

Universidad Siglo 21



Ingeniería en Software

Trabajo Final de Graduación

Sistema de Reconocimiento de Colores  
para Personas Daltónicas

Ponce Diego Eduardo

Legajo: SOF00715

Año 2020

## **Resumen**

Las personas con daltonismo o con deficiencias en la visión a menudo pueden encontrarse en situaciones incómodas sin que la gran mayoría de gente se percate. La necesidad constante de apoyarse en otra persona en un acto básico como el reconocimiento del color de una prenda, seleccionar fruta madura o incluso leer semáforos puede llegar a ser muy molesto. En algunos casos, ni siquiera la persona afectada sabe que tiene la condición, lo que es causante de confusión e incomodidad.

El siguiente trabajo aborda el diagnóstico profesional de daltonismo, así como la capacidad de reconocer colores específicos para las personas que lo padecen, todo con el objetivo final de mejorar la vida de las personas daltónicas, facilitándoles el logro de actividades diarias a través de una aplicación móvil que no solo determina si una persona puede ser daltónica, sino que también reconoce y escribe los colores de una imagen. Además, se realiza un estudio particular sobre cómo esta aplicación impactaría en una escuela primaria, posibilitando a los maestros amoldar sus métodos de enseñanza de una manera más inclusiva.

Los objetivos del trabajo y del prototipo fueron alcanzados no solo creando una herramienta útil para sus usuarios, sino que también expandiendo el conocimiento en una perspectiva tanto profesional como humana.

Palabras clave: Aplicación móvil, Daltonismo, Prueba de Ishihara, Reconocimiento de colores.

## **Abstract**

Colorblind or vision impaired people can often find themselves in uncomfortable situations without the majority of people even noticing. The constant need to depend on someone in a basic act like identifying the color of a piece of clothing, selecting ripe fruit or even reading traffic lights, can be really annoying. In some cases, not even the person affected knows they have the disability, which may put them in confusing and uncomfortable situations.

The following project discusses the professional diagnosis of colorblindness as well as the capability of the subjects who have it of recognizing specific colors, all with the final objective of improving colorblind individuals' every-day lives via a mobile app that not only it determines if a person can be colorblind, but it also recognizes and writes the colors in an image. Moreover, a special study is done on how this app would impact an elementary school, helping teachers to shape their teaching methods into a more inclusive way.

The project and prototype goals were achieved not only by creating a useful tool for their users but also by expanding the knowledge from a professional and human perspective.

Keywords: Mobile app, Colorblind, Ishihara Test, Color recognition.

## Tabla de contenido

Título.....	6
Introducción .....	6
Antecedentes .....	6
Descripción del área problemática .....	7
Justificación .....	7
Objetivo general del trabajo .....	7
Objetivos específicos del trabajo .....	7
Marco referencial .....	8
Dominio del problema.....	8
Actividad del cliente .....	10
TICs .....	11
Competencias.....	12
Diseño metodológico .....	14
Planificación de actividades .....	15
Relevamiento.....	15
Relevamiento estructural.....	15
Relevamiento funcional.....	16
Proceso de negocios.....	18
Diagnóstico y propuesta.....	19
Diagnóstico.....	19
Propuesta .....	19
Objetivos, límites y alcances del prototipo .....	20
Objetivo del prototipo.....	20
Límites .....	20

Alcance .....	20
Descripción del problema .....	20
Product Backlog.....	20
Historias de usuarios .....	21
Sprint Backlog.....	25
Diagramas.....	26
Diagrama de clases.....	26
Diagrama de Entidad-Relación (DER) .....	27
Interfaces de pantallas .....	28
Diagrama de arquitectura .....	33
Seguridad.....	35
Acceso a la aplicación.....	35
Política de respaldo de información.....	36
Análisis de costos .....	36
Costos de desarrollo.....	37
Costos operativos.....	38
Análisis de riesgos .....	39
Conclusiones.....	39
Demo .....	41
Referencia.....	42

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema de un corte sagital del ojo. ....	8
Ilustración 2. Ishihara Test '12' .....	11
Ilustración 3. Diagrama de Gantt creado en GanttProject.....	15
Ilustración 4. Diagrama de flujo. ....	18
Ilustración 5. Diagrama de clases. ....	27
Ilustración 6. Diagrama Entidad-Relación. ....	28
Ilustración 7. Diagrama de arquitectura. ....	35

## Índice de tablas

Tabla 1. Nomenclatura de daltonismos.. ....	10
Tabla 2. Aplicaciones de reconocimiento de color. ....	13
Tabla 3. Aplicaciones que prueban el daltonismo. ....	14
Tabla 4. Historias de usuario. ....	21
Tabla 5. Políticas de acceso a la aplicación.. ....	36
Tabla 6. Costos de esfuerzo en horas hombre. ....	37
Tabla 7. Costos de servicios.....	37
Tabla 8. Costos operativos. ....	38
Tabla 9. Análisis de riesgos.....	40

## **Título**

Sistema de Reconocimiento de Colores para Personas Daltónicas.

## **Introducción**

*La palabra ‘rosa’, haciendo referencia a la flor de ese nombre, se veía apropiada, no así cuando el término ‘rosa’ era reemplazado por ‘rojo’ y no por ‘azul’* (Dalton, 1794). Como se puede notar en palabras del reconocido químico creador de la teoría atómica John Dalton, el mundo no se percibe de la misma manera por todas las personas, y situaciones que la mayoría ve como cotidianas son desafíos para los daltónicos. Estas situaciones van desde la selección de una nueva prenda de vestir o corroborar el estado de maduración de una fruta hasta el aprendizaje de un nuevo tema en la escuela para los más pequeños. Por esta razón se afronta la problemática de reconocimiento de color y evaluación profesional del daltonismo en una persona.

### *Antecedentes*

La palabra daltonismo hace referencia a: “defecto de la vista que consiste en no percibir determinados colores o en confundir algunos de los que se perciben” (Real Academia Española, 2020) y su nombre surge de John Dalton autor del primer artículo sobre la condición que él mismo padecía, en el año 1794. En el mismo cuenta su experiencia descubriendo su condición y estudiando personas que poseían visión similar a la de él, finalizando con sus hipótesis de por qué ocurría este fenómeno. Pero, ¿en qué afecta el daltonismo al ser humano hoy en día?

En el año 2002 se realizó un interesante estudio en España que relaciona el daltonismo con el rendimiento escolar, en este se mencionan las distintas maneras en que el color es utilizado para guiar el aprendizaje en las etapas tempranas de la educación: “en esta etapa el color no sólo es un importante aspecto motivador que tiñe múltiples tareas escolares, sino que también es un contenido de aprendizaje en sí mismo y, sobre todo, un medio didáctico utilizado habitualmente para importantes

aprendizajes” (Montanero, y otros, 2003). Esto lleva a pensar que el color es más importante de lo que normalmente tenemos presente.

### *Descripción del área problemática*

Las personas daltónicas encuentran dificultades en situaciones que involucren colores específicos que pueden no estar en su gama de percepción. En cuanto a cómo perciben los colores las personas se hablará más adelante, sin embargo, a modo de introducción, se puede mencionar que el ojo humano posee una capa de conos en la retina que son los encargados de la percepción del color, por lo que una modificación en estos o su pigmentación originará una percepción modificada de su entorno. Esto conlleva a confundir, no distinguir o, en la gran minoría de los casos, no ver ningún color. A su vez, el no saber que se es daltónico puede llegar a ser muy confuso, una vez más, sobre todo en edades tempranas.

### **Justificación**

La mejor manera de sobrellevar la deficiencia de visión del color es conocer con exactitud cuáles son los colores que no se perciben perfectamente, es por eso que este trabajo fue beneficioso ya que no solo determina el tipo de daltonismo que una persona posee, sino que también brinda un gran apoyo a la hora de moverse por sí sola gracias al sistema de reconocimiento de colores.

### **Objetivo general del trabajo**

Analizar, diseñar y desarrollar una aplicación móvil que permita a personas daltónicas reconocer su condición y valerse por sí solas a la hora de identificar colores específicos.

### **Objetivos específicos del trabajo**

- Indagar acerca del daltonismo para establecer una base de conocimiento.

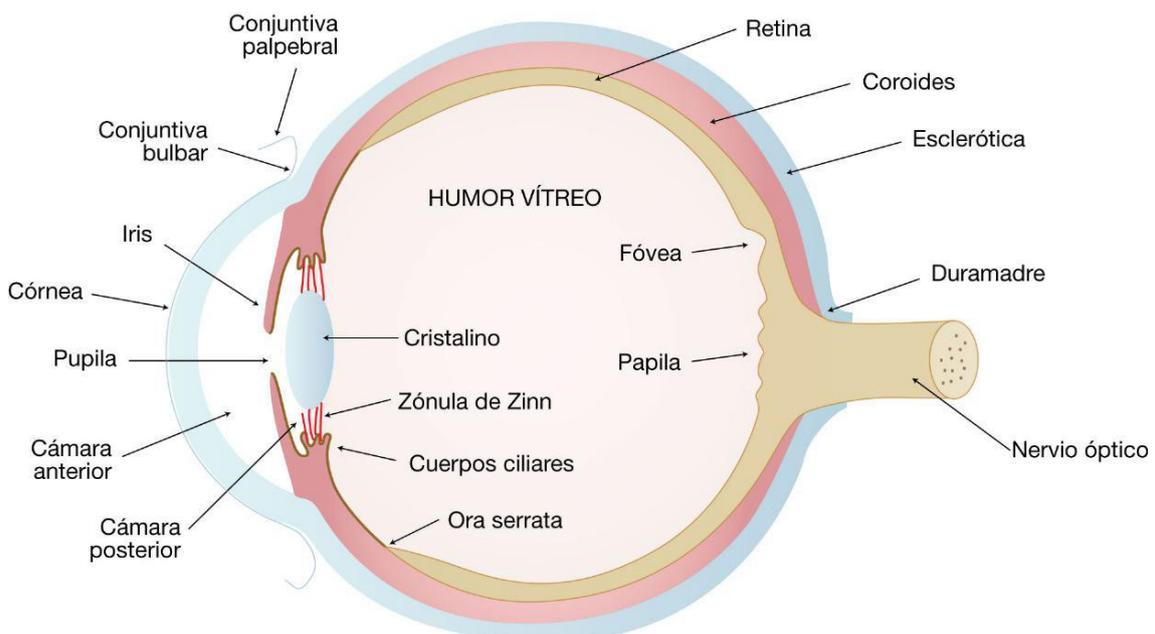
- Identificar los tipos de daltonismo que una persona puede padecer.
- Identificar las maneras de diagnosticar que una persona es daltónica.

## Marco referencial

### *Dominio del problema*

Para comprender el daltonismo y su repercusión se debe comenzar por explicar brevemente el órgano de la visión humana, el ojo.

“El globo ocular es un órgano par, esférico, que está algo aplanado desde arriba hacia abajo. Es el receptor del aparato visual” (Pró, 2012). Si bien posee tres capas principales a las que se refiere como externa, media e interna, en el marco de este trabajo se contempla únicamente la capa interna llamada retina.



*Ilustración 1. Esquema de un corte sagital del ojo. Se representan de forma concéntrica las tres capas principales que lo componen, en azul la externa, en rojo la media y en beige la interior (retina). Fuente: (Brusco, Costa, & Loidl, 2014, pág. 381).*

Es importante resaltar que la *retina es un conjunto de células organizadas en distintas capas que recibe los impulsos luminosos y los transforma en impulsos nerviosos* (Pró, 2012) que son enviados al cerebro a través del nervio óptico donde son interpretados. Según (Brusco, Costa, & Loidl, 2014):

*La retina posee diez capas por las que la luz debe pasar, de las cuales la primera sirve como protección y sostén a las capas inferiores a la vez que secreta una sustancia que permite mantenerse unida a la segunda capa, la que contiene los segmentos externos o porciones receptoras de las células fotorreceptoras mientras que la cuarta capa contiene sus núcleos. Estas células, como su nombre lo indica, son las encargadas de captar la luz y aunque poseen una estructura similar, se diferencian en sus segmentos externos que poseen forma de conos y bastones, y en su función específica siendo la visión a color y diurna la de los conos, y la visión en escalas de grises y nocturna la de los bastones.*

En otras palabras, los conos se encargan de ver los colores y los bastones de ver el contraste. El resto de las capas son fundamentales para el proceso de conversión de luz a estímulo eléctrico, más su explicación va más allá del objetivo de este trabajo.

*Los conos a su vez poseen funciones específicas gracias a los pigmentos fotosensibles que contienen, distinguiéndose así los que perciben color rojo, verde y azul (Bruni & Cruz, 2006). Esta combinación de colores es conocida como ‘red, green and blue’, en adelante RGB y es también utilizada en pantallas para representar un gran espectro de colores. La gran mayoría de las personas, un 92% de los hombres y 99% de las mujeres poseen tricromatismo (Prevent Blindness, 2020), esto hace referencia a que los tres pigmentos RGB se encuentran en los conos, mientras que si alguno de estos está alterado o no es funcional se habla de un tricromatismo anómalo. Si uno de los pigmentos no está presente se trata de un dicromatismo (Bruni & Cruz, 2006). Estas últimas dos nomenclaturas dependiendo el pigmento afectado se pueden volver a clasificar como se observa en la siguiente tabla.*

<b>Pigmento afectado</b>	<b>Tricromatismo anómalo</b>	<b>Dicromatismo</b>	<b>Monocromatismo Acromatismo</b>
<b>Rojo</b>	Protanomalia	Protanopia	✓
<b>Verde</b>	Deuteranomalia	Deuteranopia	✓

<b>Azul</b>	Tritanomalía	Tritanopia	✓
-------------	--------------	------------	---

Tabla 1. Nomenclatura de daltonismos. Elaboración propia (2020).

Por último, si los tres tipos de conos no son funcionales, se trata de un *monocromatismo o acromatismo* (Bruni & Cruz, 2006) en el que la persona no percibe color alguno.

### *Actividad del cliente*

Las personas daltónicas perciben el mundo de una forma modificada a través de los ojos, sea cual sea su condición de las que se explicaron en el apartado anterior. Por lo que buscan maneras de *compensar su visión, como por ejemplo distinguiendo la luz del semáforo por la posición, sabiendo que el rojo siempre está arriba o exponiendo prendas a la luz del sol antes de comprarlas* (Wade, 2000). Sin embargo, no se habló de cómo reconocer si se es daltónico.

Existen distintos métodos de comprobación, desde los más rudimentarios como decir si dos láminas se ven del mismo color o no, hasta exámenes creados por particulares que van a aumentando su dificultad hasta niveles que el ojo humano convencional no puede distinguir. Pero, si se habla de exámenes de daltonismo se debe hablar del test de Ishihara, el cual recibe su nombre por su creador el oftalmólogo japonés Shinobu Ishihara.

Según el mismo Ishihara, *esta prueba está diseñada para dar una respuesta rápida y precisa sobre el tipo de daltonismo más común, la deficiencia rojo-verde ya sea protanomalía o protanopia para el rojo o deuteranomalía o deuteranopia para el verde* (Ishihara, 1972). Y es quizás la prueba que más personas se han hecho, estando presentes en documentos formales, entrevistas de trabajos y hasta videojuegos. Consiste en determinar qué símbolo, por lo general números, están presentes en una placa circular que a su vez contiene formas circulares más pequeñas.

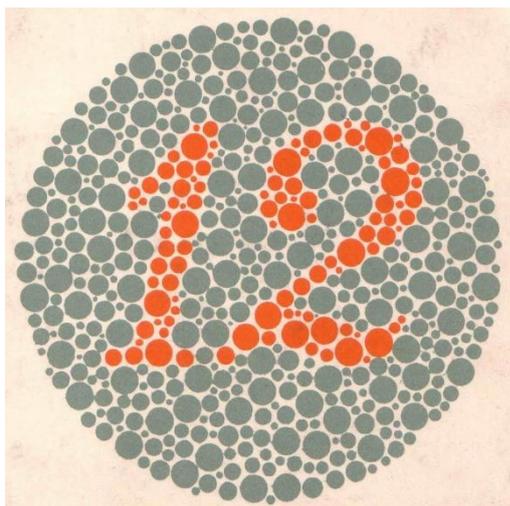


Ilustración 2. Ishihara Test '12'. Fuente: (Ishihara, 1972).

### TICs

- Ingeniería en software. La ingeniería en software: “comprende todos los aspectos de la producción de software, es decir, desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, lo que debe hacer, hasta su entrega y mantenimiento” (Somerville, 2011). A la hora de pensar, analizar y plantear el proyecto se buscó seguir los lineamientos de la ingeniería en software.
- Metodología SCRUM. Debido al poco tiempo con el que se contaba a la hora de desarrollar el trabajo se optó por utilizar metodologías ágiles ya que “ponen el énfasis en construir software que funcione que se pueda usar rápidamente [...] y se centra en iteraciones rápidas” (Deemer, Benefield, Larman, & Vodde, 2009), específicamente SCRUM el cual “es un marco de trabajo iterativo e incremental para el desarrollo de proyectos, productos y aplicaciones” (Deemer, Benefield, Larman, & Vodde, 2009) y plantea iteraciones de trabajo fijas de entre 1 y 4 semanas, según conveniencia.
- Lenguaje de programación Java.  
*Este es un lenguaje altamente valorado por su portabilidad, permitiendo a los programadores crear un programa para diversas plataformas gracias a que los programas se compilan en un lenguaje intermedio que luego es interpretado por la máquina virtual del entorno donde se quiera correr (Martinez, 2018).*
- SQLite como librería de base de datos SQL.

*SQLite es un motor de base de datos SQL incorporado. A diferencia de la mayoría de otras bases de datos SQL, SQLite no tiene un proceso de servidor separado, sino que lee y escribe directamente en archivos de disco normales. Una base de datos SQL completa con múltiples tablas, índices, disparadores y vistas está contenida en un solo archivo de disco (Desconocido, 2020).*

- Android Studio como entorno de desarrollo.

*Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android [...] Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece incluso más funciones que aumentan tu productividad (AndroidDevelopers, s.f.).*

- MVC (Modelo, vista, controlador) como patrón de diseño. MVC “es un patrón en el diseño de software comúnmente utilizado para implementar interfaces de usuario, datos y lógica de control. Enfatiza una separación entre la lógica de negocios y su visualización” (MDN Web Docs, 2021). Como se explica en la cita, el modelo son los datos, la vista las interfaces de usuario y el controlador la lógica de control.

### Competencias

En cuanto a aplicaciones que permitan reconocer colores a partir de una imagen se puede nombrar:

Nombre	Plataforma	Precio	Cámara
Color Blind Pal <sup>1</sup>	Android	Gratis	Si
ColorGrab <sup>2</sup>	Android	Gratis	Si
Colorimeter <sup>3</sup>	Android	US\$ 0.46	Si
ColorMeter Free <sup>4</sup>	Android	Gratis	Si
ColorName AR <sup>5</sup>	iOS	Gratis	Si

<sup>1</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.colorblindpal.colorblindpal&hl=en>

<sup>2</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.loomatix.colorgrab&hl=en\\_IN](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.loomatix.colorgrab&hl=en_IN)

<sup>3</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.colorimeter>

<sup>4</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vistechprojects.colormeterfree>

<sup>5</sup> <https://apps.apple.com/us/app/color-name-ar/id906955675>

Swatches <sup>6</sup>	iOS	Gratis	Si
-----------------------	-----	--------	----

*Tabla 2. Aplicaciones de reconocimiento de color. Elaboración propia (2020).*

Como se pudo observar existen diversas aplicaciones en el mercado móvil que permiten reconocer un color a través de una imagen o de la cámara del dispositivo. La gran mayoría son gratis y cumplen su función sin mayores complicaciones, variando entre sí en cuestiones de diseño y estética general. Mas allá de esto, se hace mención especial a la aplicación llamada 'Color Blind Pal' de Vincent Fiorentini la cual posee una función particular de resaltar colores específicos que puede ser de gran ayuda para personas daltónicas por lo que se decidió incluirla en el trabajo.

---

<sup>6</sup> <https://apps.apple.com/us/app/swatches-live-color-picker/id964993762>

Nombre	Plataforma	Precio	Tipo de test
Color Vision Test Lite <sup>7</sup>	iOS	Gratis	Ishihara
Daltonism Test <sup>8</sup>	Android	Gratis	Ishihara
Color Blind Check <sup>9</sup>	Android	Gratis	Identificar cuadros distintos en una cuadrícula

Tabla 3. Aplicaciones que prueban el daltonismo. Elaboración propia (2020).

La tabla número 3 refleja algunas de las múltiples aplicaciones que permiten a través de un examen, determinar si se padece de algún tipo de daltonismo. En su gran mayoría se utiliza el reconocido test de Ishihara por su gran efectividad, aunque otros optan por distintas opciones como es el caso de la aplicación ‘Color Blind Check’.

Luego de examinar todas las aplicaciones previas se pudo comprobar que no existe aplicación totalmente destinada a personas daltónicas, con la excepción de ‘Color Blind Pal’ la cual no cuenta con maneras de determinar si una persona es daltónica, por lo que realmente este trabajo no tenía competidores directos.

## Diseño metodológico

### Metodología

Como se mencionó previamente, la metodología seleccionada para realizar este trabajo es SCRUM, la cual forma parte de las metodologías ágiles y gracias a que se enfocan en iteraciones cortas y rápidas. La duración de las iteraciones o Sprints establecida para el desarrollo del trabajo es de 3 (tres) semanas.

<sup>7</sup> <https://apps.apple.com/cl/app/color-vision-test-lite/id401427572>

<sup>8</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobincube.android.sc\\_3DRJG7&hl=en](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mobincube.android.sc_3DRJG7&hl=en)

<sup>9</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.colblindor.colorblindcheck&hl=en>

Se utilizó el software GanttProject (GanttProject, 2020) tanto para crear el diagrama de Gantt mostrado en la planificación del proyecto como para ordenar y realizar un seguimiento de las iteraciones y sus tareas.

### *Herramientas de desarrollo*

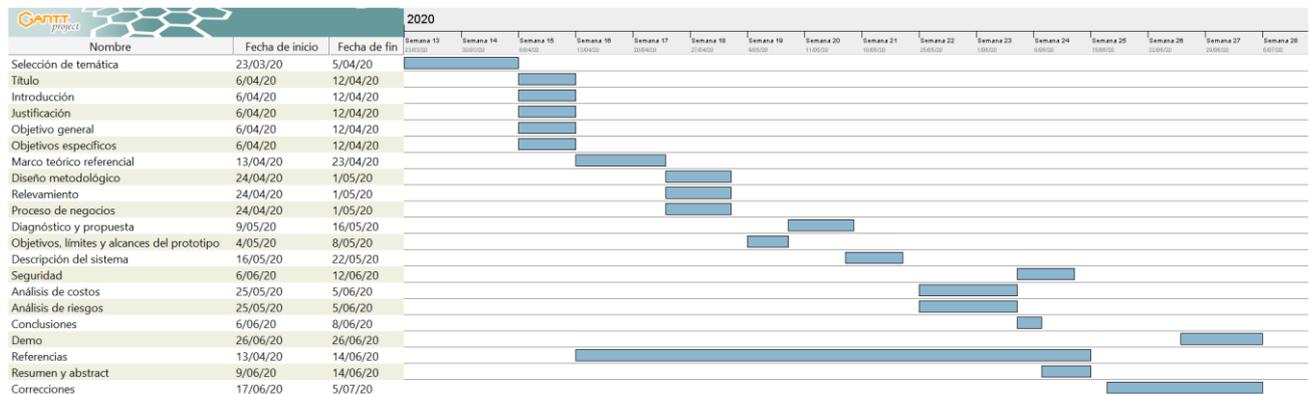
A la hora de desarrollar el sistema se utilizó el entorno de desarrollo AndroidStudio con Java como lenguaje de programación para la codificación de la aplicación móvil y SQLite como motor de base de datos. La arquitectura de software que se siguió fue la de Modelo, Vista y Controlador.

### *Recolección de datos*

Para la recolección de datos de este trabajo se utilizó la observación directa de distintas fuentes de información en su mayoría documentos web.

### *Planificación de actividades*

La planificación del trabajo se presenta a continuación a través de un diagrama de Gantt.



*Ilustración 3. Diagrama de Gantt creado en GanttProject. Elaboración propia (2020).*

## **Relevamiento**

### *Relevamiento estructural*

Para el desarrollo de este punto se modeló una organización genérica a la que el trabajo podría aplicar por lo que se utiliza una escuela tipo.

Si bien la organización de una escuela puede ser compleja, a modo de ejemplo se plantea un profesorado y una figura de control sobre este, siendo directivos o coordinadores para cada nivel de enseñanza que posea la institución ya sea nivel inicial, primaria y/o secundaria; Y por sobre estos una figura de director general.

En el marco de este trabajo se enfocó particularmente en las zonas de nivel inicial y primaria, contemplando niños de entre 3 y 6 años de edad ya que en esa franja comienzan a reconocer símbolos como letras y números siendo lo más temprano que se les puede someter a un examen con la modalidad de Ishihara.

### *Relevamiento funcional*

Los roles y funciones que se pueden establecer son:

Proceso realizar examen específico a los alumnos. Dentro de este proceso se nombra a la figura de los padres de los alumnos debido a que, al tratarse de menores de edad, son los responsables de las decisiones de estos y pueden estar en desconformidad con que se les tome un examen de este tipo sin consentimiento ya que está siendo realizado por una institución educativa y no por oftalmólogos profesionales.

- Directivo
  - Selecciona el tipo de examen a realizar.
  - Coordina en qué momento se realizará el test en los alumnos y comunica a los padres para obtener su conformidad.
  - Comunica a los profesores.
- Profesores
  - Guían a los alumnos a realizar el examen.
  - Controlan los resultados.
  - En caso de ser necesario, avisan a los padres de los alumnos y modifican sus métodos de enseñanza.
- Alumnos
  - Toman el examen.

## Proceso reconocimiento de colores en personas daltónicas.

- Individuo daltónico:
  - Intenta reconocer un color específico en una situación cotidiana.
  - En caso de tener dudas puede:
    - Pedir ayuda a un tercero.
    - No despejar su duda sabiendo que puede estar cometiendo un error.
- Asistente:
  - Reconoce el color para el individuo daltónico que pidió por su ayuda.

## Proceso diagnóstico de daltonismo profesional.

- Individuo:
  - Busca en distintas plataformas algún test que cumpla con lo que busca o que le llame la atención.
  - Realiza el examen de la modalidad elegida.
  - Controla los resultados para averiguar si puede poseer daltonismo.
  - Acude a un profesional de la visión para corroborarlo.

## Proceso de negocios

En este diagrama de flujo se describe cómo la escuela modelada se comportaría en el caso de que decidan comprobar si sus alumnos sufren de daltonismo. La dirección es la que coordina y organiza cuándo, cómo y qué examen se tomará, mientras que los profesores asumen la tarea de guiar a sus alumnos a realizarlo y, en el caso de tener alumnos daltónicos, verificar que sus métodos de educación no representen una dificultad para estos.

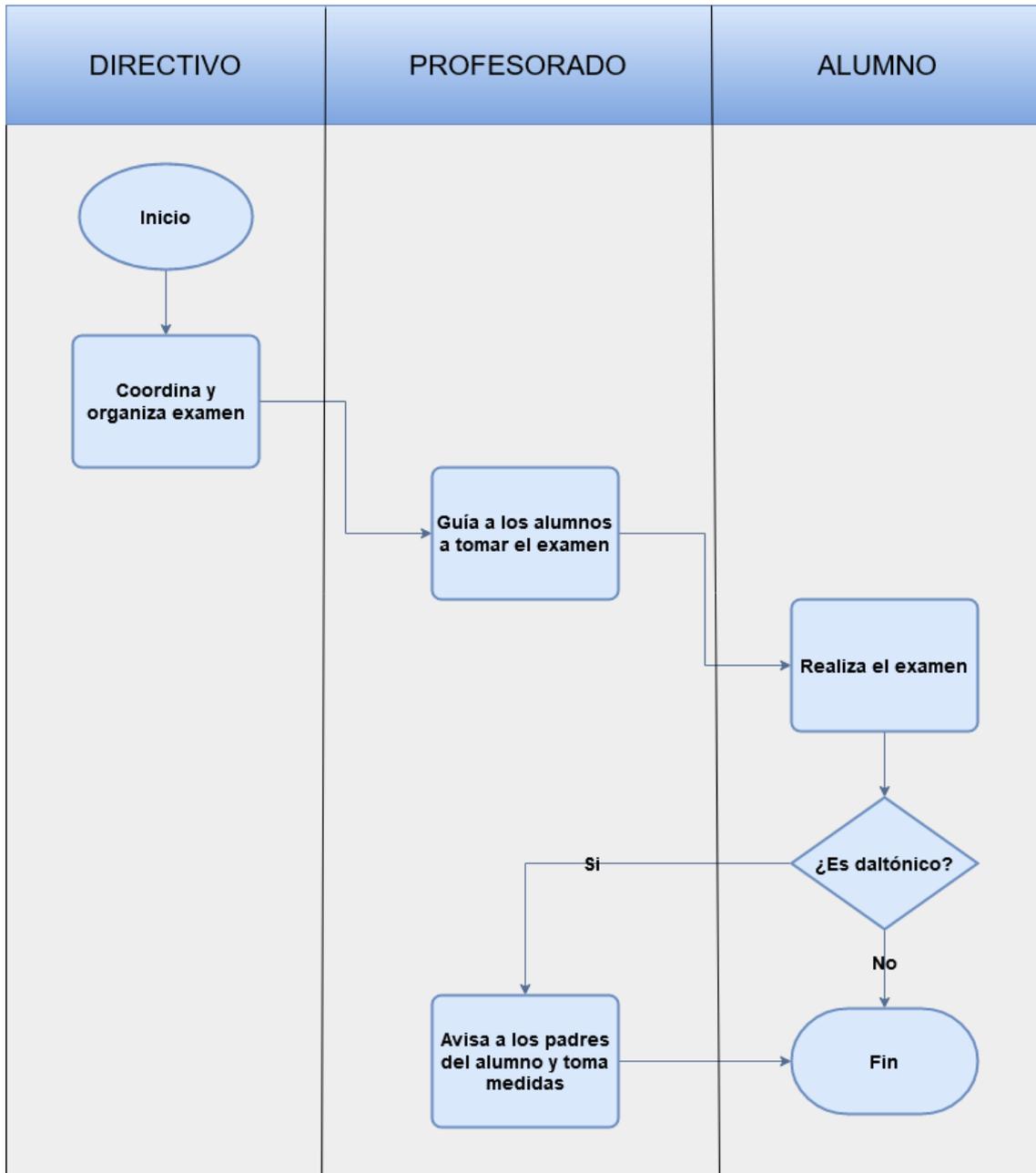


Ilustración 4. Diagrama de flujo. Elaboración propia (2020).

## **Diagnóstico y propuesta**

Luego de relevar la organización modelada se puede observar que el proceso de reconocimiento de alumnos daltónicos es muy importante de realizar en edades tempranas y, la institución educativa necesita un método o examen rápido y efectivo para cubrir a todos sus alumnos. A su vez se contempla el apoyo que reciben las personas daltónicas en las tareas diarias para que no tengan que depender de un tercero para reconocer colores específicos.

### *Diagnóstico.*

- Proceso número 1: Reconocer el daltonismo en una persona.
  - El problema recae en que si una persona no sabe que es daltónica puede encontrarse con situaciones muy confusas o frustrantes.
  - La causa de este radica en que la gran mayoría de las instituciones educativas no realizan test de este tipo en los alumnos.
- Proceso número 2: Reconocer colores específicos.
  - El problema se origina en que las personas daltónicas deben depender de otra persona para asegurarse de reconocer un color correctamente.
  - La causa de este problema radica en que no pueden estar completamente seguros de que están viendo el color que realmente es.

### *Propuesta*

Teniendo en cuenta estos dos procesos y sus falencias se propuso una aplicación para dispositivos móviles en la cual se pueda seleccionar una imagen y, a partir de ella, reconocer los colores, indicar de qué color se trata al seleccionarlo y resaltar un color específico en caso de que se lo desee. Además, cuenta con un test de

Ishihara gracias al que se puede detectar si el usuario posee daltonismo a través de las respuestas a doce preguntas con imágenes. Se decidió que sea móvil para que se pueda acceder a él en todo momento y lugar.

## Objetivos, límites y alcances del prototipo

### Objetivo del prototipo

Comprobar si una persona es daltónica y, a su vez, reconocer colores específicos en una imagen.

### Límites

El prototipo abarca desde que una persona decide tomar el test de daltonismo hasta que utiliza la herramienta de reconocimiento de color.

### Alcance

- Proceso de comprobación de daltonismo a través del test de Ishihara.
- Proceso de reconocimiento de color específico transformado en texto.
- Proceso de destacar color específico dentro de una imagen.

## Descripción del problema

### Product Backlog

ID	Historia de usuario	Disponibilidad	Prioridad	Dependencia
01	Ver menú principal	No disponible	Alta	
02	Cargar imagen	No disponible	Alta	
03	Tomar foto	No disponible	Media	
04	Escribir color específico	No disponible	Muy Alta	
05	Destacar color específico	No disponible	Media	
06	Ver paleta de colores	No disponible	Baja	HU01

07	Ver placas de Ishihara	No disponible	Muy Alta	HU01
08	Ver resultado del test	No disponible	Muy Alta	HU07
09	Seleccionar paleta de colores principales	No disponible	Baja	HU06
10	Ver perfiles	No disponible	Media	HU01
11	Agregar perfil	No disponible	Media	HU10
12	Seleccionar perfil	No disponible	Media	HU10

Tabla 4. Historias de usuario. Elaboración propia (2020).

### Historias de usuarios

<b>ID: 01</b>	<b>Título:</b> Ver menú principal		
<b>Prioridad:</b> Alta			
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo visualizar un menú para ver las funcionalidades de la aplicación.			
<b>Criterios de aceptación</b>			
<b>Condición:</b>		<b>Resultado:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El usuario ingresa a la aplicación.</li> <li>b) El usuario acepta los resultados del test de Ishihara.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El sistema devuelve el menú principal.</li> </ul>	

Historia de usuario 1. Elaboración propia (2020).

<b>ID: 02</b>	<b>Título:</b> Cargar Imagen		
<b>Prioridad:</b> Alta			
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo cargar una imagen para reconocer los colores específicos de esta.			
<b>Criterios de aceptación</b>			
<b>Condición:</b>		<b>Resultado:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El usuario presiona la opción de cargar una imagen.</li> <li>b) El usuario selecciona una imagen de su galería.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El sistema le muestra las imágenes disponibles en su galería.</li> <li>b) El sistema muestra la imagen seleccionada en el reconocedor de colores.</li> </ul>	

<b>ID: 03</b>	<b>Título:</b> Tomar fotografía
<b>Prioridad:</b> Media	
<b>Descripción:</b> Como usuario desde capturar una fotografía para reconocer los colores específicos de esta.	
<b>Criterios de aceptación</b>	
<b>Condición:</b>  a) El usuario presiona la opción de capturar fotografía.  b) El dispositivo utilizado no posee cámara o está defectuosa.  c) El usuario toma una fotografía.	<b>Resultado:</b>  a) El sistema abre la cámara del dispositivo.  b) El sistema vuelve a preguntarle si desea cargar imagen o capturar fotografía  c) El sistema muestra la fotografía tomada en el reconocedor de colores.

<b>ID: 04</b>	<b>Título:</b> Escribir color específico
<b>Prioridad:</b> Muy Alta	
<b>Descripción:</b> Como sistema le indicaré un color seleccionado a través de texto para que el usuario lo pueda distinguir.	
<b>Criterios de aceptación</b>	
<b>Condición:</b>  a) El usuario pulsa la imagen en un color que desee conocer.	<b>Resultado:</b>  a) El sistema describe el color seleccionado en texto.

<b>ID: 05</b>	<b>Título:</b> Destacar color específico
<b>Prioridad:</b> Media	
<b>Descripción:</b> Como sistema mostraré en la imagen exclusivamente el color seleccionado por el usuario para que lo reconozca.	
<b>Criterios de aceptación</b>	
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>

a) El usuario selecciona un color en la gama mostrada en el inferior de la pantalla.	a) El sistema muestra la imagen en gama de grises exceptuando las zonas donde se presente el color seleccionado.
--	--

*Historia de usuario 5. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 06	<b>Título:</b> Ver paleta de colores	
<b>Prioridad:</b> Baja		
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo visualizar la paleta de colores que utiliza el sistema para familiarizarme con ellos.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	
a) El usuario presiona la función de paleta de colores.	a) El sistema muestra los colores con los que trabaja y su nombre.	

*Historia de usuario 6. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 07	<b>Título:</b> Ver placas de Ishihara	
<b>Prioridad:</b> Muy Alta		
<b>Descripción:</b> Como sistema mostraré doce distintas placas de Ishihara acompañadas de posibles respuestas para que el usuario seleccione una.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	
a) Cuando el usuario seleccione la opción realizar test.	a) El sistema mostrará una placa de Ishihara y sus posibles respuestas.	
b) El usuario selecciona una de las opciones dadas.		

*Historia de usuario 7. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 08	<b>Título:</b> Ver resultados del test	
<b>Prioridad:</b> Muy Alta		
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo conocer mi desempeño en las placas de Ishihara para comprobar si poseo daltonismo.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	

a) Cuando el usuario responda la última placa de Ishihara.	a) El sistema calculará el desempeño y arrojará como resultado si el usuario es daltónico o no.
--	---

*Historia de usuario 8. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 09	<b>Título:</b> Seleccionar paleta de colores principales	
<b>Prioridad:</b> Baja		
<b>Descripción:</b> Como sistema le permitiré al usuario seleccionar los colores que utiliza la aplicación para que se sienta lo más cómodo posible.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	
a) Cuando el usuario presione la opción paleta de colores.	a) El sistema mostrará las paletas de colores disponibles para la aplicación.	
b) Cuando el usuario seleccione una de estas paletas.	b) El sistema establecerá la paleta seleccionada como los colores principales.	

*Historia de usuario 9. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 10	<b>Título:</b> Ver perfiles	
<b>Prioridad:</b> Media		
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo ver una lista de perfiles para comprobar los existentes.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	
a) Cuando el usuario presiona el botón perfiles	a) El sistema mostrará la lista de perfiles creados.	

*Historia de usuario 10. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 11	<b>Título:</b> Agregar perfil	
<b>Prioridad:</b> Media		
<b>Descripción:</b> Como usuario deseo crear un nuevo perfil para operar con este.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	

<p>a) Cuando el usuario presione el botón [+] dentro de la lista de perfiles.</p>	<p>a) El sistema mostrará un campo para que el usuario ingrese el nombre del nuevo perfil.</p> <p>b) El sistema creará el nuevo perfil y lo seleccionará</p>
---	--

*Historia de usuario 11. Elaboración propia (2020).*

<b>ID:</b> 12	<b>Título:</b> Seleccionar perfil	
<b>Prioridad:</b> Media		
<b>Descripción:</b> Como sistema le permitiré al usuario seleccionar el perfil activo para que opere con este.		
<b>Criterios de aceptación</b>		
<b>Condición:</b>	<b>Resultado:</b>	
<p>a) Cuando el usuario presione un perfil de la lista que no sea el activo.</p>	<p>a) El sistema seleccionará este como activo, desactivando el anterior.</p>	

*Historia de usuario 12. Elaboración propia (2020).*

### *Sprint Backlog*

Para el sprint número 1 se propuso desarrollar las siguientes historias de usuario con sus respectivas tareas:

- HU 1: Mostrar menú principal.
  - Diseñar interfaz gráfica
  - Codificar la lógica de la interfaz gráfica
  - Probar y modificar de ser necesario
- HU 07: Mostrar placas de Ishihara
  - Realizar conexión con la base de datos
  - Consultar los ítems disponibles para el test
  - Mostrar la imagen de la placa de Ishihara y sus posibles respuestas.
  - Diseñar interfaz gráfica

- Codificar la lógica de la interfaz gráfica
  - Probar y modificar de ser necesario
- HU 08: Ver resultado del test
  - Realizar conexión con base de datos
  - Consultar los resultados disponibles
  - Mostrar el resultado obtenido con su descripción
  - Diseñar interfaz gráfica
  - Codificar la lógica de la interfaz gráfica
  - Probar y modificar de ser necesario

## **Diagramas**

### *Diagrama de clases*

A continuación, se muestra un diagrama en el que se diferencian cuatro conjuntos de clases:

- Modelo. Contiene los datos 'modelados', de allí su nombre, extraídos de la base de datos.
- Repositories. Repositorios de cada clase del modelo, son los únicos que interactúan con ellos.
- Services. Servicios disponibles para la vista, los cuales se comunican con los repositorios.
- Pantallas. Vista general de la aplicación, es la que observa el usuario y con la única que interactúa directamente.

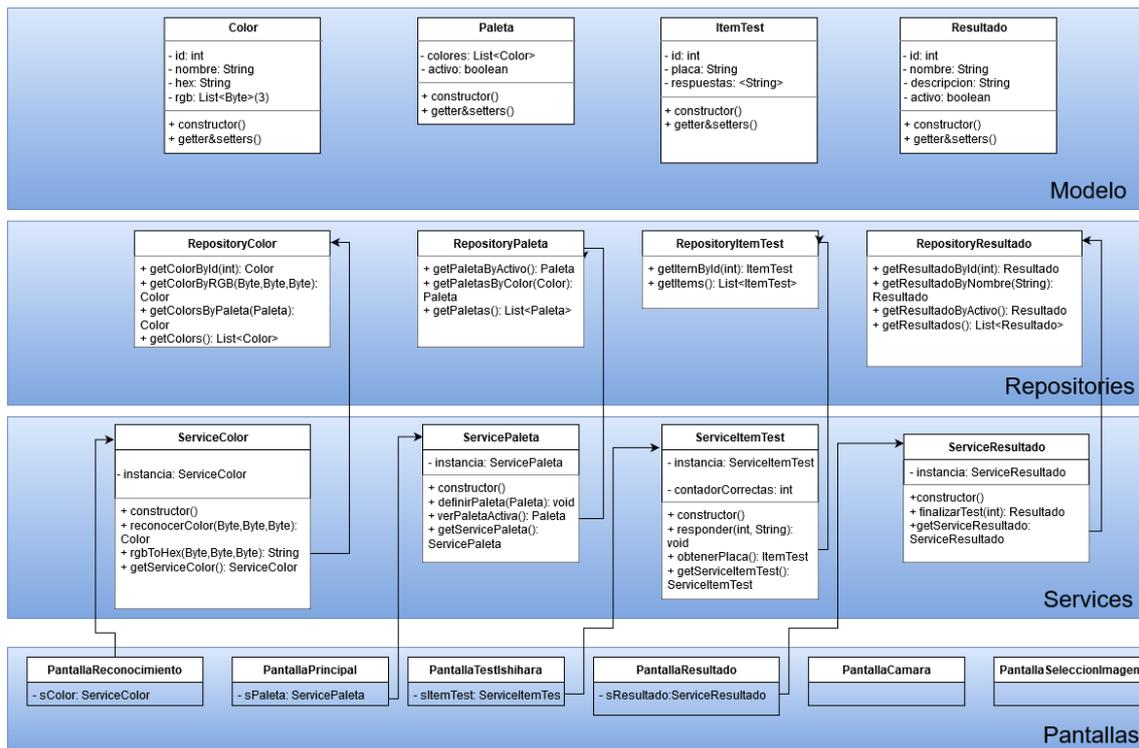


Ilustración 5. Diagrama de clases. Elaboración propia (2020).

### Diagrama de Entidad-Relación (DER)

Un diagrama de entidad-relación, comúnmente conocido por sus siglas, DER, muestra la estructura general de una base de datos. Como se indica en la ilustración número 7, existen perfiles los cuales tienen exclusivamente una paleta de colores y un resultado respecto al test de Ishihara. A su vez, una paleta contiene varios colores y un mismo resultado será mostrado a distintos perfiles. En otras palabras, de todas las veces que se realice la prueba, el resultado será uno de tres posibles, en este caso acromatismo, daltonismo o visión promedio.

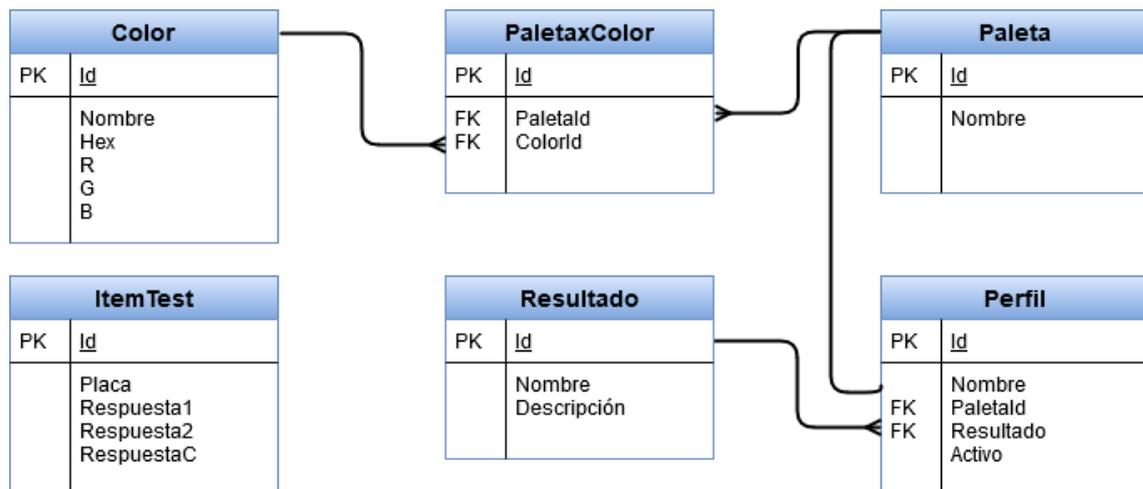


Ilustración 6. Diagrama Entidad-Relación. Elaboración propia (2020).

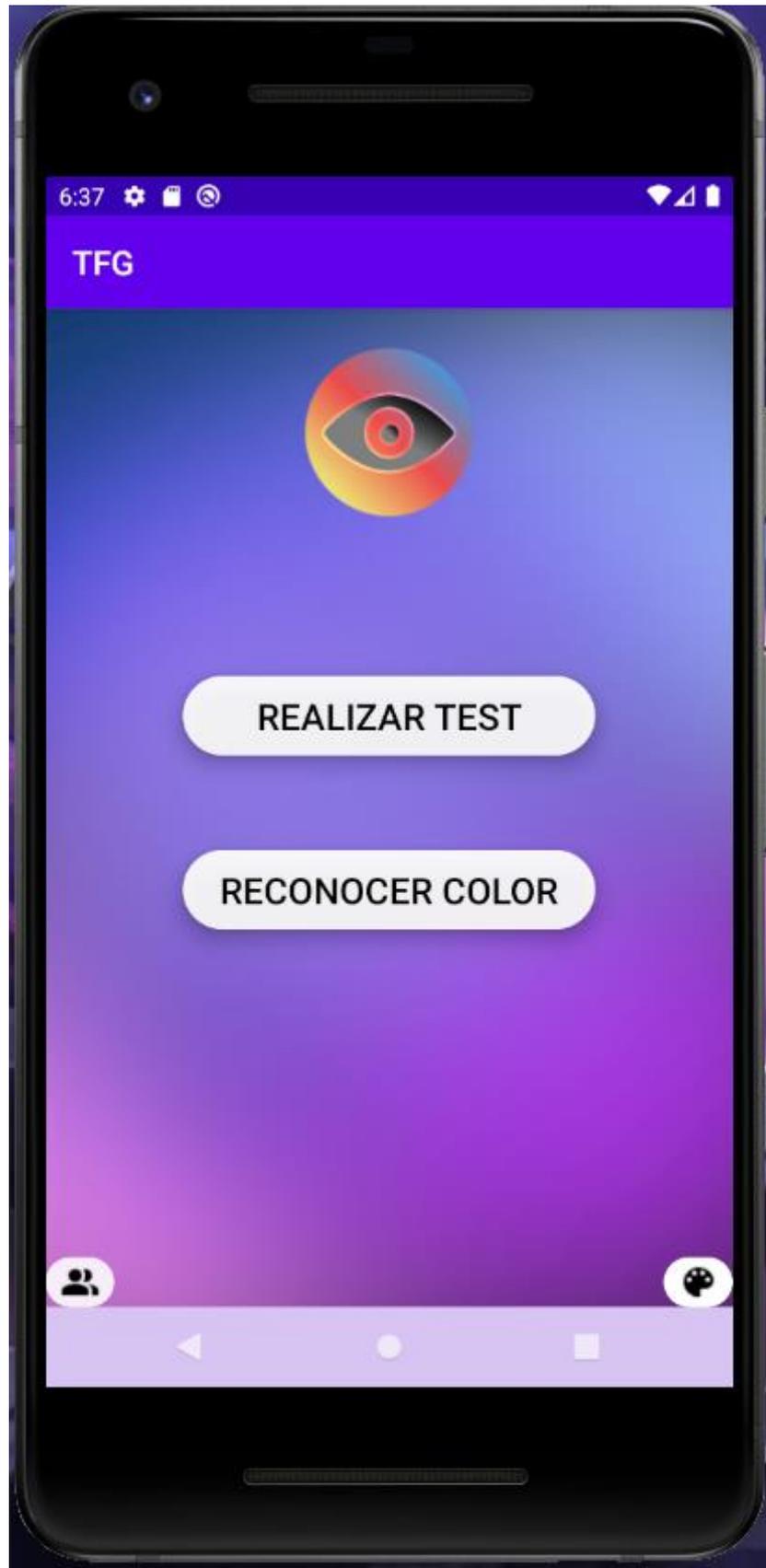
Cabe destacar que la base de datos que se utiliza está presente en el dispositivo que utiliza la aplicación ya que está embebida dentro del sistema. Es por esto que no se contemplan clases como usuarios con sus contraseñas ya que existe un único usuario por dispositivo, el cual tiene la posibilidad de crear distintos perfiles en el caso de que lo necesite o que varias personas utilicen el mismo dispositivo.

### Interfaces de pantallas

Se presentan diseños de las potenciales pantallas que compondrán al prototipo.

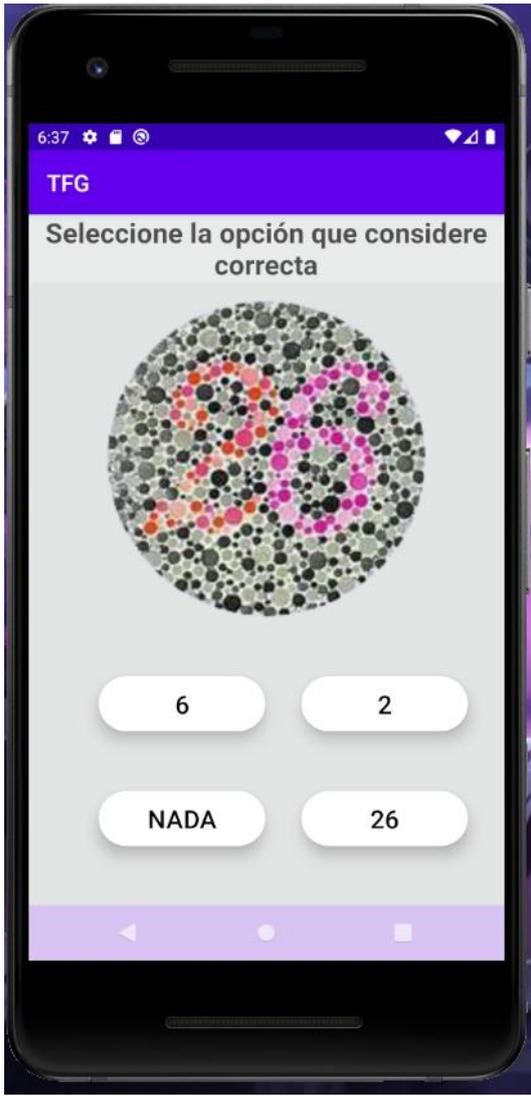
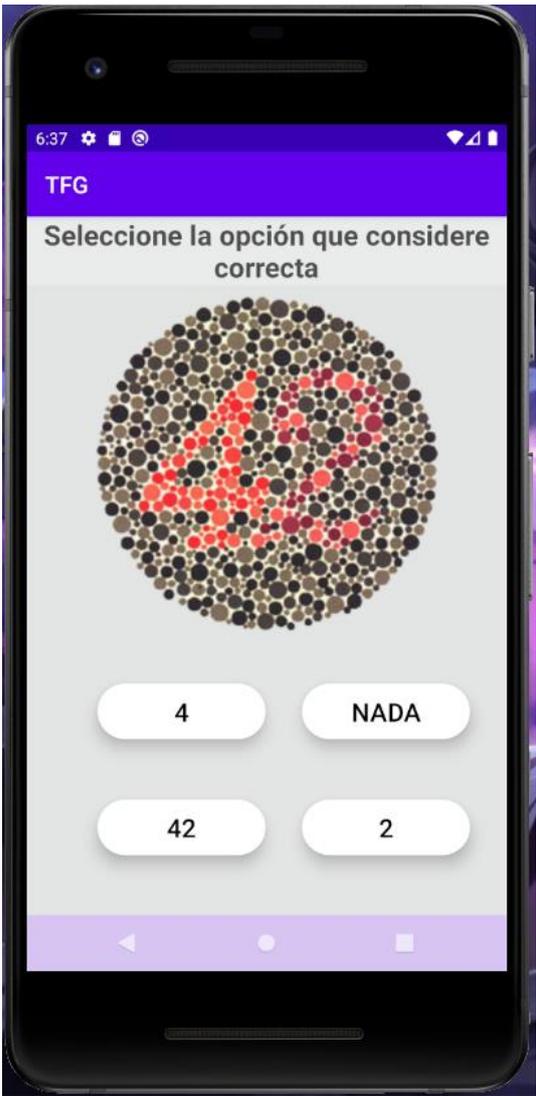
El usuario ingresa a la aplicación y observa el menú principal.

Selecciona realizar el test.



*Interfaz de pantalla 1. Menú principal violeta. Elaboración propia (2020).*

El usuario comienza a observar las distintas placas y a seleccionar las opciones que vea como correctas.



Interfaz de pantalla 2. Placas de Ishihara '42' y '26'. Elaboración propia (2020).



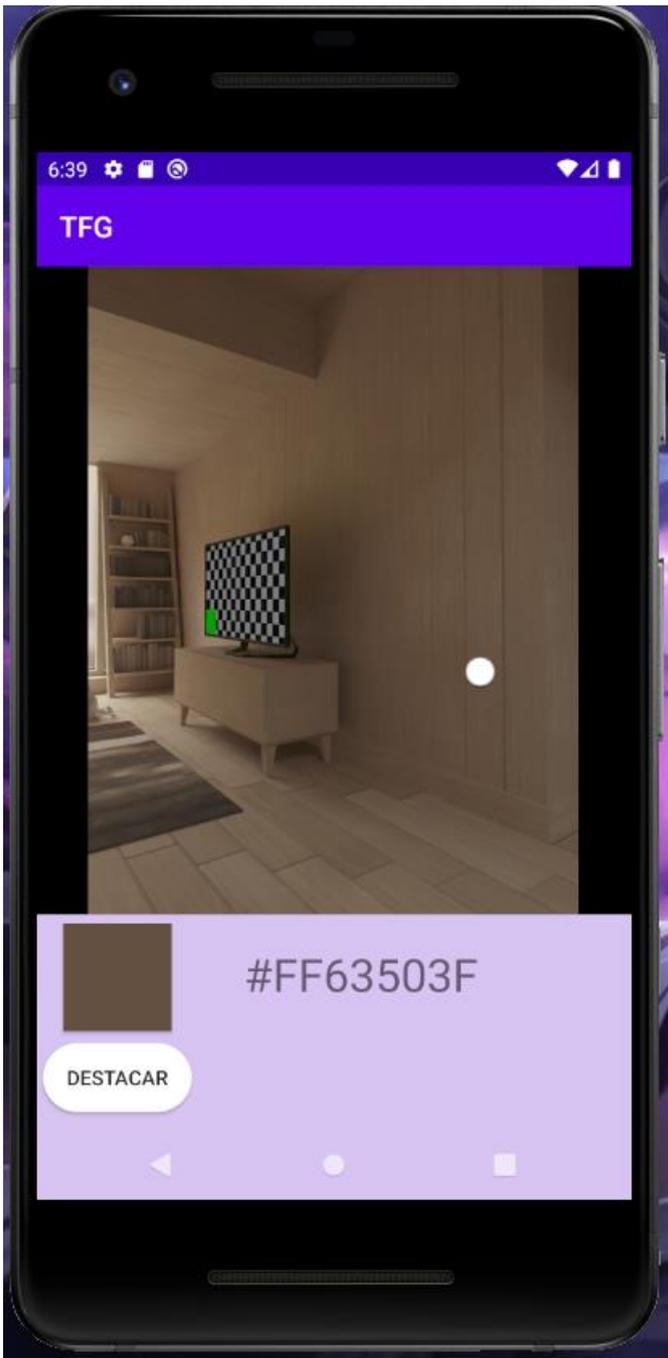
Finalmente  
obtiene los  
resultados de su  
examen.

*Interfaz de pantalla 3. Resultado del test. Elaboración propia (2020).*

Se vuelve al menú principal y el usuario selecciona reconocer color.



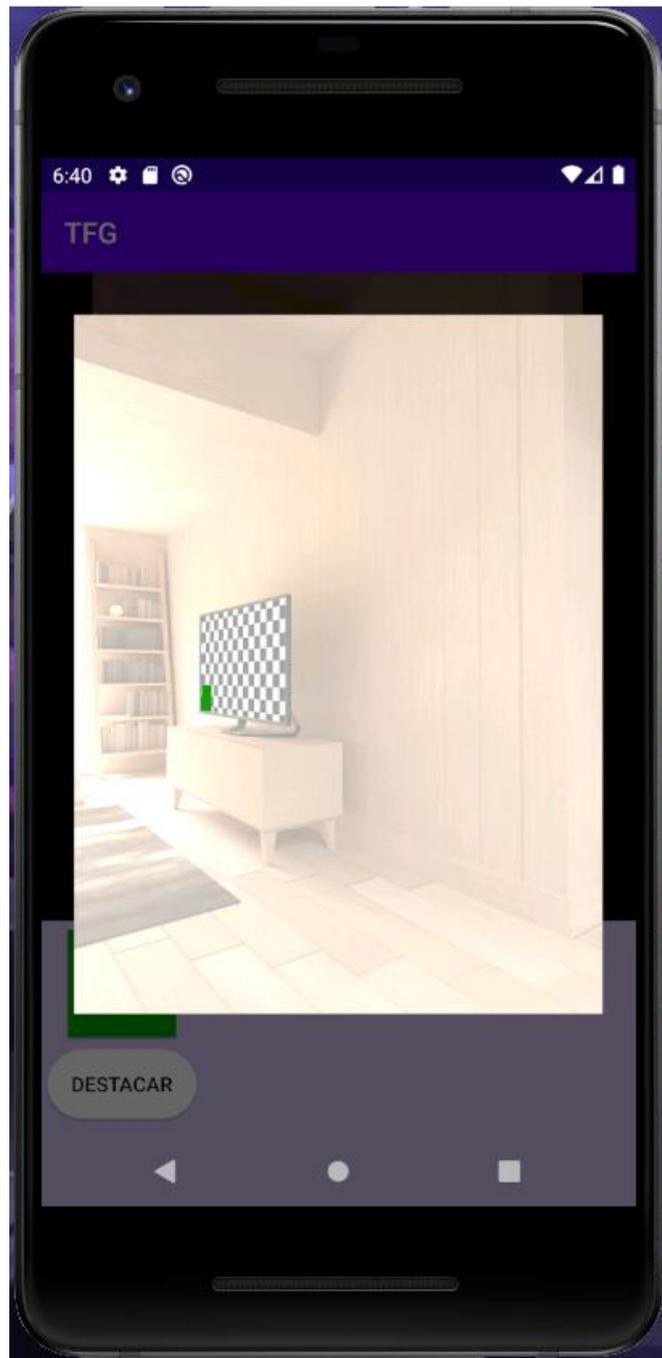
*Interfaz de pantalla 4. Menú principal azul. Elaboración propia (2020).*



En esta pantalla el usuario podrá seleccionar cualquier punto de la imagen que tomó o que eligió de su galería y debajo se verá el color acompañado de su código hexadecimal.

*Interfaz de pantalla 5. Reconocimiento de color. Elaboración propia (2020).*

En el caso de presionar **destacar** la aplicación mostrará una versión más clara de la imagen original, pero con el color seleccionado destacado, en este caso el cuadrado verde.



*Interfaz de pantalla 6. Color específico destacado.  
Elaboración propia (2020).*

## Diagrama de arquitectura

Este diagrama muestra cómo actúan los usuarios con el sistema, utilizando la función de reconocer un color específico o diagnosticar si una persona es daltónica. A la izquierda se pueden observar usuarios provenientes de una escuela, ya sea docente o alumno y a la derecha un usuario que con anterioridad conoce su condición y utiliza la aplicación como una herramienta a su favor. Para cumplir con las demandas de los usuarios el sistema se comunica con una base de datos presente en el dispositivo en el que corre la aplicación.

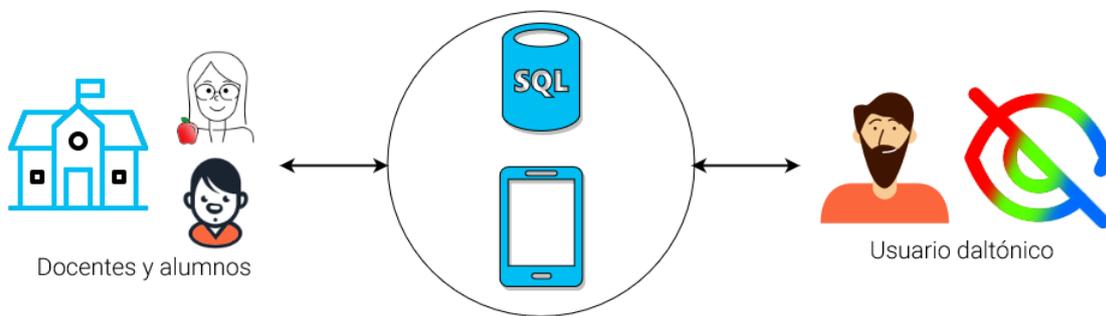


Ilustración 7. Diagrama de arquitectura. Elaboración propia (2020).

## Seguridad

En este apartado se enumeran las políticas referidas a la seguridad que se implementaron en el sistema. Diferenciando dos grupos que son 'acceso a la aplicación', el cual describe las medidas que se establecen a la hora de ingresar al sistema contemplando validaciones de campos y roles, y 'respaldo de información' en el que se describe la manera en que el sistema actuará en caso de eventual pérdida de datos del usuario.

### Acceso a la aplicación

Dentro de la aplicación el usuario tendrá la posibilidad de crear distintos perfiles diferenciados por su nombre en los que se podrá seleccionar la paleta de colores deseada y guardará el resultado obtenido a través de la prueba de daltonismo de

Ishihara. Esta función fue ideada para facilitar el trabajo de maestros y profesores que deban tomarles el examen a varios alumnos a la vez, tan solo con crear los perfiles con los nombres sus alumnos, tendrá los resultados de cada uno ordenados y así los podrá controlar.

Nº	Política
1	El usuario se registra con un nombre creando un perfil local.
2	Un mismo usuario puede tener n perfiles creados.
3	Se admiten únicamente caracteres alfanuméricos.
4	El nombre tendrá una longitud máxima de 12 caracteres.
5	El sistema tendrá un solo tipo de usuario con todas las funcionalidades.

*Tabla 5. Políticas de acceso a la aplicación. Elaboración propia (2020).*

#### *Política de respaldo de información*

La aplicación almacena sus datos en una base de datos SQLite ubicada en el mismo dispositivo donde se ejecuta, por lo que se dedica un servidor a modo de respaldo por posible pérdida de datos. La aplicación le dará al usuario la opción de guardar sus datos, esta se subirá al servidor siempre y cuando el dispositivo esté conectado a internet. En cualquier momento el usuario tendrá la opción de reestablecer los datos perdidos utilizando una opción de cargar datos, para lo que deberá haber ingresado previamente a su cuenta de Google con el dispositivo. Una vez mas cabe destacar que para realizar la descarga de los datos se deberá tener acceso a internet.

### **Análisis de costos**

Para ordenar la muestra de datos respecto a costos se diferencian los que corresponden al desarrollo y los que se corresponden con la implementación del sistema en la organización, costos operativos.

### Costos de desarrollo

Se utilizan valores extraídos del Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba (Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba, 2020).

Recurso	Honorario mensual	Duración estimada en meses	Total
Analista Junior	\$ 52.646	2	\$ 105.292
Programador Móviles	\$ 78.004	2	\$ 156.008
Diseñador de Usabilidad	\$ 61.281	1	\$ 61.281
TOTAL			\$ 322.581

Tabla 6. Costos de esfuerzo en horas hombre. Elaboración propia (2020).

Como la aplicación está orientada a que sea utilizada por niños a partir de tres años, se necesita un diseñador de usabilidad para que oriente al programador y así conseguir una mejor experiencia de usuario.

A continuación, se enumeran distintos costos respecto a los servicios necesarios para desarrollar la aplicación.

Recurso	Costo mensual	Duración estimada en meses	Total
Internet 100MB Cablevisión Fibertel <sup>10</sup>	\$ 3200	2	\$ 6400
Energía eléctrica EPEC <sup>11</sup>	\$ 1200	2	\$ 2400
TOTAL			\$ 8800

Tabla 7. Costos de servicios. Elaboración propia (2020).

<sup>10</sup> <https://www.cablevisionfibertel.com.ar/internet/fibertel-100-megas>

<sup>11</sup> Se introduce un monto promedio en base al historial de costo de este servicio para dar una aproximación al valor real.

Luego de estimar los costos tanto de esfuerzo humano como de los servicios necesarios, se obtuvo un costo total aproximado de \$ 280665 para el desarrollo de la aplicación.

### *Costos operativos.*

Para mantener los precios del hardware lo más objetivos posibles se toma los valores de tiendas oficiales que operen en Argentina y no la conversión del precio oficial mundial en otra divisa.

En cuanto a costos operativos se necesita un teléfono móvil con Android 7.0 o superior, por lo que la gran mayoría de los dispositivos disponibles para la compra al momento de la elaboración de este documento cumplen con esta característica, siendo el sistema operativo mínimo encontrado Android 8.0.

<b>Celular SO Android 7.0 o mayor</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Costo</b>
Alcatel 1 16GB SO Android 8.1 <sup>12</sup>	Alcatel	\$ 15000
Kodak Smartway T1 16GB SO Android 8.1 <sup>13</sup>	Kodak	\$ 12000
Quantum mini 16GB SO Android 8.1 <sup>14</sup>	Quantum	\$ 5500
TCL L5 Go M 16GB SO Android 8.0 <sup>15</sup>	TCL	\$ 10600

*Tabla 8. Costos operativos. Elaboración propia (2020).*

Como se puede observar se plantearon distintas opciones de teléfonos celulares aptos para ejecutar la aplicación y se calculó un promedio de sus precios para calcular un total de costos operativos en cuanto a hardware de \$10775.

---

<sup>12</sup> <https://www.alcatelmobile.com/es/product/smartphone/alcatel1/alcatel-1-2019/#buy>

<sup>13</sup> [https://www.kodaksmart.com/landing\\_t1.html](https://www.kodaksmart.com/landing_t1.html)

<sup>14</sup> <https://www.miquantum.com.ar/celular-libre-quantum-mini-8gb-512mb-ram-quadcore-android--1014726049xJM>

<sup>15</sup> <https://tcl.com.ar/productos/smartphones/smartphone-L5GOM/>

Se debe contemplar un costo fijo y único referente a la licencia de Google para subir una aplicación a su plataforma PlayStore de \$25USD<sup>16</sup>, lo cual al 10 de junio del corriente año 2020 son \$ 1.685,5 pesos argentinos, valiendo un dólar \$67,42 pesos argentinos (Banco Central de la República Argentina, 2020). Este costo al ser un gasto internacional se ve afectado por varios impuestos que agregan cerca del 30% extra. En conclusión, la licencia de PlayStore representa un costo único de \$ 2.191,15.

El total de costos operativos es de \$ 12.966,15.

Luego de sumar los costos de desarrollo y operativos se puede definir que el costo total de la aplicación es de \$293.631,15 (doscientos noventa y tres mil seiscientos treinta y un pesos argentinos con quince centavos).

### Análisis de riesgos

Al momento de observar los posibles riesgos que pudieran afectar la aplicación y al sistema en general se optó por establecer su ocurrencia en tres niveles, baja, media y alta, y su impacto en una escala de cinco niveles siendo 1 muy bajo y 5 muy alto. Estos riesgos se pueden observar en la tabla presentada a continuación.

Nº	Riesgo	Tipo	Ocurrencia	Impacto	Contingencia
1	Falta de entendimiento de la aplicación	Técnico	Media	4	Contratar un especialista en usabilidad para evitar este riesgo.
2	Falta de documentación en el código fuente	Técnico	Baja	2	Especificar al programador que haga énfasis en las buenas prácticas.
3	Baja de personal	Proyecto	Baja	5	Adquirir nuevo personal ante la repentina baja.
4	Retraso en los tiempos de desarrollo	Proyecto	Baja	5	Dilatar la entrega final del producto.

<sup>16</sup> <https://play.google.com/apps/publish/signup/>

5	Aislamiento social preventivo obligatorio	Proyecto	Baja	3	Coordinar las tareas vía online evitando el contacto entre los integrantes.
6	Cálculo erróneo de costos	Proyecto	Baja	1	Controlar el valor de la moneda nacional y su conversión con otras monedas inestables.
7	Catástrofe natural	Proyecto	Baja	5	Almacenamiento de backups en la nube.

Tabla 9. Análisis de riesgos. Elaboración propia (2020).

## Conclusiones

Este trabajo tenía como objetivo brindar una ayuda real a personas con daltonismo, para esto se indagó sobre la condición y se plantearon distintos objetivos específicos que llevaban a desarrollar una aplicación completamente dedicada a estas personas. Una vez finalizado el presente documento se observó que estos objetivos habían sido alcanzados y que de alguna u otra manera se poseían nuevos conocimientos de especialidades completamente distintas a la rama profesional que se desarrolla, como la fisiología y la biología celular.

A nivel prototipo se plantearon objetivos técnicos claros que fueron alcanzados, informando a una persona que según los resultados de su examen puede poseer daltonismo de algún tipo. Además, se presentó una herramienta extra que permite a los usuarios conocer el nombre de un color seleccionado, evitando situaciones incómodas como caer en la necesidad de pedir ayuda a otra persona y proporcionando más independencia a estos usuarios.

En el área personal y profesional se puede destacar que se aplicaron metodologías similares a materias pasadas, pero con tiempos más acotados, desarrollando un prototipo de aplicación pasando previamente por el análisis y diseño. A su vez, se abordaron tópicos muy distintos a los que estaba acostumbrando

incorporando conocimientos de otras profesiones, lo que confirmó una idea previa de que el ingeniero de software tiene la posibilidad de trabajar en la gran mayoría de ramas profesionales, teniendo que estar preparado para esto y dispuesto a no estar enteramente cómodo en todo momento con los temas que se están tratando o estudiando. Sin embargo, se alcanzaron los objetivos planteados y el trabajo sirvió como una experiencia enriquecedora en ambas áreas mencionadas, personal y profesional.

### *Demo*

El enlace presentado a continuación contiene el código de la aplicación Android sistema de reconocimiento de colores para personas daltónicas.

<https://github.com/PonceDiego/TFG>

## Referencia

- Android Developers. (s.f.). *Android 7.0 para desarrolladores*. Recuperado el 28 de 04 de 2020, de AndroidDevelopers: <https://developer.android.com/about/versions/nougat/android-7.0.html>
- AndroidDevelopers. (s.f.). *Introducción a Android Studio*. Recuperado el 15 de 11 de 2021, de AndroidDevelopers: <https://developer.android.com/studio/intro>
- Banco Central de la República Argentina. (10 de 06 de 2020). *Tipo de cambio minorista*. Obtenido de bcra: [http://www.bcra.gov.ar/PublicacionesEstadisticas/Tipo\\_de\\_cambio\\_minorista\\_2.asp](http://www.bcra.gov.ar/PublicacionesEstadisticas/Tipo_de_cambio_minorista_2.asp)
- Bruni, L. F., & Cruz, A. A. (2006). *Sentido cromático: tipos de defeitos e testes de avaliação clínica*. Recuperado el 28 de 04 de 2020, de Arquivos Brasileiros de Oftalmologia: <https://dx.doi.org/10.1590/S0004-27492006000500028>
- Brusco, H., Costa, J. J., & Loidl, C. (2014). *Histología médico-práctica*. Barcelona, España: ELSEVIER.
- Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba. (2020). *Tabla de Honorarios Enero 2020*. Obtenido de <https://www.cpcipc.org.ar/content/honorarios>
- Dalton, J. (1794). *Extraordinary Facts Relating to the Vision of Colours: With Observations*. Manchester.
- Deemer, P., Benefield, G., Larman, C., & Vodde, B. (2009). *Información básica de scrum (The Scrum Primer)*. Scrum Training Institute.
- Desconocido. (02 de 06 de 2020). *About SQLite*. Obtenido de SQLite: <https://www.sqlite.org/about.html>
- GanttProject. (02 de 06 de 2020). *GanttProject Team*. Obtenido de GanttProject: <https://www.ganttproject.biz/about>

Ishihara, S. (1972). *The Series of Plates Designed as a test for Colour-Blindness* (24 Plates Edition ed.). Tokyo, Japón: Kanehara Shuppan Co. Recuperado el 30 de 04 de 2020

Martinez, J. (2018). *Fundamentos de programación en Java*. Madrid: EME.

MDN Web Docs. (17 de 11 de 2021). *MVC - Glosario*. Recuperado el 17 de 11 de 2021, de MDN Web Docs Mozilla: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Glossary/MVC>

Montanero, M., Díaz, F., Pardo, P., Palomino, I., Gil, J., Pérez, Á. L., & Suero, I. (2003). Daltonismo y rendimiento escolar en la educación infantil. *Revista de Educación*(330), 449-462. Recuperado el Abril de 2020

Prevent Blindness. (2020). *Color blindness*. Obtenido de Prevent Blindness: <https://www.preventblindness.org/color-blindness>

Pró, E. A. (2012). *Anatomía Clínica*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Real Academia Española. (2020). *dle.rae.es*.

Somerville, I. (2011). *Ingeniería de Software* (Novena ed.). México: Pearson Educación S.A. Recuperado el 01 de 05 de 2020

Wade, A. (2000). Can you tell red from green? *Planet Medica*.

## Anexos

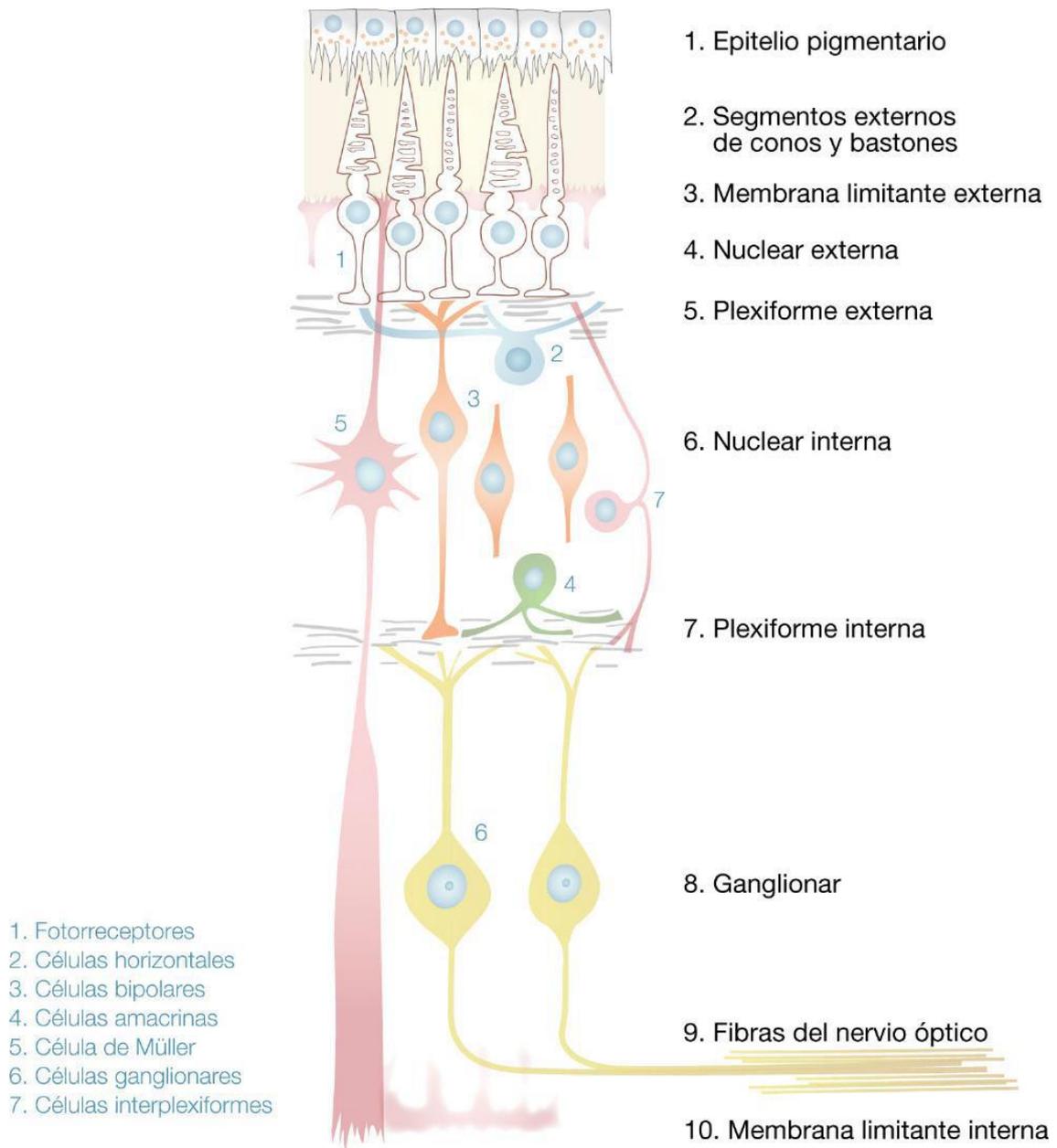


Imagen anexo 1. Esquema de corte histológico de la retina, observándose las capas y los tipos de células que la componen. Fuente: (Brusco, Costa, & Loidl, 2014, pág. 389).

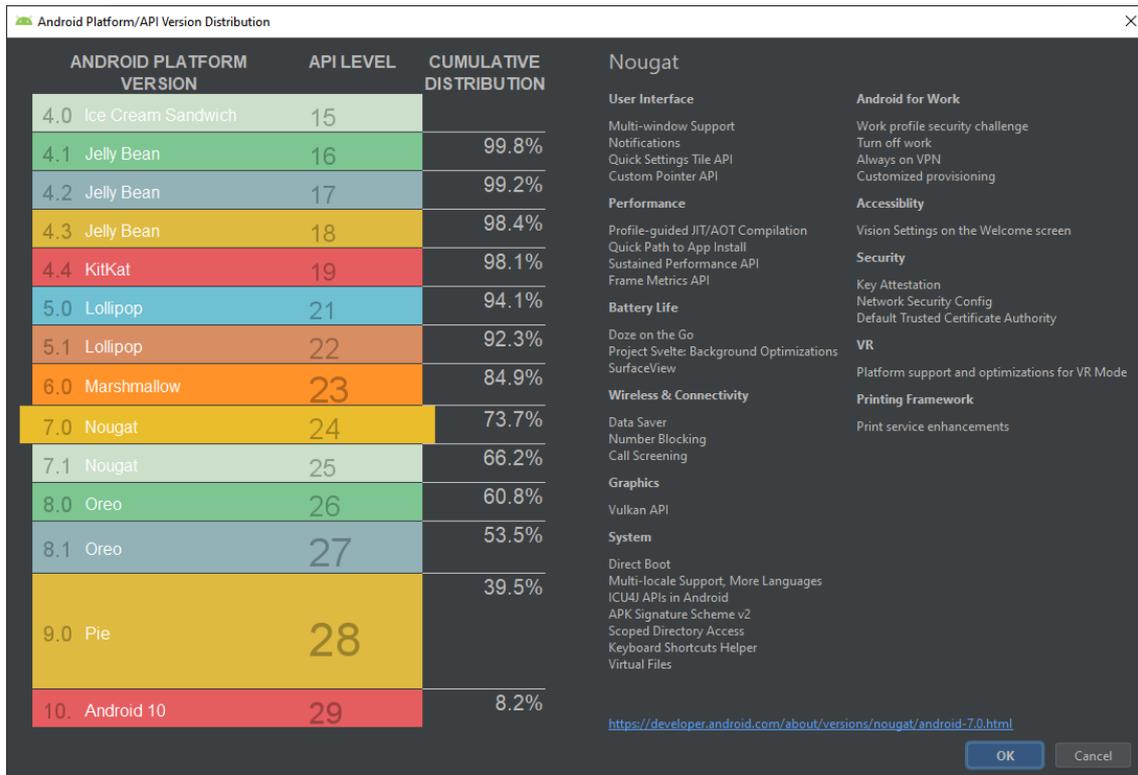


Imagen anexo 2. Distribución de versión Android. Fuente: (Android Developer, s.f.)