

Implementación de inteligencia artificial para mejorar la atención de la retinopatía diabética en el Estado de Jalisco, México



Agradecimientos: El equipo del BID desea agradecer a todas las personas que participaron en entrevistas y brindaron información clave para este documento.

Autores: Luis Tejerina, Ricardo Pérez Cuevas y Jorge Francisco García Castro.

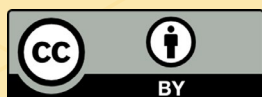
Diseño: www.souvenirme.com

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Implementación de inteligencia artificial para mejorar la atención de la retinopatía diabética en el Estado de Jalisco, México



CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	6
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. IA y ética: fAIr LAC y fAIrLAC Jalisco	10
1.2. Viabilidad de un proyecto de IA sobre retinopatía diabética.....	11
2. RETINA-IA	15
2.2. Ética, gobernanza de datos y ciberseguridad.....	17
2.3. Difusión	18
2.4. Elaboración de diagnósticos especializados	18
2.5. Resultados de la implementación de RETINA-IA	20
2.6. Desempeño del algoritmo en comparación con la calificación experta.....	21
2.7. Estudio costo-beneficio.....	23
3. LECCIONES APRENDIDAS	26
4. REFLEXIONES FINALES	29
BIBLIOGRAFÍA	31

ABREVIATURAS Y SIGLAS

APEC	Asociación para Evitar la Ceguera
API	<i>Application programming interphase</i> (interfaz de programación de aplicaciones)
BDE	Business Data Evolution
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
COVID-19	Enfermedad por coronavirus 2019
CREG	Comité de Riesgos Éticos y de Gobernanza
DM	Diabetes mellitus
ECNT	Enfermedades crónicas no transmisibles
FDA	Food & Drug Administration
FID	Federación Internacional de la Diabetes
GAM	Grupos de Ayuda Mutua
GAM-EC	Grupos de Ayuda Mutua de Personas con Enfermedades Crónicas
HCG	Hospital Civil General
IA	Inteligencia artificial
LAC	Latinoamérica y el Caribe
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PASIA	Programa de Aceleración de Startups de Inteligencia artificial
PIB	Producto interno bruto
RD	Retinopatía diabética
ROI	<i>Return on investment</i> (retorno de la inversión)
SIC	Sistema Nominal de Información en Crónicas
UVARD	Unidad de Valoración y Atención de Retinopatía diabética
VPN	Valor predictivo negativo
VPP	Valor predictivo positivo



RESUMEN EJECUTIVO

La diabetes mellitus es uno de los problemas de salud más graves de México; además, presenta una tendencia creciente y en promedio apenas un 10,3% de la población mayor de 20 años ha tenido un examen médico de diabetes. Dentro de las muchas complicaciones provocadas por la diabetes, la retinopatía diabética (RD) es particularmente de interés porque es una complicación atribuible a un control deficiente de la diabetes y afecta hasta al 32% de los pacientes en México. La RD se desarrolla a lo largo de varios años, es tratable si es diagnosticada a tiempo pero puede producir daños irreversibles, llegando a la ceguera, si no es tratada oportunamente.

En México, la falta de oftalmólogos en el nivel primario, y su escasez en los niveles secundario y terciario, son causas importantes del retraso de la detección y el diagnóstico de la RD. Eso implica largos tiempos de espera, baja tasa de referencia (apenas el 6% de los pacientes diabéticos en México son referidos a un oftalmólogo) y el avance de la enfermedad. En este marco, fAIr LAC Jalisco identificó la oportunidad de trabajar con el Estado de Jalisco en un proyecto piloto que utilizó inteligencia artificial (IA) para el tamizaje de la RD. La IA puede ser una herramienta poderosa para el tamizaje de salud, con casos de éxito en diversos países, incluyendo a México, y con casos específicos para diabetes, y para RD y otras afecciones de la visión.

El resultado fue el proyecto RETINA-IA, que incluyó una convocatoria activa de pacientes potenciales; la toma de fotografías de la retina en tres clínicas seleccionadas y su interpretación utilizando tecnología IA de *deep learning*; coordinación con un equipo del Colegio Médico de Oftalmólogos de Jalisco para verificar el pre-diagnóstico realizado por la IA; y la referencia de los pacientes que lo requiriesen a una cita con un especialista.

El objetivo era reducir los tiempos de diagnóstico para permitir que el paciente reciba un tratamiento en una etapa más temprana de la progresión de la RD, y analizar la escalabilidad de una intervención de este tipo. Mientras tanto, la iniciativa cumplió con todos los estándares de ética requeridos por la normatividad mexicana, siguiendo una clara gobernanza de datos y los necesarios resguardos de ciberseguridad.

Tras una etapa de diseño y planificación comenzada en julio de 2020, el Proyecto Piloto de Intervención RETINA-IA comenzó en agosto de 2021 y concluyó en marzo de 2022. En promedio, se atendió a entre 5 y 7 pacientes por día por clínica. El estudio realizó el tamizaje de 1.053 pacientes. Aproximadamente 29% de ellos llegaron a consulta sin saber que tenían una afección en la retina y fueron derivados inmediatamente a un hospital de tercer nivel en el que se les gestionó una cita en menos de una semana. Después, el equipo del proyecto realizó el seguimiento a los pacientes para saber qué tratamiento se les había otorgado en el Hospital Civil y si lo habían iniciado. Con el uso de IA se logró prediagnosticar y referir pacientes en 1 a 2 días. Además, el algoritmo tuvo un buen desempeño en términos de la clasificación correcta de cada nivel de retinopatía.

Además, como parte del proyecto se realizó un análisis costo-beneficio comparando el tamizaje sistemático apoyado en IA con el tamizaje oportunista bajo el modelo tradicional de remisión oftalmológica en vistas a la escalabilidad del proyecto. El análisis mostró un Retorno a la Inversión (ROI) altamente positivo de 9,5 para la escalabilidad del proyecto a 7 clínicas del Estado de Jalisco. Finalmente, el proyecto generó varias lecciones, tanto en lo específico a proyectos sobre RD como a otros proyectos que utilicen IA para avanzar sobre problemas sociales.



ENTREVISTADOS PARA EL ESTUDIO DE CASO

Nombre	Función
Juan Alberto Amézquita	Comité de riesgos éticos y gobernanza, Tec de Monterrey.
Alfonso Diego Gaspar Aranda	Coordinación de optometristas en centros de salud.
Citlali Sarahí Becerra Fuentes	Coordinación de la UVARD Yugoslavia.
Enrique Cortés Rello	Coordinación técnica y gestión interinstitucional.
Paul Alejandro Díaz Preciado	Coordinación de la UVARD La Aurora y la Esperanza.
Mario Salvador García	Coordinación de diagnósticos del Colegio de Oftalmólogos de Jalisco.
Iván García	Coordinación técnica IA. UVARDS.
Ricardo García Gaeta	Director de Control y Prevención de Enfermedades de los Servicios de Salud Jalisco.
Martha Angélica García Martínez	Paciente derivada al Hospital Civil.
Gaspar González Briceño	Coordinación de implementación del caso de uso. Investigación y diseño del programa.
Juan Roberto Hernández	Coordinación y gestión de instituciones involucradas.
Yunive Moreno	Coordinación General de Innovación Gubernamental de Jalisco.
Cristina Rivera Pombo	Asesora principal y jefe del clúster digital social, departamento del sector social, del BID.
Dolores Segovia Rodríguez	Paciente derivada al Hospital Civil.
Adolfo Valle	Optometrista UVARD La Aurora y la Esperanza.





1.

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

» **La diabetes mellitus (DM) es uno de los problemas de salud más graves de México.**

Entre 2012 y 2018 se registraron más de dos millones de nuevos casos y la tendencia es creciente.

La Federación Internacional de la Diabetes (FID) estima que hacia 2030 afectará al menos a 17,2 millones de habitantes, lo cual equivale al 12% de la población de México estimada para ese año. Además, en promedio apenas un 10,3% de la población mayor de 20 años ha tenido un examen médico previo de diabetes, cifra que disminuye a 7,6% en el estado de Jalisco¹. Adicionalmente, la retinopatía diabética (RD) es de interés porque es una complicación atribuible a un control deficiente de la diabetes y porque afecta hasta al 32% de los pacientes en México².

La protección de la salud es un tema central de los proyectos estratégicos del Gobierno de Jalisco, y el Plan Estatal de Gobernanza 2018-2024³ pone en primer lugar de importancia y en tercera posición por orden de urgencia facilitar el acceso y mejorar la calidad de los servicios de salud. Entre sus objetivos incluye reducir las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) y fortalecer la gobernanza y la atención primaria a la salud. Para ello, el Plan incluyó la prevención y detección temprana de enfermedades y la implementación de políticas públicas de vigilancia e inteligencia epidemiológica, investigación científica, innovación, Inteligencia Artificial (IA) y telecomunicaciones.

En esa línea, desde 2019 el Gobierno de Jalisco promovió las Ferias de la Salud contra la Diabetes y los Grupos de Ayuda Mutua de Personas con Enfermedades Crónicas (GAM-EC) en al

menos 288 centros de salud del estado. Y a fines de 2020 lanzó la plataforma conocetuscifras.ssj.gob.mx para el diagnóstico temprano de DM mediante el monitoreo de los valores de glucosa, presión arterial, peso y talla de los usuarios. Las pruebas de detección (tamizaje) sirven para identificar pacientes asintomáticos y facilita el inicio oportuno del tratamiento. En México, la Asociación para Evitar la Ceguera (APEC)⁴ desarrolló una herramienta para combatir el edema y la ceguera resultante de la DM en personas en situación de pobreza, mediante tamizajes metabólicos a través de una prueba de sangre.

La IA puede ser una herramienta poderosa para el tamizaje. Aunque no hay una definición universal de la IA, generalmente se la puede pensar como una amplia categoría de software que puede desempeñar tareas normalmente realizadas por humanos. Los sistemas de software aprenden automáticamente extrayendo patrones e inferencias de distintos tipos de información, incluyendo imágenes. Así, la IA puede llegar a conclusiones complejas que no pueden ser obtenidas o explicadas por humanos que usen los mismos inputs y parámetros (Pombo et al, 2020). La IA ha demostrado ser una herramienta útil para mejorar la calidad y la eficiencia de los servicios de salud. Entre otros casos, en Brasil se desarrolló un chatbot virtual que provee seguimiento de salud mental y terapia emocional; en Estados Unidos se elaboró un algoritmo para detectar la emergencia de enfermedades infecciosas mediante publicaciones en Internet en periódicos, sitios oficiales y redes sociales; y en el marco de la pandemia del COVID-19 se desarrollaron diversos proyectos de IA para posibilitar la predicción de brotes y la movilidad del virus por medio de algoritmos que consideraban tickets de aerolíneas, búsquedas en Google y cronologías en Twitter y YouTube⁵.

¹ Encuesta Nacional de Salud y Nutrición ENSANUT (2018).

² Secretaría de Salud (2015). Diagnóstico y tratamiento de retinopatía diabética.

³ Gobierno del Estado de Jalisco (2019). Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo 2018-2024.

⁴ Reporte de Aprendizajes y Recomendaciones de Política Pública para Casos de Uso de FAIR LAC Jalisco (2022).

⁵ Ver por ejemplo Higgins, Thomas S. et al. "Correlations of Online Search Engine Trends With Coronavirus Disease (COVID-19) Incidence: Infodemiology Study." *JMIR Public Health and Surveillance* 6 (2020).



En México se han desarrollado algoritmos de IA y telemedicina para la atención de diversos padecimientos. Por ejemplo, la empresa EYEX se ha enfocado en el seguimiento de enfermedades respiratorias mediante telemedicina. La APEC, en alianza con la compañía Business Data Evolution (BDE) y Microsoft Philanthropies, ha trabajado con tamizajes para detectar la ceguera en bebés nacidos prematuros mediante la captura fotográfica de fondo de ojo; y el proyecto PROSPER.ia, en colaboración cercana con el MIT Media Lab, ha trabajado con IA para la detección de diabetes mellitus y sus complicaciones mediante un algoritmo de tamizaje que puede estimar el riesgo de padecerla⁷.

Diversos países han desarrollado proyectos basados en IA para el estudio de la RD. En Chile, la iniciativa DART⁸ se usó para detectar RD mediante la captura de imágenes de retina y su procesamiento computarizado mediante IA, que detecta anomalías por medio de *machine learning*. En Estados Unidos se tamizan pacientes que muestran alguna señal de diabetes⁹; y en algunos países europeos se realizan pruebas de detección para reducir las complicaciones derivadas de la RD¹⁰. En Suiza, la empresa RetinAI ha empleado algoritmos de *machine learning* y visión computarizada para estudiar padecimientos oftálmicos, comenzando por la degeneración macular asociada con la edad¹¹.

1.1. IA y ética: fAIr LAC y fAIrLAC Jalisco

El empleo de IA en salud pública (o cualquier otro campo de lo social) requiere un enfoque ético y responsable de los datos personales necesarios para la programación de los algoritmos¹². Como es importante contar con un marco ético para el uso de la IA, para la implementación del proyecto piloto se incluyó a otro socio clave: la iniciativa fAIr LAC del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

En 2018, a partir de la aprobación del reglamento general de protección de datos¹³ de la Unión Europea, comenzó a discutirse con seriedad el tema del uso de los datos personales y las cuestiones vinculadas con la privacidad de los datos de usuarios de tecnologías de información y comunicación. En este contexto de mayor discusión sobre el uso de datos personales, y de la utilización de modelos predictivos con IA para resolver problemas relacionados con la desigualdad social en Latinoamérica y el Caribe (LAC) y para generar crecimiento económico y bienestar social, el BID lanzó en 2019 con socios estratégicos la iniciativa fAIr LAC¹⁴. La iniciativa busca fomentar la adopción responsable y ética de la IA y el diseño de políticas públicas mediante la colaboración de gobiernos locales, el sector privado y la sociedad civil y con la ciudadanía como principal beneficiario¹⁵.

La iniciativa tiene tres ejes principales de atención innovadores en Latinoamérica:

1. **la solución a problemas sociales** con foco en la inmersión y prueba en el campo, con un uso de datos y de la tecnología éticos y con un

⁶ Eyex. (s.f) Visión y productos. Recuperado de: <http://www.eyex.vision/>.

⁷ Reporte de Aprendizajes y Recomendaciones de Política Pública para Casos de Uso de fAIr LAC Jalisco (2022).

⁸ Laboratorio de Gobierno de Chile. (2018). *DART Inteligencia artificial para la prevención de la ceguera*. Recuperado de: https://lab.gob.cl/uploads/filer_public/1b/c7/1bc745f7-f64d-4462-8109-c2cf32cbaeb9/5_dart.pdf.

⁹ American Diabetes Association. "Screening for Diabetes". *Diabetes Care* 25, no. suppl 1 (January 1, 2002): s21-24. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.2007.S21>.

¹⁰ Scanlon, Peter H. "The English National Screening Programme for Diabetic Retinopathy 2003–2016". *Acta Diabetologica* 54, no. 6 (2017): 515–25. <https://doi.org/10.1007/s00592-017-0974-1>.

¹¹ RetinAI. (s.f). Products: Discovery. Recuperado de: <https://www.retinai.com/>.

¹² Un ejemplo es lo ocurrido en la Argentina en 2018: en la provincia de Salta se programó un modelo de IA para calcular la proyección de embarazos adolescentes en personas de bajos recursos a tres años. Sin embargo, para diseñar el algoritmo se utilizaron datos de personas en condición de vulnerabilidad económica y que no habían otorgado su consentimiento. Por tales motivos, y dada la poca integración de la población al proyecto y la falta de transparencia en la obtención y el manejo de los datos, el proyecto fue interrumpido.

¹³ General Data Protection Regulation (GDPR). Disponible en: <https://gdpr.eu/>.

¹⁴ Nombre que alude a justicia (*fairness*), Inteligencia Artificial (*AI*) y América Latina y el Caribe (LAC).

¹⁵ fAIr LAC (2021). Acerca de fAIr LAC: en: <https://fairlac.iadb.org/>.



aprendizaje de los éxitos y fracasos transparente y público;

- 2. el fomento al emprendimiento** de empresas emergentes (*startups*) con uso tecnológico de IA, ayudando a desarrollar ideas y convertirlas en realidad con un programa de aceleración, mediciones de impacto y bitácoras de los éxitos y fracasos; y
- 3. la creación de espacios de encuentro**, diálogo e intercambio donde ciudadanía, empresas y gobierno puedan generar y compartir conocimiento sobre el potencial de la IA y sus implicaciones como herramienta para el bienestar social.

Asimismo, y con el objetivo de establecer un ecosistema robusto de IA para Latinoamérica y el Caribe¹⁶, se reconoció la importancia de vincular los capitales público y privado con los recursos técnicos y académicos de territorios específicos de la región, estableciendo centrales locales de desarrollo de IA (*hubs*). Desde sus contextos, los *hubs* pueden articular actores, desarrollo de capacidades y demandas de soluciones basadas en IA (sin descuidar los tres ejes de atención y la armonización normativa). La intención de esta política territorial es que puedan registrarse y realizarse casos de uso de IA para atender problemas específicos de una localidad y con aprendizajes que resulten útiles en la producción de conocimiento para toda la región. Actualmente fAIr LAC cuenta con cuatro *hubs* en Jalisco (México), Montevideo (Uruguay), San José (Costa Rica) y Bogotá (Colombia).

El desarrollo del *hub* en Guadalajara (Jalisco) fue una iniciativa conjunta del BID, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Guadalajara, el Gobierno de Jalisco y la agencia de innovación C Minds. fAIr LAC Jalisco busca: 1) impulsar al ecosistema de emprendimiento en IA; 2) potenciar la investigación aplicada con IA en casos de uso para hacer frente a problemas sociales; y 3) desarrollar habilidades en innovación para el impulso de políticas públicas de bienestar social desde del sector público y privado utilizando modelos de IA.

En este contexto, fAIr LAC Jalisco diseñó el Programa de Aceleración de Startups de Inteligencia artificial (PASIA), que hasta el cierre de este documento ha brindado acompañamiento a más de 21 nuevas empresas; puso en marcha un laboratorio (Living LAB) para analizar la pertinencia y viabilidad de proyectos tecnológicos de IA (investigación aplicada en casos de uso), mediante ejercicios pilotos de diferente índole y problemática social, como por ejemplo el abandono escolar, la violencia de género y la atención oportuna a enfermedades; y buscó la sensibilización de organizaciones de la sociedad civil y dependencias de gobierno en materia de uso y aprovechamiento ético de la IA.

1.2. Viabilidad de un proyecto de IA sobre retinopatía diabética

fAIr LAC Jalisco identificó que la Dirección de Inteligencia Artificial de la Coordinación General de Innovación Gubernamental y la Secretaría de Salud estaban interesados en modelos tecnológicos como *deep learning*¹⁷ para el estudio de la RD. fAIr LAC Jalisco analizó la viabilidad del proyecto y llevó la idea del modelo a la práctica en campo mediante un caso de uso por medio de un proyecto denominado RETINA-IA¹⁸, basado en un trabajo de investigación publicado en 2020¹⁹.

Como se mencionó, la diabetes y la RD son de interés prioritario por su alta prevalencia en México y en muchos países de Latinoamérica. La RD es una complicación atribuible a un control deficiente de la diabetes. Se desarrolla a lo largo de varios años con problemas visuales como pérdida de la agudeza visual, visión borrosa, dolor o enrojecimiento de los ojos, dificultad para ver en la oscuridad y puede progresar hasta la ceguera. Diagnosticada a tiempo, la RD es tratable mediante terapia con láser, inyecciones y cirugía oculares; diagnosticada de forma tardía (como ocurre a menudo), puede derivar en la pérdida completa e irreversible de la visión, lo cual es prevenible con un buen control

¹⁶ Cabrol, M., González, N., Pombo, C. y Sánchez, R. (2020) *fAIr LAC: adopción ética y responsable de la Inteligencia Artificial en América Latina y el Caribe*. (Nota técnica del BID 1839). Disponible en: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/fAIr_LAC_Adopci%C3%B3n_%C3%A9tica_y_responsable_de_la_inteligencia_artificial_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es.pdf.

¹⁷ El *deep learning* o aprendizaje profundo es un modelo de IA que, en lugar de organizar datos mediante ecuaciones predefinidas, programa a una computadora para que identifique y reconozca por cuenta propia patrones en imágenes o sonidos.

¹⁸ La descripción más amplia del proyecto piloto de Retinopatía Diabética está disponible en: <https://fairlac.iadb.org/piloto/retinopatia-diabetica>.

¹⁹ González, G., Sánchez, A., Ortega, S., García, M., Pinedo, G., y Moya, U. (2020). *Artificial Intelligence-Based Referral System for Patients with Diabetic Retinopathy*. IEEE Computer Society.

de la diabetes, incluyendo medicamentos, estilo de vida saludable y revisiones oftalmológicas periódicas.

El sistema público de salud en México distribuye a su personal médico en tres niveles de atención.

Como los oftalmólogos trabajan en el segundo y tercer nivel, las clínicas de primer nivel de atención carecen de los médicos –además de la infraestructura– para detectar y diagnosticar oportunamente la RD. Estas carencias retrasan la detección y el diagnóstico, y una vez que el paciente es referido a una unidad especializada la enfermedad ya se encuentra en etapas avanzadas. Además, en el segundo y tercer nivel de atención, los oftalmólogos son escasos y los pacientes enfrentan múltiples barreras para ser detectados o diagnosticados oportunamente. Todo esto resulta en que sólo el 6% de los pacientes diabéticos en México son referidos a un oftalmólogo, cuando deberían hacerse un examen al menos una vez al año. (La [Figura 1.2.1](#) presenta un esquema del proceso tradicional).

Frente a esta situación, y tras diversos análisis para determinar el enfoque del proyecto, fAlr LAC Jalisco optó por elaborar pruebas de detección (tamizaje) para enfocarse desde las clínicas de primer nivel específicamente en acelerar el diagnóstico de la enfermedad. (Esta decisión también se sustentó en estudios realizados en Inglaterra) . El resultado fue el piloto RETINA-IA, que contrastó el modelo tradicional de diagnóstico de RD con un modelo de diagnóstico mediante tecnología IA de *deep learning* que contó con la validación de oftalmólogos especialistas mediante una plataforma de telemedicina. El modelo incluyó otras dimensiones para mejorar el ciclo de prestación de servicios: a) una convocatoria activa de potenciales pacientes; b) la asignación de personal dedicado a la toma de fotografías en tres clínicas; c) la toma de fotografías de la retina e interpretación utilizando tecnología IA de *deep learning* para el diagnóstico de la RD y, así emitir un pre-diagnóstico clínico casi inmediato, a ser confirmado por el Colegio Médico de Oftalmólogos de Jalisco; y d) mejoras en procesos como el de derivación a hospitales. Esto implica que los pacientes recibirán un tratamiento en una etapa más temprana de la progresión de la enfermedad.

En el estudio piloto se diagnosticó de manera remota a pacientes de clínicas de primer nivel de Guadalajara. La Secretaría de Salud seleccionó tres clínicas para participar del estudio, y a cada una se le proporcionó un equipo tecnológico especializado para tomar imágenes digitales de las retinas. Una vez almacenados los datos en una computadora central, el Colegio Médico de Oftalmólogos de Jalisco revisó el material y emitió en consenso un diagnóstico oportuno acerca del grado de afectación de la retina de cada paciente.

Desde un inicio, se definió que el algoritmo de IA no elaboraría diagnósticos de manera autónoma sino que integraría una serie de valoraciones para que el oftalmólogo confirmara el pre-diagnóstico (tamizaje).

El objetivo era que el modelo de IA optimizara el tiempo de atención a los pacientes, priorizando los casos en los que el pre-diagnóstico indicara afectaciones más graves. Es decir, la IA permitió organizar y jerarquizar el trabajo de manera eficiente, allegándose a un máximo de 30 días²¹ para el diagnóstico e inicio del tratamiento. En las últimas semanas de implementación del programa piloto se corroboraron los beneficios y la inmediatez de entregar un pre-diagnóstico en la misma cita de toma de fotografías. Esta reducción de tiempos es importante porque permite que el paciente reciba un tratamiento en una etapa más temprana de la progresión de la RD, con mayor probabilidad de evitar la pérdida de la vista.

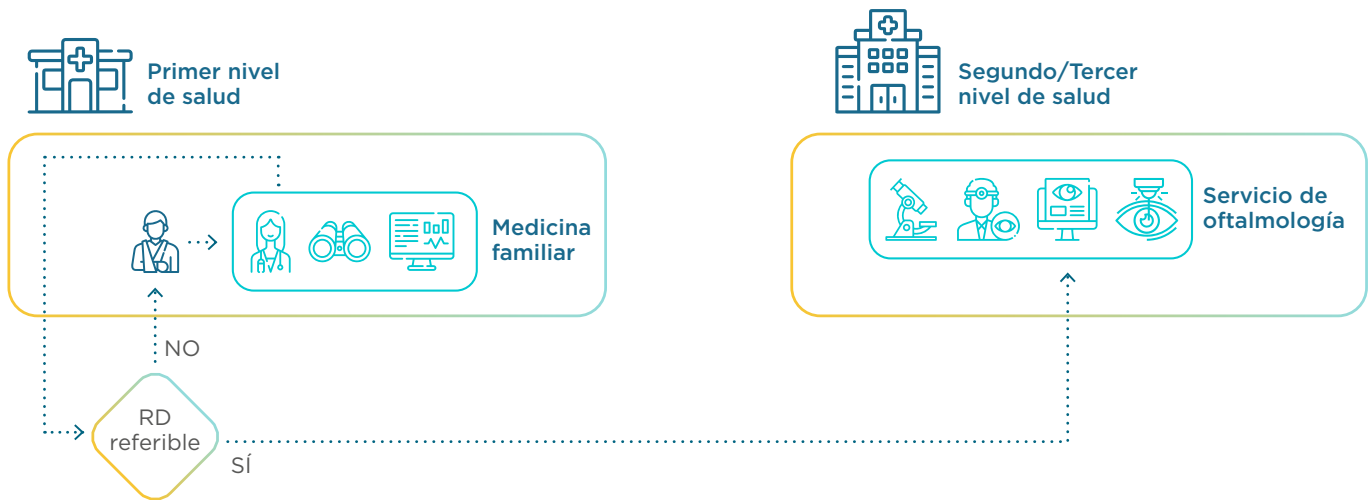
La [Figura 1.2.2](#) presenta el flujo de RETINA-IA. El proceso comenzaba en la Unidad de Valoración y Atención de Retinopatía diabética (UVARD, creada para el piloto) del centro de salud de primer nivel. Allí se realizaba la captura de imágenes de fondo de ojo del paciente. Las imágenes eran enviadas al Colegio Médico de Oftalmólogos de Jalisco, que revisaba las imágenes y emitía un diagnóstico, y al algoritmo de IA de *deep Learning*, que analizaba las imágenes y emitía un pre-diagnóstico valorado por un especialista. Se utilizaron ambos métodos para verificar y estimar la precisión del algoritmo. El pre-diagnóstico era recibido en el centro de salud y transmitido al paciente en poco tiempo; los pacientes eran notificados para acudir a recoger la hoja impresa²² con sus resultados.

²⁰ Entrevista con Gaspar González Briceño. Coordinación de implementación del caso de uso. Investigación y diseño del programa.

²¹ Este era el plazo considerado para el piloto. Como resultado de la implementación, el período de espera se acortó favorablemente: en promedio, en cinco días se entregaban los resultados del diagnóstico a los pacientes y, en caso de que fuera necesario, se gestionaba la cita con especialistas en el hospital civil.

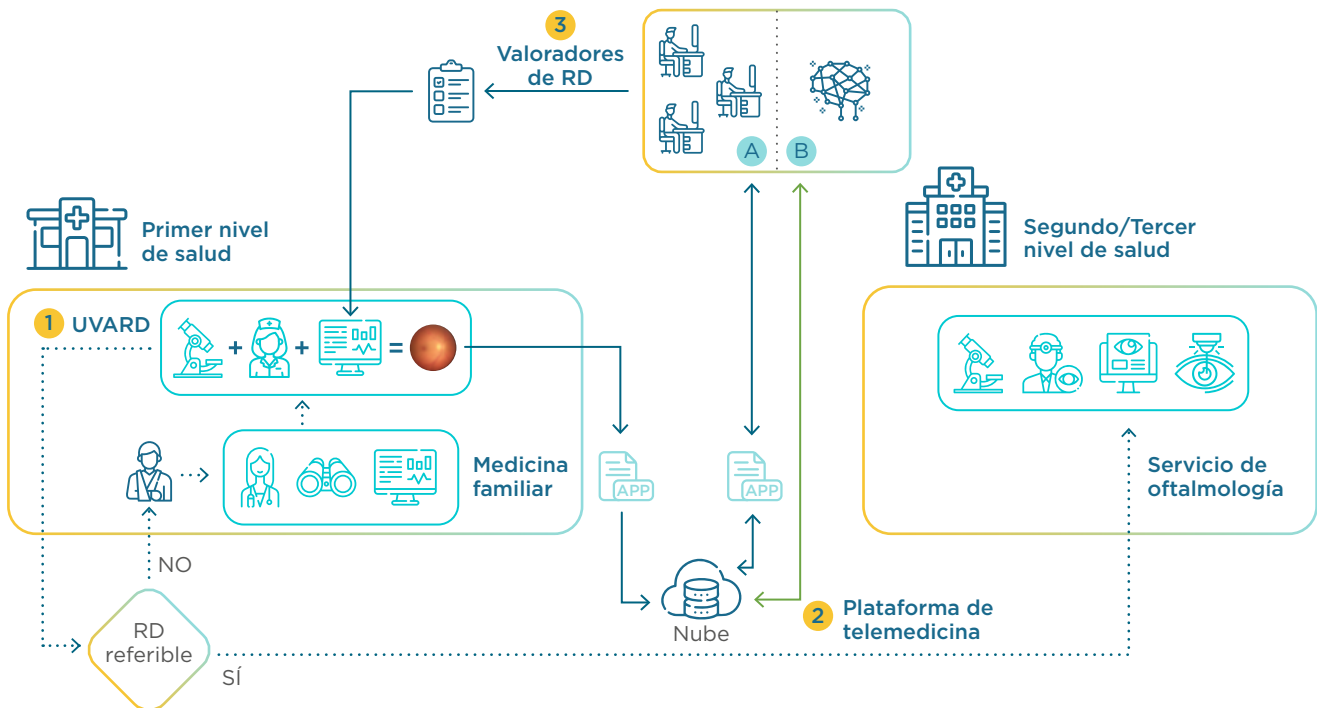
²² La normativa vigente requiere que la entrega se realice en hoja impresa y rubricada.

FIGURA 1.2.1:
Diagrama de flujo tradicional



Fuente: Diagrama elaborado por Gaspar González Briceño (2021).

FIGURA 1.2.2:
Diagrama de flujo de RETINA-IA



Fuente: Diagrama elaborado por Gaspar González Briceño (2021).

CUADRO 1: Proceso para la referencia a segundo/tercer nivel

- | | |
|----|---|
| A. | El documento de referencia es completado por el médico y registrado por Trabajo Social de la unidad médica. |
| B. | Se le entrega al paciente, enfatizando la importancia de acudir al tercer nivel de atención (Servicio de Oftalmología del Hospital Civil Fray Antonio Alcalde). |
| C. | Se informa al paciente la importancia de mostrar esta hoja en el Servicio de Oftalmología y que deberá sacar cita para primera vez en el HCG. |
| D. | El Servicio de Oftalmología hace la respuesta de contrarreferencia de atención brindada al paciente. |
| E. | El paciente tiene que volver a su consulta para seguimiento del manejo de la diabetes mellitus. |
| F. | Trabajo Social se encarga de darle seguimiento a la atención del paciente y su regreso al primer nivel de atención. |

Si el resultado del prediagnóstico indicaba que la RD es referible, era referible entonces se canalizaba una cita a la brevedad en una clínica de segundo o tercer nivel (Hospital Civil); en caso contrario, el paciente continuaba con las atenciones y seguimiento en su clínica de salud de primer nivel.

Antes del inicio del diseño del proyecto piloto, la Dirección de Inteligencia Artificial de la Coordinación General de Innovación Gubernamental del Estado de Jalisco contaba con modelos de IA inteligencia artificial entrenados con datos públicos de otros países y probados con algunos datos locales²³. Estos fueron suministrados con la finalidad de coadyuvar tanto en el diseño del proyecto como en la puesta en marcha del pilotaje, para que pudieran implementarse a través de imágenes locales del proyecto piloto. Sin embargo, no se aplicaron para hacer pre-diagnósticos en los centros de salud.

Para probar los beneficios de tener un pre-diagnóstico inmediato asistido por la IA, se realizó una colaboración con EyeArt, un sistema automatizado con Inteligencia Artificial diseñado para detectar fácilmente RD a través del análisis automatizado de las imágenes de la retina del paciente,

y certificado por la Food & Drug Administration (FDA). De esta manera se pudieron explorar y documentar los beneficios de tener un pre-diagnóstico de manera inmediata e iniciar la referencia al servicio de oftalmología en caso de requerirse. El costo por diagnóstico realizado con este mecanismo fue de 180 pesos mexicanos (aproximadamente 9 dólares).

En materia de uso ético y responsable de la tecnología, y en garantía de la gobernanza de datos, en RETINA-IA se realizó un estudio²⁴ para medir la licencia social del proyecto; es decir, el nivel de claridad y aprobación de la información brindada, uso y resguardo de datos personales, requisitos para el funcionamiento de los modelos y pertinencia de la IA para el diagnóstico de la RD. Los resultados del estudio arrojaron que el trabajo realizado en materia de comunicación y difusión fue oportuno y bastante claro, siendo una pieza clave para la aplicación de ambos modelos.

Finalmente, el propósito del piloto fue evaluar la escalabilidad de esta intervención, y para ello se comisionó un estudio costo-beneficio que se detalla hacia el final del documento.

²³ González, G., Sánchez, A., Ortega, S., García, M., Pinedo, G., y Moya, U. (2020). *Artificial Intelligence-Based Referral System for Patients with Diabetic Retinopathy*. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9206433>.

²⁴ fAIr LAC Jalisco. (2022). Estudio de percepción de innovación y licencia social en proyectos de IA.



2.

RETINA-IA



RETINA-IA

La etapa de diseño y planificación comenzó en julio de 2020. El Programa de Enfermedades Cardiometabólicas de los Servicios de Salud proporcionó la información que permitió seleccionar tres clínicas de primer nivel de atención en Guadalajara. El equipo del proyecto realizó un análisis situacional para conocer el funcionamiento de estas clínicas, de dónde provenían los pacientes, quién los atendía y cómo era el proceso de atención. También se entrenó al equipo de trabajadores²⁵ de clínicas para que conocieran el proyecto y a los colaboradores. La capacitación incluyó lo referente en gobernanza de proyectos con IA y para explicar y obtener el consentimiento informado de los participantes en línea con la legislación vigente incluyendo la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (DOF05-07-2010) y la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010 para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus.

Esta estrategia inicial de socialización y comunicación del proyecto estuvo encaminada a lograr la colaboración efectiva de las clínicas para que los usuarios recibieran la información correcta acerca del estudio. Además, se atendió dos solicitudes del personal de salud: que no habría un incremento de sus actividades, dado que se contrataría a personal especializado; y que no se pondría en riesgo su situación laboral, dado que el personal que acudiría sería de carácter temporal y exclusivo del proyecto. Asimismo, se explicó de manera simplificada el funcionamiento de la telemedicina y de la tecnología de IA de *deep learning* que se utilizaría para resolver dudas e inquietudes y abordar mitos sobre el tema. El análisis situacional permitió planear el reclutamiento de hasta 12 pacientes por día por clínica, de manera tal que en tres meses fuera posible recolectar la cantidad de imágenes de retina necesarias para que el modelo de IA funcionara adecuadamente.

El Proyecto Piloto de Intervención RETINA-IA comenzó en agosto de 2021 y, después de ajustes en la organización y capacitación del personal participante, concluyó en marzo de 2022. El promedio de atención fue de 5 a 7 pacientes por día por clínica, con picos de 23 pacientes por clínica por día. Todos los pacientes recibieron la información indispensable acerca del estudio y se obtuvo su consentimiento informado para realizar el procedimiento de la toma de fotografías.

Los espacios fueron gestionados por la Secretaría de Salud y los Servicios de Salud de modo de resguardar el equipo tecnológico y corroborar que existiera conexión a Internet de la Red Jalisco para el correcto funcionamiento del proyecto. También fue necesario adecuar el espacio en materia de luminosidad, ya que el registro fotográfico requiere que no haya otra fuente de luz en el cuarto.

Cada Unidad de Valoración y Atención de Retinopatía diabética (UVARD) fue dotada de un equipo conformado por al menos un médico, un pasante de medicina y un optometrista. Los médicos y pasantes eran trabajadores del Gobierno de Jalisco; para la incorporación de los optometristas se realizó un convenio de colaboración con el Instituto Sилоé. La precisión del sistema fue determinada por la cantidad y la calidad de las imágenes obtenidas; por lo tanto, fue esencial la preparación técnica de los optometristas que tomaban las fotografías a los pacientes; y en especial la transmisión de los lineamientos acerca de cómo se debía tomar la imagen para identificar la RD. Los seis optometristas participantes fueron capacitados en un taller de dos horas.

Respecto del equipo tecnológico, y teniendo en cuenta calidad de imagen, portabilidad y costo²⁶, y que se usarían apenas unos meses mientras durara el piloto, se optó por la modalidad de renta.

²⁵ Se capacitó a tres módulos de bienestar familiar constituidos por profesionales médicos: trabajo social (3), pasantes (1) y enfermera (1) de cada unidad médica. Sumados a estos estuvieron los coordinadores de programa jurisdiccional del Programa de Enfermedades Cardiometabólicas y directivos de la unidad médica y directivos de la región sanitaria. En total fueron 23 profesionales de la salud de las tres unidades médicas.

²⁶ Los costos eran considerables. Las cámaras se cotizaron con tres proveedores: Triana cobraba por la compra de una cámara retinal no midriática automática trc-nw400 \$338.385,30 pesos mexicanos + IVA. Igualmente, se cotizó con ISEM una Cámara de fondo HAND- HELD FC-161; esta costaba \$112.780 pesos mexicanos. EnZEIZZ, una cámara Clarus 700 costaba \$ 2.193.705 pesos mexicanos.



Además, el Gobierno del Estado designó un equipo de cómputo por clínica a destinarse exclusivamente para la implementación del proyecto. (Se decidió asimismo que al finalizar el proyecto quedarían en los centros de salud). A pesar de que se consiguió un equipo fotográfico no midriático –es decir, que no requiere de la dilatación de la pupila para fotografiar la retina– con algunos pacientes fue necesario suministrar un fármaco para que la calidad de la imagen cumpliera con los estándares necesarios. Este procedimiento se mencionaba en el consentimiento informado y fue aclarado durante la consulta por el personal del proyecto.

A lo largo del proceso también se hicieron distintos ajustes en la plataforma del modelo de telemedicina ya que, a pesar de las pruebas realizadas, durante las primeras semanas de implementación surgieron de manera recurrente diversos errores y problemas de uso. En general se presentaron errores de usabilidad, que fueron resueltos con manuales para usuarios. Por otra parte, los errores de programación fueron detectados gracias a retroalimentación continua, y se resolvieron a través de ajustes al software. Finalmente, en materia de seguridad, fue necesario aumentar las restricciones de quienes tenían acceso a la base de datos general, por sugerencia del Comité de Riesgos Éticos y de Gobernanza (ver a continuación).

2.2. Ética, gobernanza de datos y ciberseguridad

La iniciativa FAIr LAC cumplió con los estándares de ética requeridos por la normatividad mexicana. El protocolo²⁷ para la implementación del caso de uso se presentó al Comité de Investigación y Ética en Investigación de la Secretaría de Salud Jalisco. Tras su aprobación y el comienzo del proyecto, se identificó que no se habían considerado de manera exhaustiva algunos criterios pertinentes. Por ejemplo: a) determinar el alcance del consentimiento informado; b) determinar quiénes serían los responsables legales y operativos del caso de uso; c) informar cómo se obtendrían los datos, cómo se almacenarían y quién los resguardaría; d) identificar a la persona responsable de

garantizar el cumplimiento de la normativa legal respecto de la gobernanza de datos; e) establecer los lineamientos de la gestión de datos del caso de uso; f) señalar quién sería la persona responsable por parte de la coordinación de FAIr LAC; y g) determinar quién haría el seguimiento legal del caso de uso²⁸.

Ante esta situación, se elaboraron los lineamientos para conformar un consejo ciudadano de ética y un comité de riesgos éticos para el proyecto. El comité se constituyó por un cuerpo colegiado de personas que dio seguimiento al estudio piloto, y por un consejo conformado por expertos externos para atender situaciones específicas. El Comité de Riesgos Éticos y de Gobernanza (CREG) se conformó con cuatro personas expertas en los campos legal, ética, ciberseguridad y gobernanza, para dar acompañamiento transversal en la implementación del caso de uso, integrando documentos y recursos existentes, para orientar y emitir recomendaciones de mejores prácticas para el proyecto.

Los lineamientos técnicos que se desarrollaron para la gobernanza de datos del proyecto consideraron:

- a. definiciones y estándares para metadatos, calidad de los datos y datos sensibles;
- b. roles y responsabilidades del anfitrión, el optometrista, el oftalmólogo, el administrador, el desarrollador y el administrador de datos (*data steward*);
- c. inventario de datos y acceso a datos;
- d. gestión del contenido de datos; e) gestión del registro de datos; y
- e. recomendaciones para la incorporación de un API²⁹ externo para diagnóstico preliminar de RD y para la implementación de un sistema de IA.

A medida que el proyecto avanzaba, la información que se solicitaba en la plataforma de telemedicina fue cambiando en atención a diversos criterios técnicos, médicos y éticos, hasta que fue

²⁷ El nombre del protocolo inicial fue: Implementación de un Modelo de Tamizaje Sistemático de Retinopatía diabética, asistido con Telemedicina e Inteligencia Artificial, en el Programa de Cardiometabólicas de Jalisco, en el periodo de agosto de 2021 a enero del 2022.

²⁸ Para saber más de este punto consultar Amézquita Zamora, J. A. (2022). Aprendizajes del seguimiento del caso de uso de RETINA-IA en aspectos éticos y de gobernanza de datos. Guadalajara: Hub de Inteligencia Artificial del Tecnológico de Monterrey.

²⁹ Un API (*application programming interphase*) es una interfase de una aplicación en este caso para acceso a información de forma estandarizada. Es decir, un estándar para dar una puerta de acceso a una aplicación.

posible conciliar parámetros unificados para la solicitud de datos personales con un sustento científico. Esta situación ocurrió, por ejemplo, al solicitar el registro del sexo de las personas participantes, no considerado por los médicos y oftalmólogos especialistas, pero significativo según el Comité de Riesgos y el Consejo de Ética; finalmente se concluyó incluir esos datos para contabilizar la atención desagregada por sexo³⁰.

En términos de ciberseguridad:

- a. **se realizó el mapeo** de los riesgos potenciales en materia de ciberseguridad para establecer una metodología de filtración de información y un procedimiento de supresión de datos acorde a la vida de los mismos;
- b. **se mejoró la claridad y precisión** de la arquitectura de datos mencionada en los convenios y protocolos del proyecto; y
- c. **se revisó el consentimiento informado**, que debió ser adecuado ya que en su primera versión no consideraba el uso de los datos de los pacientes en estudios futuros, es decir para el modelo de IA o cualquier otra mejora de los modelos existentes.

2.3. Difusión

Inicialmente se definieron tres etapas para invitar a los pacientes a participar del estudio. En la primera se trabajaría con las bases de datos de los tres centros de salud, usando las listas de contacto de pacientes activos diagnosticados con diabetes o enfermedades cardiometabólicas, según el Sistema Nominal de Información en Crónicas (SIC). En la segunda etapa se trabajaría con las bases de datos de los centros de salud aledaños a las clínicas seleccionadas para el estudio de caso. Y en la tercera etapa se convocaría abiertamente a la comunidad en general mediante carteles y comunicados en redes sociales y espacios públicos.

En la práctica, las primeras dos etapas no fueron efectivas porque las listas estaban desactualizadas. Entonces, los médicos y pasantes tomaron la iniciativa de difundir la convocatoria a través de sus grupos de WhatsApp con otras redes y áreas de diversos centros de salud y pacientes. Los médicos a cargo en cada centro de salud atienden en su labor diaria a muchas personas con enfermedades cardiometabólicas como la diabetes, así que aprovechaban sus consultas para hablar de

este estudio piloto, de las ventajas del diagnóstico oportuno y de lo conveniente que resultaría participar del proyecto. Adicionalmente, los médicos y optometristas llamaban vía telefónica a sus pacientes para comentarles que estarían realizando estos diagnósticos sólo por un período corto de tiempo dado que el proyecto tenía una duración acotada, urgiéndolos a aprovechar la oportunidad. Otros médicos realizaron visitas a diferentes centros de salud para hablar con los médicos encargados y acordar la derivación de pacientes al proyecto.

También se utilizaron otros espacios para difundir información sobre el proyecto, incluyendo las sesiones de los Grupos de Ayuda Mutua (GAM) de enfermedades crónicas de los centros de salud, los puntos de vacunación de COVID-19 instalados en centros de salud aledaños y los grupos atendidos por la regional Jalisco de la Federación Internacional de Diabetes (DIF). Además, las personas que recibían la información de la convocatoria compartían a su vez en sus propias redes de difusión laboral y personal lo que se estaba realizando.

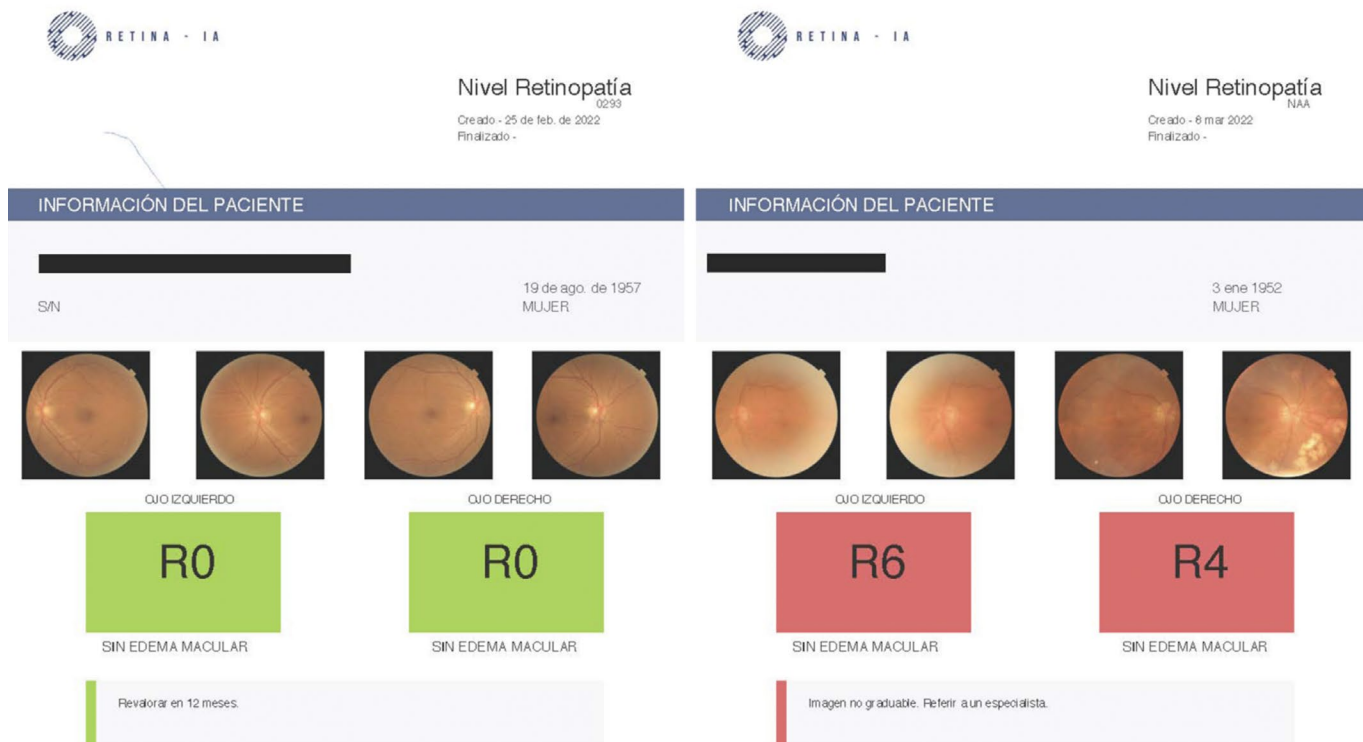
2.4. Elaboración de diagnósticos especializados

Para la clasificación y estandarización de las imágenes de retina se requirió un análisis cuidadoso para confirmar o rechazar los indicios o la presencia de anomalías. Este análisis se realizó mediante un trabajo colegiado entre las partes técnica y clínica (un grupo de médicos del Colegio Médico de Oftalmólogos de Jalisco que daban su opinión experta). La [Figura 2](#) ilustra los posibles resultados del tamizaje. La [Tabla 1](#) muestra la clasificación de las fotos de la retina en siete categorías, desde la categoría R0 = RD (no aparente), hasta R4 = RD (proliferativa). R5 y R6 correspondieron a pacientes con ojos enucleados o no clasificables.

Después, el equipo de proyecto realizó el seguimiento a los pacientes para saber qué tratamiento se les había otorgado en el Hospital Civil y si ya lo habían iniciado.

Esta acción marcó la diferencia con otros proyectos, en los que el alcance termina con el diagnóstico. De esta manera, se cerraba el ciclo del proyecto, manteniendo la premisa de que el diagnóstico oportuno de RD mediante RETINA-IA puede ser determinante para preservar la capacidad visual.

FIGURA 2: Tipo de resultados de tamizaje



Fuente: imágenes obtenidas del piloto en Jalisco.

TABLA 1: Clasificación de los hallazgos de la RD

Etiqueta	Grado de RD
R0	RD no aparente
R1	RD no proliferativa leve
R2	RD no proliferativa moderada
R3	RD no proliferativa severa
R4	RD proliferativa
R5	Ojo enucleado
R6	No graduable



2.5. Resultados de la implementación de RETINA-IA

El estudio resultó en 1.053 pacientes atendidos, de los cuales 66% eran mujeres y 73% de entre 50 y 79 años (Tabla 2). El tiempo promedio de evolución de la DM fue de 11 años.

Del total, 168 pacientes (15,9%) presentaron algún grado de retinopatía y 54 pacientes (5,3%) algún grado de afectación por RD referible (R3 y R4) y 253 pacientes presentaron clasificación R6, los cuales también fueron referidos para diagnóstico específico y tratamiento (Tabla 3). Es decir, aproximadamente un 29% de los participantes llegaron a consulta sin saber que tenían una afección en la retina y fueron derivados inmediatamente a un hospital de tercer nivel en el que se les gestionó una cita en menos de una semana. Cabe señalar que de las 241 personas referidas al Hospital Civil (esto es, aquellas con diagnóstico R3, R4 y R6) sólo 129 acudieron a la cita. El resto (112 casos) no acudió por falta de interés, cambio de domicilio, defunción u otro motivo.

Los resultados de los modelos permitieron además diagnosticar a pacientes con errores de refracción ocular –es decir, con problemas de visión corregibles con anteojos– y que, a pesar de tener diabetes, no tenían RD. Esto resultó en una mayor eficiencia para los especialistas de hospitales de tercer nivel, dado que al identificar mediante RETINA-IA la razón de los problemas visuales, no se incrementó la carga de trabajo para que un oftalmólogo del Hospital Civil confirmara el diagnóstico.

Gracias al trabajo de vinculación con el Colegio Médico de Oftalmólogos de Jalisco, y a la pericia que fue adquiriendo el equipo de implementación, los tiempos de entrega de los diagnósticos pasaron de un promedio de 14 días a un rango máximo de 1-2 días. La inmediatez de los resultados fue sin duda un aspecto positivo, permitiendo una rápida derivación para la atención.

TABLA 2:
Características generales de los participantes

	Número	%
Total	1.053	100
Lugar		
Clínica 1	362	34
Clínica 2	284	27
Clínica 3	407	39
Sexo		
Mujer	694	66
Hombre	359	34
Edad		
< 20	2	0
20 a 49 años	161	15
50 a 79 años	767	73
80 o más	123	12

TABLA 3:
Resultados del estudio de retinopatía diabética

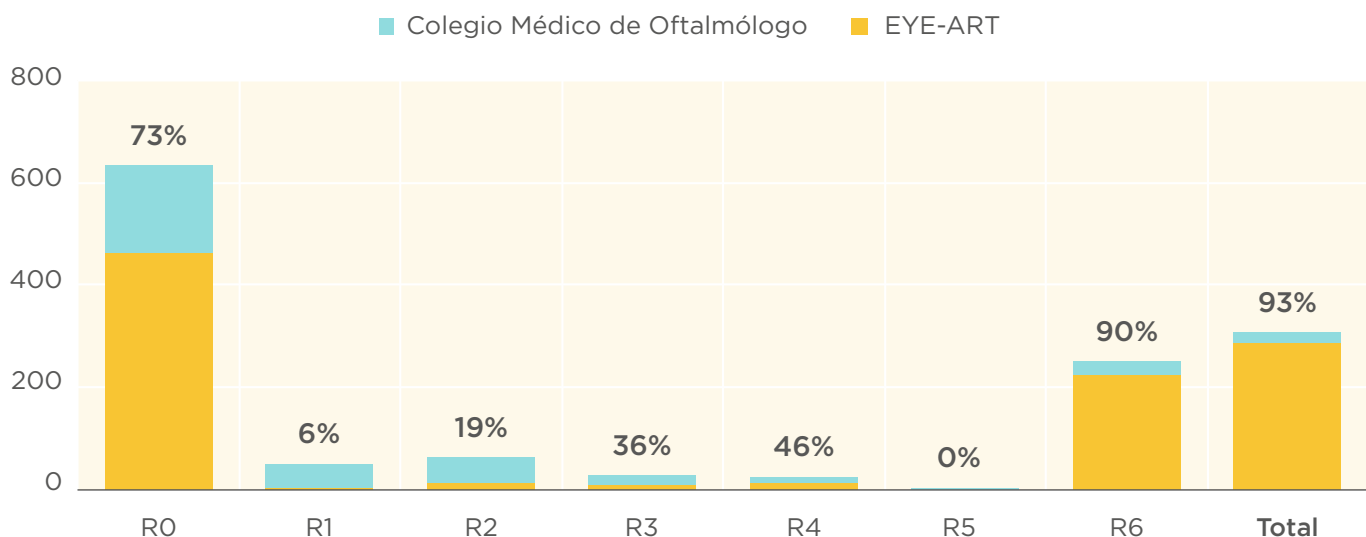
Etiqueta	Grado de RD	Número	Frecuencia
R0	RD no aparente	633	60.11%
R1	RD no proliferativa leve	50	4.75%
R2	RD no proliferativa moderada	64	6.08%
R3	RD no proliferativa severa	28	2.66%
R4	RD proliferativa	26	2.47%
R5	Ojo enucleado	65	6.17%
R6	No graduable	187	17.76%

2.6. Desempeño del algoritmo en comparación con la calificación experta

La Figura 3a muestra en detalle el desempeño del algoritmo en términos de la clasificación correcta de cada nivel de retinopatía y la [Figura 3b](#) muestra un detalle del desempeño del algoritmo en términos de referencia o no a un nivel superior. Si bien

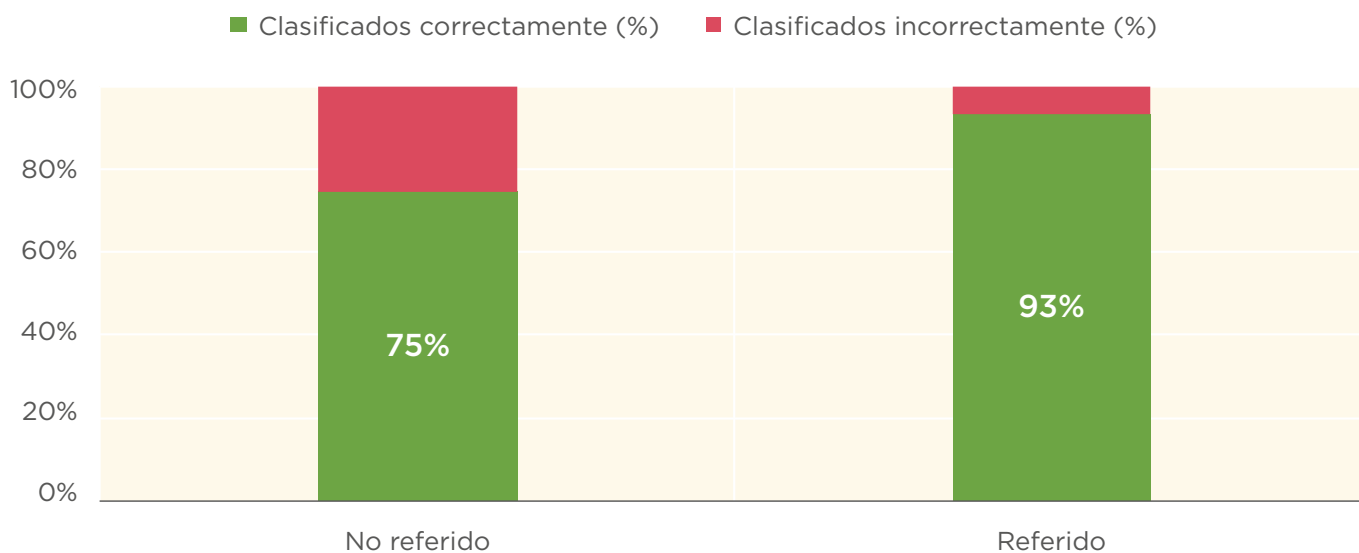
el desempeño del algoritmo tiene deficiencias en la clasificación de cada nivel, lo que se puede observar es que este indica una referencia de 93 casos que deberían ser referidos correctamente y no refiere correctamente a 75% de los casos que no deberían ser referidos a un siguiente nivel. En términos absolutos de 306 pacientes que debían haber sido referidos, el algoritmo solo dejó a 20 por fuera, y de 747 pacientes que no debían haber sido referidos el algoritmo refirió a 190.

FIGURA 3a:
Porcentaje de clasificación correcta del EYE-ART



Fuente: cálculos propios con base en datos del piloto.

FIGURA 3b:
Porcentaje de clasificación correcta de EYE-ART



Fuente: cálculos propios con base en datos del piloto.

La Tabla 4 muestra el detalle de clasificación en términos de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN), con el propósito de realizar una comparación más completa del desempeño del algoritmo.

TABLA 4:
Medidas estándar de desempeño del algoritmo de IA

Categoría	Sensibilidad	Especificidad	PPV	NPV
R0	73	93,3	94,3	69,6
R1	6	96,1	7,1	95,4
R2	18,8	95,7	21,8	94,8
R3	35,7	93	12,2	98,1
R4	46,2	98,1	38,7	98,6
R5	0	100		99,8
R6	89,6	83,9	63,5	96,3
Total	93,5	74,6	60,1	96,5

Nota: PPV corresponde al valor predictivo positivo (*positive predictive value* en inglés). NPV corresponde al valor predictivo negativo (*negative predictive value* en inglés).



2.7. Estudio costo-beneficio

El propósito del piloto fue evaluar la escalabilidad de esta intervención, y para ello se comisionó un estudio costo-beneficio. El análisis se realizó desde el punto de vista de la sociedad y comparando el tamizaje sistemático apoyado en IA con el tamizaje oportunista bajo el modelo tradicional de revisión oftalmológica.

- 1. Alcance poblacional:** cohorte teórica de 8.000 pacientes diabéticos sin diagnóstico previo de RD pertenecientes al *pool* de población a cargo de siete centros de salud de primer nivel en Jalisco³⁰.
- 2. Supuestos de cálculo:** el tamizaje sistemático apoyado en soluciones digitales logra tamizar 91% de la población objetivo³¹, es decir 7.280 personas. Este supuesto surge de los aprendizajes de capacidad operativa del piloto³². Dada la evidencia de que el modelo oportunista logra tamizar el 36% de la población objetivo³³, para la misma cohorte teórica el modelo tradicional oportunista tamizaría 2.880 personas ($2.880 = 36\% \times 8.000$). En consecuencia, se estima además para cada modelo la población sin tamizar:

- » **720 personas no tamizadas bajo el proyecto RETINA-IA escalable.**
- » **5.120 personas no tamizadas bajo el modelo oportunista tradicional.**

- 3. Costos.** Se incluyeron los siguientes componentes de costo para las estrategias de tamizaje con alcance de la cohorte teórica de población en riesgo de desarrollar RD.

Inversión inicial (año 1):

- » costos directos de cada estrategia de tamizaje;
- » costos del inicio de tratamiento (primera cita con oftalmólogo); y
- » costos indirectos para los hogares (gastos de bolsillo y costo de oportunidad de las personas para asistir a las citas de tamizaje e inicio de tratamiento).

Inversión recurrente adicional anual para el sistema de salud dentro del horizonte temporal de análisis. Esto es el costo futuro asociado al gasto sanitario adicional de tratamiento por RD derivado de la mayor capacidad del tamizaje sistemático, frente al modelo oportunista tradicional, de detectar y referir pacientes para tratamiento. Este costo adicional para el sistema sanitario es consecuencia de una inducción de demanda de servicios deseable para poder evitar la progresión más acelerada de la discapacidad visual por RD y que permite modelar los mejores resultados de salud a lo largo del horizonte temporal.

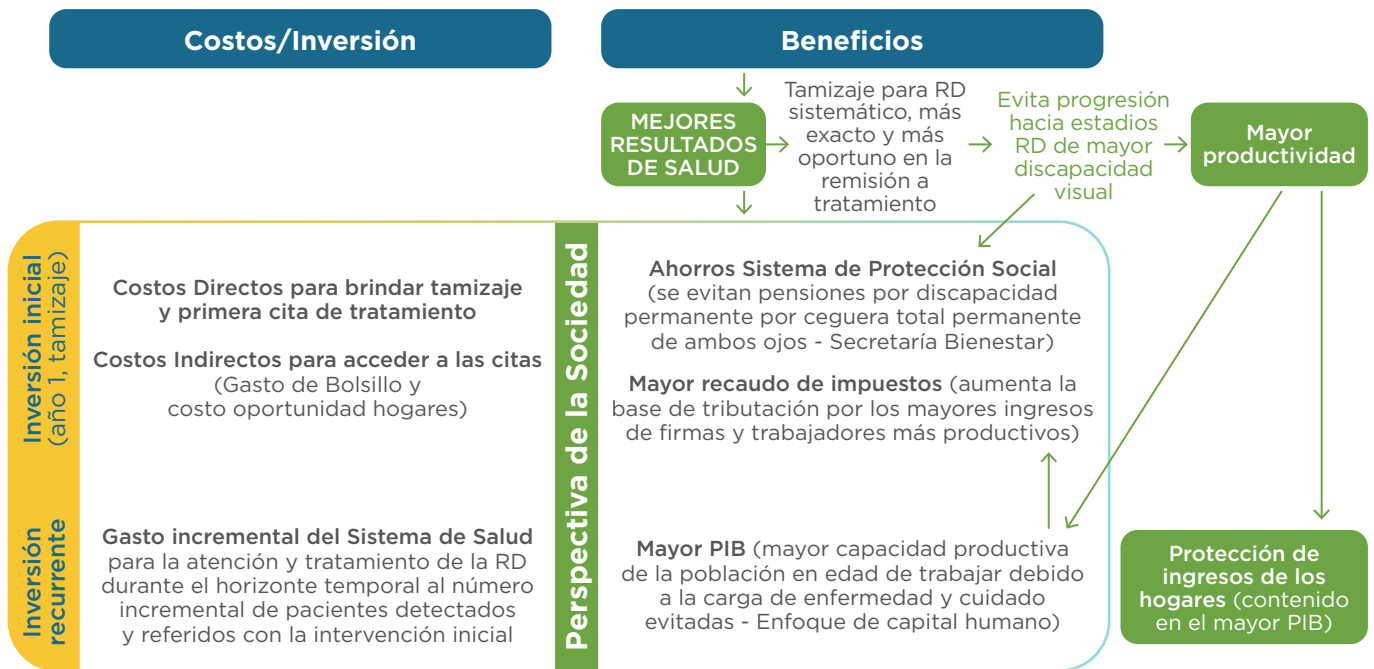
³⁰ Más adelante en esta sección, en el apartado: "Tamaño de la cohorte teórica de población objetivo a tamizar y estimación de pacientes tamizados bajo cada estrategia" se presentan los supuestos que llevaron a establecer el tamaño poblacional de la cohorte. En la sección de Antecedentes se mencionaron los siete centros de salud.

³¹ Ben, Â.J., Neyeloff, J.L., de Souza, C.F. et al. Cost-utility Analysis of Opportunistic and Systematic Diabetic Retinopathy Screening Strategies from the Perspective of the Brazilian Public Healthcare System. *Appl Health Econ Health Policy* 18, 57-68 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40258-019-00528-w>.

³² El escenario de escalabilidad se estableció como ampliar la operación del piloto a siete unidades de salud para realizar tamizaje sistemático de RD por un período de seis meses atendiendo a ocho personas por día (lunes a viernes) en cada unidad. Esto es tamizar 40 personas a la semana en cada centro participante durante 26 semanas, es decir un total de 1040 personas por unidad de salud y 7280 en toda la estrategia de tamizaje sistemático ($1040 \times 7 = 7280$). Es importante aclarar que se estableció un período de seis meses para el tamizaje sistemático ya que dicho período (semestre 1) permite monitorear dentro de la misma vigencia fiscal el comportamiento real del gasto sanitario adicional de tratamiento por RD derivado de la mayor capacidad de diagnosticar y referir pacientes para tratamiento oportuno. Así, la Secretaría de Salud de Jalisco puede aprovechar los seis meses siguientes al tamizaje para identificar la potencial necesidad de reasignar presupuesto y capacidades del sistema de salud para su programación presupuestal y operativa del año siguiente.

³³ Ben, Â.J., Neyeloff, J.L., de Souza, C.F. et al. Cost-utility Analysis of Opportunistic and Systematic Diabetic Retinopathy Screening Strategies from the Perspective of the Brazilian Public Healthcare System. *Appl Health Econ Health Policy* 18, 57-68 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40258-019-00528-w>.

FIGURA 4:
Costos y beneficios utilizados en el cálculo



Fuente: Soto, José. "Estudio de Costo-Beneficio del tamizaje sistemático de retinopatía diabética apoyado en Inteligencia Artificial en el Estado de Jalisco, a partir del caso de uso RETINA-IA". 2022. Manuscrito.

4. Beneficios. Se incluyeron los siguientes beneficios.

- » **Mejores resultados de salud en la cohorte teórica de población con riesgo de desarrollar RD.** Son el componente instrumental para la estimación de beneficios económicos. Se corresponden con los casos de pérdida de visión y de ceguera evitados por la capacidad del tamizaje sistemático apoyado en IA de detectar y referir oportunamente a tratamiento más casos de RD y así desacelerar la progresión de la enfermedad.
- » **Ganancias de productividad (mayor PIB).** Se corresponde con la mayor productividad tanto de la población diabética (por la discapacidad visual por RD evitada) como de las personas que se dedican a actividades de cuidado de las mismas (por casos de ceguera por RD evitados). Dentro de las ganancias de productividad se cuentan los ingresos salariales protegidos por evitar la carga de discapacidad en la población empleada.

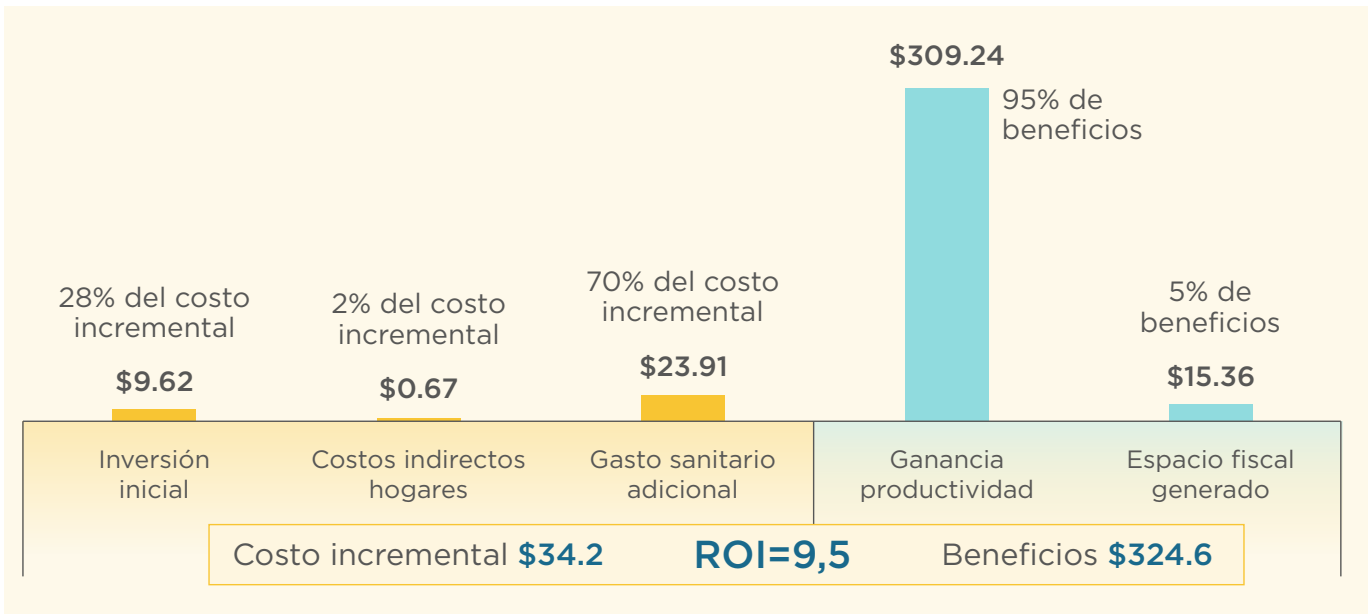
5. Espacio fiscal, generado por dos vías:

- » **ahorros** para la Secretaría de Bienestar en términos de menor pago de pensiones para la población con discapacidad permanente por ceguera; y
- » **mayor recaudación tributaria** (impuesto de renta) asociada a la mayor productividad.

El ROI para el horizonte de análisis se estimó como el cociente entre el valor presente neto de los beneficios y los costos incrementales del tamizaje sistemático apoyado en IA frente al modelo tradicional. En valor presente, los beneficios incrementales en el horizonte de estudio son \$324,6 millones y los costos incrementales \$34,2 millones. En consecuencia, el ROI es 9,5 y el valor presente de los beneficios netos estimados a diez años es \$290,4 millones.

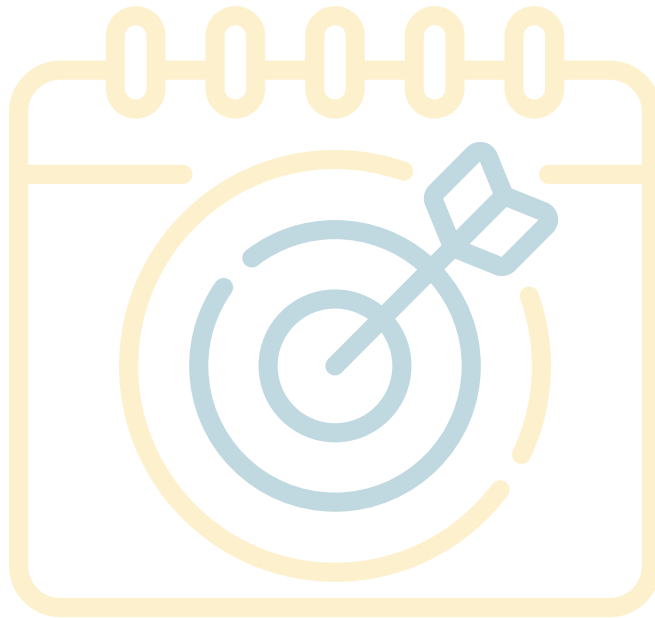


FIGURA 5:
Costos y beneficios incrementales del tamizaje sistemático apoyado en IA en el horizonte de análisis



Fuente: Soto, José. "Estudio de Costo-Beneficio del tamizaje sistemático de retinopatía diabética apoyado en Inteligencia Artificial en el Estado de Jalisco, a partir del caso de uso RETINA-IA". 2022. Manuscrito.

Nota: Valor presente neto, \$ millones de pesos mexicanos.





3.

LECCIONES APRENDIDAS



3. LECCIONES APRENDIDAS

RETINA-IA generó varias lecciones. La primera, general, es reconocer tres factores que facilitaron el diseño y la implementación del proyecto:

1. el interés del sector gubernamental, y específicamente del área de salud;
2. que se partiera de un problema muy bien definido que demandaba atención inmediata; y
3. que el uso de IA fuera viable y pertinente para atender la problemática.

Respecto del equipo humano, es importante formar equipos de médicos exclusivos, que no dependan de los procesos internos de las clínicas. Esto cobra especial importancia en relación con las fechas de inicio y término de las pasantías o las cargas de trabajo ordinario (externas al proyecto). De lo contrario se convierten en un obstáculo para operar los modelos. Si bien en el componente clínico del proyecto participaron numerosos profesionales con amplia experiencia y conocimientos, en el área técnica, vinculada ya directamente con el modelo de IA, fue más difícil encontrar personas con el grado de preparación necesaria.

Respecto de la programación y selección de tipo de IA, para el escalamiento de los modelos de IA es necesario contar con una política pública en materia de salud y fuentes de financiamiento. También es importante definir temprano los datos que recabarán los modelos y, en la medida de lo posible, que presenten sólo cambios menores durante la implementación. En la prueba piloto de RETINA-IA estos constantes ajustes en torno a los datos que alimentaban a los modelos provocaron inconsistencias de los resultados.

Para la escalabilidad son clave las alianzas y las colaboraciones entre el sector público y privado. Por ejemplo, podría lograrse que en la misma consulta el paciente se lleve su pre-diagnóstico y, de ser necesario, se programe una cita con los especialistas del Hospital Civil para continuar su tratamiento a la brevedad. Para ello es importante mantener la alianza con el Programa de Cardiometabólicas de los Servicios de Salud, con la Secretaría de Salud, con el Hospital Civil y con el Colegio de Médicos Oftalmólogos de Jalisco. Y que todos los convenios y procedimientos con estas instancias se encuentren listos y aprobados mucho antes de iniciar la implementación.

Es importante prestar la debida atención a la comunicación interinstitucional y el diálogo entre los diferentes participantes para mantener el foco en los objetivos o procedimientos definidos desde el diseño. No todos los involucrados serán expertos en oftalmología, telemedicina o *deep learning*, pero es necesario que con comunicación efectiva se logren transmitir claramente todas las indicaciones pertinentes.

En algunas de las etapas del diseño y la aplicación del proyecto, la coordinación entre los distintos equipos no fue lo suficientemente efectiva. Su naturaleza horizontal y la multidisciplinariedad provocaron que las decisiones se demoraran, pues no se estableció con toda claridad un enlace operativo del proyecto. RETINA-IA requirió una constante coordinación entre equipos con formaciones profesionales distintas, lo que complicó aún más la dinámica de trabajo. Es necesario celebrar convenios claros y puntuales entre los participantes y los aliados estratégicos para definir obligaciones y tramos de responsabilidad para todo el proyecto y los reportes o informes que emanen de él.

↳ **Es fundamental lograr el involucramiento de las personas que interactúan con la tecnología.** Uno de los grandes retos para introducir tecnología es lograr un cambio paulatino en los usos y costumbres de las personas que interactúan con ella. En RETINA-IA primero se estudió y comprendió la manera en la cual operan los centros de salud y se realizan los diagnósticos de RD; a partir de ahí se ajustaron pequeñas acciones para encaminar la implementación de la IA de forma viable y que además pudiera replicarse en otros espacios. Hacia el final del proyecto se hizo evidente que sería positivo que el personal de salud de las clínicas conociera y comprendiera lo que se hacía en RETINA-IA. Una vez reconocidos los beneficios para la salud de las personas y la velocidad del diagnóstico logrados, los profesionales se encargaban de difundir la convocatoria y de motivar a que los pacientes acudieran y participaran.

↳ **Un área de potencial mejora para el futuro tiene que ver con compartir experiencias.** En la medida en que las personas que forman parte de los equipos conozcan las experiencias de proyectos similares, en la misma región o en otra, se sortean muchos de los obstáculos iniciales que enfrentan los proyectos en los que se usa IA frente a problemas sociales.

↳ **Los espacios designados para la consulta y el registro fotográfico deben ser adecuados** para mantener la calidad de la atención y la confiabilidad de los estudios.

↳ **El tema de presupuesto y gestión de recursos suele generar aprendizajes clave en estudios piloto.** El monto definido en el presupuesto debe considerar todo lo necesario para que el proyecto fluya dentro de los parámetros definidos inicialmente; un retraso en la asignación de recursos no sólo entorpece la implementación sino que hasta puede comprometer por completo su efectividad. En esta línea, se recomienda que, dado el grado de compromiso que requiere el proyecto, todos los trabajadores involucrados tengan un sueldo fijo, evitando la colaboración de servicios sociales, pasantías o trabajo pro-bono.

↳ **Respecto de la ética y la gobernanza de datos,** durante la implementación se decidió consolidar un Comité de Riesgos Éticos y de Gobernanza con el Consejo de Ética para dar acompañamiento de manera continua, dejando a este último como un ente consultor a nivel general. El componente ético debe estar presente en todo momento, desde la etapa de elaboración del protocolo y la redacción de los convenios hasta el seguimiento de los consentimientos informados y los usos y resguardos de los datos. Debe conocerse dónde están resguardados los datos y garantizarse su integridad. Además, es importante que se cumplan los protocolos necesarios en caso de alguna filtración y recabar los convenios de confidencialidad por parte de todas las personas que tengan contacto con los datos.





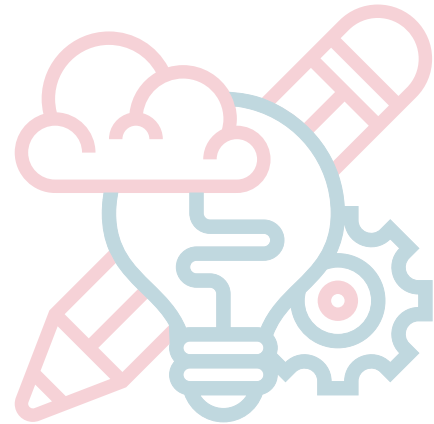
4.

REFLEXIONES FINALES



4. REFLEXIONES FINALES

- **En el marco de un panorama nacional alarmante**, con altas cifras de personas con diabetes mellitus y bajo porcentaje de diagnósticos preventivos para detectar esta enfermedad y sus complicaciones como la RD, RETINA-IA propone una atención focalizada para hacer frente al problema de salud pública que representa la detección tardía de la RD.
- **RETINA-IA mantiene vigilancia continua de la dimensión ética y de gobernanza de datos, para garantizar a los usuarios y a la comunidad que la información recabada, así como su manejo y resguardo, cumpla con los requisitos establecidos en la reglamentación mexicana y en los acuerdos internacionales especializados.** El uso responsable y ético de IA de *deep learning* y el empleo de la telemedicina para contribuir al diagnóstico oportuno de la RD hacen de RETINA-IA un proyecto de avanzada para contribuir al bienestar social de los habitantes del estado de Jalisco (y escalable y trasladable a otras regiones). Las lecciones aprendidas son una pauta para futuros proyectos de investigación aplicada en el campo de la salud y en cualquier otra dimensión de atención social mediante el uso de la tecnología y la IA.
- Como era de esperarse, uno de los desafíos más fuertes que enfrentó el proyecto, dejando de lado los componentes médicos, técnicos y tecnológicos, fue **la falta de la sensibilización de la población sobre la importancia de la medicina preventiva.** La renuencia de la población a hacerse controles médicos anuales para detectar RD u otras enfermedades significó un reto que va más allá de los alcances del proyecto de RETINA-IA.
- **Finalmente, se puede concluir que el trabajo con RETINA-IA no puede ni debe terminar con la implementación de este piloto.** Resulta necesario que los aprendizajes que se heredan sean aprovechados para repensar las próximas intervenciones tecnológicas en la prevención, detección y atención de enfermedades prioritarias.





BIBLIOGRAFÍA

Acta Diabetológica 54, no. 6 (2017): 515–25. <https://doi.org/10.1007/s00592-017-0974-1>

American Diabetes Association. “Screening for Diabetes”. *Diabetes Care* 25, no. suppl 1 (January 1, 2002): s21–24. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.2007.S21>

Ben, Á.J., Neyeloff, J.L., de Souza, C.F. et al. *Cost-utility Analysis of Opportunistic and Systematic Diabetic Retinopathy Screening Strategies from the Perspective of the Brazilian Public Healthcare System*. *Appl Health Econ Health Policy* 18, 57–68 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40258-019-00528-w>.

Cabrol, M., González, N., Pombo, C. y Sánchez, R. (2020). *fAlr LAC: adopción ética y responsable de la Inteligencia artificial en América Latina y el Caribe*. (Nota técnica del BID 1839). Disponible en: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/fAlr_LAC_Adopci%C3%B3n_%C3%A9tica_y_responsable_de_la_inteligencia_artificial_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es.pdf

Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. ENSANUT (2018).

Eyex. (s.f) Visión y productos. Recuperado de: <http://www.eyex.vision/>

fAlr LAC (2021). Acerca de fAlr LAC en: <https://fairlac.iadb.org/>

fAlr LAC Jalisco (2022). Estudio de percepción de innovación y licencia social en proyectos de IA.

fAlr LAC Jalisco (2022). Reporte de Aprendizajes y Recomendaciones de Política Pública para Casos de Uso de fAlr LAC Jalisco.

González, G., Sánchez, A., Ortega, S., García, M., Pinedo, G., y Moya, U. (2020). *Artificial Intelligence-Based Referral System for Patients with Diabetic Retinopathy*. IEEE Computer Society.

General Data Protection Regulation (GDPR). Disponible en: <https://gdpr.eu/>

Gobierno del Estado de Jalisco (2019). Plan Estatal de Gobernanza y Desarrollo 2018-2024.

Higgins, Thomas S. et al. “Correlations of Online Search Engine Trends With Coronavirus Disease (COVID-19) Incidence: Infodemiology Study.” *JMIR Public Health and Surveillance* 6 (2020).

Laboratorio de Gobierno de Chile. (2018). *DART Inteligencia artificial para la prevención de la ceguera*. Recuperado de: https://lab.gob.cl/uploads/filer_public/1b/c7/1bc745f7-f64d-4462-8109-c2cf32cbaeb9/5_dart.pdf

RetinAI. (s.f). Products: Discovery. Recuperado de <http://retinaiajalisco.com/>

Scanlon, Peter H. “The English National Screening Programme for Diabetic Retinopathy 2003-2016”.

Secretaría de Salud (2015). Diagnóstico y tratamiento de retinopatía diabética.

Silcox, Christina. (2020). *Artificial Intelligence in the Healthcare Sector: Promises and Challenges*. Banco Interamericano de Desarrollo.

