestre 2025. El número y tipo de estudios que se llevaron a cabo, su distribución por modalidad de cobertura (seguro social, seguro privado y pago directo), y la proporción de estudios que necesitaban informes clínicos de expertos se incluyen todos en estos registros. Las variables predeterminadas, como la frecuencia de uso por tipo de estudio, el peso relativo de cada modalidad de cobertura, el porcentaje de distribución de estudios con informes y una descripción del flujo de trabajo relacionado con cada modalidad diagnóstica, guiarán la lectura analítica de este corpus de datos internos.

Dado que la base de datos institucional ya proporciona tipos de imágenes (panorámicas, seriadas, periapicales, bite wing) y segmentaciones por prestador, este instrumento es adecuado para analizar patrones de utilización, cargas operativas diferenciales y lugares importantes en el circuito de atención actual. Gracias a la información disponible, es posible calcular con precisión cuántas radiografías

requieren informes por parte de los profesionales y cuánta carga laboral implican. Esto permite estimar los beneficios potenciales de implementar herramientas de inteligencia artificial para automatizar parcialmente el análisis de imágenes. Del mismo modo, conocer qué porcentaje de estudios proviene de las principales prepagas facilita proyectar distintos escenarios de impacto, según el tipo de cobertura médica, ante posibles cambios en el flujo de trabajo o la incorporación de nuevas tecnologías.

Además, esta base de datos permite conocer no solo el volumen total de estudios realizados, sino también qué proporción de ellos exige intervención diagnóstica especializada. Esta información es clave para anticipar cómo la integración de la IA podría contribuir a reducir los tiempos de respuesta y mejorar la estandarización de los informes clínicos. El nivel de desagregación de los datos, su naturaleza continua y su objetividad la convierten en una herramienta especialmente valiosa para el análisis operativo del servicio.

Se diseñó un instrumento de entrevista semiestructurada organizado en torno a cuatro dimensiones analíticas principales: i) caracterización del flujo de trabajo actual en el proceso de realización e informe de estudios, incluyendo sus instancias manuales y digitales; ii) identificación de dificultades operativas, particularmente en relación con tiempos de entrega, errores administrativos y calidad de los informes; iii) conocimiento, experiencias y expectativas respecto al uso de herramientas basadas en inteligencia artificial en el ámbito del diagnóstico por imágenes odontológicas; y iv) percepción sobre la adecuación de las capacidades tecnológicas del centro frente a los requerimientos de una eventual modernización digital.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a actores clave del centro, incluyendo un perfil clínico especializado en diagnóstico por imágenes y un perfil administrativo con experiencia en la gestión operativa del servicio. Con el objetivo de resguardar la confidencialidad de los participantes, las entrevistas fueron tratadas de manera anonimizada, omitiendo datos personales y cualquier información que permita su identificación.

La evaluación económica del proyecto es una parte trascendental de este proyecto, por lo que se incluirá un instrumento específico para obtener datos de mercado y financieros. Esta herramienta consistirá en recopilar y organizar cotizaciones reales que se obtuvieron contactando directamente a proveedores de PACS y software de IA que tienen un historial de éxito en el mercado o que tienen el potencial de ser implementados con éxito a nivel local. Se podrá realizar una evaluación más precisa

de los gastos de compra, mantenimiento, soporte técnico, actualizaciones recurrentes, integración con la infraestructura actual y eventual capacitación del personal a partir de los datos financieros recopilados. Para garantizar la viabilidad operativa del sistema en el contexto particular del centro odontológico, también se recopilará información para evaluar modalidades de licenciamiento, necesidades tecnológicas mínimas y criterios de escalabilidad.

Además, el análisis de costos se complementará con fuentes secundarias verificables, incluyendo investigaciones de mercado actuales, trabajos académicos que detallen experiencias comparables, e informes técnicos generados por organismos de referencia en salud digital.

Al combinar los hallazgos de la revisión técnica, la búsqueda de cotizaciones y el análisis documental, se puede recopilar un sólido cuerpo de evidencias. Esto permitirá el desarrollo de un diagnóstico estratégico del servicio y la estructuración de propuestas fundamentadas para la mejora tecnológica. La profundidad analítica del estudio y la capacidad de producir sugerencias viables que sean tanto operativamente factibles como coherentes con los objetivos institucionales del centro se aseguran mediante esta triangulación de fuentes y metodologías.

4.5 Consideraciones éticas

Es crucial abordar a fondo las cuestiones éticas planteadas por el manejo de la información y la posible influencia de las tecnologías en los procedimientos clínicos en cualquier proyecto que involucre tecnologías de salud aplicadas, particularmente aquellos que evalúan soluciones basadas en IA y sistemas de almacenamiento y gestión digital como PACS. La amplitud anticipada de este estudio y el diagnóstico institucional plantean una serie de cuestiones éticas que deben ser tenidas en cuenta desde el diseño metodológico, pese a que no implique directamente la construcción de un sistema técnico.

Una de las primeras consideraciones éticas es la confidencialidad y seguridad de los datos institucionales. Los registros administrativos y técnicos producidos por la propia organización, incluyendo volúmenes de estudio, distribución por tipo de cobertura y frecuencia de emisión de informes, proporcionaron los datos utilizados en este estudio. Toda la información se procesa de manera anónima y en forma agregada sin ningún tipo de identificación personal directa o indirecta de los pacientes que reciben tratamiento. Esta medida cumple con las directrices establecidas por la Ley Nacional de Protección de Datos Personales N° 25.326 de Argentina y las pautas éticas

internacionales para la salud digital, que subrayan la necesidad de proteger la privacidad incluso al utilizar fuentes secundarias.

Además, dado que no se accede a información sensible de las personas, se ha garantizado que el uso de la información que actualmente está disponible no contraviene los principios de autonomía ni implica ningún tipo de daño o riesgo. Cada dato que se examinó coincidió con las estadísticas operativas y los indicadores de gestión institucional que se derivaron de los procedimientos administrativos del centro. De esta manera, el estudio se ajusta al principio de no maleficencia, garantizando que su avance no afecte a los usuarios del servicio ni al personal.

En relación con las entrevistas realizadas, se garantizó la confidencialidad de los participantes mediante la anonimización de sus respuestas, evitando la inclusión de datos personales o cualquier elemento que permita su identificación.

En relación con el uso de tecnologías emergentes, el estudio examina el potencial de integrar sistemas de IA que podrían interferir con la creación de diagnósticos radiográficos de manera ética. Dado que cualquier tecnología destinada a ayudar o mejorar el juicio clínico involucra preocupaciones sobre la autonomía profesional, la responsabilidad diagnóstica y la posible dependencia tecnológica, este argumento requiere un marco de reflexión más completo. A pesar de que la investigación no evalúa el rendimiento clínico de una IA en particular ni sugiere un reemplazo de los profesionales, el hecho de proyectar sobre la adopción tecnológica exige que las futuras aplicaciones de estas herramientas sean cuidadosamente controladas, manteniendo siempre el juicio clínico como la máxima autoridad en el proceso diagnóstico.

De manera similar, el diseño del estudio tiene en cuenta los conceptos de equidad y justicia en el acceso a la tecnología. Su disponibilidad real en el mercado argentino, considerando factores como costo, compatibilidad tecnológica y necesidades de formación, es uno de los criterios implícitos utilizados para evaluar la viabilidad de implementar los sistemas de IA y PACS. Esta estrategia busca asegurarse de que las disparidades actuales entre centros con diferentes niveles de recursos no se reproduzcan a través de las soluciones propuestas. Por el contrario, el estudio pretende mejorar las capacidades organizacionales de entidades que, como el centro odontológico en análisis, se encuentran en una etapa intermedia de digitalización y necesitan directrices prácticas para avanzar hacia una mayor eficiencia sin sacrificar la calidad del servicio, presentando un modelo replicable.

Desde un punto de vista ético-metodológico, también se tiene en cuenta la dedicación a la veracidad y la transparencia. Cada fuente—académica, institucional o documental—que se ha utilizado ha sido debidamente referenciada, examinada y contrastada. El estudio se aleja de cualquier tipo de inferencia que no esté respaldada por hechos reales o marcos teóricos relevantes y, en cambio, se apoya en evidencia empírica verificada. Esta dedicación también incluye la presentación de resultados, que están destinados a ser utilizados como base para la toma de decisiones fundamentadas y racionales en lugar de ser considerados como pruebas concluyentes.

Por último, se incluye un análisis ético de la responsabilidad institucional resultante de la aplicación de tecnologías en desarrollo. Además de recursos financieros y técnicos, la eventual aplicación de la IA en entornos clínicos también requiere una cultura organizacional que esté preparada para evaluar críticamente sus propios procedimientos. De esta manera, el trabajo reconoce que cualquier avance tecnológico debe ir acompañado de un análisis ético institucional que tenga en cuenta cómo afectará al estándar de la relación profesional-paciente, la apertura del procedimiento diagnóstico y el desarrollo de la confianza entre los participantes del sistema.

4.6 Estrategia de diseño y evaluación del modelo de intervención

La planificación de este estudio también incluye el desarrollo sistemático de un modelo de intervención lógica. Aunque este modelo no proporciona una ejecución operativa directa, es un paso importante en el desarrollo de un enfoque estratégico que permita al centro de diagnóstico anticipar, simular y evaluar las posibilidades de modernización tecnológica. Los hallazgos del diagnóstico institucional se transformarán en una propuesta organizada y evaluable que es específica para el entorno de la institución mediante el uso de diseño organizacional, planificación estratégica y procedimientos de evaluación ex ante y ex post.

Los resultados de la fase exploratoria del estudio, que identifican las principales deficiencias operativas y cuellos de botella (por ejemplo, la fragmentación de los procesos técnicos, los retrasos en la entrega de informes y los errores de diagnóstico), así como las capacidades instaladas y los recursos disponibles para implementar una solución digital, forman la base de la estructura metodológica de este diseño. Con el fin de sistematizar los objetivos estratégicos y las acciones hipotéticas requeridas para optimizar el flujo de trabajo diagnóstico a través de la incorporación futura de herramientas digitales como la IA y un PACS, se desarrollará un modelo de intervención lógica basado en estos elementos.

El Árbol de Problemas, que permite organizar los diferentes componentes cruciales del proceso de diagnóstico según las causas estructurales, dificultades centrales y repercusiones operativas, será una de las herramientas más importantes en esta etapa. Esta herramienta se utilizará como base para crear un Árbol de objetivos, que ayudará a formular objetivos estratégicos específicos al convertir las causas identificadas en medios y las consecuencias en fines. Por ejemplo, problemas como la subjetividad en la interpretación radiológica y los retrasos en la entrega de informes podrían reformularse como objetivos de "optimizar los tiempos de entrega" y "mejorar la precisión diagnóstica", respectivamente.

Además, un examen comparativo de distintos softwares internacionales de IA especializados en el procesamiento de radiografías dentales bidimensionales será parte de la investigación de alternativas técnicas. Se evaluarán factores técnicos como la precisión diagnóstica, la sensibilidad a diferentes patologías, los requisitos de instalación y mantenimiento, así como su accesibilidad en el mercado argentino y el cumplimiento de las leyes regionales de privacidad de datos personales, en esta comparación. También se abordarán en la investigación los costos de adquisición, la escalabilidad y la simplicidad de interacción con otros sistemas, especialmente con un sistema PACS que permite el almacenamiento y recuperación de imágenes digitales.

Todo este proceso se reforzará mediante el uso de la Matriz de Marco Lógico (MML), una herramienta ampliamente utilizada para desarrollar y evaluar proyectos basados en evidencia (Aldunate y Cordoba, 2011). La MML permitirá crear un marco sintético y coherente para las suposiciones críticas del proyecto, los resultados esperados, los indicadores de verificación y los objetivos específicos. Los fundamentos lógicos que conectan las acciones hipotéticas con los resultados previstos se desarrollarán de esta manera, especificando con precisión los componentes necesarios para la toma de decisiones futura. Indicadores como el porcentaje anticipado de mejora diagnóstica, la reducción anticipada en el tiempo de entrega y los niveles de satisfacción anticipados de los usuarios finales del sistema, por ejemplo, se especificarán dentro de la matriz.

Para garantizar la viabilidad del modelo sugerido, se diseñará un Diagrama de Gantt para especificar el orden de las actividades requeridas para la ejecución teórica del sistema. Incluyendo tiempos proyectados, dependencias entre trabajos y posibles riesgos operativos, este plan permitirá la división del trabajo en etapas, incluyendo la capacitación del personal, la adquisición de tecnología, la configuración del sistema y la evaluación piloto. La planificación permite la identificación temprana de los recursos

requeridos y los posibles cuellos de botella en el proceso de transformación digital, pese a que esta implementación no ocurrirá durante esta fase.

Una estrategia de evaluación exhaustiva que se divide en dos momentos cruciales: la evaluación ex ante y la evaluación ex post, la cual forma parte de otro elemento fundamental del diseño metodológico. La evaluación ex ante se centrará en evaluar la viabilidad técnica y financiera del proyecto, proyectando los costos de compra e integración del software de IA y un sistema PACS para diagnósticos radiológicos, y calculando los costos de capacitación del personal. Esta evaluación permitirá estimar el posible impacto de la solución en la reducción de los tiempos de procesamiento de estudios y la mejora de la uniformidad diagnóstica, así como predecir el posible retorno en términos de eficiencia operativa.

En paralelo, se desarrollará una evaluación hipotética ex post utilizando indicadores que permitirán medir el rendimiento de la solución si es implementada. La variación en los porcentajes de diagnósticos que requieren correcciones clínicas, el tiempo promedio de entrega de informes, criterios prospectivos vinculados a precisión diagnóstica y tiempos de respuesta y el desempeño operativo del proceso diagnóstico son algunos de los indicadores previstos. Al incluir cuestionarios y entrevistas con los profesionales involucrados, esta evaluación también tendrá en cuenta factores cualitativos. Sus objetivos son evaluar cómo se percibe el cambio, cuán bien el sistema satisface las demandas clínicas y cuán satisfechos están los odontólogos con la asistencia proporcionada por la IA.

Es crucial enfatizar que este enfoque de diseño y evaluación no implica una implementación inmediata del sistema. En cambio, se sugiere como una etapa de modelado y simulación estratégica con el objetivo de producir una herramienta analítica sólida para las decisiones futuras. Esta fase es valiosa porque permite la anticipación sistemática y racional de qué tipos de soluciones pueden ser más apropiadas para el entorno institucional, qué recursos serían necesarios para implementarlas y qué resultados podrían anticiparse en caso de una adopción gradual.

5. Desarrollo

5.1 Diagnóstico institucional actual

El mes de marzo de 2025 fue seleccionado como referencia para el análisis institucional por representar un período de plena actividad asistencial, luego del receso vacacional de enero y la reactivación progresiva de febrero. Este mes refleja con

mayor claridad el ritmo operativo estabilizado del centro, sin interferencias estacionales marcadas, lo que lo convierte en un punto de partida adecuado para el diagnóstico organizacional.

Durante ese período, el centro privado bajo estudio procesó 1.793 estudios radiográficos bidimensionales, cifra que evidencia un alto volumen operativo y permite establecer una línea base cuantitativa para evaluar el nivel de digitalización de la institución, su capacidad de respuesta diagnóstica y el potencial de mejora mediante la incorporación de un sistema PACS y tecnologías basadas en inteligencia artificial.

La concentración de esta actividad en un único entorno clínico genera una alta densidad de atención, que exige contar con sistemas confiables, resilientes y eficientes en la gestión de imágenes y en la entrega de resultados, para garantizar una respuesta diagnóstica oportuna y de calidad. Más de la mitad de los estudios (58% en total) eran radiografías panorámicas, lo que indica una fuerte preferencia por estudios con un amplio espectro anatómico, que ofrezcan una visión global de los maxilares superior e inferior y las estructuras asociadas. Estos resultados sugieren que cualquier plan de optimización técnica, ya sea mediante algoritmos de IA o herramientas de archivo digital, tendrá un mayor impacto si se concentra en estos tipos específicos de radiografías, dada su frecuencia e importancia clínica.

A continuación se observa una síntesis en la distribución por tipo de estudio:

Tabla N°3: Distribución por estudio.

Tipo de radiografía	Cantidad de estudios	Porcentaje (%)
Panorámicas	1.042	58,1%
Seriadas	415	23,1%
Periapicales	224	12,5%
Bite Wing	112	6,3%
Total	**1.793**	**100%**

Fuente: *Elaboración propia.*

Otro factor importante es la proporción de resultados de estudios que produjeron informes clínicos escritos: sólo 481 estudios (27%) tenían informes estructurados, mientras que el 73% de los estudios se concluyeron sin tales registros. La generación

de pruebas diagnósticas, la trazabilidad médica y la normalización de la comunicación clínica podría representar una mejora si se cerrara esta brecha diagnóstica.

En términos de cobertura, las cifras indican una gran concentración en unos pocos proveedores. OSDE (520 estudios) y Swiss Medical (449 estudios) representan por sí solos más del 53% del total que se ha procesado, y OMINT añade otro 11%. Este patrón de concentración obliga al centro a mantener altos estándares de calidad y tiempos de respuesta, ya que estas prestadoras suelen desarrollar estrictas políticas de auditoría médica y satisfacción de los afiliados.

Posteriormente, se presenta un resumen sobre las principales obras sociales/prepagas:

Tabla N°4: Distribución de estudios según tipo de cobertura de salud

Prestadora	Estudios totales	Porcentaje (%)
OSDE	520	29,0%
Swiss Medical	449	25,0%
OMINT	199	11,1%
Estudios particulares	168	9,4%
Hospital Alemán	109	6,1%
Otras	348	19,4%
Total	**1.793**	**100%**

Fuente: *Elaboración propia.*

Esta concentración, además de indicar una dependencia operativa de financiadores específicos, impone un modelo de calidad técnica y diagnóstica que debe ser coherente con las prácticas clínicas estandarizadas. En este aspecto, las tecnologías de IA aplicadas a los sistemas de análisis de imágenes y PACS no solo pueden acortar los plazos de entrega de resultados, sino también impulsar la confianza institucional al reducir los errores humanos y aumentar la coherencia diagnóstica, sobre todo en estudios que actualmente no cuentan con informes escritos.

Otra estadística interesante es la distribución de los informes por tipo de estudio. De los 481 estudios que requirieron informe, las panorámicas representaron el 51%, seguidas de las seriados (20%), las periapicales (15%) y bite wing (14%). Esta distribución interna confirma la importancia diagnóstica de los estudios panorámicos y

demuestra que son los más utilizados como base de las decisiones clínicas oficiales, lo que pone de relieve su valor estratégico para futuras intervenciones basadas en la IA.

5.1.1 Identificación de cuellos de botella e ineficiencias operativas

El análisis cuantitativo de la sección anterior ha revelado diversos obstáculos operativos que impiden el diagnóstico y la eficiencia administrativa del centro. Estos elementos cruciales nos permiten justificar la necesidad de la transformación digital no solo como un avance tecnológico, sino también como una respuesta estructural a una larga lista de ineficiencias acumuladas.

Uno de los obstáculos más significativos identificados es la baja proporción de estudios con informes escritos, sólo el 27% de los realizados en marzo de 2025 iban acompañados de un informe clínico formal. Esta cifra implica que en el 73% restante no se produjo ningún informe formal, lo que tiene implicaciones clínicas y organizativas. Desde el punto de vista operativo, la falta de informes pone en peligro la trazabilidad de los diagnósticos, afecta a los sistemas de control de calidad y limita la posibilidad de futuros análisis para auditorías médicas o investigaciones internas. A nivel institucional, esto puede repercutir en la percepción de profesionalidad y calidad del servicio, sobre todo entre los financiadores más exigentes.

Otro cuello de botella significativo es la concentración desproporcionada en los estudios panorámicos, que representaron el 58% del total procesado. Aunque esto responde a una necesidad terapéutica específica, plantea el peligro de saturación diagnóstica para este tipo de imágenes, que requieren una interpretación más complicada y minuciosa. Además, puede demostrar una falta de diversificación en los métodos de diagnóstico, que no sólo sobrecarga a los odontólogos con un determinado tipo de estudio, sino que también limita la formación del personal técnico.

Como ya se ha señalado, existe una asimetría entre la carga de trabajo diagnóstica y la generación de informes. Aunque los estudios panorámicos son los más frecuentes, no todos ellos dan lugar a un informe clínico. Este desfase indica una división interna no optimizada del flujo de trabajo, quedando algunos estudios sin estructurar para su revisión, muy probablemente por falta de tiempo o por una sistematización inadecuada del proceso.

5.1.2 Evaluación cualitativa del grado de digitalización actual

El diagnóstico institucional revela que el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas está experimentando una transformación digital no lo suficientemente completa, con operaciones manuales convencionales que coexisten con recursos digitales parcialmente integrados. Este escenario no debe considerarse únicamente como un "déficit tecnológico", sino más bien como un modelo hibrido de funcionamiento que refleja una respuesta fragmentada a los cambios estructurales del sector sanitario.

La presente caracterización se complementa con la información obtenida a partir de entrevistas semiestructuradas realizadas a actores clave del centro —incluyendo un perfil clínico especializado en diagnóstico por imágenes y un perfil administrativo— cuyos registros completos se presentan en el Anexo. Los aportes de los participantes se presentan de manera anonimizada, en concordancia con los criterios éticos definidos en la metodología.

Desde el punto de vista organizacional, este modelo mixto se traduce en una digitalización funcional pero no sistémica: es decir, la institución ha incorporado algunos dispositivos digitales, como equipos de rayos X de última generación y almacenamiento local en servidores propios, pero no ha avanzado significativamente en la plena integración de estos elementos en un ecosistema digital interoperable. La ausencia de un sistema PACS, por ejemplo, no sólo representa la pérdida de una herramienta tecnológica crítica, sino que también indica una ruptura en la cadena de valor de la imagen médica, ya que las imágenes deben gestionarse, almacenarse y compartirse mediante procedimientos manuales o soluciones ad hoc que no cumplen las normas internacionales de trazabilidad o eficiencia.

En este sentido, la información obtenida en las entrevistas sugiere que el flujo de trabajo actual se apoya en múltiples instancias manuales, incluyendo la interpretación de imágenes en soporte físico y la posterior transcripción administrativa de los informes, lo que introduce riesgos de error y demoras en la entrega de resultados.

Este escenario da lugar a un tipo específico de inercia operativa, en la que las rutinas clínicas se adaptan a los límites del entorno digital en lugar de beneficiarse de ellos. Por ejemplo, la emisión de informes diagnósticos sigue dependiendo del propio juicio del profesional, sin apoyo de sistemas automatizados o métodos de notificación establecidos, lo que amplifica la variabilidad inter observador y la probabilidad de

omisiones involuntarias. Del mismo modo, la falta de digitalización completa merma la capacidad del centro para transmitir información en tiempo real con odontólogos derivantes o instituciones externas, lo que limita el flujo de datos clínicos e impide la continuidad de la atención.

Asimismo, desde la perspectiva administrativa se identifican dificultades recurrentes asociadas a la gestión manual de la información, tales como errores de tipeo, omisiones involuntarias y demoras en la entrega de informes, lo que impacta negativamente en la eficiencia del proceso y en la experiencia del paciente.

Más allá sobre cuestiones relacionadas a herramientas específicas, lo que está en juego es la capacidad institucional para absorber y escalar la tecnología, que está vinculada al concepto de "capacidad de absorción organizativa" (Vera et al., 2012), definido como la habilidad de una organización para identificar, asimilar y aplicar eficazmente el conocimiento externo. En esta situación, la falta de procesos definidos y de una arquitectura digital sólida impide la plena utilización de las tecnologías disponibles en el mercado, independientemente de su accesibilidad económica o técnica.

Además, existe una disparidad interna entre las funciones clínicas y administrativas. Mientras que el equipo clínico se adhiere a altos estándares profesionales, el área administrativa maneja una cantidad significativa de información en formatos físicos, como formularios impresos o carpetas archivadas. Esta fragmentación dificulta la consolidación de indicadores clínico-operativos, la trazabilidad de los datos y la generación de información institucional basada en evidencias, todo lo cual repercute en la planificación estratégica.

En relación con la incorporación de nuevas tecnologías, los entrevistados coinciden en señalar que la implementación de un sistema PACS permitiría mejorar significativamente el acceso a las imágenes, optimizar la elaboración de informes y reducir la manipulación física de los estudios. Asimismo, se observa una valoración positiva respecto al uso de inteligencia artificial como herramienta de apoyo diagnóstico, destacando su potencial para mejorar la precisión, reducir errores y estandarizar los informes, aunque se reconoce la necesidad de capacitación del personal y de una implementación progresiva.

Cabe destacar que no se trata de un caso único, sino que refleja una problemática típica en muchos centros de diagnóstico de estas características: la digitalización no

se implementa como un proceso estratégico integrado, sino como una sucesión de respuestas especializadas a necesidades operativas acuciantes. Esta lógica fragmentada de inclusión tecnológica da lugar a una infraestructura digital discontinua, con islas de automatización las cuales no se comunican entre sí, reduciendo la influencia de transformación de cualquier herramienta instalada.

En conjunto, la evidencia cualitativa refuerza la caracterización de un modelo de digitalización parcial, en el que la coexistencia de prácticas manuales y herramientas digitales no integradas limita el aprovechamiento de las tecnologías disponibles y condiciona la eficiencia del proceso diagnóstico.

5.2 Análisis estratégico

El presente apartado tiene como objetivo profundizar el análisis de la situación institucional del centro de diagnóstico por imágenes odontológicas a partir de herramientas de análisis estratégico. En este sentido, se aplican metodologías que permiten identificar y organizar los principales factores internos y externos que influyen en el funcionamiento del servicio, facilitando la comprensión de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, así como la estructuración de los problemas y objetivos asociados al proceso de modernización tecnológica.

5.2.1 Análisis FODA institucional del centro de diagnóstico odontológico

El análisis FODA actual busca caracterizar la condición del centro de diagnóstico por imágenes odontológicas en términos de sus capacidades internas y contexto externo, con un enfoque en su capacidad para incorporar herramientas digitales sofisticadas como los sistemas PACS y la IA diagnóstica. Esta evaluación se basa en la información obtenida durante las fases previas del diagnóstico institucional, evitando la repetición de datos cuantitativos mientras se enfatizan los hallazgos críticos sobre la estructura organizacional, los procedimientos clínicos y los procesos tecnológicos actuales.

Asimismo, el análisis se complementa con información obtenida a partir de entrevistas a actores clave del centro, lo que permitió complementar y contextualizar los factores identificados desde la experiencia operativa cotidiana.

Una de las fortalezas clave del centro es su capacidad para consolidar una infraestructura técnica viable y completamente operativa. La institución posee sofisticados equipos de radiografía digital y un servidor local capaz de almacenar

imágenes de manera segura, lo que significa que el proceso principal de adquisición de imágenes ya ha sido digitalizado. Esta infraestructura sirve como una base sólida para una futura transición hacia soluciones de almacenamiento, análisis e integración de datos más complicadas. Además, el equipo humano del centro es conocido por su estabilidad profesional, lo que proporciona una ventaja operativa: la presencia de técnicos y odontólogos experimentados con una práctica establecida en diagnóstico por imagen facilita la introducción de nuevas tecnologías, mientras que su comprensión del flujo de trabajo y los requisitos clínicos permite una mejor adaptación a las herramientas de soporte digital.

Otra fortaleza significativa es la presencia de una cultura institucional que prioriza la calidad del servicio y la precisión clínica. Esto se evidencia en el uso continuo de revisiones diagnósticas y en la respuesta activa a los hallazgos realizados por los dentistas de referencia. Aunque los procesos de verificación aún son manuales, el reconocimiento de fallas y la búsqueda de su remedio demuestran una mentalidad profesional que, con una capacitación adecuada, fomentaría el uso de instrumentos que aumentan la uniformidad de los informes.

Sin embargo, el análisis indica debilidades estructurales y operativos sustanciales que reducen la eficiencia e impiden la trazabilidad diagnóstica. El ejemplo más obvio es la falta de un sistema PACS, que obstaculiza la gestión uniforme y digital de la biblioteca de imágenes clínicas, dificultando tanto el acceso remoto como la integración con otros sistemas. La mayoría de los informes diagnósticos aún se generan y entregan manualmente, generando retrasos e inconsistencias. Además, este estilo limita la capacidad de realizar auditorías internas sistemáticas y la velocidad con la que se pueden abordar los problemas críticos. La falta de una plataforma consistente para almacenar, compartir y visualizar imágenes y diagnósticos aumenta el esfuerzo operativo tanto para los técnicos como para los odontólogos, disminuyendo la eficiencia general del servicio.

Estas debilidades se ven reforzadas por la evidencia cualitativa, donde se identifican procesos de trabajo con múltiples instancias manuales, incluyendo la transcripción de informes y la gestión física de los estudios, lo que incrementa el riesgo de errores y demoras en la entrega.

Otra debilidad significativa es la falta de protocolos establecidos para la documentación clínica y la presentación de resultados. La digitalización parcial del proceso resulta en un entorno híbrido en el cual la coexistencia de formatos digitales y

físicos es una causa de errores y duplicación de esfuerzos. Además, la falta de familiaridad previa del equipo con herramientas basadas en IA o tecnología avanzada de análisis de imágenes agrava el problema. Aunque el personal tiene experiencia en la gestión clínica tradicional, no ha recibido formación sistemática en software de soporte diagnóstico, lo que representa un obstáculo inicial a abordar en cualquier plan de modernización.

En este sentido, desde el área administrativa se evidencian dificultades vinculadas a la gestión manual de la información, mientras que desde el ámbito clínico se reconoce la ausencia de herramientas digitales que optimicen la interpretación y el acceso a las imágenes.

Desde una perspectiva del entorno, el centro observa oportunidades tangibles derivados del rápido avance de la tecnología en la industria de la salud. A nivel global, especialmente en diversos segmentos del mercado argentino, la disponibilidad de sistemas de IA comerciales específicamente entrenados para la radiología odontológica ha aumentado. Muchos de estos instrumentos ya han recibido validación clínica a nivel mundial y se están vendiendo mediante esquemas flexibles que permiten una adopción gradual y por etapas. Esta situación crea una oportunidad estratégica para centros de tamaño mediano como el que se analiza aquí: al llevar a cabo un exhaustivo análisis de la situación y una planificación racional de recursos, la incorporación de software de IA puede convertirse en una ventaja competitiva en términos de eficiencia, precisión y calidad percibida por los pacientes.

En concordancia, los actores entrevistados manifestaron una percepción favorable respecto a la incorporación de estas tecnologías, destacando su potencial para mejorar la precisión diagnóstica y optimizar los tiempos de respuesta.

Otro componente externo beneficioso es un cambio en las percepciones sociales e institucionales sobre las tecnologías de salud digital, facilitado por la pandemia de COVID-19. Los procedimientos remotos, el acceso digital a la información médica y la aplicación de la IA han ganado aceptación entre profesionales, pacientes y tomadores de decisiones. En este contexto, un centro que se enfoque en la modernización diagnóstica puede posicionarse bien en un mundo cada vez más competitivo. También vale la pena investigar las posibilidades de apalancamiento financiero a través de herramientas que estimulen la innovación tecnológica en salud, tanto de agencias estatales como a través de la colaboración con emprendedores privados.

No obstante, el entorno externo también presenta amenazas que podrían dificultar la implementación efectiva de sistemas PACS y herramientas de inteligencia artificial en el centro de diagnóstico. Una de las principales limitaciones es la ausencia de regulaciones nacionales específicas y consolidadas respecto al uso clínico de inteligencia artificial en diagnóstico por imágenes odontológicas, lo que genera incertidumbre en relación con criterios de validación, responsabilidad profesional y aspectos éticos vinculados a la toma de decisiones asistidas por software. Asimismo, los costos asociados a la adquisición, mantenimiento y actualización de tecnologías PACS e IA representan una barrera significativa para instituciones de mediana escala, particularmente en contextos económicos inestables.

Por otro lado, la incorporación de nuevas herramientas digitales puede generar resistencia al cambio por parte del personal que no posee experiencia previa en entornos tecnológicos avanzados. Aunque existe predisposición institucional hacia la mejora continua, la transición hacia sistemas más automatizados requiere procesos de capacitación progresivos y acompañamiento técnico sostenido.

Esta potencial resistencia también es reconocida en la evidencia cualitativa, donde se señala la necesidad de acompañar la implementación con instancias de capacitación y adaptación progresiva del personal.

Finalmente, también deben considerarse los riesgos relacionados con la interoperabilidad y compatibilidad entre plataformas digitales, especialmente al integrar software externo con la infraestructura ya existente, ya que posibles fallas técnicas o limitaciones de conectividad podrían afectar la continuidad operativa y la seguridad de la información clínica.

El análisis FODA permite identificar que el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas se encuentra en una etapa intermedia de su proceso de transformación digital, en la que coexisten fortalezas relevantes —como la disponibilidad de equipamiento tecnológico adecuado y un equipo profesional consolidado— con debilidades estructurales vinculadas a la fragmentación de los procesos y la ausencia de sistemas integrados de gestión de imágenes. En este escenario, las oportunidades asociadas al avance de la inteligencia artificial y la creciente aceptación de tecnologías digitales en salud configuran un contexto favorable para la modernización del servicio, siempre que se aborden de manera estratégica las barreras identificadas, particularmente aquellas relacionadas con la capacitación del recurso humano, la inversión tecnológica y la adaptación organizacional. De este modo, el análisis no solo

caracteriza la situación actual, sino que también orienta la formulación de una propuesta de mejora basada en la integración progresiva de herramientas digitales, en concordancia con las necesidades operativas del centro y las tendencias del entorno sanitario.

Esquema N°3: Análisis FODA



Fuente: *Elaboración propia.*

5.2.2 Árbol de problemas

El uso del Árbol de Problemas como herramienta metodológica permite una estructuración jerárquica y causal de los diversos factores que convergen en el problema central identificado durante la etapa de diagnóstico: baja uniformidad diagnóstica y retrasos en la entrega de informes odontológicos en el centro privado analizado. Este escenario, evidenciado en las observaciones clínicas y en los tiempos de respuesta registrados, no constituye un fenómeno aislado, sino la manifestación de un conjunto de factores tecnológicos, organizacionales y formativos que interactúan entre sí y condicionan la eficiencia del proceso diagnóstico.

Se han identificado tres causas directas principales. En primer lugar, el déficit en la planificación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), asociado a la ausencia de lineamientos institucionales para una estrategia integral de digitalización. Si bien el centro cuenta con equipamiento de diagnóstico digital, su incorporación no se encuentra acompañada por una infraestructura tecnológica integral que contemple las distintas etapas del circuito. En particular, no se dispone de un sistema PACS para el almacenamiento, gestión y acceso centralizado a las imágenes, ni de una estrategia institucional que contemple la incorporación progresiva de herramientas de asistencia para el análisis radiográfico. Esta situación favorece la persistencia de procedimientos manuales y dificulta la estandarización del proceso diagnóstico.

En segundo lugar, se identifican brechas en las competencias vinculadas con el uso de herramientas digitales. Si bien el personal clínico cuenta con formación y experiencia en la utilización del equipamiento radiológico, existe una disponibilidad limitada de tiempo y oportunidades de capacitación específica en gestión de imágenes digitales, utilización de nuevas plataformas y herramientas de apoyo al análisis. Esta situación puede constituir una barrera para la incorporación efectiva de nuevas tecnologías y favorecer la continuidad de modalidades de trabajo predominantemente manuales. A ello se suma la ausencia de incentivos institucionales sostenidos orientados al desarrollo profesional continuo en innovación y transformación digital.

El tercer componente causativo directo corresponde a una arquitectura tecnológica fragmentada. Actualmente, las imágenes y los datos clínicos se almacenan en servidores locales, pero no existe una plataforma integrada que permita un acceso ágil a los estudios desde los distintos puntos del circuito ni mecanismos suficientes para garantizar la trazabilidad de la información. Esta fragmentación dificulta la revisión, validación y distribución de los resultados, impidiendo la consolidación de un circuito cerrado para el procesamiento de los estudios. Como consecuencia, aumentan las posibilidades de demoras, duplicación de tareas y fallos humanos o logísticos.

La interacción de estas tres causas directas contribuye a explicar el problema central identificado. La ausencia de una planificación tecnológica integral, las brechas en las competencias digitales y la fragmentación de la arquitectura existente dificultan la construcción de un proceso diagnóstico homogéneo, ágil y trazable. En este contexto, la interpretación de las imágenes continúa dependiendo en gran medida de procesos individuales y manuales, favoreciendo la variabilidad entre observadores y aumentando los tiempos requeridos para la elaboración y entrega de los informes.

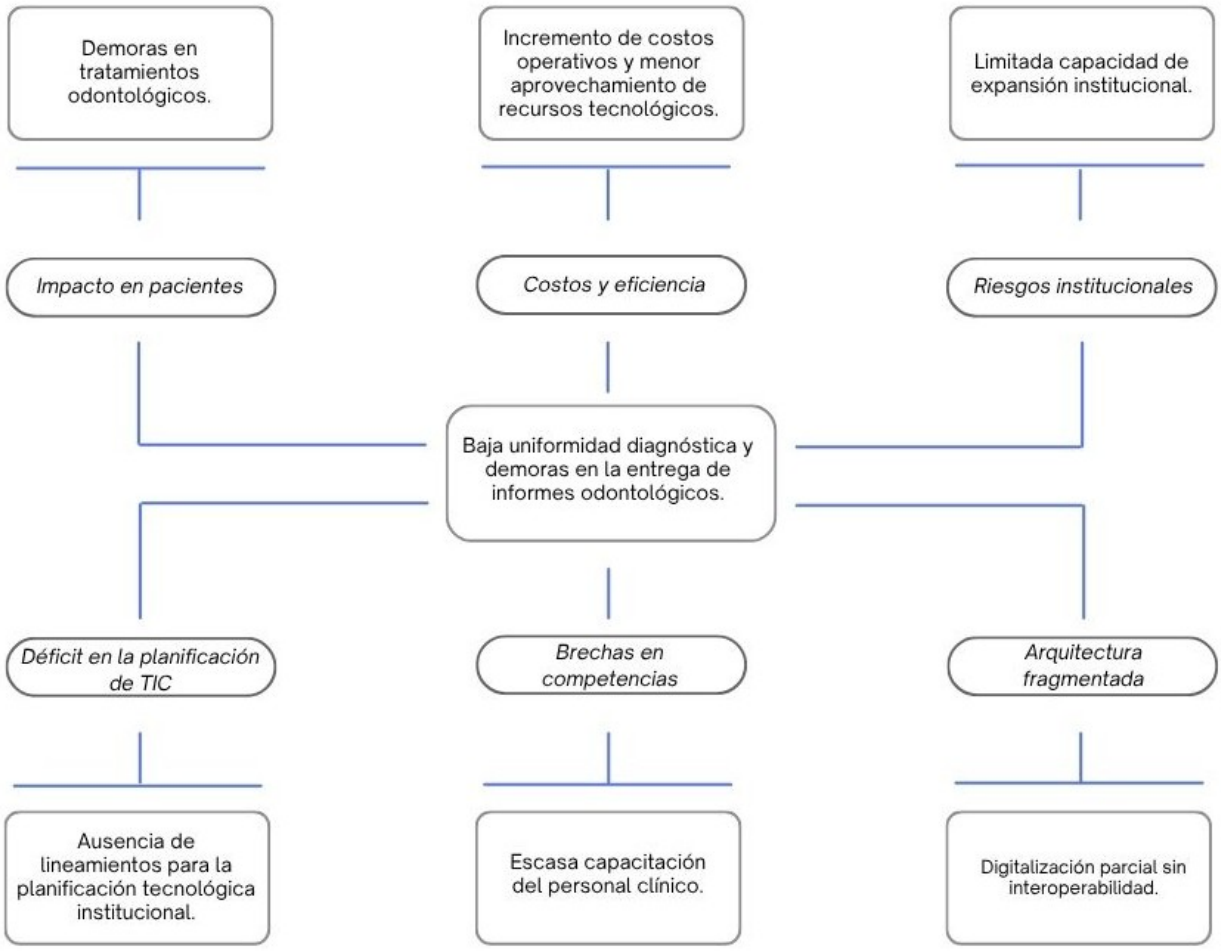
En términos de consecuencias, el problema central tiene un impacto directo tanto en la calidad de la atención como en la percepción del servicio por parte de los odontólogos derivantes y los pacientes. Para comenzar, la falta de uniformidad diagnóstica puede afectar la confiabilidad del proceso, particularmente cuando observaciones clínicas posteriores contradicen las conclusiones iniciales. Esto puede traducirse en errores, necesidad de revisión o repetición de estudios y mayores demoras en la toma de decisiones terapéuticas.

En segundo lugar, se observan consecuencias vinculadas con los costos y la eficiencia operativa. La persistencia de procesos manuales, la duplicación de tareas y la limitada integración de los recursos tecnológicos disponibles incrementan la carga operativa y reducen el aprovechamiento de la infraestructura existente. En un contexto de flujo sostenido de estudios diagnósticos, estas ineficiencias adquieren particular relevancia, ya que aumentan la demanda de tiempo profesional y la posibilidad de retrabajos, especialmente cuando las limitaciones de tiempo y recursos dificultan la verificación sistemática de los resultados.

Finalmente, como consecuencia sistémica, se observa una limitada capacidad institucional de expansión. La ausencia de automatización, interoperabilidad y procesos estandarizados restringe la posibilidad de incrementar el volumen o la complejidad de los estudios sin aumentar proporcionalmente los recursos necesarios. De este modo, la estructura actual puede alcanzar sus límites operativos ante un crecimiento de la demanda, comprometiendo la capacidad del centro para ampliar sus servicios manteniendo tiempos de respuesta y calidad diagnóstica homogéneos.

En este sentido, el Árbol de Problemas permite comprender que la baja uniformidad diagnóstica y las demoras en la entrega de informes no constituyen únicamente un problema asociado al desempeño individual de los profesionales, sino el resultado de la interacción entre déficits de planificación tecnológica, brechas en competencias y una arquitectura digital fragmentada. Esta interpretación resulta relevante para orientar las posteriores estrategias de intervención, ya que permite abordar las causas estructurales del problema y no únicamente sus manifestaciones operativas.

Esquema N°1: Árbol de Problemas



Fuente: *Elaboración propia.*

5.2.3 Árbol de objetivos

Una revisión cuidadosa de las dificultades observadas en el centro de diagnóstico odontológico resultó en el desarrollo de un Árbol de Objetivos, que permite estructurar los objetivos del proyecto de manera lógica y progresiva. Esta herramienta no solo ayuda a visualizar los objetivos estratégicos del trabajo, sino que también sirve como punto de partida para diseñar las actividades y métodos de evaluación que se utilizarán para incorporar la propuesta.

El objetivo central, representado por el nodo ubicado en el centro del árbol, consiste en optimizar la eficiencia y calidad de los procesos diagnósticos mediante la incorporación de un sistema PACS y un software de IA. Este objetivo representa la transformación positiva del problema central identificado, relacionado con la baja uniformidad diagnóstica y las demoras en la entrega de informes odontológicos. La propuesta

busca avanzar hacia un proceso diagnóstico más estandarizado, trazable y eficiente mediante la incorporación progresiva de herramientas digitales.

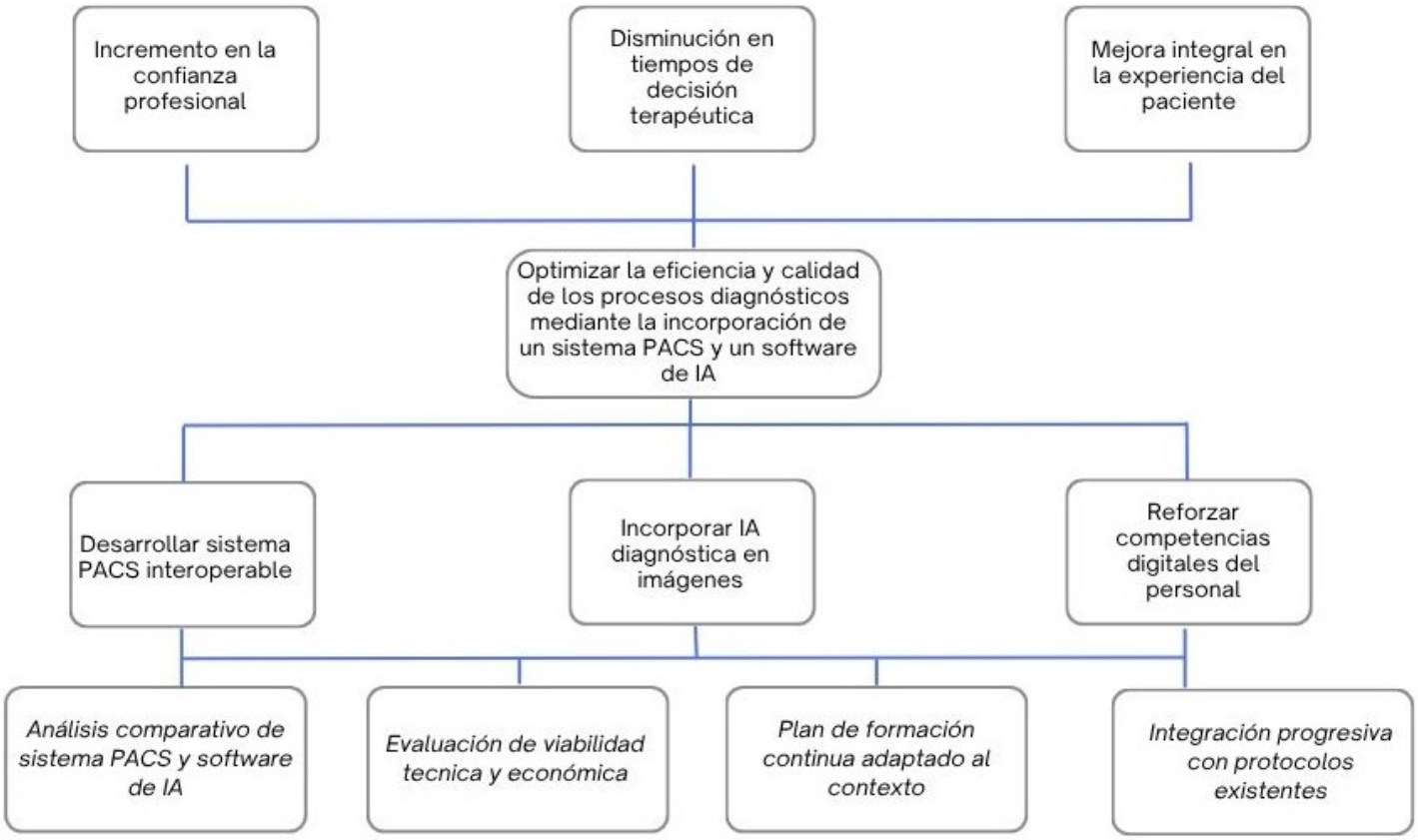
A partir del objetivo central se establecen tres efectos o fines esperados. En primer lugar, se plantea un incremento en la confianza profesional respecto de los informes diagnósticos, asociado a procesos más uniformes y sistemáticos. En segundo lugar, se espera una disminución en los tiempos de decisión terapéutica, favorecida por un acceso más ágil a la información diagnóstica. Finalmente, estos cambios deberían contribuir a una mejora integral en la experiencia del paciente, mediante la reducción de demoras y una mayor fluidez del circuito diagnóstico y terapéutico.

Para alcanzar el objetivo central se plantean tres objetivos de primer nivel. El primero consiste en desarrollar un sistema PACS interoperable, destinado a centralizar el almacenamiento, gestión y acceso a las imágenes diagnósticas, favoreciendo su disponibilidad y trazabilidad. El segundo es incorporar IA diagnóstica en imágenes, como herramienta de asistencia al profesional durante la interpretación radiográfica, sin reemplazar el juicio clínico del especialista. Su incorporación deberá considerar criterios de validación, seguridad y adecuación al contexto institucional. El tercero consiste en reforzar las competencias digitales del personal, mediante capacitación en gestión de imágenes, uso de las nuevas herramientas e interpretación crítica de los resultados proporcionados por sistemas de asistencia basados en IA.

Finalmente, el árbol contempla actividades de segundo nivel orientadas a facilitar el cumplimiento de estos objetivos. Entre ellas se incluyen el análisis comparativo de sistemas PACS y software de IA, la evaluación de viabilidad técnica y económica, el desarrollo de un plan de formación continua adaptado al contexto y la integración progresiva con los protocolos existentes. Estas actividades permitirán seleccionar soluciones adecuadas, evaluar su factibilidad y acompañar su incorporación gradual al circuito diagnóstico.

En conjunto, el Árbol de Objetivos permite visualizar la transformación propuesta: la incorporación de herramientas tecnológicas y el fortalecimiento de las competencias del personal buscan optimizar los procesos diagnósticos y generar como resultados una mayor confianza profesional, una reducción de los tiempos de decisión terapéutica y una mejora integral de la experiencia del paciente.

Esquema N°2: Árbol de Objetivos



Fuente: *Elaboración propia.*

5.3 Diseño del modelo lógico de intervención.

A partir de los hallazgos obtenidos en el diagnóstico institucional y el análisis estratégico, se procede al diseño de un modelo lógico que permita estructurar de manera coherente la propuesta de mejora. Este enfoque metodológico facilita la articulación entre los problemas identificados, los objetivos planteados y las acciones necesarias para su abordaje, estableciendo además indicadores y supuestos que permiten analizar su viabilidad en un escenario teórico de implementación.

5.3.1 Introducción al enfoque metodológico.

Los hallazgos en las secciones anteriores hacen evidente que el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas en cuestión tiene problemas estructurales que obstaculizan su capacidad para operar de manera eficiente y proporcionar el nivel de calidad diagnóstica anticipado en entornos clínicos modernos. El uso de procesos analógicos en la preparación y entrega de informes, combinado con la falta de tecnologías de almacenamiento digital estructuradas, ha resultado en una fragmentación funcional que pone en peligro la trazabilidad, la estandarización diagnóstica y la capacidad de respuesta ante la creciente demanda de estudios.

Esta situación, como lo evidencian tanto el análisis documental como la sistematización de los datos operativos disponibles, requiere no solo una descripción técnica, sino también el diseño formal de una estrategia de intervención capaz de guiar la toma de decisiones institucional hacia una resolución viable, medible y sostenible. En este caso, se justifica el uso de un instrumento metodológico que permite el vínculo estructurado y razonable de los problemas detectados, los objetivos potenciales y los resultados esperados.

En este sentido, el modelo de intervención lógica también proporciona la conversión de los diagnósticos en un plan de acción técnicamente sólido que está en línea con las condiciones reales del centro y las proyecciones de mejora factibles. Este paradigma ayuda a desarrollar una intervención con relevancia operativa y estratégica al articular cada componente—desde la detección del problema hasta la identificación de recursos y supuestos cruciales—dentro de un marco verificable.

En el contexto de las instituciones de salud que llevan a cabo procesos de digitalización parcial, el Marco Lógico no solo ayuda en la planificación de la intervención, sino que también asegura que sea evaluable y adaptable. La estructura lógica que lo compone se adapta a las necesidades del centro, permitiendo la determinación precisa de qué cambios se esperan (por ejemplo, una reducción en el tiempo de entrega de informes o un aumento en la precisión del diagnóstico), cómo se lograrán (a través de la integración tecnológica y el rediseño de procesos), y en qué condiciones su implementación será posible. Además, el Marco Lógico proporciona un valioso marco comparativo para examinar las alternativas tecnológicas actuales y predecir sus posibles implicaciones, lo cual es crítico en situaciones donde las decisiones deben considerar factores técnicos, financieros y organizacionales.

En este marco, el enfoque adoptado se orienta a la formulación de una propuesta de intervención teórica basada en la incorporación de tecnologías de inteligencia artificial y sistemas PACS, como estrategia para optimizar los procesos diagnósticos en el centro de estudio.

5.3.2 Construcción de la matriz de Marco Lógico

A partir del enfoque metodológico previamente desarrollado, se procede a la construcción de la Matriz de Marco Lógico como herramienta de síntesis y operacionalización del modelo de intervención propuesto. Dado que el presente trabajo corresponde a una evaluación teórica orientada a una futura implementación, la matriz no representa resultados empíricos observados, sino una estructuración lógica de los cambios esperados en un escenario de aplicación de tecnologías de inteligencia artificial y sistemas PACS en el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas.

En este sentido, los distintos niveles de la matriz —fin, propósito, componentes y actividades— se articulan en función de los problemas identificados en el análisis institucional, particularmente aquellos vinculados a la fragmentación de los procesos diagnósticos, la ausencia de sistemas digitales integrados y la limitada trazabilidad de la información clínica. Asimismo, los indicadores definidos se formulan como criterios de evaluación prospectivos, orientados a estimar los efectos esperados de la intervención en términos de eficiencia operativa, calidad diagnóstica y accesibilidad a la información.

Los medios de verificación propuestos corresponden a fuentes potenciales de información que permitirían, en un contexto de implementación, evaluar el desempeño del sistema incorporado, mientras que los supuestos reflejan condiciones externas e internas necesarias para la viabilidad del proyecto, incluyendo factores tecnológicos, organizacionales y económicos.

De esta manera, la matriz de Marco Lógico permite establecer una relación coherente entre los objetivos de la intervención, las acciones necesarias para su consecución y los mecanismos de evaluación correspondientes, constituyendo una herramienta clave para la planificación estratégica de procesos de digitalización en entornos de diagnóstico por imágenes.

Tabla N°4: *Matriz de Marco Lógico de la implementación de IA y PACS.*

Resumen narrativo	Indicadores verificables objetivamente	Medios de verificación	Supuestos
FIN **Contribuir a la mejora de la calidad diagnóstica y la eficiencia en la atención odontológica mediante la incorporación de tecnologías digitales avanzadas, favoreciendo el acceso oportuno a la información clínica y la mejora en la estandarización diagnóstica en un contexto de transformación digital en salud.**	- Reducción potencial de discrepancias diagnósticas entre observadores. - Reducción del tiempo total del proceso diagnóstico - Mejora en la satisfacción de profesionales y pacientes	- Auditorías clínicas comparativas - Registros institucionales de tiempos - Encuestas de satisfacción	- Continuidad de la demanda asistencial - Aceptación de tecnologías digitales en salud - Estabilidad organizacional
PROPÓSITO **Proponer la incorporación de un sistema basado en inteligencia artificial integrado a una plataforma digital de gestión de imágenes (PACS), orientado a optimizar la evaluación, almacenamiento y entrega de estudios bidimensionales, favoreciendo la eficiencia operativa y la organización del proceso diagnóstico.**	- Estudios que podrían ser gestionados mediante sistema digital - Reducción esperada del tiempo de entrega de informes respecto a la línea de base - Proyección de informes asistidos por IA. - Disponibilidad proyectada de acceso remoto a estudios e informes	- Sistema PACS operativo (en escenario de implementación) - Registros de tiempos del sistema - Reportes de uso de IA - Registros de acceso remoto	- Disponibilidad tecnológica adecuada - Capacitación efectiva del personal - Integración funcional entre IA y PACS
COMPONENTES **1. Sistema PACS a implementar** **2. Herramienta de inteligencia artificial a integrar para el análisis de imágenes** **3. Capacitación del personal en el uso de tecnologías digitales** **4. Rediseño y**	- Propuesta de PACS funcional (en escenario proyectado) - Software de IA integrado - Personal capacitado en el uso del sistema - Protocolos diagnósticos	- Informes técnicos de implementación - Registros de capacitación - Manuales operativos - Evaluaciones internas	- Disponibilidad de proveedores tecnológicos adecuados - Adhesión del personal al cambio tecnológico - Disponibilidad de recursos financieros

estandarización de los procesos diagnósticos	definidos y documentados		
ACTIVIDADES **1. Evaluación y selección de software PACS e IA** **2. Adquisición e instalación de los sistemas** **3. Integración con la infraestructura tecnológica existente** **4. Capacitación del personal** **5. Rediseño del flujo de trabajo diagnóstico** **6. Diseño de una instancia piloto de implementación del sistema.** **7. Evaluación del funcionamiento y ajustes operativos**	- Selección de proveedores realizada - Sistemas instalados - Capacitaciones ejecutadas - Prueba piloto implementada - Informes de evaluación elaborados	- Documentación del proyecto - Actas institucionales - Registros de capacitación - Reportes técnicos	- Cumplimiento del cronograma previsto - Disponibilidad de soporte técnico - Ausencia de fallas críticas durante la implementación

Fuente: *Elaboración propia.*

5.3.3 Actividades proyectadas

Para abordar las cuestiones destacadas en el centro de imágenes odontológicas, particularmente la falta de digitalización exhaustiva, las ineficiencias operativas en la producción de informes y la falta de trazabilidad clínica, se ha propuesto un conjunto de acciones estructuradas secuencialmente. Estas acciones constituyen la base operativa del modelo de intervención lógica, permitiendo el desarrollo de una hoja de ruta realista para la posible adopción y proyección de soluciones tecnológicas mediante evaluaciones teóricas dirigidas a mejorar la precisión diagnóstica y reducir los tiempos de respuesta.

1. Revisión técnica de la infraestructura informática existente

La primera etapa incluiría una evaluación técnica completa del parque tecnológico actual. Esto implica una evaluación del equipo digital disponible (servidores, estaciones de trabajo, conectividad interna), una evaluación de la capacidad de almacenamiento y respaldo de imágenes, y un estudio del software que se está utilizando actualmente. Esta revisión es necesaria para determinar si la infraestructura es compatible con las necesidades operativas de un sistema PACS y software de IA para el análisis de imágenes radiográficas. En esta etapa, se deben determinar también los posibles requisitos de inversión en hardware o red.

2. Compilación de cotizaciones y estimaciones de costos preliminares.

Basado en los resultados de la encuesta técnica, se enviarían solicitudes de cotización a proveedores especializados de software PACS y soluciones de inteligencia artificial radiológica, con preferencia por aquellos con experiencia demostrada en entornos dentales. La estimación de costos deberá tomar en cuenta lo siguiente: adquisición de licencias, implementación técnica, integración con flujos de trabajo existentes, mantenimiento anual y posibles actualizaciones. Este paso también incluiría una evaluación técnica preliminar de varias opciones del mercado, teniendo en cuenta características como precisión diagnóstica, conveniencia de uso, requisitos tecnológicos, disponibilidad de asistencia profesional en Argentina y certificaciones regulatorias.

3. Protocolo para integrar PACS, IA y sistemas clínicos.

Una vez que se establezcan los requisitos técnicos y presupuestarios, se diseñaría un protocolo de integración hipotético entre el sistema PACS, el software de IA y las operaciones actuales del centro. Este protocolo incluiría definiciones de puntos de entrada de imágenes, operaciones de lectura automática, criterios para certificar los resultados de la IA y mecanismos de revisión final realizados por especialistas. Además, se implementarían métodos de auditoría, trazabilidad digital de los informes generados y medidas de seguridad para garantizar la confidencialidad de la información clínica.

4. Establecer una estrategia de capacitación del personal.

Como parte del enfoque de implementación, se desarrollaría un plan de capacitación progresivo para los diversos grupos involucrados. Esto incluiría a técnicos en radiología (para la implementación del sistema PACS y la gestión de imágenes), odontólogos (para la interpretación asistida por IA y la validación clínica de resultados) y personal administrativo (para cualquier cambio en la administración y archivo digital). La capacitación estaría destinada no solo a proporcionar conocimientos técnicos, sino también a fomentar la aceptación del cambio tecnológico y reducir la resistencia institucional.

5. Desarrollar indicadores de monitoreo y evaluación de efectos.

Con el fin de evaluar las consecuencias proyectadas de la implementación, se desarrollarían indicadores cuantitativos y cualitativos. Estos incluirían, por ejemplo, el tiempo promedio de entrega de informes antes y después de la integración, el porcentaje de informes generados mediante intervención asistida por IA, la proporción de observaciones clínicas o correcciones posteriores al informe, percepción del

personal técnico y profesional, y la percepción del paciente sobre la agilidad del servicio. Tales indicadores permitirán futuras evaluaciones ex ante y ex post, todo dentro del contexto de mejora continua.

6. Desarrollar una estrategia de gestión del cambio institucional.

Cada instalación técnica incluye un componente organizativo que debe ser controlado cuidadosamente. Como resultado, se desarrollaría una estrategia para facilitar la transición de un enfoque manual a uno digitalmente conectado. Esta estrategia incluirá acciones internas como una buena comunicación del proyecto, la inclusión temprana de partes interesadas clave, la identificación de aliados institucionales y la anticipación de obstáculos culturales o tecnológicos en el proceso. El objetivo consistiría en asegurar que la integración tecnológica se vea como una oportunidad en lugar de una amenaza para la excelencia clínica y operativa.

7. Validación del modelo a través de simulación teórica de escenarios de uso.

Antes de cualquier adopción definitiva, se desarrollaría una simulación teórica de flujos de trabajo que incorpore imágenes reales anonimizadas, análisis automatizados y procesos de validación clínica. Esta instancia permitirá validar la coherencia interna del modelo de intervención, detectar inconsistencias operativas y refinar la secuencia de pasos especificada para cada tipo de investigación radiográfica. También facilitaría a producir manuales operativos preliminares para futuras etapas.

Con el objetivo de facilitar la comprensión integral del proceso de implementación propuesto, se elaboró un esquema visual que resume de manera clara y ordenada cada una de las siete etapas previamente descritas. Este recurso permite identificar los objetivos específicos, las actividades clave y los resultados esperados de cada fase, favoreciendo una lectura estructurada del proyecto. Asimismo, el esquema contribuye a mejorar la planificación estratégica, optimizar la coordinación entre los distintos actores involucrados y anticipar posibles puntos críticos dentro de la ejecución general del plan

Esquema N°4: Etapas de implementación de soluciones digitales en odontología



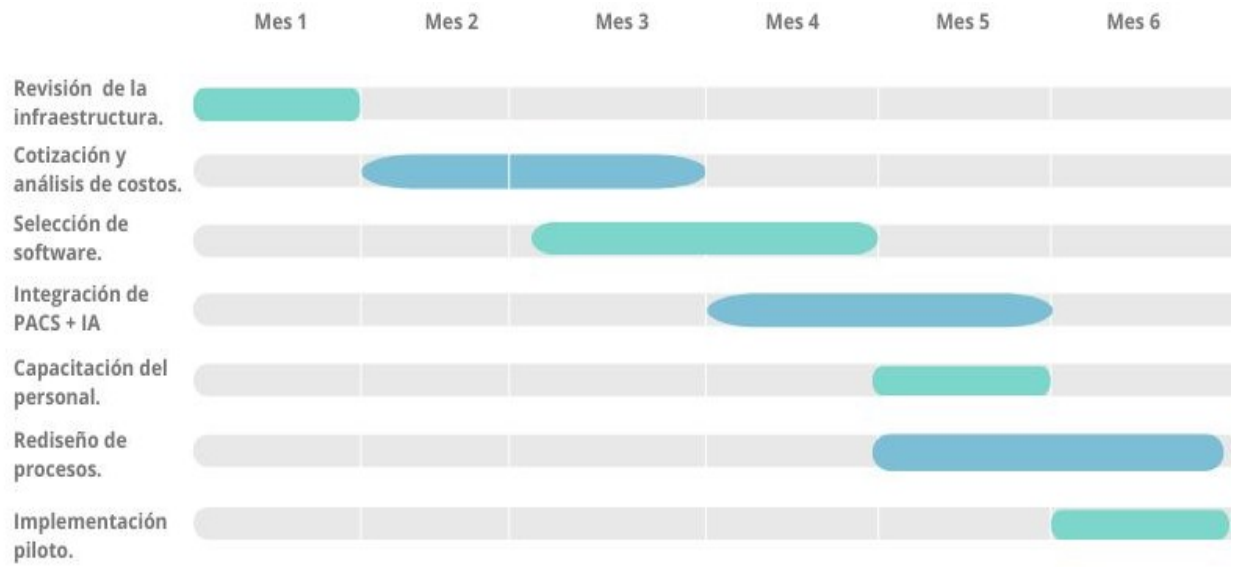
Fuente: *Elaboración propia.*

5.3.4 Planificación temporal de la intervención

Con el objetivo de organizar de manera coherente la secuencia y duración de las actividades propuestas, se elaboró un diagrama de Gantt que representa la planificación temporal del modelo de intervención. Este instrumento permite visualizar la distribución cronológica de las distintas etapas, así como sus posibles superposiciones, favoreciendo una implementación progresiva y adaptable a las condiciones operativas del centro.

La secuencia propuesta prioriza inicialmente las etapas de análisis técnico y evaluación de alternativas, para luego avanzar hacia la integración tecnológica, la capacitación del personal y la validación del sistema, minimizando el impacto sobre el funcionamiento habitual del servicio.

Esquema N°4: Diagrama de Gantt de la planificación temporal de la intervención.



Fuente: *Elaboración propia.*

5.4 Evaluación técnica y financiera preliminar

En función de las actividades definidas en el modelo teórico propuesto, se realiza a continuación una evaluación técnica y financiera preliminar orientada a estimar la viabilidad económica de una eventual implementación. Este análisis no implica la ejecución del proyecto, sino que tiene como finalidad dimensionar los requerimientos de inversión y operación asociados a la incorporación de sistemas PACS y

herramientas de inteligencia artificial en el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas.

En este sentido, la evaluación se estructura en dos niveles complementarios. En primer lugar, se presenta una revisión general de referencias internacionales que permiten aproximar los costos típicos asociados a la implementación de estas tecnologías en entornos clínicos. En segundo lugar, se desarrolla una contextualización específica para el caso analizado, considerando sus características operativas, la infraestructura existente y las condiciones del mercado local.

Asimismo, se incorporan comparaciones entre distintas alternativas tecnológicas disponibles —tanto en modalidad local como en la nube— con el objetivo de analizar diferencias en términos de inversión inicial, costos recurrentes, requerimientos técnicos y necesidades de soporte. Este enfoque permite no solo estimar los costos asociados, sino también explorar la sostenibilidad económica relativa de cada opción en un escenario hipotético de adopción.

De esta manera, el presente apartado complementa el análisis previo al incorporar una dimensión económica prospectiva, contribuyendo a la evaluación integral de la factibilidad del uso de inteligencia artificial y sistemas PACS en el ámbito del diagnóstico por imágenes odontológicas.

5.4.1 Estimación de costos asociado

Esta sección contiene dos niveles de análisis: en primer lugar, una revisión general de referencias internacionales que permiten dimensionar los costos típicos en entornos clínicos de mediana o gran escala; y posteriormente, una contextualización adaptada al caso argentino, enfatizando soluciones compatibles con el perfil y los recursos de las clínicas privadas en CABA.

Análisis general internacional de costos (benchmarking de mercado global)

En mercados como Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, el costo de adquisición de sistemas PACS y software de inteligencia artificial especializado en imagenología médica puede variar considerablemente dependiendo del nivel de sofisticación, escalabilidad y tipo de integración necesaria. Según RamSoft (2023), los sistemas PACS de nivel de entrada, que son adecuados para oficinas, clínicas dentales y centros ambulatorios con un volumen medio de estudios diarios, tienen un costo que oscila entre 30.000 USD y 50.000 USD, incluyendo licencias de servidor,

software para estaciones de trabajo, almacenamiento en red y soporte técnico básico. Estos valores describen una solución autogestionada que fue instalada en los servidores locales del establecimiento.

En comparación, las soluciones PACS "turnkey", que incluyen hardware, software, servicios de instalación, consultoría y soporte completo, son generalmente mucho más costosas. Según Batsishcha, la inversión inicial para centros de tamaño mediano—como clínicas con 50 a 100 camas u oficinas que atienden a más de 100 pacientes por día—se estima entre 400.000 USD y 500.000 USD lo que implica una solución altamente personalizada y escalable. Este tipo de solución puede estar más allá de las necesidades reales y la capacidad financiera de centros odontológicos privadas de media escala.

En cuanto al software de IA específico para el análisis de radiografías dentales 2D (panorámicas, periapicales, bitewing), los informes técnicos de Arkenea (2025), una empresa especializada en la integración de soluciones clínicas, indican que los módulos de visión por computadora diseñados para integrarse con sistemas de gestión clínica (EHR) suelen costar entre 15.000 USD y 30.000 USD al año. Esta tarifa incluye licencias, soporte y actualizaciones, pero no incluye personalización ni capacitación inicial del personal.

Esto debe ser considerado en el costo de la integración técnica con los sistemas existentes, particularmente para cumplir con el estándar DICOM, la interoperabilidad con servidores locales, adaptadores de red y configuraciones de flujo de trabajo clínico. Acorde a los datos de Thinkitive (2025) los cuales muestran que los costos de integración representan entre el 20% y el 30% del valor de la licencia en configuraciones estándar. Al aplicar este margen a un software de 30.000 USD, los costos adicionales de integración oscilarían entre 6.000 y 9.000 USD, lo cual puede acumularse en configuraciones más robustas y especializadas.

Finalmente, el costo del nuevo hardware puede ser una parte esencial del presupuesto. En escenarios que requieren procesamiento en tiempo real y almacenamiento redundante, es común incluir un servidor de almacenamiento dedicado con capacidad RAID y un sistema de alta disponibilidad (10.000-20.000 USD), una unidad de procesamiento gráfico (GPU) para tareas de inferencia de modelos de IA (15.000-30.000 USD), y equipos complementarios como UPS y enrutadores especializados (5.000-10.000 USD). Juntos, este equipo puede costar entre 30.000 y 60.000 USD, representando del 15% al 25% del costo total de licencias e integración (Macdonald y Neville, 2009).

Estos datos, aunque valiosos para medir el mercado internacional, no reflejan con precisión las características del sistema de salud argentino, que tiene capacidades de inversión, escalas operativas y niveles de digitalización actuales diferentes. Como resultado, a continuación se proporciona una adecuada contextualización para el caso local.

5.4.2 Estimación de costos contextualizada para el centro de diagnóstico

En el caso de la clínica de diagnóstico odontológico privada analizada, los niveles actuales de infraestructura tecnológica - servidor local operativo, equipo de radiografía digital, falta de PACS e IA, y dependencia de procesos manuales - indican que la mejor alternativa es una solución en la nube escalable con costos ajustados, mínima demanda de hardware y poca necesidad de soporte técnico in situ.

Una opción alcanzable es utilizar un modelo de PACS en la nube, como el proporcionado por plataformas como Medicai Cloud (2024), que permite el almacenamiento, mantenimiento y acceso a imágenes DICOM desde cualquier estación de trabajo sin necesidad de servidores dedicados. Según los datos del proveedor, el plan base cuesta 499 USD al mes, o 5.988 USD al año, y puede manejar hasta 20.000 imágenes, lo que es suficiente para satisfacer la demanda anual esperada del centro.

La integración de este sistema con la red interna y los flujos de trabajo actuales tendría un costo adicional del 25% de la tarifa de licencia, o USD 1.497. Esta cantidad incluye la configuración del adaptador DICOM, las pruebas de interoperabilidad y los ajustes de red requeridos para permitir un flujo de trabajo sin interrupciones entre el equipo de captura, los servidores locales y las estaciones de informes.

En términos de infraestructura tecnológica, aunque el centro ya cuenta con un servidor básico, se recomienda la adquisición de un sistema RAID para almacenamiento redundante y una unidad de respaldo energético (UPS). El equipo con estas características se puede adquirir en el mercado local por alrededor de $5.000 USD, lo cual incluye la instalación y configuración básica. Esto evitaría la pérdida de información debido a cortes de energía y garantizaría la integridad del repositorio digital de imágenes clínicas.

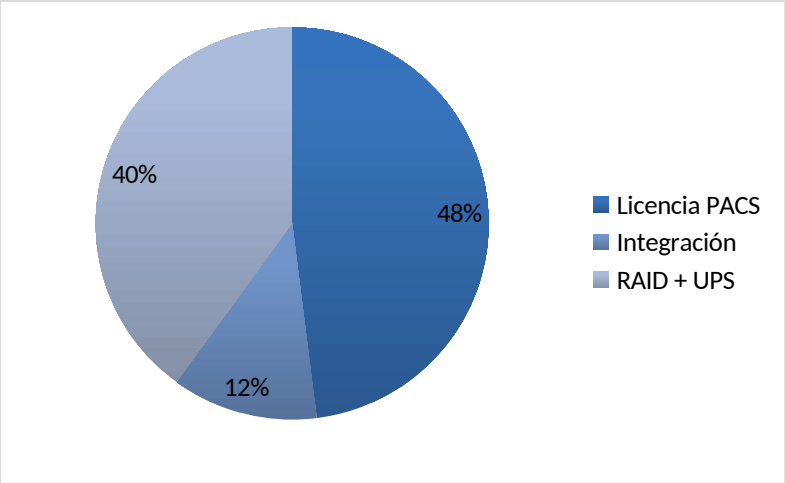
Por lo cual, el costo inicial esperado para el desarrollo de un PACS funcional basado en la nube, incluyendo la integración básica y las actualizaciones de hardware

necesarias, sería de alrededor de 12.485 USD el primer año, desglosado de la siguiente manera:

- 5.988 USD para la licencia anual del software PACS.
- 1.497 USD para la integración y configuración inicial.
- 5.000 USD para la compra de equipo adicional.

Esta arquitectura no solo es más accesible, sino que también permite el crecimiento de los servicios digitales sin requerir inversiones significativas en infraestructura física.

Grafico N°3: Distribución de costos- Primer Año (Medicai Cloud)



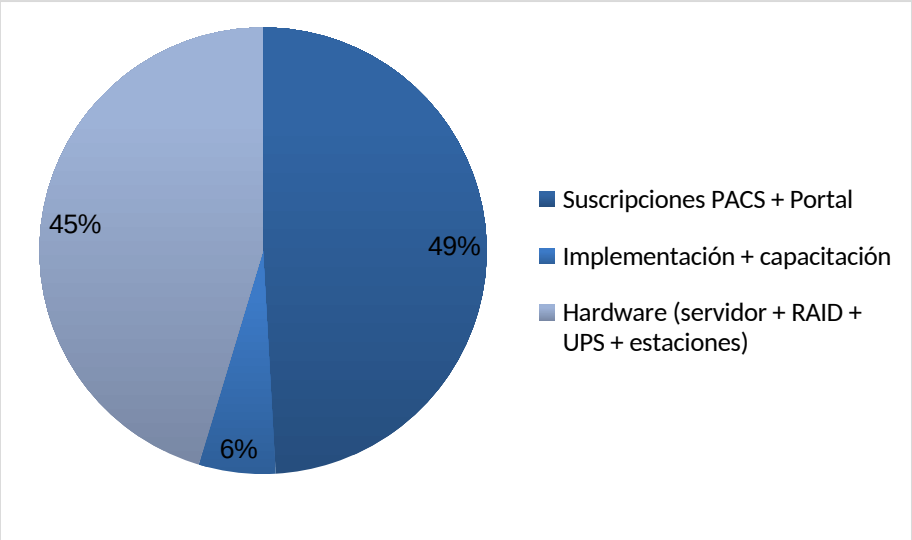
Fuente: *Elaboración propia*

Por otra parte, la segunda alternativa corresponde a la propuesta de Netmed Solutions, que plantea la implementación de un PACS local (Aurora) junto con un portal web institucional. En este caso, las suscripciones anuales recurrentes ascienden a 8.280 USD, correspondientes al uso del software y el mantenimiento del portal. A ello deben sumarse los costos únicos de implementación remota (615 USD) y capacitación inicial (320 USD), así como la adquisición de hardware adicional para soportar el sistema, que se estima en un rango de 7.000 a 8.300 USD, incluyendo servidor con RAID, UPS y estaciones de trabajo básicas.

De este modo, el costo inicial esperado para la implementación de un PACS local provisto por Netmed Solutions, incluyendo la integración básica, la capacitación y el hardware necesario, se ubica en un rango de 16.215 a 17.515 USD en el primer año, desglosado de la siguiente manera:

- 8.280 USD correspondientes a las suscripciones anuales del PACS Aurora y el Portal Web.
- 935 USD para la implementación remota y la capacitación inicial.
- 7.000 – 8.300 USD para la compra de hardware adicional requerido.

Grafico N°4: Distribución de costos- Primer Año (Netmed Solutions Local)



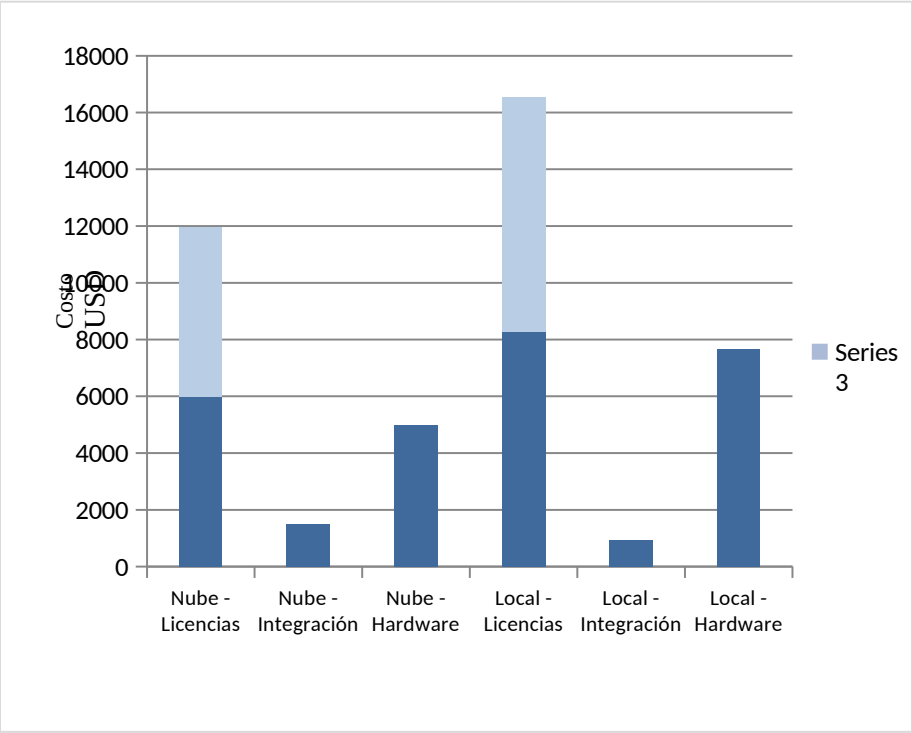
Fuente: *Elaboración propia*

En el caso de la nube, este valor de 5.000 USD corresponde únicamente a un sistema RAID con UPS de respaldo, destinado a garantizar redundancia básica y protección frente a cortes de energía. En cambio, en la alternativa local el rango de 7.000–8.300 USD contempla no solo el RAID y la UPS, sino también un servidor PACS dedicado y estaciones de trabajo básicas, lo que explica la diferencia en el nivel de inversión requerido.

La comparación entre ambas alternativas permite observar diferencias significativas tanto en la estructura de inversión inicial como en la proyección de costos recurrentes. En el caso de Medicai Cloud, el modelo en la nube ofrece una entrada más accesible, ya que requiere una inversión inicial relativamente acotada y una infraestructura física mínima. Esto reduce la necesidad de destinar recursos a la adquisición y mantenimiento de hardware, a la vez que facilita la escalabilidad del sistema a medida que crece la demanda de estudios. Además, al concentrar gran parte del soporte en la suscripción, los gastos operativos tienden a ser más predecibles y estables en el tiempo.

Por el contrario, la propuesta de Netmed Solutions, basada en un PACS local, supone un desembolso inicial más elevado debido a la adquisición de servidores y dispositivos complementarios, así como a los servicios de implementación y capacitación. Aunque esta alternativa implica mayores compromisos financieros en el corto plazo y una mayor carga de mantenimiento en el largo plazo, ofrece como contrapartida un control más directo sobre la gestión de los datos y la operación del sistema, aspecto que puede ser valorado en instituciones con políticas internas estrictas de resguardo de información clínica.

Grafico N°5: Distribución de costos primer y segundo año – Medicai vs Netmed



Fuente: *Elaboración propia*

En el marco del análisis económico preliminar, se evaluaron cuatro aplicaciones de software de inteligencia artificial especializadas en el análisis de radiografías dentales bidimensionales. Entre ellas destacan 5mano™ de AdraVision y Second Opinion™ de Pearl, notables por su disponibilidad en Argentina, precio transparente y cumplimiento normativo.

El software 5mano™ de AdraVision—actualmente implementado en clínicas de América Latina—ofrece un plan de suscripción mensual por 400 USD, acumulando a 4.800 USD anuales, con procesamiento de imágenes ilimitado. Este software es famoso por su gran precisión en funciones específicas, como la numeración de piezas dentarias (96% de precisión) y la detección de estructura osea (89%). También cumple

con certificaciones internacionales como la FDA y la ISO 13485, que aseguran la seguridad y calidad médica. Funciona con fotos en formato JPG o DICOM que son compatibles con los sistemas de captura existentes en el centro.

Second Opinion™ de Pearl, accesible desde Argentina a través de la nube, cuenta con una tarifa competitiva de 299 USD al mes (3.588 USD anuales) y ha demostrado en estudios clínicos un aumento del 36% en la detección de lesiones en comparación con diagnósticos sin inteligencia artificial. Este programa ha sido autorizado por la FDA y cumple con las regulaciones de la MDR europea, estableciéndolo como una solución fiable desde perspectivas técnicas y regulatorias.

Ambas soluciones se integran fácilmente a través del acceso en línea, con bajas necesidades de infraestructura técnica y sin necesidad de costosos equipos propietarios. También proporcionan almacenamiento en la nube, lo que reduce la necesidad de hardware adicional, aunque esto debe ser considerado en cumplimiento con las regulaciones internas del centro sobre privacidad de datos y soberanía digital.

Para respaldar el proceso de selección del software de inteligencia artificial, se confeccionó un cuadro comparativo entre distintas soluciones disponibles en el mercado. La comparación incluyó criterios clave como la disponibilidad en Argentina, el costo anual estimado, la precisión diagnóstica promedio reportada, la presencia de certificaciones regulatorias, y la modalidad de procesamiento (local o en la nube). Esta evaluación preliminar permite identificar fortalezas y limitaciones de cada opción, facilitando la toma de decisiones informadas en función de las necesidades clínicas, técnicas y presupuestarias del proyecto.

Tabla N°5: Comparación de software de IA

Software	Disponibilidad en Argentina	Costo anual	Precisión promedio	Certificaciones	Modalidad de procesamiento
5mano (AdraVision)	Sí	4 800 USD	Hasta 96 %	FDA, ISO 13485	Nube
Second Opinion (Pearl)	Sí	3 588 USD	76 % – 89 %	FDA, MDR-UE	Nube
Denti.AI	No (Estados Unidos y Canadá)	No disponible	No disponible	No disponible	Nube
Diagnocat	No (Estados Unidos, Canadá, Israel y países de la Unión Europea)	1548 Euros	No disponible	En proceso	Nube

Fuente: *Elaboración propia*

Incorporar estas alternativas prácticas enriquece el análisis técnico-económico al proporcionar soluciones que son razonables para las clínicas argentinas, que tienen una capacidad de procesamiento adecuada y que cumplen con estándares de calidad reconocidos internacionalmente.

5.4.3 Proyección y análisis comparativo de inversión – PACS + IA

La primera alternativa corresponde a Medicai Cloud, un sistema PACS en la nube cuyo costo anual de licencia es de 5.988 USD, con un gasto único de 1.497 USD por la integración inicial y aproximadamente 5.000 USD en mejoras de hardware básico. A este esquema debe sumarse la suscripción a un software de inteligencia artificial para radiología dental, con un valor de entre 3.588 y 4.800 USD anuales. De esta manera, el desembolso total en el primer año se proyecta en un rango de 16.073 a 17.285 USD, reduciéndose a 9.576 – 10.788 USD a partir del segundo año, cuando ya no se contemplan los costos de integración y hardware.

La segunda alternativa es la ofrecida por Netmed Solutions, que propone la instalación de un PACS local (Aurora) acompañado de un portal web institucional. En este caso, las suscripciones anuales recurrentes ascienden a 8.280 USD. A ello deben sumarse 935 USD correspondientes a la implementación remota y capacitación inicial, y entre 7.000 y 8.300 USD por la adquisición de hardware adicional. En conjunto, los costos iniciales no recurrentes ascienden a 7.935–9.235 USD. Finalmente, al igual que en la opción en la nube, se requiere la licencia de inteligencia artificial, cuyo valor oscila entre 3.588 y 4.800 USD por año. El costo total del primer año se ubica entonces en un rango de 19.803 a 22.315 USD, mientras que los gastos recurrentes a partir del segundo año se estabilizan entre 11.868 y 13.080 USD anuales.

Por lo tanto, la opción en la nube representa una inversión inicial más baja y garantiza una reducción sostenida de los costos recurrentes, manteniendo una diferencia estable de 2.292 USD por año frente a la alternativa local. Por su parte, la solución local implica una mayor inversión en hardware y mantenimiento, aunque ofrece un mayor control interno sobre los datos y las herramientas de gestión.

Tabla N°6: Comparación de costos de PACS + IA

Año / Opción	Medicai Cloud (nube)	Netmed Solutions (local)	Diferencia a favor nube
Primer año	USD 16.073 – 17.285	USD 19.803 – 22.315	USD 3.730 – 5.030
Segundo año	USD 9.576 – 10.788	USD 11.868 – 13.080	USD 2.292

Fuente: *Elaboración propia*

5.4.4 Mantenimiento anual y soporte técnico

A nivel mundial, los principales proveedores de sistemas PACS ofrecen contratos de mantenimiento técnico en niveles basados en Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA). Estos planes difieren en términos de cobertura, velocidad de respuesta, disponibilidad de recursos técnicos y nivel de personalización. En términos generales, se distinguen tres categorías: un soporte estándar, incluido en la mayoría de las suscripciones, que cubre actualizaciones y asistencia remota básica; un soporte premium, con monitoreo activo y tiempos de respuesta más rápidos; y un soporte crítico u on-site, que incorpora visitas presenciales y auditorías de seguridad periódicas.

En el caso de Medicai Cloud (nube), el soporte estándar está incluido en la suscripción anual de 5.988 USD, e integra actualizaciones automáticas, parches de seguridad y garantía de disponibilidad mediante infraestructura remota. La opción premium, con un

recargo aproximado del 10% (≈600 USD anuales), ofrece atención prioritaria y escalamiento de incidentes en menos de cuatro horas hábiles, mientras que el soporte crítico puede alcanzar un recargo del 15% (≈900 USD anuales) e incluye asistencia presencial planificada, aunque suele estar orientado a hospitales de gran escala. Además, dado que esta solución contempla la adquisición inicial de un sistema RAID con UPS de respaldo (5.000 USD), se debe prever un mantenimiento anual estimado en 500 USD y el recambio de baterías de respaldo cada 2–3 años. Aun así, los costos de soporte en este modelo tienden a ser más predecibles, pues la mayor parte está concentrada en la suscripción.

Por otro lado, la alternativa de Netmed Solutions (local), con suscripciones anuales de 8.280 USD para el PACS Aurora y el portal web, también incluye soporte remoto estándar para el software, con actualizaciones periódicas y mantenimiento del sistema. Sin embargo, al estar basada en infraestructura física propia, la clínica debe asumir un mayor nivel de mantenimiento del hardware. El rango de 7.000–8.300 USD no solo contempla RAID y UPS, sino también un servidor PACS dedicado y estaciones de trabajo básicas, cuyo mantenimiento se estima en 700–830 USD anuales, además de recambios periódicos de baterías y revisiones técnicas. Esto implica que, aunque el software cuente con soporte remoto, el centro debe destinar recursos adicionales y contar con mayor disponibilidad de soporte in situ para asegurar la continuidad operativa. Esto implica que, aunque el software cuente con soporte remoto, el centro debe destinar recursos adicionales y contar con mayor disponibilidad de soporte técnico in situ para asegurar la continuidad operativa.

Respecto a los módulos de inteligencia artificial, tanto en la nube como en la opción local, los costos de soporte suelen estar incluidos en la suscripción anual —que varía entre 3.588 y 4.800 USD, según el proveedor—, con actualizaciones automáticas de los algoritmos y asistencia remota básica. En casos donde se requieren personalizaciones avanzadas, como el reentrenamiento de modelos con datasets propios o la integración con protocolos clínicos específicos, los proveedores aplican un recargo cercano al 10% del valor de la licencia, es decir, entre 360 y 480 USD anuales.

Con lo cual mientras que la solución en la nube concentra la mayor parte de los costos de soporte en la suscripción y demanda un mantenimiento moderado del hardware de respaldo, la opción local incrementa los gastos y la carga operativa debido al mantenimiento del equipamiento físico principal, lo que la hace menos predecible en el tiempo y más dependiente de recursos técnicos internos.

5.5 Evaluación del proyecto (enfoque prospectivo)

Dado que el presente trabajo corresponde a una estimación teórica orientada a una eventual implementación, se propone a continuación un esquema de evaluación del proyecto basado en los enfoques ex ante y ex post. Este esquema no implica la medición de resultados empíricos, sino la definición de criterios, indicadores y mecanismos de análisis que permitirían valorar el desempeño del modelo en un escenario hipotético de adopción.

En este sentido, la evaluación se apoya en los indicadores y medios de verificación definidos en la matriz de Marco Lógico, permitiendo establecer una estructura coherente para el análisis de la viabilidad y de los posibles efectos asociados a la incorporación de tecnologías PACS e inteligencia artificial en el centro de diagnóstico por imágenes odontológicas.

5.5.1 Evaluación ex ante

La evaluación ex ante tiene como objetivo analizar la factibilidad del proyecto antes de su eventual implementación, considerando tanto las condiciones internas del centro como los factores externos que podrían influir en su desarrollo.

En primer lugar, se contempla la definición de una línea de base institucional, construida a partir del diagnóstico previo, que permita caracterizar la situación actual en términos de tiempos de entrega de informes, modalidad de almacenamiento de imágenes, nivel de digitalización de procesos y accesibilidad a la información clínica. Esta línea de base constituye el punto de referencia para futuras comparaciones.

En segundo lugar, se analizan los supuestos críticos identificados en la matriz de Marco Lógico, tales como la disponibilidad tecnológica, la capacitación del personal, la integración entre sistemas y la aceptación institucional del cambio. La verificación de estos supuestos resulta fundamental para determinar la viabilidad del proyecto en un escenario real.

Asimismo, se consideran criterios de factibilidad técnica, organizacional y económica, evaluando la compatibilidad de la infraestructura existente, la capacidad de adaptación del recurso humano y la sostenibilidad de los costos proyectados. Este análisis permite identificar posibles barreras de implementación y estimar el grado de adecuación del centro para la adopción de las tecnologías propuestas.

De esta manera, la evaluación ex ante no solo permite anticipar riesgos, sino también ajustar el modelo teórico a las condiciones reales del entorno, fortaleciendo su consistencia y aplicabilidad potencial.

5.5.2 Evaluación ex post

La evaluación ex post se plantea como un esquema de análisis que permitiría, en un escenario hipotético de implementación, medir los resultados obtenidos a partir de la incorporación de sistemas PACS y herramientas de inteligencia artificial.

En este sentido, se proponen indicadores orientados a evaluar dimensiones clave del proceso diagnóstico, tales como la reducción del tiempo de entrega de informes, el grado de digitalización en la gestión de estudios, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial como apoyo al proceso diagnóstico y la mejora en la trazabilidad de la información.

Los medios de verificación asociados a estos indicadores incluirían registros del sistema PACS, reportes de uso de software de inteligencia artificial, auditorías clínicas comparativas y encuestas de satisfacción a profesionales y pacientes. Estos instrumentos permitirían obtener evidencia objetiva sobre el desempeño del sistema en funcionamiento.

Asimismo, la evaluación se basaría en una comparación entre la situación previa (línea de base) y el escenario posterior a la implementación, permitiendo identificar variaciones en los procesos y resultados observados.

Cabe destacar que, dado el carácter teórico del presente trabajo, la evaluación ex post se plantea como un modelo de análisis prospectivo, orientado a definir cómo deberían medirse los resultados en caso de llevarse a cabo la implementación.

6. Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una propuesta orientada a mejorar la eficiencia del proceso diagnóstico en un centro de diagnóstico por imágenes odontológicas mediante la incorporación de herramientas de inteligencia artificial integradas a un sistema PACS. Para ello, se desarrolló un diagnóstico institucional, un análisis estratégico y una evaluación prospectiva de las condiciones necesarias para una eventual implementación tecnológica.

El diagnóstico inicial permitió identificar un modelo de funcionamiento caracterizado por la coexistencia de recursos digitales y procesos manuales, configurando un escenario de digitalización parcial. Esta situación se traduce en limitaciones operativas concretas, entre las que se destacan la fragmentación de los procesos, la ausencia de sistemas integrados de gestión de imágenes y la dependencia de procedimientos

manuales en la elaboración, transcripción y entrega de informes. Estas condiciones afectan la eficiencia operativa del servicio, la trazabilidad de la información clínica y las posibilidades de estandarización de los procesos diagnósticos.

La información obtenida mediante entrevistas a actores clave permitió complementar los hallazgos del análisis documental y aportar una visión más amplia del funcionamiento institucional. En particular, se identificaron dificultades vinculadas a la gestión manual de la información, los tiempos de entrega de estudios y las necesidades de modernización tecnológica, contribuyendo a contextualizar el diagnóstico institucional y enriquecer la comprensión del entorno organizacional.

A partir de estos elementos, el análisis estratégico permitió identificar factores internos y externos que condicionan la capacidad del centro para avanzar hacia una mayor integración tecnológica. Entre las fortalezas se destacan la disponibilidad de equipamiento adecuado y la experiencia del equipo profesional, mientras que entre las principales debilidades se evidencian la ausencia de sistemas integrados de gestión de imágenes, la fragmentación de determinados procesos y la necesidad de fortalecer las competencias digitales del personal. Asimismo, se identificaron oportunidades asociadas al desarrollo de la inteligencia artificial y a la creciente incorporación de tecnologías digitales en salud, junto con amenazas relacionadas con las restricciones presupuestarias, la necesidad de capacitación y los procesos de adaptación organizacional.

En este contexto, la construcción del modelo lógico permitió estructurar una propuesta teórica coherente, articulando problemas, objetivos, actividades, indicadores y mecanismos de evaluación dentro de un esquema metodológico que facilita su análisis y eventual implementación. Complementariamente, la evaluación técnica y financiera permitió identificar alternativas tecnológicas potencialmente viables para instituciones de mediana escala, particularmente mediante soluciones escalables y modelos basados en la nube, aunque su factibilidad dependerá de la disponibilidad de recursos, la planificación institucional y la capacidad organizacional para gestionar procesos de cambio.

Por otra parte, el diseño de un esquema de evaluación prospectiva mediante enfoques ex ante y ex post permitió establecer criterios, indicadores y mecanismos de seguimiento que podrían emplearse para evaluar el desempeño de la propuesta en un

escenario hipotético de implementación, fortaleciendo el carácter sistemático del modelo desarrollado.

Cabe destacar que el presente trabajo no propone la implementación directa de las tecnologías analizadas, sino que constituye una propuesta de intervención sustentada en un diagnóstico institucional y en un análisis prospectivo de su factibilidad. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como una herramienta para la planificación y la toma de decisiones, más que como una demostración empírica de los efectos de la inteligencia artificial o de los sistemas PACS.

A partir del análisis realizado, puede concluirse que el objetivo general del presente trabajo fue alcanzado, dado que se elaboró una propuesta metodológicamente estructurada para la incorporación de un sistema PACS integrado con herramientas de inteligencia artificial en un centro de diagnóstico por imágenes odontológicas. Para ello se desarrolló un diagnóstico institucional, se realizó un análisis estratégico, se diseño una estrategia de implementación, se establecieron criterios de evaluación del desempeño diagnóstico, se definieron lineamientos para su implementación y se propuso un esquema de evaluación prospectiva, dando cumplimiento a los objetivos específicos planteados.

La propuesta desarrollada ofrece una respuesta a las principales limitaciones identificadas durante el diagnóstico institucional, particularmente aquellas relacionadas con la fragmentación de los procesos, la gestión de la información clínica, la dependencia de procedimientos manuales y la ausencia de herramientas digitales integradas. En este sentido, el análisis realizado permite responder a la pregunta de investigación planteada, indicando que la incorporación integrada de un sistema PACS integrado con herramientas de inteligencia artificial constituye una alternativa técnicamente viable y organizacionalmente pertinente que podría contribuir a mejorar la precisión del proceso diagnóstico y optimizar los tiempos de elaboración y entrega de informes. Esta afirmación se sustenta en el diagnóstico institucional, el análisis estratégico, la revisión de la evidencia científica y la evaluación técnica desarrollados a lo largo de la investigación, los cuales permitieron construir una base teórica que fundamenta el potencial de estas tecnologías para abordar las principales limitaciones identificadas. No obstante, debido al carácter descriptivo y proyectivo del presente trabajo, no fue posible cuantificar empíricamente la magnitud de estos beneficios, por lo que su confirmación requerirá futuras instancias de implementación y evaluación en contextos reales. En consecuencia, el presente trabajo aporta una propuesta metodológicamente fundamentada que puede orientar futuras decisiones

institucionales en materia de transformación digital y constituir una base para posteriores procesos de implementación y evaluación de tecnologías basadas en inteligencia artificial y sistemas PACS en centros de diagnóstico por imágenes odontológicas.

7. Discusión y propuestas

7.1 Discusión

El presente trabajo se inscribe en el contexto de transformación digital que atraviesa el sector salud, donde la incorporación de tecnologías como los sistemas PACS y la inteligencia artificial ha generado nuevas posibilidades para optimizar los procesos diagnósticos y mejorar la gestión de la información clínica. En el ámbito de la imagenología odontológica, estas herramientas adquieren especial relevancia debido al elevado volumen de estudios realizados, la necesidad de estandarizar los informes y la creciente demanda de acceso digital a la información por parte de profesionales y pacientes.

Los resultados del diagnóstico institucional evidencian que el centro analizado presenta un modelo de funcionamiento híbrido, caracterizado por la coexistencia de recursos digitales y procedimientos manuales. Esta situación resulta consistente con la realidad observada en numerosos centros de diagnóstico de mediana escala, donde los procesos de digitalización suelen desarrollarse de forma gradual y condicionados por factores económicos, tecnológicos y organizacionales.

En este sentido, la ausencia de un sistema PACS y la dependencia de procedimientos manuales para la elaboración y gestión de informes constituyen limitaciones que afectan la eficiencia operativa, la trazabilidad de la información y la organización del proceso diagnóstico. Estos hallazgos se complementan con la información obtenida a través de entrevistas realizadas a actores clave del centro, cuyos aportes permitieron contextualizar dificultades vinculadas a la gestión manual de la información, los tiempos de entrega de informes y la necesidad de avanzar hacia una mayor digitalización de los procesos.

Por otra parte, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial aparece como una alternativa con potencial para fortalecer los procesos diagnósticos, aunque su adopción en el contexto local se encuentra condicionada por factores vinculados a la disponibilidad tecnológica, la capacitación del recurso humano y la evolución de los

marcos regulatorios aplicables. Si bien la evidencia internacional muestra resultados alentadores, su incorporación en el ámbito odontológico argentino aún presenta desafíos relacionados con la adaptación organizacional y la validación de los procesos de trabajo.

Asimismo, el análisis técnico-financiero preliminar permitió identificar alternativas tecnológicas potencialmente accesibles para instituciones de características similares a las del centro estudiado. Sin embargo, la sostenibilidad de estas soluciones dependerá de una adecuada planificación estratégica y de la capacidad institucional para gestionar procesos de transformación tecnológica de manera progresiva.

Un aporte relevante del presente trabajo consiste en la integración de herramientas de diagnóstico institucional, análisis estratégico, evaluación técnico-financiera y planificación mediante el enfoque de Marco Lógico en una propuesta única de modernización tecnológica para un centro de diagnóstico por imágenes odontológicas. Este abordaje permitió analizar la factibilidad de incorporar sistemas PACS e inteligencia artificial desde una perspectiva organizacional, técnica y económica, ofreciendo un esquema metodológico que podría adaptarse a otras instituciones con características similares.

Entre las principales limitaciones del presente estudio se destaca su carácter teórico y prospectivo, lo que implica que las conclusiones obtenidas deben interpretarse como estimaciones fundamentadas y no como resultados observados en un entorno real de implementación. Del mismo modo, las estimaciones económicas se basan en información de mercado susceptible de variaciones futuras, mientras que los aspectos relacionados con inteligencia artificial se sustentan en evidencia secundaria y en escenarios proyectados. Asimismo, el componente cualitativo del estudio tuvo un carácter exploratorio y fue utilizado como complemento para contextualizar el diagnóstico institucional, sin constituir un estudio cualitativo orientado al análisis sistemático de discursos o representaciones sociales.

7.2 Propuestas

A partir de los hallazgos obtenidos, se plantean una serie de lineamientos orientativos que podrían considerarse en un escenario hipotético de modernización tecnológica del centro.

Las propuestas que se presentan a continuación surgen del diagnóstico institucional,

del análisis estratégico, de la evaluación técnica y financiera y del modelo de intervención desarrollado a lo largo del presente trabajo. En conjunto, constituyen lineamientos orientativos para una eventual modernización tecnológica del centro, procurando dar respuesta a las principales limitaciones identificadas durante el análisis de la situación inicial y favoreciendo una incorporación progresiva de herramientas digitales en el proceso diagnóstico.

En primer lugar, se propone como eje estructural la eventual incorporación de un sistema PACS, dada su capacidad para centralizar el almacenamiento, gestión y acceso a las imágenes diagnósticas. Su adopción permitiría mejorar la trazabilidad de la información clínica, optimizar la disponibilidad de los estudios y favorecer una gestión más eficiente de los procesos asociados.

En segundo lugar, se plantea la incorporación progresiva de herramientas de inteligencia artificial como soporte al proceso diagnóstico, siempre bajo supervisión profesional. Su utilización podría contribuir a mejorar la calidad del proceso diagnóstico, reducir errores operativos y favorecer una mayor estandarización de los informes clínicos.

Asimismo, se considera necesario avanzar en la revisión y rediseño de los flujos de trabajo, con el objetivo de disminuir la dependencia de procedimientos manuales y fortalecer la integración entre las distintas áreas involucradas en la producción, análisis y entrega de estudios.

En relación con el recurso humano, se destaca la importancia de desarrollar programas de capacitación orientados al uso de herramientas digitales y a la gestión del cambio organizacional. La formación continua constituye un factor clave para facilitar la adopción de nuevas tecnologías y maximizar los beneficios potenciales asociados a su utilización.

Desde una perspectiva económica, se recomienda evaluar alternativas tecnológicas escalables y modelos de implementación gradual, particularmente aquellos basados en servicios en la nube, que permitan adecuar las inversiones a las capacidades y necesidades institucionales.

En conjunto, estas propuestas configuran una hoja de ruta orientativa para una eventual transformación digital del centro de diagnóstico por imágenes odontológicas, integrando aspectos tecnológicos, organizacionales y económicos. Su implementación deberá adecuarse a las características institucionales y acompañarse de mecanismos

de seguimiento y evaluación que permitan valorar progresivamente los resultados obtenidos y orientar la mejora continua del proceso diagnóstico.

8. Bibliografia

Abdulakhatov, J. Q., & Oxunov, B. M. (2025). A review of advancements of artificial intelligence in dentistry. Web of Medicine: Journal of Medicine, Practice and Nursing, 3(3), 118-142.

Aldunate E., Córdoba J. (2011). Formulación de programas con la metodología de marco lógico. Santiago de Chile: CEPAL.

Alharbi, S. S., & Alhasson, H. F. (2024). Exploring the Applications of Artificial Intelligence in Dental Image Detection: A Systematic Review. Diagnostics 2024, 14, 2442. Advances in the Diagnosis of Oral and Maxillofacial Disease, 137.

Almalki, A., & Latecki, L. J. (2023). Self-supervised learning with masked image modeling for teeth numbering, detection of dental restorations, and instance segmentation in dental panoramic radiographs. In Proceedings of the IEEE/CVF winter conference on applications of computer vision (pp. 5594-5603).

Arkenea. (2025). Cost of EHR Implementation. Arkenea. https://arkenea.com/blog/cost-of-ehr-implementation

Arzamasov, K.; Vasilev, Y.; Vladzymyrskyy, A.; Omelyanskaya, O.; Shulkin, I.; Kozikhina, D.; Goncharova, I.; Gelezhe, P.; Kirpichev, Y.; Bobrovskaya, T.; et al. An International Non-Inferiority Study for the Benchmarking of AI for Routine Radiology Cases: Chest X-ray, Fluorography and Mammography. Healthcare 2023, 11, 1684.

Barroso, C. E. O. F., Assis, E. D., Silva, G. D. S., Aguiar, J. E. S., Ferreira, J. D., Bueno, J. R., … & Neto, P. D. S. (2024). Artificial Intelligence in dentistry: Advances and applications in modern clinical practice. Seven Editora.(May 2024), 237-255.

Batsishcha, G. (s. f.). Custom Picture Archiving and Communication System (PACS): Features, development steps, and costs. ScienceSoft. Recuperado el 16 de julio de 2025, de https://www.scnsoft.com/healthcare/picture-archiving-and-communication-system

Cantu, A. G., Gehrung, S., Krois, J., Chaurasia, A., Rossi, J. G., Gaudin, R., … & Schwendicke, F. (2020). Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. Journal of dentistry, 100, 103425.

Carrillo-Perez, F., Pecho, O. E., Morales, J. C., Paravina, R. D., Della Bona, A., Ghinea, R., … & Herrera, L. J. (2022). Applications of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive review. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 34(1), 259-280.

Carvalho, B. K. G., Nolden, E. L., Wenning, A. S., Kiss-Dala, S., Agócs, G., Róth, I., … & Kivovics, M. (2024). Diagnostic Accuracy of Artificial Intelligence for Approximal Caries on Bitewing Radiographs: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of Dentistry, 105388.

Costache, A. (2024). PACS: sistema de archivado y comunicación de imágenes – una guía completa. Medicai. https://www.medicai.io/es/pacs-sistema-de-archivado-y-comunicacion-de-imagenes-una-guia-completa

Cronin, S., Kane, B., & Doherty, G. (2021). A qualitative analysis of the needs and experiences of hospital-based clinicians when accessing medical imaging. Journal of digital imaging, 34, 385-396.

De Magalhães, A. A., & Santos, A. T. (2025). Advancements in diagnostic methods and imaging technologies in dentistry: A literature review of emerging approaches. Journal of Clinical Medicine, 14(4), 1277.

França, R. P., Monteiro, A. C. B., Arthur, R., & Iano, Y. (2022). An overview of the impact of PACS as health informatics and technology e-health in healthcare management. Cognitive Systems and Signal Processing in Image Processing, 101-128.

Garrucho, L., Kushibar, K., Jouide, S., Diaz, O., Igual, L., & Lekadir, K. (2022). Domain generalization in deep learning based mass detection in mammography: A large-scale multi-center study. Artificial Intelligence in Medicine, 132, 102386.

Kawa, J., Pyciński, B., Smoliński, M., Bożek, P., Kwasecki, M., Pietrzyk, B., & Szymański, D. (2022). Design and Implementation of a Cloud PACS Architecture. Sensors, 22(21), 8569.

Li, X. T., Allen, J. W., & Hu, R. (2023). Implementation of automated pipeline for resting-state fMRI analysis with PACS integration. Journal of Digital Imaging, 36(3), 1189-1197.

Luke, A. M., & Rezallah, N. N. F. (2025). Accuracy of artificial intelligence in caries detection: a systematic review and meta-analysis. Head & Face Medicine, 21(1), 24.

MacDonald, D., & Neville, D. (2010). Evaluating the implementation of picture archiving and communication systems in Newfoundland and Labrador--a cost benefit analysis. Journal of digital imaging, 23(6), 721–731. https://doi.org/10.1007/s10278-009-9212-x

McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., Back, T., Chesus, M., Corrado, G. S., Darzi, A., Etemadi, M., Garcia-Vicente, F., Gilbert, F. J., Halling-Brown, M., Hassabis, D., Jansen, S., Karthikesalingam, A., Kelly, C. J., King, D., Ledsam, J. R., … Shetty, S. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. Nature, 577(7788), 89–94. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6

Medicai. (s. f.). Pricing. Recuperado el 16 de julio de 2025, de https://www.medicai.io/pricing

Ministerio de Salud y Secretaría de Comercio Interior. (2021). Resolución Conjunta 1/2021. Recuperado de https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/405000-409999/408074/norma.htm

Ministerio de Salud. (2021). Estándares de Calidad – Diagnóstico y Tratamiento por Imágenes (DTI) (Anexo I, Resolución No. 3590/2021). Legisalud. http://www.legisalud.gov.ar/pdf/msres3590_2021anexo1.pdf

Mishra, V., & Sharma, M. G. (2022). Digital transformation evaluation of telehealth using convergence, maturity, and adoption. Health Policy and Technology, 11(4), 100684.

Musleh, D., Almossaeed, H., Balhareth, F., Alqahtani, G., Alobaidan, N., Altalag, J., & Aldossary, M. I. (2024). Advancing dental diagnostics: a review of artificial intelligence applications and challenges in dentistry. Big Data and Cognitive Computing, 8(6), 66.

Nagareddy, B., Vadlamani, R., Venkannagari, N. R., Jain, S., Basheer, S. N., & Murugesan, S. (2024). Comparison of the Artificial Intelligence Versus Traditional Radiographic Interpretation in Detecting Periapical Periodontitis: A Diagnostic Accuracy Study. Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 16(Suppl 4), S3676-S3678.

RamSoft. (2023). What is a PACS System? Elevate Your Medical Imaging Facility. RamSoft Radiology Blog. https://www.ramsoft.com/blog/pacs-system

Rouleau, G., Wu, K., Ramamoorthi, K., Boxall, C., Liu, R. H., Maloney, S., ... & Desveaux, L. (2024). Mapping theories, models, and frameworks to evaluate digital health interventions: scoping review. Journal of medical Internet research, 26, e51098.

Schwabe, D., Becker, K., Seyferth, M., Klaß, A., & Schaeffter, T. (2024). The METRIC-framework for assessing data quality for trustworthy AI in medicine: a systematic review. NPJ Digital Medicine, 7(1), 203.

Segur-Ferrer, J., Moltó-Puigmartí, C., Pastells-Peiró, R., & Vivanco-Hidalgo, R. M. (2024). Methodological Frameworks and Dimensions to Be Considered in Digital Health Technology Assessment: Scoping Review and Thematic Analysis. Journal of Medical Internet Research, 26, e48694.

Semerci, Z. M., & Yardımcı, S. (2024). Empowering modern dentistry: The impact of artificial intelligence on patient care and clinical decision making. Diagnostics, 14(12), 1260.

Silberman, J., Wicks, P., Patel, S., Sarlati, S., Park, S., Korolev, I. O., ... & Goldsack, J. C. (2023). Rigorous and rapid evidence assessment in digital health with the evidence DEFINED framework. NPJ Digital Medicine, 6(1), 101.

Silva, B., Fontinele, J., Vieira, C. L. Z., Tavares, J. M. R., Cury, P. R., & Oliveira, L. (2024). Semi-supervised classification of dental conditions in panoramic radiographs using large language model and instance segmentation: A real-world dataset evaluation. arXiv preprint arXiv:2406.17915.

Sivari, E., Senirkentli, G. B., Bostanci, E., Guzel, M. S., Acici, K., & Asuroglu, T. (2023). Deep learning in diagnosis of dental anomalies and diseases: a systematic review. Diagnostics, 13(15), 2512.

Soltani, P., Isola, G., & Patini, R. (2021). Oral and maxillofacial radiology in the era of COVID-19: what needs to be done?. Oral Radiology, 37(2), 352-353.

Stera, G., Giusti, M., Magnini, A., Calistri, L., Izzetti, R., & Nardi, C. (2024). Diagnostic accuracy of periapical radiography and panoramic radiography in the detection of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. La radiologia medica, 129(11), 1682-1695.

Theriault-Lauzier, P., Cobin, D., Tastet, O., Langlais, E. L., Taji, B., Kang, G., … & Avram, R. (2024). A responsible framework for applying artificial intelligence on medical images and signals at the point-of-care: the PACS-AI platform. Canadian Journal of Cardiology.

Thinkitive. (2025). A Full Breakdown of EHR Integration Price Factors. https://www.thinkitive.com/blog/factors-affecting-ehr-integration-costs-a-comprehensive-breakdown/

Thurzo, A., Urbanová, W., Novák, B., Czako, L., Siebert, T., Stano, P., ... & Varga, I. (2022, July). Where is the artificial intelligence applied in dentistry? Systematic review and literature analysis. In Healthcare (Vol. 10, No. 7, p. 1269). MDPI.

Turosz, N., Chęcińska, K., Chęciński, M., Brzozowska, A., Nowak, Z., & Sikora, M. (2023). Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. Dento maxillo facial radiology, 52(7), 20230284.

Uzun Saylan, B. C., Baydar, O., Yeşilova, E., Kurt Bayrakdar, S., Bilgir, E., Bayrakdar, İ. Ş., ... & Orhan, K. (2023). Assessing the effectiveness of artificial intelligence models for detecting alveolar bone loss in periodontal disease: a panoramic radiograph study. Diagnostics, 13(10), 1800.

Varghese, A. P., Naik, S., Asrar Ul Haq Andrabi, S., Luharia, A., Tivaskar, S., John, J., Mishra, G. V., Uke, A., Pisulkar, S. G., & Wanjari, M. (2024). Emerging Applications of Picture Archiving and Communication Systems and Their Impact on Research and Education: A Literature Review. Cureus, 16(7), e65019.

Vera, D. U. S. Y. A., Crossan, M., & Apaydin, M. A. R. I. N. A. (2012). A framework for integrating organizational learning, knowledge, capabilities, and absorptive capacity. Handbook of organizational learning and knowledge management, 153-180.

Wang, Y. C. C., Chen, T. L., Vinayahalingam, S., Wu, T. H., Chang, C. W., Chang, H. H., … & Chou, H. (2025). Artificial Intelligence to Assess Dental Findings from Panoramic Radiographs—A Multinational Study. arXiv preprint arXiv:2502.10277.

Yalamanchili, S., Chennupati, T., Nunsavathu, P. R. N., Saranu, S., Kotha, P., Marpuri, S., & Hiralkar, P. (2025). Artificial intelligence in panoramic images—clinical aid to a dentist. Exploration of Medicine, 6, 1001296.

9. Anexo

9.1 Entrevistas semiestructuradas a actores clave

Con el fin de resguardar la confidencialidad de los participantes, las entrevistas se presentan de forma anonimizada. Las respuestas han sido transcritas respetando el contenido original, sin modificaciones, con el fin de preservar la fidelidad de la información recolectada.

9.1.1 Entrevista a perfil clínico

Perfil de la entrevistada: Odontóloga especialista en diagnóstico por imágenes, con experiencia en la interpretación de estudios radiográficos odontológicos.
Fecha: 31/07/2025.

1. ¿Cuál es tu rol dentro del centro de diagnóstico por imágenes y qué tipo de estudios realizan con mayor frecuencia?

Mi rol en el centro de diagnóstico por imágenes es el de odontóloga especialista en diagnóstico por imágenes. Me encargo de la elaboración de informes tanto de estudios bidimensionales, como panorámicas, seriadas y bitewing, y de estudios tridimensionales, en este caso tomografías.
El estudio que se realiza con mayor frecuencia en el centro es la radiografía panorámica, seguida por las radiografías seriadas.

2. ¿Cómo es actualmente el proceso de realización e informe de estudios?

Los estudios bidimensionales son realizados por técnicos, quienes se encargan de la toma y posterior impresión de las imágenes. En cambio, los estudios tridimensionales son obtenidos, procesados e impresos directamente por odontólogos.
Una vez impresos, tanto los estudios 2D como 3D se analizan en un negatoscopio por un odontólogo especialista, quien anota las patologías detectadas en un formato papel. Luego, esta información se envía al área de compaginación, donde el personal transcribe los datos al sistema correspondiente. Finalmente, el informe se junta con el acetato correspondiente y se coloca en un sobre, el cual es entregado al paciente."

3. ¿Qué dificultades o desafíos encuentran en el flujo de trabajo, especialmente en cuanto a tiempos o calidad de los informes?

Una de las principales dificultades en el flujo de trabajo es que la transcripción manual puede generar errores, tales como errores de tipeo y confusión entre estudios o pacientes. Además, el proceso es lento, ya que la fecha de entrega estándar de los estudios es de 72 horas.

4. ¿Utilizan actualmente algún sistema PACS o similar para la gestión de imágenes? ¿Cómo ha sido su experiencia?

En el centro de diagnóstico por imágenes donde trabajo actualmente no contamos con un sistema PACS.
Sin embargo, conozco y utilizo sistemas PACS en otros centros para los que trabajo de forma remota, lo que permite acceder a las imágenes desde distintos lugares, brindando mayor flexibilidad y eficiencia. Esta modalidad facilita observar las imágenes en detalle, ampliar zonas específicas y modificar el contraste, algo que no es posible con el método manual que utiliza negatoscopios y lupas.
Además, la elaboración de informes se agiliza considerablemente, ya que se realizan y firman digitalmente dentro de la plataforma, permitiendo que los pacientes accedan a ellos rápidamente a través de un portal.

5. ¿Qué aspectos creés que se podrían mejorar con la incorporación de herramientas digitales más avanzadas?

Creo que se podrían mejorar varios aspectos con la incorporación de herramientas digitales más avanzadas. Por ejemplo, el acceso remoto a los estudios facilitaría mucho el trabajo y permitiría una mayor agilidad en el proceso. Además, se reduciría el manejo físico de los estudios por parte de distintas áreas del centro, disminuyendo errores y pérdidas.
Y, por supuesto, la incorporación de un sistema de inteligencia artificial sería un gran avance, aportando precisión y eficiencia en la interpretación y análisis de las imágenes.

6. ¿Conocés o tuviste experiencia con herramientas de inteligencia artificial aplicadas al diagnóstico por imágenes?

Sí, conozco sobre herramientas de inteligencia artificial aplicadas al diagnóstico por imágenes, ya que me estoy capacitando constantemente en esta área, donde los avances son muy frecuentes.
Aunque aún no he utilizado ninguna herramienta de IA en la práctica, debido a que en Argentina la adopción tecnológica está un poco retrasada, sé que en países como Chile y Brasil hay avances significativos en este campo.

7. ¿Qué ventajas y posibles riesgos creés que tendría su uso en un centro como el de ustedes?

Creo que la incorporación de la inteligencia artificial en un centro como el nuestro traería varias ventajas: diagnósticos más rápidos y precisos, un mejor flujo de trabajo para que los pacientes reciban sus estudios antes, y una reducción de errores humanos, especialmente en la detección de patologías sutiles. También facilitaría el acceso remoto y la gestión digital de los estudios.
Sin embargo, pienso que hay algunos riesgos, como la posible dependencia excesiva de la tecnología que podría afectar el juicio clínico si no se usa con cuidado. Además, los algoritmos pueden cometer errores y es fundamental proteger la privacidad de los datos. Por último, la implementación puede ser costosa para centros con recursos limitados.

8. ¿Considerás viable la implementación de una herramienta de IA integrada con PACS en su flujo de trabajo?

Sí, creo que es totalmente viable. Un sistema PACS es fundamental porque, como mencioné antes, aporta mucho dinamismo y jerarquiza la institución, ya que muchos otros centros ya lo utilizan y debemos acompañar esa modernización. En cuanto a un software con IA, sería clave porque actualmente en Argentina no hay centros que lo tengan, y eso podría posicionar al nuestro a la vanguardia.

9. ¿Qué condiciones o recursos serían necesarios para hacerlo de manera efectiva?

Pienso que lo más importante es la capacitación constante del personal para que puedan manejar correctamente las nuevas herramientas. También hay que evaluar bien las demandas técnicas específicas del sistema PACS y del software de IA para asegurarnos de que se integren bien y funcionen de manera óptima.

10. ¿Qué opinás sobre el futuro del diagnóstico por imágenes en relación con la tecnología y la automatización?

El diagnóstico por imágenes está en constante evolución, y siempre debemos estar atentos a modernizar nuestros procesos. Aunque mucha gente dice que con la IA desaparecerán los especialistas, no lo veo así; creo que la tecnología debe ser una herramienta que acompañe y potencie nuestro trabajo, no que lo reemplace.

11. ¿Creés que sería posible incorporar este modelo de PACS e inteligencia artificial en tu propio centro de imágenes? ¿Por qué sí o por qué no?

Sí, creo que sería posible incorporar este modelo en mi centro, aunque obviamente requeriría planificación. Por un lado, me parece totalmente necesario modernizarse e ir acompañando los avances tecnológicos, especialmente si eso mejora la calidad del servicio que brindamos. Tener un sistema PACS integrado con inteligencia artificial permitiría optimizar los tiempos, trabajar de forma más ordenada y dar diagnósticos más precisos.
Por otro lado, también reconozco que la implementación no es sencilla: hay que evaluar la inversión económica, adaptar la infraestructura y, sobre todo, capacitar bien al equipo. Pero si se planifica bien y se trabaja en etapas, creo que es absolutamente viable y sería un gran paso adelante para el centro.

9.1.2 Entrevista a perfil administrativo

Perfil de la entrevistada: Personal administrativo del centro de diagnóstico por imágenes odontológicas, con experiencia en la gestión operativa de estudios, coordinación del flujo de pacientes y administración de informes.

1. ¿Cuál es su rol dentro del centro de imágenes y cuáles son sus principales tareas diarias?

Mi rol dentro del centro de diagnóstico por imágenes se centra en el área administrativa, con tareas que se adaptan según las necesidades operativas del servicio. Me desempeño tanto en el sector de recepción como en el área de compaginación.

En recepción, actúo como primer contacto con el paciente, brindando orientación, resolviendo dudas y realizando el ingreso administrativo. Además, informo sobre los

plazos de entrega en caso de estudios con informe, y coordino aspectos logísticos vinculados a la atención.

En el área de compaginación, mi tarea consiste en interpretar las observaciones manuscritas realizadas por los odontólogos especialistas sobre los estudios, transcribirlas al sistema informático y preparar el material final donde se reúne el informe con las placas impresas en acetato, y se organiza todo en un sobre que luego será entregado al paciente.

2. ¿Cómo es actualmente el flujo administrativo desde que el paciente se realiza el estudio hasta que retira el informe?

El proceso comienza con el ingreso del paciente en el área de recepción, donde se registran sus datos y se le brinda información sobre el estudio, incluyendo los tiempos estimados de entrega. Luego, el equipo técnico realiza la toma radiográfica, que se imprime en acetato.

Posteriormente, un odontólogo especialista analiza el estudio y redacta el informe de manera manuscrita. Dicho informe pasa al área de compaginación, donde se transcribe en formato digital y se reúne con el acetato correspondiente. Finalmente, todo el material se organiza en un sobre y se entrega al paciente en el plazo indicado.

3. ¿Qué tipo de dificultades administrativas se presentan con más frecuencia, como demoras, errores, reclamos?

Dado que gran parte del proceso es manual, suelen presentarse errores administrativos como fallas de tipeo en los informes, omisión involuntaria de algún estudio o demoras en la impresión. Estas situaciones generan molestias en los pacientes, especialmente cuando los errores no pueden resolverse en el mismo día. Aunque se intenta dar respuesta inmediata, no siempre es posible, y eso impacta en la percepción del servicio.

4. ¿Por qué cree que la cantidad de estudios con informes entregados es relativamente baja en el centro?

Considero que uno de los principales motivos es que muchos pacientes prefieren no volver a retirar el estudio en el plazo habitual de 72 horas. Algunos viven lejos del centro y les resulta difícil realizar un segundo viaje solo para retirar el informe. Otros pacientes tienen horarios laborales complicados. También hay casos de pacientes que tienen hijos en edad escolar, por lo que el tiempo para gestionar el retiro se vuelve

limitado debido a sus responsabilidades familiares. Estos factores impactan directamente en la cantidad de estudios con informe que efectivamente se entregan.

5. ¿Tienen algún sistema digital para gestionar estudios, turnos o informes, o el proceso es mayormente manual?

Actualmente contamos con un sistema digital básico para la gestión de turnos, donde ingresamos los datos del paciente al momento de su llegada. Incluimos información como nombre, apellido, fecha de nacimiento, DNI y datos de la obra social. Sin embargo, más allá de este primer paso, el proceso general sigue siendo mayormente manual. La elaboración del informe, la transcripción y la entrega física del material al paciente se realizan sin integración digital, lo que a veces genera demoras o errores evitables.

6. ¿Conoce o ha escuchado hablar sobre sistemas PACS o sobre inteligencia artificial aplicada a imágenes médicas?

Sí, he escuchado hablar de los sistemas PACS, sobre todo por comentarios de los pacientes, quienes a menudo preguntan si los estudios pueden visualizarse en un portal online como sucede en otros centros. Actualmente, nuestro centro no cuenta con esa posibilidad, lo cual representa una limitación frente a lo que ya se ofrece en otras instituciones. En cuanto a la inteligencia artificial, tengo una idea general sobre su aplicación en el diagnóstico por imágenes, aunque no poseo un conocimiento profundo del tema ni lo he utilizado directamente.

7. Desde lo administrativo, ¿qué beneficios cree que traería implementar un sistema digital como PACS?

Considero que un sistema PACS traería múltiples beneficios a nivel organizativo y operativo. En primer lugar, permitiría digitalizar la entrega de estudios, lo que reduciría considerablemente la carga de trabajo relacionada con la impresión, compaginación y entrega física. Además, eliminaría la necesidad de enviar estudios por mail una práctica que actualmente se hace como excepción pero que genera muchos inconvenientes. Con PACS, los pacientes podrían acceder a sus estudios directamente desde un portal, lo que mejoraría su experiencia y también la eficiencia del equipo administrativo.

8. ¿Cree que se reducirían los tiempos o errores administrativos con una herramienta digital integrada?

Sí, sin dudas. Un sistema digital integrado permitiría automatizar tareas repetitivas y reducir la posibilidad de errores humanos, como los de tipeo o de omisión de informes. También acortaría los tiempos de espera para los pacientes, ya que los informes podrían estar disponibles de manera más rápida y accesible. Para nosotros, como equipo administrativo, implicaría una mejora significativa en los tiempos de respuesta y en la organización general del trabajo.

9. ¿Cuáles cree que serían los principales desafíos o barreras para implementar un sistema PACS con IA en este centro?

Creo que uno de los mayores desafíos sería la adaptación del personal a nuevas tecnologías. Cambiar un sistema de trabajo instalado desde hace tiempo puede generar resistencia inicial. Sin embargo, con un buen acompañamiento y formación, considero que es una transformación posible y muy beneficiosa a largo plazo.

10. Desde su área, ¿considera que el personal estaría dispuesto a capacitarse en el uso de nuevas tecnologías?

Sí, absolutamente. Desde nuestra área existe una gran predisposición a incorporar nuevas herramientas, sobre todo si eso contribuye a mejorar los tiempos de entrega y reducir la cantidad de reclamos. Somos conscientes de que modernizar los procesos nos permitiría trabajar de manera más ordenada, con menos retrabajo y mayor satisfacción por parte de los pacientes.

11. ¿Qué opinión tiene sobre la modernización del centro en relación con los avances tecnológicos en salud?

Me parece algo fundamental y necesario. La salud está en constante evolución, y los centros que no se adaptan a los cambios tecnológicos corren el riesgo de quedarse atrás. Contar con sistemas modernos no solo mejora la calidad del servicio, sino también la imagen institucional y la confianza del paciente. Implementar soluciones como PACS o herramientas de inteligencia artificial no es solo una mejora operativa, sino una inversión en el futuro del centro.