



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**  
**título del TFG**



Presentado por Nombre del alumno  
en Universidad de Burgos — 13 de marzo  
de 2023

Tutor: nombre tutor







UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



D. nombre tutor, profesor del departamento de nombre departamento, área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. Nombre del alumno, con DNI dni, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 13 de marzo de 2023

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor





## **Resumen**

La retinopatía diabética es una de las mayores causas de ceguera en los países desarrollados, para determinar el grado de anomalía, se realiza una imagen de la retina del paciente, captada por un retinógrafo. Este procedimiento, tiene un coste elevado para la sanidad pública, y además, consta de que el paciente se desplace a un centro médico.

Por ello, se han desarrollado unos dispositivos, para las cámaras de los móviles, que permiten obtener las fotografías de las retinas; de esta forma, el paciente no tendría que desplazarse a un hospital que contenga el retinógrafo y el médico de familia le realizaría la foto al paciente.

En este trabajo, propone facilitar la labor del médico, haciendo una aplicación Android la cual realizaría un primer diagnostico del paciente a partir de una imagen que se enviará esta foto a modelos de aprendizaje computacional existentes; haciendo que los pacientes que tengan algún grado de retinopatía diabética, se realice un estudio exhaustivo. Como resultado, se ha creado la aplicación RetinAI.

## **Descriptores**

Salud, retinopatía diabética, redes neuronales, aplicación Android.

## **Abstract**

Diabetic retinopathy is a leading cause of blindness in developed countries. To determine the degree of abnormality, the retinographer takes a image of patient's retina, but this procedure is costly for spanish public health system, also requires the patient to travel to a medical center.

To address this, there are some lenses which have been developed for mobile phone cameras to take retina photos. This way, the patient would not have to travel to a hospital that has a retinographer, and the family doctor would take the patient's photo.

This work proposes to make the doctor's labor easier by creating an Android app that would make a preliminary diagnosis of the patient based on the photo taken, this photo will be sent to existing computational learning models. This will allow patients with any degree of diabetic retinopathy to undergo a comprehensive study.

As a result, the app RetinAI has been created.

## **Keywords**

Health, diabetic retinopathy, neural networks, Android app.



---

# Índice general

---

Índice general	iii
Índice de figuras	v
Índice de tablas	vi
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
2.1. Objetivos generales . . . . .	3
2.2. Objetivos técnicos . . . . .	3
2.3. Objetivos personales . . . . .	3
Conceptos teóricos	5
3.1. Una seccion por cada red neuronal que se implemente . . . . .	5
3.2. Secciones . . . . .	5
3.3. Referencias . . . . .	6
3.4. Imágenes . . . . .	6
3.5. Listas de items . . . . .	6
3.6. Tablas . . . . .	7
Técnicas y herramientas	9
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	11
Trabajos relacionados	13
6.1. Proyectos . . . . .	13
6.2. Comparativa del proyecto . . . . .	14

<b>Conclusiones y Líneas de trabajo futuras</b>	<b>17</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>

---

# Índice de figuras

---

3.1. Autómata para una expresión vacía . . . . .	6
--	---

---

## Índice de tablas

---

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	7
6.1. Comparativa de las características de los proyectos. . . . .	14

---

# Introducción

---

La discapacidad visual afecta a más de 2200 millones de personas en el mundo, siendo las principales causas de la pérdida de visión: degeneración macular relacionada con la edad, cataratas, retinopatía diabética, glaucoma y errores de refracción no corregidos.[1]

Entre las personas con discapacidad visual, hay al menos 1000 millones de personas que tienen un deterioro moderado o grave de la visión.[1]

En Estados Unidos, cada año la retinopatía diabética suma un 12 % de nuevos casos de ceguera.

La retinopatía diabética es una complicación de la diabetes, que afecta al sistema ocular del ser humano. Es causada por el daño a los vasos sanguíneos de la retina a lo largo del tiempo. Esta anomalía, encabeza las causas de ceguera en los países desarrollados. Según la Organización Mundial de la Salud, hasta 1 millón de personas tienen ceguera debido a la diabetes. [2] Hay varios grados de la patología de la retinopatía diabética entre los que se encontrarían por orden de menor a mayor peligrosidad: NPDR (Non-proliferative diabetic retinopathy), este grado se caracteriza por la ausencia de retinopatía; como siguiente grado se encontraría NPDR leve, donde los vasos sanguíneos empiezan a debilitarse, creando protuberancias llamadas micro-aneurismas; en tercer se encuentra NPDR moderada, donde los vasos sanguíneos se siguen debilitando, se producen más hemorragias, pudiendo provocar visión borrosa; siguiendo por NPDR severo, en esta etapa, los vasos sanguíneos están dañados, causando falta de oxígeno en la retina y en la formación de nuevos vasos; por ultimo, se encuentra retinopatía diabética proliferativa, donde los vasos sanguíneos anormales que crecen en la retina y en el vítreo. Estos vasos pueden sangrar y provocar desprendimiento de retina, provocando la pérdida de visión. [4]

Para determinar el grado que tiene un paciente de retinopatía diabética, se tiene que desplazar al hospital donde le hacen una imagen de la retina con un retinógrafo. Pero, para la sanidad publica tiene un coste elevado, y provoca que el paciente se tenga que desplazar a un centro hospitalario.

Como solución a este problema, se propone realizar una aplicación móvil, que permita al paciente o al médico hacer una foto de la retina, utilizando una lente para el dispositivo móvil. Además, para facilitar la labor del médico, esta aplicación móvil, proporciona redes neuronales ya entrenadas, con los que se obtendría un primer análisis, proporcionando un estudio más intenso a aquellas personas que hayan dado algún grado de retinopatía diabética.

De esta forma, al instalar la aplicación RetinAI creada con el objetivo de ser útil para el sistema sanitario, usando una interfaz sencilla para médicos sin experiencia previa en aplicaciones Android. Además, la aplicación facilita la creación de un informe médico ya que interpreta los resultados obtenidos de las imágenes, dando prioridad a aquellos casos que tengan más gravedad; y descartando aquellos casos que no tengan retinopatía diabética. Evitando una lentitud en el sistema sanitario debido a pacientes que no tienen esta complicación. Permitiendo a los médicos centrar su atención en aquellos pacientes que realmente tienen retinopatía diabética.

---

# Objetivos del proyecto

---

Los objetivos del proyecto se pueden dividir en 3 apartados, los cuales se verán a continuación.

## 2.1. Objetivos generales

- Desarrollar una aplicación Android, que permita realizar un estudio de la retinopatía diabética sobre los pacientes.
- Agilizar el sistema sanitario, haciendo que los médicos de familia puedan dar un diagnostico preliminar a partir de los datos proporcionados.

## 2.2. Objetivos técnicos

- Desarrollar una aplicación Android con soporte API 21, siendo compatible con dispositivos Android 5.0 (Lollipop) y superiores.

## 2.3. Objetivos personales





---

# Conceptos teóricos

---

En aquellos proyectos que necesiten para su comprensión y desarrollo de unos conceptos teóricos de una determinada materia o de un determinado dominio de conocimiento, debe existir un apartado que sintetice dichos conceptos.

Algunos conceptos teóricos de  $\text{\LaTeX}$ <sup>1</sup>.

## 3.1. Una seccion por cada red neuronal que se implemente

## 3.2. Secciones

Las secciones se incluyen con el comando `section`.

### Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

### Subsubsecciones

Y subsecciones.

---

<sup>1</sup>Créditos a los proyectos de Álvaro López Cantero: Configurador de Presupuestos y Roberto Izquierdo Amo: PLQuiz

### 3.3. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [5]. Para citar webs, artículos o libros [3].

### 3.4. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de  $\text{\LaTeX}$ , pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 3.1: Autómata para una expresión vacía

### 3.5. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.
2. segundo item.

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 3.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

**Primer item** más información sobre el primer item.

**Segundo item** más información sobre el segundo item.

■

## 3.6. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de  $\text{\LaTeX}$  o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.



---

## Técnicas y herramientas

---

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.



---

## Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

---

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros<sup>3</sup>, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.





---

## Trabajos relacionados

---

### 6.1. Proyectos

#### Ret-iN CaM

Ret-iN CaM es la aplicación que se ha tomado de referencia para hacer el proyecto. Es una aplicación iOS que posteriormente saco una versión para Android. Es una aplicación que permite realizar imágenes y vídeos de la retina con una gran resolución, proporcionando los informes del paciente, los cuales se pueden exportar para ser compartidos con otros especialistas. A su vez, tiene una interfaz simple e intuitiva, lo que facilita a los usuarios interactuar fácilmente con ella. Principal motivo por el que se ha escogido esta aplicación.

#### D-EYE 2.0

Es un proyecto que permite la toma de imágenes y vídeos de alta calidad; permite a los médicos ver el nervio óptico sin necesidad de dilatar las pupilas; permite a los médicos ver si el paciente tiene trastornos neurológicos relacionados con el ojo.

## 6.2. Comparativa del proyecto

Características	RetinAI	Ret-iN CaM	D-EYE 2.0
Aplicación Android	X	X	
Aplicación iOS		X	X
Creación de usuarios			X
Cambio de modo oscuro y claro	X		
Permite iniciar sesión como invitado	X		
Permite guardar la sesión		X	X
Permite elegir el paciente	X	X	X
Ver historial del paciente	X	X	X
Crear nuevos informes	X	X	X
Permite diferenciar entre ojos	X	X	X
Permite hacer imágenes	X	X	X
Permite hacer vídeos		X	X
Escoger imágenes desde la galería	X		
Red neuronal para los resultados	X		
Versión gratuita	X	X	X

Tabla 6.1: Comparativa de las características de los proyectos.

De esta forma, se puede ver las ventajas que ofrece el proyecto.

- Actualmente, hay más móviles con sistema operativo Android que con iOS, por tanto, se ha realizado la aplicación en un sistema Android por este motivo.
- No se permite la creación de usuarios, puesto que como la aplicación esta destinada a médicos de la sanidad publica, la entidad encargada les proporcionará las cuentas para la aplicación.
- La aplicación tiene la opción de cambiar entre modo oscuro y modo claro, de esta forma, permite al usuario adaptarla a su preferencia.
- Al iniciar sesión como usuario, los médicos podrán tener un diagnostico rápido de un paciente, sin que se almacene el informe en la base de datos.
- A la hora de seleccionar pacientes, se ha considerado la protección de datos de los pacientes y para que el médico seleccione a uno, tendrá que poner el DNI.

- Como es posible que se analice una foto tomada desde otro dispositivo. Se ha considerado esta idea mostrando en el explorador de archivos las imágenes.
- Ofrece una red neuronal ya entrenada, la cual determina el grado de retinopatía diabética que tiene el paciente. Característica en la que se basa la aplicación.



---

## **Conclusiones y Líneas de trabajo futuras**

---

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.



---

## Bibliografía

---

- [1] Organización Mundial de la Salud. Ceguera y discapacidad visual, 2022. [Online; Accedido 10-febrero-2023].
- [2] Organización Mundial de la Salud. Diabetes, 2022. [Online; Accedido 18-febrero-2023].
- [3] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [4] Cecelia Koetting OD, FAAO. The four stages of diabetic retinopathy. *Modern Optometry*, 2019.
- [5] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].