

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

APLICACIÓN WEB PARA EL APOYO AL DIAGNÓSTICO OPORTUNO DE LOS NIVELES DE RETINOPATÍA DIABÉTICA

**WEB APPLICATION TO SUPPORT THE TIMELY DIAGNOSIS
OF DIABETIC RETINOPATHY LEVELS**

Rosa Iris Clemente Flores

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Raúl Juárez Morales

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Ernesto Torres Ruiz

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Luis Alberto Lurecio González

Universidad Autónoma de Guerrero, México

José Ángel Juárez Morales

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Aplicación web para el Apoyo al Diagnóstico Oportuno de los Niveles de Retinopatía Diabética

Rosa Iris Clemente Flores¹

23500417@uagro.mx

<https://orcid.org/0009-0002-5512-4548>

Escuela Superior de
Ciencias y Tecnologías de la Información
Universidad Autónoma de Guerrero
Fraccionamiento Las Playas
Acapulco, Guerrero
México

Raúl Juárez Morales

raul.juarezm@uagro.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2409-7842>

Escuela Superior de
Ciencias y Tecnologías de la Información
Universidad Autónoma de Guerrero
Fraccionamiento Las Playas
Acapulco, Guerrero
México

Ernesto Torres Ruiz

etorres@uagro.mx

<https://orcid.org/0009-0000-8426-4799>

Escuela Superior de
Ciencias y Tecnologías de la Información
Universidad Autónoma de Guerrero
Av. Las Colinas No. 37A, Fraccionamiento
Las Playas, Acapulco, Guerrero
México

Luis Alberto Lucrecio González

luisalberto_lg@uagro.mx

<https://orcid.org/0009-0005-1298-964X>

Centro Regional de Educación Superior
de la Costa Chica, Cruz Grande municipio de
Florencio Villareal, Guerrero,
Universidad Autónoma de Guerrero
México

José Ángel Juárez Morales

19254713@uagro.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3049-0915>

Escuela Superior de
Ciencias y Tecnologías de la Información
Universidad Autónoma de Guerrero
Fraccionamiento Las Playas
Acapulco, Guerrero
México

RESUMEN

La retinopatía diabética (RD) es una complicación grave de la diabetes mellitus que, de no ser detectada y tratada a tiempo, puede conducir a la ceguera irreversible. Este artículo presenta el desarrollo de una aplicación web responsiva para apoyar el diagnóstico oportuno de los niveles de retinopatía diabética, mediante la automatización de un cuestionario de evaluación. La metodología usada es Programación Extrema (XP) es adoptada para guiar el ciclo de desarrollo del software. El sistema desarrollado facilita la recopilación de información relevante de los pacientes a través de un cuestionario interactivo, procesando las respuestas para generar una evaluación preliminar que asiste al profesional de la salud en la toma de decisiones. Los resultados demuestran la viabilidad de la aplicación como una herramienta eficaz para el cribado inicial de la RD, destacando cómo la aplicación de XP contribuyó a la calidad del software, su adaptabilidad y la eficiencia en el proceso de desarrollo. Esta solución representa un avance significativo en el apoyo a la detección temprana de la retinopatía diabética, con el potencial de mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Palabras clave: retinopatía diabética, diabetes mellitus, aplicaciones web, programación extrema

¹ Autor principal

Correspondencia: 23500417@uagro.mx

Web Application to Support the Timely Diagnosis of Diabetic Retinopathy Levels

ABSTRACT

Diabetic retinopathy (DR) is a serious complication of diabetes mellitus that, if not detected and treated in time, can lead to irreversible blindness. This article presents the development of a responsive web application to support the timely diagnosis of diabetic retinopathy levels, by automating an evaluation questionnaire. The methodology used is Extreme Programming (XP), which is adopted to guide the software development life cycle. The developed system facilitates the collection of relevant patient information through an interactive questionnaire, processing the responses to generate a preliminary evaluation that assists the healthcare professional in decision-making. The results demonstrate the viability of the application as an effective tool for the initial screening of DR, highlighting how the application of XP contributed to the software's quality, adaptability, and efficiency in the development process. This solution represents a significant advance in supporting the early detection of diabetic retinopathy, with the potential to improve patients' quality of life.

Keywords: diabetic retinopathy, diabetes mellitus, web applications, extreme programming

Artículo recibido 18 setiembre 2025
Aceptado para publicación: 05 octubre 2025



INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica de alta prevalencia a nivel global, que afecta a millones de personas y está asociada a diversas complicaciones micro y macrovasculares. Una de las complicaciones más serias y debilitantes es la retinopatía diabética (RD), una microangiopatía progresiva que afecta los vasos sanguíneos de la retina. Se estima que la RD es una de las principales causas de ceguera irreversible en la población adulta en edad laboral a nivel mundial (International Diabetes Federation (2019), Alghadyan(2011)). El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) informa que, en México, durante el primer trimestre de 2024, se registraron 212,404 defunciones, de las cuales 14.4% fueron atribuidas a la DM. De acuerdo con las Estadísticas de Defunciones Registradas (EDR), esta es la segunda causa de muerte a nivel nacional.

El análisis por sexo indica que 15,224 de las muertes ocurrieron en hombres y 15,275 en mujeres. En el grupo de 45 a 65 años, la DM representa la principal causa de muerte, mientras que en mayores de 65 años es la segunda. En el estado de Guerrero, de enero a marzo del 2024, se registraron 820 decesos por DM, de los cuales el 47% fueron mujeres y el 53% hombres (INEGI, 2024).

Tradicionalmente, la detección de la retinopatía diabética se basa en exámenes oftalmológicos exhaustivos, como la oftalmoscopia o la fotografía de fondo de ojo. Si bien estos métodos son el "estándar de oro", su implementación a gran escala puede verse limitada por la disponibilidad de especialistas, la infraestructura necesaria y el tiempo requerido para cada evaluación. En este contexto, los cuestionarios de cribado y las herramientas de apoyo al diagnóstico emergen como alternativas valiosas para identificar a los pacientes con mayor riesgo o con posibles indicios de RD, facilitando una remisión más eficiente a los servicios especializados. Sin embargo, los cuestionarios manuales pueden ser susceptibles a errores en la recopilación y procesamiento de datos, lo que subraya la necesidad de soluciones automatizadas que mejoren la eficiencia y precisión.

Este artículo describe el desarrollo de una aplicación web responsiva diseñada con el propósito de apoyar el diagnóstico oportuno de los niveles de retinopatía diabética a través de la automatización de un cuestionario de evaluación. Reconociendo la necesidad de un desarrollo de software robusto, adaptable y de alta calidad en el dominio de la salud, se opta por la metodología de Programación Extrema (XP).



Esta es una de las metodologías ágiles más destacadas, se caracteriza por su enfoque en la entrega rápida de software funcional, la retroalimentación continua del cliente, la simplicidad, las pruebas automatizadas (particularmente el Desarrollo Guiado por Pruebas o TDD) y la integración constante (Beck, 2001). Estos principios resultaron ser idóneos para un proyecto donde los requisitos pueden evolucionar y la calidad del producto final es crítica para su aplicación en un entorno médico.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar, desarrollar e implementar una herramienta digital que no solo automatice el proceso de evaluación del riesgo de RD, sino que también asegure la fiabilidad de los resultados y la seguridad de la información sensible del paciente. Se explorará cómo la aplicación de las prácticas de XP, tales como la programación en parejas, el diseño simple, la refactorización y la estrecha colaboración con los usuarios finales, contribuyó a la construcción de una solución tecnológica eficaz y ética. El presente documento detalla la problemática abordada, los objetivos planteados, la justificación del uso de XP en este desarrollo, la arquitectura del sistema, los resultados obtenidos y las consideraciones éticas implementadas para garantizar la confidencialidad y protección de los datos médicos. En última instancia, se busca demostrar cómo una metodología ágil puede potenciar el desarrollo de herramientas de apoyo diagnóstico en el ámbito de la salud, contribuyendo a la detección temprana de enfermedades con un impacto significativo en la salud pública.

Las investigaciones sobre la implementación de tecnologías de software en el ámbito de las enfermedades oculares evidencian un crecimiento significativo en el desarrollo de sistemas de diagnóstico asistidos por computadora, así como en el tratamiento de las patologías identificadas. Esta tendencia ha llevado a una creciente aceptación de estas tecnologías en los procesos médicos actuales. A través de una revisión exhaustiva de la literatura, se ha identificado una variedad de estudios y empresas que han integrado estos enfoques, obteniendo resultados positivos en la práctica clínica.

El trabajo de Hernández y Arroyo (2023) consistió en crear una aplicación web que permite la lectura de imágenes del fondo de ojo, utilizando la escala de colores Teherán-Morales para determinar la palidez del disco ocular. Esta escala es crucial para el diagnóstico de enfermedades oculares, como el glaucoma, ya que ayuda a los profesionales de la salud a evaluar la condición del nervio óptico con mayor precisión. El resultado es una aplicación web responsiva que permite la carga rápida de imágenes y la selección de puntos específicos para aplicar la escala de palidez, proporcionando un valor promedio

que puede ser utilizado por los médicos para realizar diagnósticos más acertados. Este desarrollo no solo mejora los procesos clínicos, sino que también contribuye a la investigación en ingeniería de sistemas, promoviendo buenas prácticas en el desarrollo de software.

La investigación de Robalino (2021) se centra en el desarrollo de un sistema para el diagnóstico precoz de la retinopatía diabética utilizando técnicas de visión computacional y Deep Learning. En este trabajo se busca automatizar el proceso de detección, implementando un modelo neuronal entrenado con una base de datos de imágenes, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la precisión en el diagnóstico, permitiendo una identificación más rápida de la enfermedad.

En 2020, González et al. realizaron una investigación sistemática con el objetivo de aportar evidencia científica a los profesionales de enfermería, sustentando que el uso de las tecnologías de la información y la comunicación permite mejorar la adherencia terapéutica.

En el 2017, Mendoza et al. publicaron un artículo en el que presenta una herramienta de detección de retinopatía diabética diseñada específicamente para adultos de bajos recursos en México. Esta herramienta se basa en un modelo predictivo que utiliza diversas características sociodemográficas y clínicas para identificar a personas en riesgo de desarrollar esta complicación de la diabetes. El objetivo es mejorar el acceso a la detección temprana y al tratamiento de la retinopatía diabética, lo que podría reducir la carga de esta enfermedad en una población vulnerable y contribuir a una mejor salud ocular en este grupo. Además, el estudio discute la importancia de considerar los costos y la viabilidad de implementar esta herramienta en entornos de atención médica de bajos ingresos.

En 2014, Bourouis et al. presentaron un desarrollo innovador de un sistema basado en un teléfono inteligente de bajo costo integrado con una lente microscópica, que permite a los pacientes en áreas remotas realizar exámenes oculares regulares y diagnóstico de enfermedades. Este sistema de diagnóstico móvil utiliza un algoritmo de red neuronal artificial para analizar las imágenes de retina capturadas por la lente microscópica e identificar enfermedades de la retina.

El estudio realizado por Jones et al. en 2009, consistió en el desarrollo y validación de un instrumento breve para evaluar el impacto de la EPOC en la salud de los pacientes, conocido como el COPD Assessment Test (CAT). Para ello, identificaron inicialmente 21 ítems a partir de entrevistas y grupos focales realizados con pacientes en Europa y Estados Unidos.



Luego, mediante análisis estadísticos y técnicas de medición, seleccionaron 8 ítems que medían de forma efectiva la influencia de la enfermedad. En definitiva, resulta ser una herramienta sencilla, confiable y válida para uso en la atención clínica de pacientes con EPOC.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el termino diabetes mellitus se define como una enfermedad crónica que se presenta cuando el páncreas no secreta suficiente insulina o cuando el organismo no logra utilizar eficazmente la insulina que produce. La insulina es una hormona que regula la concentración de glucosa en la sangre. Un efecto común de la diabetes no controlada es la hiperglucemia (es decir, la glucemia elevada) que, con el tiempo, daña gravemente muchos órganos y sistemas del organismo, sobre todo los nervios y los vasos sanguíneos (OMS, 2024).

La retinopatía diabética (RD) se presenta con diferentes lesiones en la retina, como son microaneurismas, hemorragias, alteración del calibre venoso como dilatación y constricción, alteraciones microvasculares intrarretinianas, exudados duros por depósitos de lípidos, retina isquémica que conduce a la acumulación de restos axoplásmicos dentro de los haces adyacentes de las células ganglionares y neovascularización retiniana (Ixtlapale Méndez, 2020).

Diseño del cuestionario

Las preguntas que se incluyen en el cuestionario han sido formuladas a partir de los hallazgos y conclusiones extraídos de diversos estudios relevantes. Este enfoque permite que cada pregunta esté respaldada por investigaciones previas, asegurando que la información recopilada sea pertinente, válida y alineada con los objetivos del estudio en cuestión.

Pregunta 1: Seleccione su grupo de edad.

A medida que los individuos envejecen, es más probable que hayan vivido con diabetes durante períodos prolongados, lo que aumenta el riesgo de desarrollar complicaciones, incluyendo la RD. El estudio prevalencia general de la retinopatía diabética en la población adulta de los EE. UU. indican que la incidencia de la RD es mayor entre las personas de 65 años o más en comparación con aquellos menores de 65 años. Por ejemplo, se reportó que el 6.1% de los individuos mayores presentaba RD, en contraste con el 3.1% en los más jóvenes (Zhang et al., 2010).



Opciones de Respuesta para la pregunta 1

< 45 años (0 puntos). La prevalencia de RD en este grupo es mínima debido a la corta duración de la diabetes y a que generalmente, los jóvenes desarrollan diabetes tipo I y no alcanzan el tiempo necesario para manifestar complicaciones significativas. Esto coincide con la información de Rodríguez et al. (2015) que indica que la frecuencia de RD es baja en los primeros años de diabetes.

45-64 años (1 punto). Se observa un aumento en la prevalencia de RD en este rango de edad, relacionado con factores de riesgo como el control glucémico deficiente y la duración de la diabetes. Esto es coherente con la información presentada en el estudio de Gasca Cuello et al. (2021), que muestra que la probabilidad de complicaciones, incluyendo RD, incrementa con la edad y la antigüedad de la diabetes.

≥ 65 años (2 puntos). La asignación de 2 puntos al grupo de ≥65 años se basa en el estudio de Varma et al. (2004), que reportó una prevalencia de RD del 11.8% en adultos mayores latinos con diabetes, triplicando la tasa observada en menores de 65 años. Además, el 65% de los casos graves (RD proliferativo) se concentraron en este grupo, evidenciando la sinergia entre envejecimiento, cronicidad de la diabetes y daño microvascular.

Pregunta 2: Seleccione el tiempo transcurrido desde su diagnóstico de diabetes

El objetivo de comprender la prevalencia de la diabetes y la retinopatía diabética en poblaciones hispanas, el Proyecto VER (Evaluación e Investigación de la Visión) presentó un estudio en comunidades de origen Mexicoamericano en Arizona. En el estudio llevado a cabo por Sheila K. West y colaboradores (2001), se observó que la RD aumenta con la duración de la DM, lo que sugiere que aquellos con un mayor tiempo de diagnóstico y manejo de la enfermedad son más propensos a desarrollar esta complicación ocular, a mayor duración de la diabetes, es más probable que un paciente tenga niveles más altos de HbA1c (hemoglobina glucosilada en la sangre) lo que incrementa el riesgo de desarrollar complicaciones como RD, esta asociación es crucial para la evaluación del riesgo de complicaciones y la planificación de un manejo integral de la diabetes.

Opciones de respuestas para la pregunta 2

<5 años (0 puntos). Prevalencia de RD: Estudios prospectivos como el Proyecto VER (West et al., 2001) reportan que solo el 8% de los pacientes con DM diagnosticada hace menos de 5 años desarrollan RD.



5-10 años (1 punto). Prevalencia de RD: La incidencia aumenta al 28%, según datos del mismo estudio. Este periodo marca el inicio de cambios retinianos tempranos, como microaneurismas y exudados duros, asociados a la disfunción de la barrera hematorretiniana .

>10 años (2 puntos). La duración de la diabetes se correlaciona directamente con la gravedad de la RD. Pacientes con >10 años de evolución tienen 4 veces más riesgo de ceguera que aquellos con <5 años (West et al., 2001).

Pregunta 3: Seleccione su último nivel de hemoglobina glucosilada (HbA1c)

En la diabetes, el aumento de la glucemia lleva a una desviación del metabolismo de la glucosa hacia la vía del sorbitol, y también a un aumento de los productos de la glucosilación avanzada y sus derivados en las células endoteliales y los pericitos, estas últimas son células murales, que dan estabilidad a la vasculatura. Los productos de este metabolismo llevan a apoptosis de los pericitos, lo que genera debilidad de la pared vascular y alteración de la barrera hematorretiniana interna, con el posterior desarrollo de microaneurismas, filtración de componentes sanguíneos y hemorragias. La suma de todos estos eventos lleva a isquemia retiniana y aumento de la producción de factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), lo cual genera formación de nuevos vasos e incrementa la permeabilidad vascular (Vallejo et al., 2016).

El control estricto de los niveles de glucosa en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 es fundamental para reducir la aparición y progresión de complicaciones microvasculares, entre las cuales se encuentra la retinopatía diabética. Diversos estudios, como el seguimiento a largo plazo del Estudio Prospectivo de Diabetes en el Reino Unido (UKPDS), han demostrado que mantener niveles adecuados de glucosa puede disminuir el riesgo de daño en la retina y otras complicaciones relacionadas con la microvasculopatía diabética (Holman et al., 2008).

Opciones de respuestas para la pregunta 3

HbA1c <7% (0 puntos). Mecanismo: Inhibe la formación de AGEs y reduce el estrés oxidativo, preservando la barrera hematorretiniana (ADA, 2023).

HbA1c 7-9% (1 punto). Mecanismo: La hiperglucemia persistente activa la vía de los polioles, lo que incrementa la permeabilidad del endotelio retiniano a través de cambios osmóticos y acumulación de productos finales de la glicación no enzimática (Leto et al., 2001).



HbA1c >9% (2 puntos). Mecanismo: Hiperglucemia sostenida induce isquemia retiniana y sobreexpresión de VEGF, promoviendo neovascularización (Vallejo et al., 2016).

Pregunta 4: Seleccione su último registro de presión arterial

La Hipertensión arterial (HTA) y su relación con la RD puede explicarse por varios mecanismos patológicos. La elevación de la presión arterial provoca un daño directo en las paredes de los vasos sanguíneos, lo que puede llevar a la ruptura de estas estructuras y a la formación de exudados retinianos. Además, la hipertensión puede causar isquemia (falta de flujo sanguíneo adecuado) en la retina, lo que incita a una respuesta inflamatoria que contribuye a la progresión de la RD (Klein et al., 2004).

Opciones de respuestas para la pregunta 4

HTA <130/80 mmHg (0 puntos). Mecanismo: La HTA óptima mantiene la autorregulación del flujo sanguíneo retiniano, previniendo la ruptura de la barrera hematorretiniana (BHR). Evidencia: El control estricto de la PA (<130/80 mmHg) reduce un 34% el riesgo de progresión de la retinopatía diabética (UKPDS Group, 1998).

HTA 130-139/80-89 mmHg (1 punto). Mecanismo: La presión elevada induce estrés oxidativo y activa la vía de la proteína quinasa C (PKC), aumentando la permeabilidad vascular. Evidencia: Cada aumento de 10 mmHg en HTA sistólica incrementa un 13% el riesgo de edema macular (ACCORD Study Group, 2010).

HTA $\geq$ 140/90 mmHg (2 puntos). Mecanismo: La HTA severa causa oclusión capilar, liberación de citocinas proinflamatorias (IL-6, TNF- α) y sobreexpresión de VEGF. Evidencia: Pacientes con HTA $\geq$ 140/90 mmHg tienen 2.5 veces más riesgo de RD proliferativa (Klein et al., 2019, p. 332).

Pregunta 5: Seleccione su último perfil lipídico

Las investigaciones realizadas como Diabetes Control and Complications Trial (DCCT), asocian los altos niveles de colesterol, triglicéridos y las bajas concentraciones de LDL (lipoproteínas de alta densidad) en sangre con la progresión de los cambios a nivel microvascular en los pacientes con diabetes. El estudio ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) encontró que la evolución de retinopatía a su estadio proliferativo se relacionó con niveles altos de triglicéridos, este estudio también reportó que los niveles elevados de colesterol sérico están asociados con el aumento de la gravedad de los exudados en la retina y estos con un peor pronóstico visual (Vallejo et al., 2016).



Opciones de respuestas para la pregunta 5

LDL <100 mg/dL, TG <150 mg/dL, HDL $\geq$ 60 mg/dL (0 puntos). Control óptimo: Niveles lipídicos óptimos reducen la formación de exudados duros y previenen la isquemia retiniana (DCCT Research Group, 1993)

LDL 100-160 mg/dL, TG 150-200 mg/dL, HDL 40-59 mg/dL (1 punto). Elevación moderada: Aumento del estrés oxidativo y acumulación de lipoproteínas en la retina, vinculado a exudados duros. (ETDRS Research Group, 1991)

LDL >160 mg/dL, TG >200 mg/dL, HDL <40 mg/dL (2 puntos). Control deficiente: Niveles elevados de LDL y TG incrementan la permeabilidad vascular y el riesgo de RD proliferativa (Vallejo et al., 2016).

Pregunta 6: Seleccione su género

La mayor acumulación de grasa visceral y en tejidos ectópicos en mujeres con diabetes, junto con una respuesta inmunitaria alterada y mecanismos de estrés oxidativo más pronunciados, puede contribuir a un incremento en el daño microvascular, incluido en la retina. Estas alteraciones fisiopatológicas, similares a las que afectan otras estructuras vasculares, influyen en el desarrollo y progresión de la retinopatía diabética en las mujeres, ya que comparte procesos patológicos relacionados con la resistencia a la insulina y el daño vascular inducido por la hiperglucemia (De Ritter et al., 2020).

Opciones de respuestas para la pregunta 6

Masculino (0 puntos)

Femenino (1 punto)

Pregunta 7: ¿Realiza actividad física regularmente?

La actividad física desempeña un papel fundamental en el control de la diabetes mellitus y en la prevención de sus complicaciones, incluida la RD. En Praidou et al. (2017), afirman que “la actividad física total fue menor en los pacientes con retinopatía diabética no proliferativa grave a muy grave y en aquellos con retinopatía proliferativa, en comparación con pacientes con formas más leves de RD y con sujetos controles”.

Opciones de respuestas para la pregunta 7

Si (0 puntos)

No (1 punto)



METODOLOGÍA

La metodología empleada en el desarrollo del software se fundamenta en los principios de las metodologías ágiles. Estas metodologías, centradas en la flexibilidad, la colaboración y la adaptación continua, ofrecen un marco de trabajo idóneo para abordar la naturaleza dinámica y compleja de este estudio. La metodología propuesta Extreme Programming ó XP (Programación extrema) se inspira en el Manifiesto Ágil, desarrollado por Kent Beck y otros ingenieros de software, el cual enfatiza la importancia de la iteración, la retroalimentación constante y la respuesta flexible a los cambios, para más información ver (Beck, 2001). Las técnicas de recolección o producción de datos, por ejemplo, en lo cuantitativo se pudo dar valer del censo, la encuesta, la observación estructurada u otros. En lo cualitativo sobresalen las entrevistas, la revisión documental, la observación etnográfica, etc. Es importante recalcar, que se debe también mencionar el instrumento de recolección y/o los materiales de apoyos utilizados para la producción de datos en cada caso, como la guía de entrevista, de observación, la bitácora, entre otros.

Consideraciones Éticas y de Seguridad

Dada la naturaleza sensible de los datos de salud, se implementaron rigurosas medidas de seguridad y privacidad, acordes con las buenas prácticas en el desarrollo de software sanitario:

Cifrado de Datos: La información del paciente almacenada en la base de datos y en tránsito fue cifrada utilizando protocolos robustos (ej. HTTPS para la comunicación, cifrado en MD5 para la base de datos).

Autenticación y Autorización: Se implementó un sistema de autenticación de usuarios basado en roles (médico, administrador, paciente) para restringir el acceso a la información según los permisos definidos.

Consentimiento Informado: La aplicación fue diseñada para incluir mecanismos que garanticen el consentimiento informado del paciente antes de la recopilación y procesamiento de sus datos.

Auditoría de Acceso: Se implementaron registros de auditoría para monitorear el acceso y las modificaciones a los datos del paciente.

Estas medidas éticas y de seguridad fueron integradas en cada etapa del desarrollo de XP, desde la planificación de historias de usuario relacionadas con la privacidad hasta las pruebas de seguridad del sistema, garantizando un enfoque integral de la protección de datos.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Asociación Mexicana de Diabetes en el Estado de Guerrero, A.C., es una organización de la sociedad civil sin fines de lucro que tiene como objetivo principal mejorar la calidad de vida de las personas que viven con diabetes, a través de la educación, la prevención, la atención integral y el acompañamiento terapéutico. Con sede en el estado de Guerrero, esta asociación se ha consolidado como un referente en la promoción de la salud y la concientización sobre el manejo adecuado de la diabetes, enfocándose especialmente en comunidades con alto grado de vulnerabilidad social y económica.

Su labor se desarrolla mediante actividades educativas, campañas de detección oportuna, jornadas médicas, asesoría nutricional, orientación psicológica y alianzas con profesionales de la salud, instituciones académicas y organismos gubernamentales. Su compromiso ético y humano con la salud pública la convierte en un aliado clave en el desarrollo de herramientas tecnológicas orientadas a mejorar el diagnóstico temprano de complicaciones asociadas a la diabetes, como la Retinopatía Diabética.

Requerimientos (Historias de Usuario)

A partir de las reuniones que se tuvieron con el cliente se generaron las siguientes historias de usuario (HU), las cuales son escritas con palabras que el cliente pueda entender tal como lo sugiere la metodología XP. La Tabla 1 muestra las historias de usuario obtenidas por el cliente.

Tabla 1 Historias de usuario para la aplicación web AppRD.

Clave	Como	Quiero	Para
H1	Administrador	Gestionar integralmente las cuentas de usuario del sistema, incluyendo la creación, modificación (de datos personales, roles y permisos), eliminación y búsqueda eficiente de usuarios existentes.	Mantener un control de acceso seguro y granular al sistema. Esto me permitirá definir con precisión quién puede acceder al programa y qué funcionalidades específicas están autorizados a utilizar, minimizando riesgos de seguridad y garantizando la integridad de la información.
H2	Administrador	Poder escribir los datos personales y algunos datos clínicos de los pacientes, poder actualizar la información y eliminarlos, también quiero ver una lista de todos los pacientes que he registrado.	Tener un registro completo y actualizado de la información de cada paciente. Esto me permitirá acceder rápidamente a detalles importantes para la gestión de citas, seguimiento de tratamientos, generación de informes y cualquier otra tarea administrativa relacionada con los pacientes.

H3	Administrador	Poder crear nuevos cuestionarios (definiendo título y descripción) y gestionar los existentes (ver listado, editar, eliminar).	Configurar y mantener actualizados los instrumentos de evaluación que utilizarán los médicos para el diagnóstico de pacientes.
H4	Administrador	Poder agregar preguntas a un cuestionario seleccionado, definiendo el texto de la pregunta, el tipo de respuesta (texto, opción múltiple, etc.) y tener la opción de editar o eliminar.	Construir cuestionarios detallados y personalizados que permitan a los médicos recopilar la información necesaria para realizar diagnósticos precisos.
H5	Aplicador	Asignar un cuestionario específico a un paciente para que lo responda, asegurándose de que el sistema registre sus respuestas de forma precisa y lleve un control del número de veces que cada cuestionario ha sido aplicado a cada paciente.	Capturar de manera eficiente y estructurada la información proporcionada por el paciente a través del cuestionario asignado. Esto permitirá una recopilación de datos consistente y facilitará su posterior análisis.
H6	Investigador	Definir y asignar uno o varios modelos sumativos específicos a cada uno de los cuestionarios registrados en el sistema, con la capacidad de configurar los parámetros y reglas de cálculo de cada modelo.	Automatizar la generación de diagnósticos o puntuaciones basadas en las respuestas proporcionadas por los pacientes en los cuestionarios. Esto me permitirá obtener resultados objetivos y consistentes sin necesidad de una evaluación manual individual.
H7	Medico	Poder seleccionar un paciente y un cuestionario específico, y visualizar las respuestas proporcionadas por el paciente a cada pregunta, junto con el peso asignado a cada respuesta por el modelo sumativo. Además, quiero ver el puntaje total resultante.	Comprender la base del puntaje obtenido y tener la información necesaria para emitir un dictamen médico fundamentado y preciso para ese paciente.
H8	Medico	Visualizar dos tablas claramente diferenciadas: una que liste a los pacientes con diagnóstico emitido (incluyendo su nombre, el cuestionario aplicado, la puntuación obtenida y la fecha del dictamen) y otra tabla que muestre a los pacientes pendientes de dictamen.	Tener una visión general rápida y organizada del estado de los diagnósticos, facilitando el seguimiento de los casos completados.
H9	Médico	Imprimir y enviar el dictamen médico generado al correo del paciente.	Poder agilizar el envío inmediato de resultados y que el paciente reciba la información clínica de manera física y por correo electrónico.

Cada una de las historias de usuario debe de cumplir con ciertos criterios de aceptación (ver Tabla 2) que guían la implementación de la funcionalidad, y posteriormente sirven como base para la creación de casos de prueba, permitiendo al equipo determinar objetivamente si la historia de usuario cumple con los requisitos y puede ser considerada como completada.

Tabla 2 Criterios de Aceptación de la aplicación web AppRD.

Criterios de Aceptación	
Clave HU	Criterio de Aceptación
H1	Gestión de Usuarios, Asignación de Roles, Seguridad, Gestión de Acceso.
H2	Registrar Paciente, Visualizar Pacientes, Editar Paciente, Seguridad, Validación.
H3	Crear Cuestionario, Leer Cuestionario, Actualizar Cuestionario, Eliminar Cuestionario, Validación.
H4	Agregar Pregunta, Visualizar Preguntas, Editar Pregunta, Eliminar Pregunta, Validación, Editar Respuestas, Eliminar respuestas, Validación.
H5	Seleccionar paciente, Asignar cuestionario, Iniciar Aplicación, Registro de Aplicación, Fecha de aplicación, Validación.
H6	Selección de Cuestionario, Visualización de Preguntas y Respuestas, Asignación de Valores Sumativos, Creación/Edición de Modelo, Validación, Guardar Modelo.
H7	Visualización Detallada, Historial de Dictámenes, Acceso Rápido, Seguridad, Rendimiento.
H8	Visualización del Estado, Visualización de Dictaminados, Información en Tablas, Navegación Intuitiva, Actualización del Estado, Seguridad.
H9	Vínculo al Paciente Asociado, Confirmación de Envío, Manejo de Errores, Integración con Dictamen, Visualización del Correo Previo, Seguridad y Confidencialidad, Registro de Envíos.

En la Tabla 3 se presenta el Plan de iteración de la aplicación AppRD, en el cual se describe detalladamente el objetivo principal de cada iteración, las historias de usuario incluidas, el puntaje total asignado y observaciones técnicas clave. Este plan facilita una visión clara del enfoque progresivo de desarrollo: iniciando con la estructura base del sistema, seguido del núcleo funcional, y culminando con mejoras en la experiencia del usuario y funcionalidades de comunicación clínica.

Tabla 3 Plan de iteración de la aplicación web AppRD.

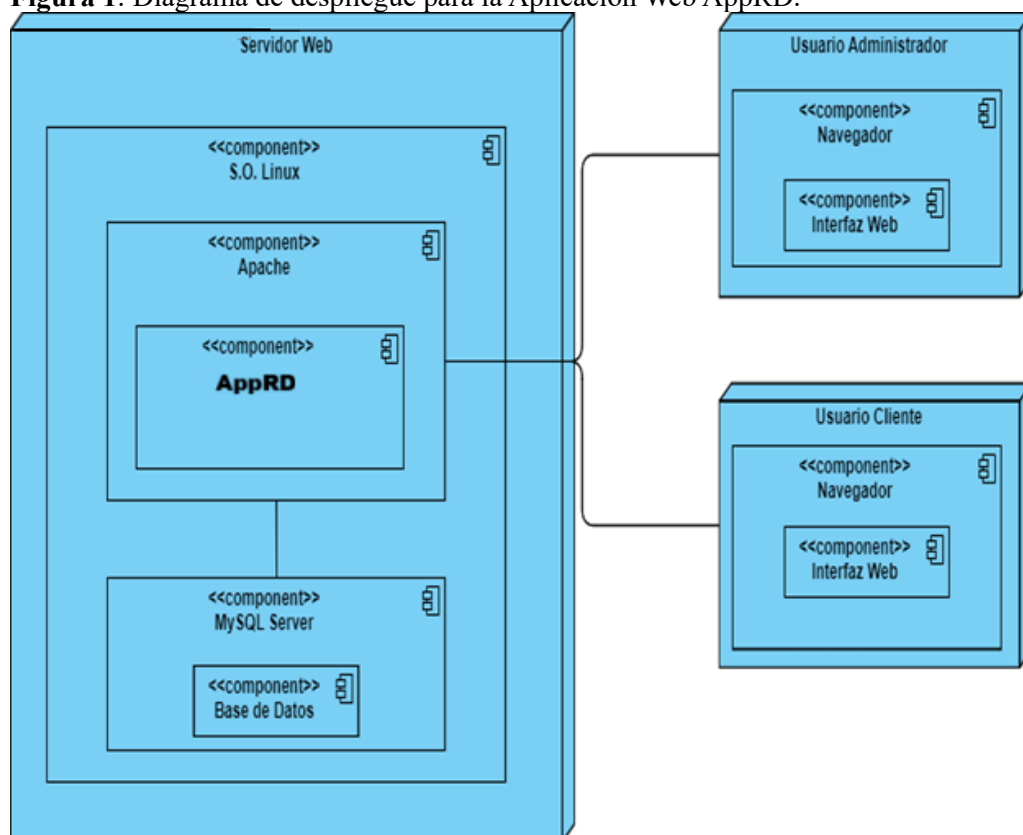
Iteración	Objetivo Principal	Historias Incluidas	Puntos Totales	Observaciones Técnicas
Iteración 1	Fundamentos del sistema: Establecer los pilares funcionales y de datos del sistema, permitiendo la administración básica de usuarios, pacientes, y la estructuración completa de los cuestionarios que serán la base para futuras evaluaciones.	H1, H2, H3, H4	25	Se establecerá la base del backend y las primeras interfaces de administración.
Iteración 2	Núcleo del negocio: Validar la viabilidad del concepto central del sistema, permitiendo a los médicos aplicar cuestionarios, configurar la lógica de interpretación de resultados, y generar y visualizar dictámenes automáticos basados en los datos recopilados. Esta iteración debe entregar la funcionalidad core que da valor al negocio.	H5, H6, H7	18	Aplicación de cuestionarios y definición de modelos.
Iteración 3	Experiencia y Extensión: Mejorar la eficiencia del médico y la comunicación con el paciente, proporcionando una visión consolidada del estado de los dictámenes y habilitando la distribución electrónica segura de los resultados, consolidando así la usabilidad y la entrega de información del sistema.	H8, H9	10	A nivel de backend, se abordará la integración con un servicio de envío de correos electrónicos y la gestión de la cola de envío, así como el formato del dictamen a enviar.

Diseño y desarrollo

En esta sección se presenta el diseño de la arquitectura del software, la base de datos y pantallas relacionadas con las diferentes gestiones que puede llevar a cabo el usuario.

En la Figura 1 se ilustra el diagrama de una arquitectura distribuida basada en la web, donde el servidor central concentra la lógica de negocio y el almacenamiento de datos, mientras que los usuarios acceden mediante clientes ligeros (navegadores web), lo que optimiza la escalabilidad, mantenibilidad y accesibilidad del sistema.

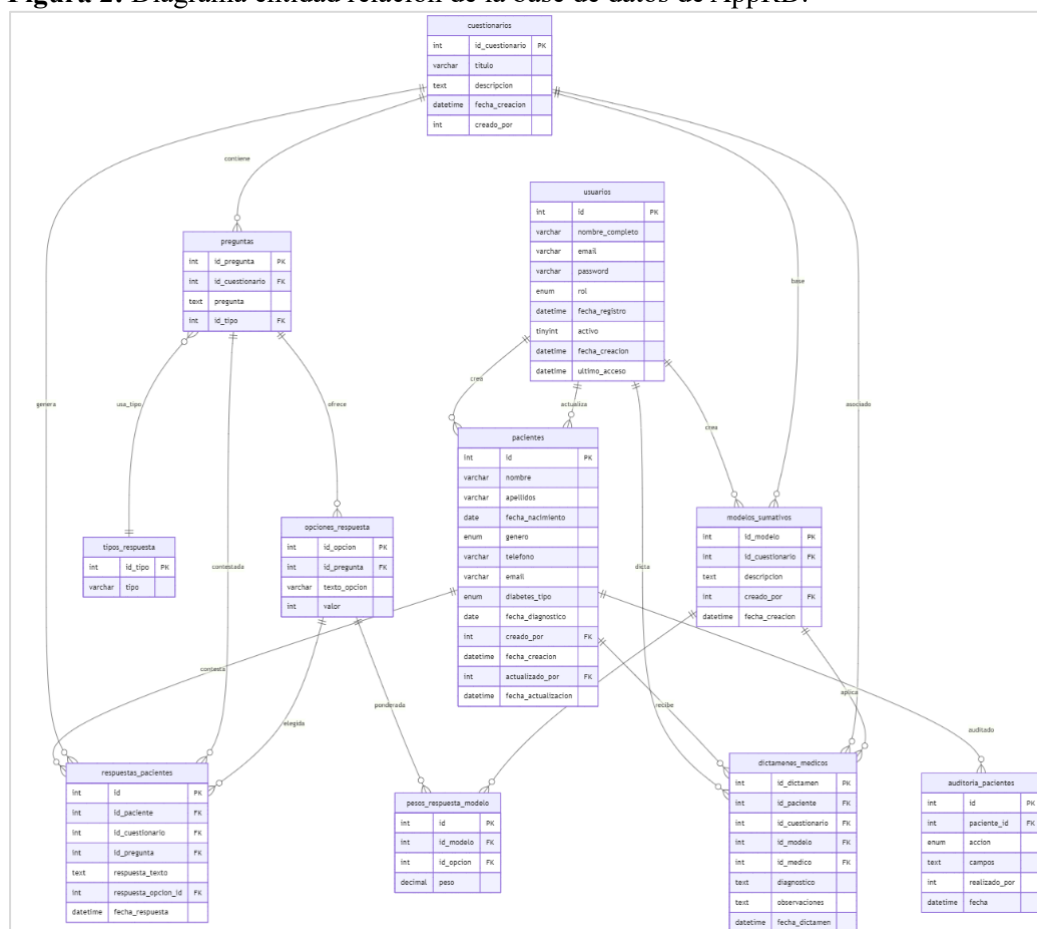
Figura 1: Diagrama de despliegue para la Aplicación Web AppRD.



Nota: Elaboración propia

En la Figura 2 se muestra un modelo relacional que establece una estructura robusta para la administración de cuestionarios médicos personalizados, garantizando integridad referencial, trazabilidad de datos y soporte a procesos de diagnóstico y seguimiento clínico.

Figura 2: Diagrama entidad relación de la base de datos de AppRD.



Nota: Elaboración propia

La aplicación de la metodología de Programación Extrema (XP) culmina en el desarrollo exitoso de una aplicación web responsiva diseñada para la detección temprana de retinopatía diabética a través de un cuestionario automatizado. Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad técnica y la eficacia de la solución propuesta, así como los beneficios inherentes al enfoque ágil en este tipo de proyectos.

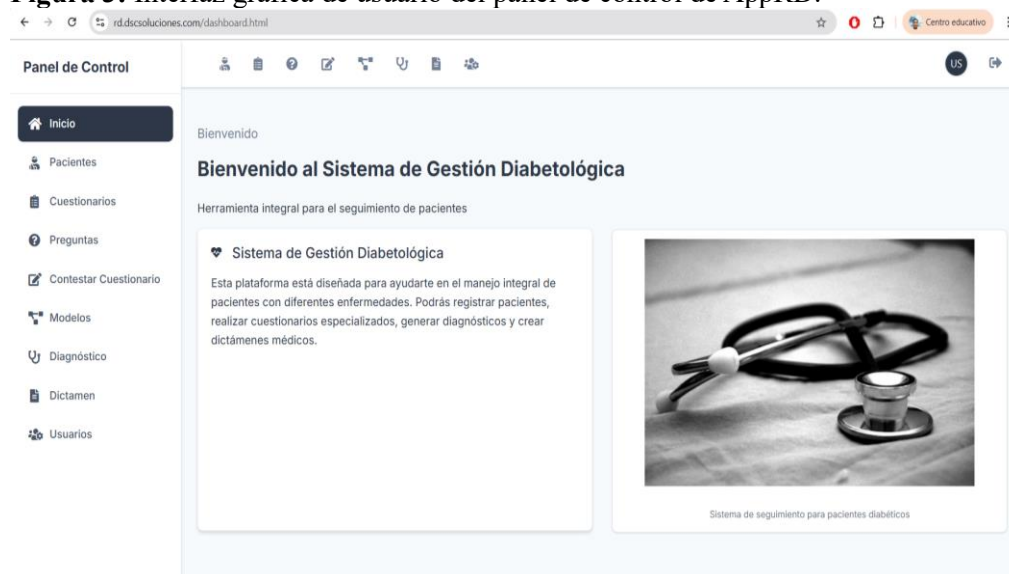
La aplicación se encuentra alojada en la siguiente dirección: <https://rd.dscsoluciones.com/>.

El Panel de control de la aplicación AppRD (ver

Figura 3), ofrece una interfaz centralizada y concisa para que los profesionales de la salud gestionen y visualicen la información clave. Una navegación clara que incluye opciones como "Inicio", "Clientes", "Productos", sugiriendo un enfoque en la gestión de pacientes y servicios.



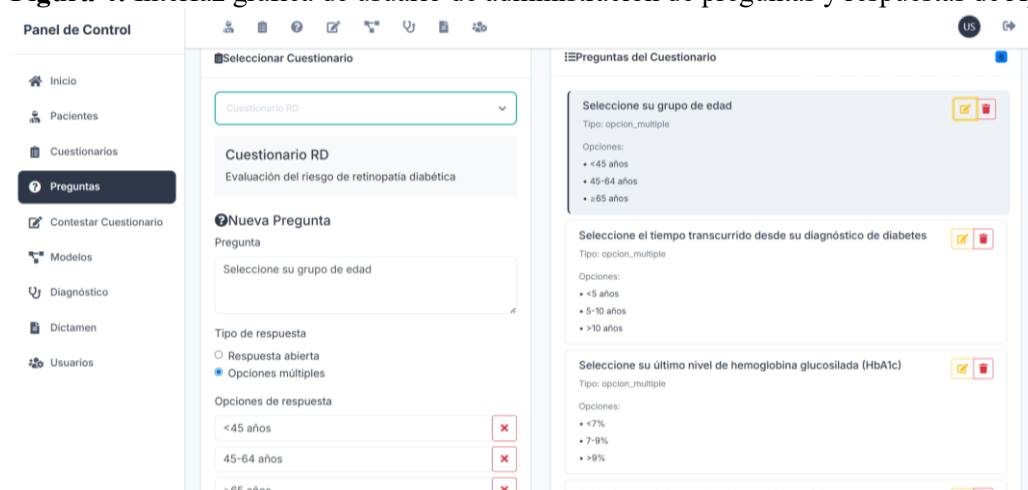
Figura 3: Interfaz gráfica de usuario del panel de control de AppRD.



Nota: Elaboración propia

La Figura 4 ilustra la interfaz de administración de preguntas y respuestas de cuestionario, una funcionalidad crítica que permite a los usuarios autorizados gestionar dinámicamente el contenido de este. Esta pantalla se compone de varios elementos clave que facilitan la creación, modificación y eliminación de preguntas y sus correspondientes respuestas. Cabe resaltar que esta aplicación web fue diseñada para alojar más cuestionarios con sus respectivos modelos matemáticos, lo cual potencializa la usabilidad de la herramienta.

Figura 4: Interfaz gráfica de usuario de administración de preguntas y respuestas de AppRD.



Nota: Elaboración propia

La Figura 5 muestra una funcionalidad avanzada y crucial de la aplicación, que permite a los usuarios autorizados (probablemente administradores o desarrolladores con privilegios) asignar y gestionar modelos matemáticos o algoritmos de evaluación a cuestionarios específicos.

Esta pantalla es el núcleo de la lógica de procesamiento del riesgo de retinopatía diabética basada en las respuestas del cuestionario.

Figura 5: Interfaz gráfica de usuario de administrar modelos matemáticos de AppRD.

Modelos Sumativos

Seleccionar Cuestionario

Cuestionario RD

Modelos existentes:

CUESTIONARIO RD

Crear nuevo modelo:

+ Crear Modelo

Configurar Pesos de Respuestas

Seleccione su grupo de edad

Opción	Peso
<45 años	0.00
45-64 años	1.00
≥65 años	2.00

Seleccione el tiempo transcurrido desde su diagnóstico de diabetes

Opción	Peso

Nota: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En esta investigación se ha detallado el desarrollo de una aplicación web responsiva para la automatización de un cuestionario de cribado de retinopatía diabética, utilizando la metodología de Programación Extrema (XP). Este trabajo demuestra que XP es un marco de desarrollo de software altamente eficaz y adaptable para proyectos en el sector de la salud, donde la precisión, la calidad y la capacidad de respuesta a los requisitos cambiantes son de vital importancia. Los principales logros y conclusiones de este estudio son:

Viabilidad y Eficacia de la Solución: Se ha desarrollado una herramienta funcional y accesible que automatiza el proceso de detección temprana de la retinopatía diabética a través de un cuestionario. Esta aplicación tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia del cribado y apoyar la toma de decisiones clínicas, facilitando la identificación de pacientes en riesgo y su derivación oportuna a especialistas.

Beneficios de la Programación Extrema (XP): La adopción de XP permitió la entrega de software de alta calidad, robusto y adaptable. Prácticas como el Desarrollo Guiado por Pruebas (TDD), la programación en parejas, la integración continua y la retroalimentación constante del cliente fueron cruciales para asegurar la fiabilidad del sistema y su alineación con las necesidades clínicas.

Seguridad y Privacidad: Se implementaron rigurosas medidas de seguridad y privacidad, como el cifrado de datos y la autenticación basada en roles, esenciales para manejar información sensible de salud y generar confianza en la aplicación.

Esta investigación no solo contribuye con una herramienta tecnológica útil para la detección temprana de la retinopatía diabética, sino que también refuerza la evidencia sobre la aplicabilidad y los beneficios de las metodologías ágiles, y en particular de XP, en el desarrollo de software para entornos médicos complejos. Los futuros esfuerzos se centrarán en la validación clínica a gran escala y la integración con otros sistemas de información sanitaria para maximizar el impacto de esta solución en la salud pública.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por una beca para estudios de posgrado a la maestrante Rosa Iris Clemente Flores (CVU: 1326078).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACCORD Study Group. (2010). Effects of intensive blood-pressure control in type 2 diabetes mellitus.

New England Journal of Medicine, 362(17), 1575–1585.

<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1001286>

Alghadyan, A. A. (2011). Diabetic retinopathy—An update. *Saudi Journal of Ophthalmology*, 25(2), 99-

111. <https://doi.org/10.1016/j.sjopt.2011.01.009>

Beck, K., & Fowler, M. (2001). Planning extreme programming. Addison-Wesley Professional.

Bourouis, A., Feham, M., Hossain, M. A., & Zhang, L. (2014). An intelligent mobile based decision support system for retinal disease diagnosis. *Decision Support Systems*, 59, 341-350.

<https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.01.005>

DCCT Research Group. (1993). The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *New England*

Journal of Medicine, 329(14), 977–986. <https://doi.org/10.1056/NEJM199309303291401>

De Ritter, R., de Jong, M., Vos, R. C., van der Kallen, C. J. H., Sep, S. J. S., Woodward, M., Stehouwer,

C. D. A., Bots, M. L., & Peters, S. A. E. (2020). Diferencias de sexo en el riesgo de enfermedad vascular asociada a la diabetes. *Biology of Sex Differences*, 11(1).

<https://doi.org/10.1186/s13293-019-0277-z>



- Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. (1991). Early Treatment Diabetic Retinopathy Study design and baseline patient characteristics: ETDRS report number 7. *Ophthalmology*, 98(5), 741-756. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(13\)38009-9](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(13)38009-9)
- Gasca Cuello, D., Martínez Parra, J. P., Gómez Gordillo, J. S., Delgado Contreras, S. L., & Fuentes Martínez, R. A. (2021). Manifestaciones de la retinopatía hipertensiva y de la retinopatía diabética en población adulta. *Scientific Education Medical Journal*, 1(1), 64-72. <https://www.medicaljournal.com.co/index.php/mj/article/download/15/136>
- González-Ruiz DP, Getial-Mora DA, Higidio-Miranda MA, Hernández-Zambrano SM. Efectividad de las tecnologías de la información y comunicación en la adherencia terapéutica de pacientes con Hipertensión Arterial y Diabetes Mellitus. *Enferm Nefrol*. 2020 Ene-Mar;23(1):22-32. <https://doi.org/10.37551/S2254-28842020003>
- Hernández Polo, J. D. J., & Arroyo Marrugo, N. J. (2023). Construcción de una Aplicación Web para la lectura de imágenes de fondo de ojo implementando la escala de colores Teherán-Morales para determinar la palidez del disco ocular (Doctoral dissertation, Universidad del Sinú, seccional Cartagena). <http://repositorio.unisinucartagena.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1126>
- Holman, R. R., Paul, S. K., Bethel, M. A., Matthews, D. R., & Neil, H. A. (2008). 10-year follow-up of intensive glucose control in type 2 diabetes. *New England Journal of Medicine*, 359(15), 1577–1589. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0806470>
- Ixtlapale Méndez, J. I. (2020). Prevalencia de retinopatía diabética en pacientes con tratamiento de diálisis peritoneal en una Unidad de Alta Especialidad. <https://cdigital.uv.mx/server/api/core/bitstreams/d9e9826e-d680-4211-90b7-5f1a87e22de2/content>
- International Diabetes Federation. (2019). *IDF Diabetes Atlas* (9th ed.). IDF. <https://www.diabetesatlas.org>
- International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*, 10th edn. Brussels, Belgium: 2021. Available at: <https://www.diabetesatlas.org>



Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Estadísticas de defunciones registradas. INEGI.

https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/EDR/EDR2024_1erT.pdf

Jones, P. W., Harding, G., Berry, P., Wiklund, I., Chen, W. H., & Leidy, N. K. (2009). Development and first validation of the COPD Assessment Test. *European Respiratory Journal*, 34(3), 648-654. <https://doi.org/10.1183/09031936.00102509>

Klein, B. E., Klein, R., McBride, P. E., Cruickshanks, K. J., Palta, M., Knudtson, M. D., ... & Reinke, J. O. (2004). Cardiovascular disease, mortality, and retinal microvascular characteristics in type 1 diabetes: Wisconsin epidemiologic study of diabetic retinopathy. *Archives of internal medicine*, 164(17), 1917-1924. <https://doi.org/10.1001/archinte.164.17.1917>

Leto, G., Pricci, F., Amadio, L., Iacobini, C., Cordone, S., Díaz-Horta, O., Romeo, G., Barsotti, P., Rotella, C. M., di Mario, U., & Pugliese, G. (2001). Increased retinal endothelial cell monolayer permeability induced by the diabetic milieu: Role of advanced non-enzymatic glycation and polyol pathway activation. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 17(6), 448–458. <https://doi.org/10.1002/dmrr.227>

Mendoza-Herrera K, Quezada AD, Pedroza-Tobías A, Hernández-Alcaraz C, Fromow-Guerra J, Barquera S. A Diabetic Retinopathy Screening Tool for Low-Income Adults in Mexico. *Prev Chronic Dis* 2017;14:170157. DOI: <http://dx.doi.org/10.5888/pcd14.170157>

Organización Mundial de la Salud. (14 de noviembre de 2024) Diabetes. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>

Praidou, A., Harris, M., Niakas, D., & Labiris, G. (2017). Physical activity and its correlation to diabetic retinopathy. *Journal of Diabetes and its Complications*, 31(2), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2016.06.027>

Robalino, Gómez H. (2021). Diagnóstico precoz de la retinopatía diabética utilizando visión computacional. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4530>

Rodríguez Rodríguez, Beatriz, Rodríguez Rodríguez, Violeta, Ramos López, Meysi, Velázquez Villares, Yolanda, Alemañi Rubio, Ernesto, González Díaz, Rafael Ernesto, & Chiang Rodriguez, Caridad. (2015). Estrategia nacional para la prevención de ceguera por retinopatía diabética. *Revista Cubana de Oftalmología*, 28(1) Recuperado en 24 de abril de 2025, de



http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762015000100014&lng=es&tlng=es

UK Prospective Diabetes Study Group. (1998). Tight blood pressure control and risk of macrovascular and microvascular complications in type 2 diabetes: UKPDS 38. *BMJ*, 317(7160), 703.

<https://doi.org/10.1136/bmj.317.7160.703>

Vallejo, E. M., & Alvira, F. J. R. (2016). Epidemiología de la retinopatía diabética y su relación con la diabetes. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 3(1), 12-15.

<https://doi.org/10.53853/encr.3.1.19>

Varma, R., Torres, M., Peña, F., Klein, R., & Azen, S. P. (2004). Prevalence of diabetic retinopathy in adult Latinos. *Ophthalmology*, 111(7), 1298–1306.

<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2004.03.002>

West, S. K., Klein, R., Rodríguez, J., Muñoz, B., Broman, A. T., Sánchez, R., & Snyder, R. (2001). Diabetes y retinopatía diabética en una población mexicoamericana: Proyecto VER. *Diabetes Care*, 24(7), 1204–1209.

<https://doi.org/10.2337/diacare.24.7.1204>

Zhang, X., Saaddine, J. B., Chou, C. F., Cotch, M. F., Cheng, Y. J., Geiss, L. S., ... & Klein, R. (2010). Prevalence of diabetic retinopathy in the United States, 2005-2008. *Jama*, 304(6), 649-656.

<https://doi.org/10.1001/jama.2010.1111>

