



## **Acta de Correcciones al Proyecto de Grado Ingeniería de Sistemas y Computación**

**Fecha:** 07/07/2021

**Autores:** Cristian Camilo Ortiz Acosta

**Nombre del Proyecto de Grado:** Prototipo de una interfaz tangible para el desarrollo de una actividad de aprendizaje.

**Director:**

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

**Firma de Director(a) del Proyecto de Grado**

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar el título de Ingeniero de Sistemas y computación.




---

**Dr. Camilo Rocha**  
Decano de la Facultad de Ingeniería



---

**Dr. Gerardo Sarria**  
Director Carrera Ingeniería de Sistemas y Computación.



---

**Dr. Andrés Navarro Newball**  
Director(a) Trabajo



---

**Dr. Yoan Pinzón**  
Jurado 1



---

**Dr. Gerardo Sarria**  
Jurado 2

Santiago de Cali, mayo 2 2019.

Señores

**Pontificia Universidad Javeriana Cali**

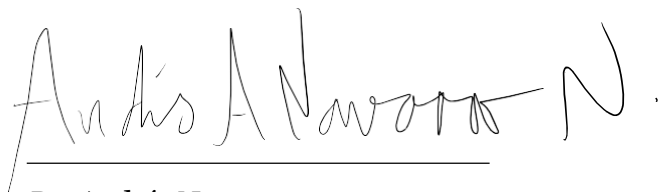
Dr. Andrés Navarro Newball

Director Carrera de Ingeniería de Sistemas y  
Computación Cali

Cordial Saludo,

Por medio de la presente me permito informarle que el estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación Cristian Camilo Ortiz Acosta (cod: 0221068) trabaja bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado “Prototipo de una interfaz tangible para el desarrollo de una actividad de aprendizaje”.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink that reads "Andrés A. Navarro N.". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Dr. Andrés Navarro

Santiago de Cali, mayo 2 2019.

Señores

**Pontificia Universidad Javeriana Cali**

Dr. Andrés Navarro Newball

Director Carrera de Ingeniería de Sistemas y  
Computación Cali

Cordial Saludo,

Me permito presentar a su consideración el anteproyecto de grado titulado “Prototipo de una interfaz tangible para el desarrollo de una actividad de aprendizaje” con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para llevar a cabo el proyecto de grado y posteriormente optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Al firmar aquí, doy fe de que entiendo y conozco las directrices para la presentación de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería aprobadas el 26 de noviembre de 2009, donde se establecen los plazos y normas para el desarrollo del anteproyecto y del trabajo de grado.

Atentamente,

*Cristian Ortiz A.*

---

Cristian Camilo Ortiz Acosta

Código: 2758677

**Pontificia Universidad Javeriana Cali**  
**Facultad de Ingeniería**

Ingeniería de Sistemas y  
Computación Proyecto de Grado

**Prototipo de una Interfaz Tangible Para el  
Desarrollo de una Actividad de Aprendizaje**

Cristian Camilo Ortiz  
Acosta

Director: Dr. Andrés Navarro

Mayo 2 2019





# Agradecimiento

Especial agradecimiento a la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, por abrir sus puertas y el apoyo que se brindó en esta crisis de pandemia para lograr este trabajo de investigación, en el cual el equipo de investigación que ofrece la universidad fue de gran ayuda. También, se le brinda un cordial agradecimiento al Campus Nova de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, los cuales dieron un gran apoyo en la aclaración del presente proyecto por medio de reuniones y asesorías personalizadas. Igualmente, se agradece a Andrés Navarro por dar un apoyo en la construcción del presente proyecto, por la asesoría constante de poder cumplir los objetivos planteados y de su guía incondicional en la ejecución teórica investigada. Por último, pero no menos importante, un agradecimiento a mi familia por testear la aplicación y dar ideas creativas para el prototipo y la innovación de la aplicación.

# Abstract

This thesis provides a development of a tangible interface for an activity of learning by means of a dominoes board game in a mixed reality, where the goal is to project endangered animals with the purpose of seeing the importance this kind of animals have in the world and get a deep knowledge about them. In order to accomplish a development of a tangible interface, it is required to implement an application which helps the user to see these animals projected in a screen depending on the domino which has been put on the board, where an interaction between the real-world domino piece and the projected animals virtually will be performed, with the aim of knowing which animals are endangered.



# Resumen

Este documento propone el desarrollo de una interfaz tangible para una actividad de aprendizaje, mediante un juego de dominó extendido en realidad mezclada, donde el objetivo es proyectar animales en vía de extinción, con el fin de que el usuario pueda ver la importancia que tienen estos animales en el mundo y obtener un conocimiento más profundo sobre ellos. Para llevar a cabo el desarrollo de una interfaz tangible, se requiere implementar una aplicación que ayude a proyectar los animales en la pantalla de acuerdo con la ficha que se ha puesto en el tablero, donde se realizará una interacción entre las fichas del mundo real y los animales proyectados en el mundo virtual, siendo esto un apoyo para dar a conocer qué animales están a punto de desaparecer.



# Índice general

1.	Introducción .....	1
2.	Análisis .....	5
2.1	Planteamiento del Problema .....	5
2.1.1	Formulación .....	6
2.1.2	Sistematización .....	6
2.2	Objetivos .....	6
2.2.1	Objetivo General .....	6
2.2.2	Objetivos Específicos .....	6
2.3	Justificación .....	7
2.3.1	Justificación.....	7
2.4	Delimitaciones y Alcances .....	7
2.4.1	Entregables .....	8
2.5	Marco de Referencia .....	8
2.5.1	Áreas Temáticas .....	8
2.5.2	Marco Teórico .....	8
2.6	Trabajos Relacionados.....	10
2.7	Metodología .....	14
2.7.1	Metodología a usar .....	14
2.7.2	Actividades.....	14
2.7.3	Resultados Esperados.....	15
2.8	Publico Objetivo .....	15
2.9	Reglas del Dominó.....	24
3.	Desarrollo .....	16
3.1	Diseño .....	16
3.1.1	Arquitectura.....	16
3.1.2	Diagramas de secuencia .....	17
3.1.3	Diagrama de flujo.....	20
3.2	Diseño de Interfaz y Forma de Uso .....	21

4. Implementación.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Interfaz Implementada.....	26
4.2 Técnica Implementada.....	28
4.3 Selección de los Marcadores.....	28
4.4 Herramienta Utilizadas.....	29
4.5 Interfaz Tangible.....	29
4.6 Obstáculos.....	30
5. Pruebas.....	31
5.1 Metodología de Pruebas.....	31
5.1.1 Primera fase de resultados por parte de los desarrolladores.....	32
5.1.1.1 Marcador de chimpancé.....	34
5.1.1.2 Marcador de tigre.....	35
5.1.1.3 Marcador de oso panda.....	36
5.1.1.4 Marcador de oso polar.....	37
5.1.2 Segunda fase resultados por parte de los usuarios.....	38
5.1 Análisis de resultados.....	40
6. Conclusiones.....	43
6.1 Conclusiones.....	43
6.2 Trabajo futuro.....	44
Bibliografía.....	45



# 1. Introducción

La destrucción que en las últimas décadas ha perpetrado el hombre en grandes extensiones de hábitats naturales, está causando una gran extinción de especies y, por lo tanto, una pérdida de diversidad biológica en las que operan naturalmente. La humanidad ha llegado a un punto donde la “destrucción de hábitats naturales se ha vuelto algo natural, por lo tanto, la prioridad del ser humano hoy en día no es cuidar la naturaleza sino destruirla para “un bien común”, esto implica destruir mucha biodiversidad natural como las selvas tropicales, donde el 50% de las especies biológicas del planeta habitan en estos ecosistemas” (ABRO8).

Actualmente, muchas personas desconocen cuántas especies están a punto de desaparecer, debido a la poca información que tienen sobre los animales en vía de extinción. Esto ha hecho que nadie se interese por este asunto, al igual que tampoco el ser humano es consciente de qué problemas puede causar esta pérdida de especies para nuestro ecosistema. Un claro ejemplo de ello es que al extinguirse un animal, como lo es la abeja, en el artículo “Peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa” habla de que, si las abejas dejan de existir, muchos de nuestros alimentos dependen en gran medida de la polinización natural intermediada por insectos, y unos de los insectos más importantes es la abeja para polinizar el ecosistema. Sin esta función de polinización, provocaría un cambio en la flora silvestre, ya que, todas estas flores dependen de la polinización de las abejas (RGP13).

Debido a lo anterior se han realizado diversas actividades de aprendizaje para informar a las personas sobre los animales en peligro de extinción. Dentro de dichas actividades está un proyecto de Valladolid llamado “Los animales en peligro de extinción y la protección de la biodiversidad en educación infantil”. Este proyecto se centró en averiguar los conocimientos que tienen los padres, los docentes en activo de Educación Infantil, y estudiantes del Grado en Educación infantil sobre los animales en peligro de extinción. Para este proyecto se realizó una encuesta con la motivación de ver si las personas tenían conocimiento sobre algunos animales en peligro de extinción, sin embargo, los resultados obtenidos demostraron que no estaban informados de los animales mencionados en la encuesta, los cuales estaban a punto de extinguirse (AGL16).

Para resaltar todas estas problemáticas se han utilizado diferentes métodos para informar a las personas sobre este suceso, donde han hecho campañas, actividades, proyectos y aplicaciones tecnológicas, que promueven la protección de los animales en vía de extinción, y así concienciar a las personas sobre este hecho.

Para ello, se escogieron a 4 animales que se encuentran en la lista de peligro de extinción y el primero de ellos es el Oso Polar, el segundo el Tigre, el tercero el Oso Panda y por último el Chimpancé. Cada uno de estos animales tiene un alto porcentaje de extinguirse. Este proyecto busca la necesidad de informar a las personas de que estos animales están en punto crítico de desaparecer y mostrarles qué consecuencias provocaría su desaparición.

## OSO POLAR

Desafortunadamente, hoy en día, el oso polar, es un mamífero el cual está en un grave peligro de extinción. Muchos científicos han comunicado sobre esta problemática desde hace varios años, sin embargo, en el 2008, el gobierno de Estados Unidos de América incluyó al oso polar en la lista de animales en peligro de extinción. Esto es debido al cambio climático que ha venido destruyendo paulatinamente los océanos árticos, y a consecuencia de esto las poblaciones de osos polares se han reducido considerablemente en los últimos años. Estos animales se clasifican como mamíferos marinos debido a que su hábitat se encuentra en los océanos árticos, como se dijo anteriormente, toda la problemática de la contaminación ha hecho que estos hábitats árticos empiecen a derretirse cada vez más, y con ellas, también los osos polares, en la figura 1.1 se observa el oso polar (OPPE02).



Fig. 1.1 Oso polar, tomada de (OPPE02)

## TIGRE

El tigre, es el animal nacional de la India. Es uno de los felinos más grandes del mundo y considerado un animal con mayor peligro de extinción a nivel global. Según los datos proporcionados por la WWF (World Wildlife Fund), el número de tigres que quedan en el mundo rondan los 3.200 en su hábitat natural. Sin embargo, muchos de estos animales se encuentran en zoológicos en diferentes países.

Las principales amenazas a las que se enfrentan los tigres son la deforestación y en general, el ser humano. La caza ilegal ha provocado que el tigre se encuentre en peligro de extinción y que, incluso, hayan desaparecido otras subespecies de este animal como fueron el tigre de java y el de Bali.

Una de las razones por las que este animal sufre está provocada por su piel, que es altamente deseada en el mercado negro, y ciertas partes de su cuerpo que son utilizadas para la medicina tradicional china. En la figura 1.2 podemos apreciar al hermoso tigre en su hábitat natural (TPE03).



Fig. 1.2 Tigre, tomada de: (OPPE03)

## OSO PANDA

El panda, es un mamífero que habita en los bosques de bambú situados en las montañas del centro de China. Es resaltado por su hermoso pelaje en colores blanco y negro. Este animal es uno de los más fáciles de reconocer a nivel mundial, pero se encuentra en la lista de especies en peligro de extinción y se estima que habría en el mundo menos de 2 mil ejemplares en pocos años.

Una de las grandes amenazas del oso panda es la destrucción de los bosques y la poca adaptación que tienen. Otro problema, es el sistema digestivo de este animal, que solo está adaptado para comer bambú, por lo cual queda descartado que puedan realizar cambios en sus dietas. El panda solo puede adaptarse en el entorno al que desde sus orígenes se ha ido habituando. En la figura 1.3 se puede apreciar la imagen de un oso panda buscando alimento en troncos de árboles deforestados, los cuales son sumamente necesarios para su dieta diaria (PPE10).





Fig. 1.3 Oso panda, tomada de: (PPE11)

## CHIMPACÉ

Los chimpancés, ahora mismo están en peligro de extinción debido a la afectación de sus hábitats, a la caza furtiva y al crecimiento del ser humano. Esto ha provocado que la población de esta especie haya ido decreciendo en los últimos años. También, una de las consecuencias de esta tragedia es la contaminación global que se presenta hoy en día.

Los expertos coinciden en que, si los cambios significativos no ocurren ahora, será muy difícil para ellos permanecer en la tierra en el futuro. La estimación sobre el número de los chimpancés en estado salvaje es actualmente desconocida debido a la dispersión de las regiones donde viven.

Se estima un número de 100.000 a 200.000 chimpancés vivos en estado salvaje, por lo que se hace necesaria la sensibilización con ellos y requiere de esfuerzos exitosos para su conservación. Si se realizan campañas de donación para una causa noble, ciertamente hará una diferencia. A continuación, en la figura 1.4 se puede apreciar el chimpancé en su estado salvaje (CPE01).

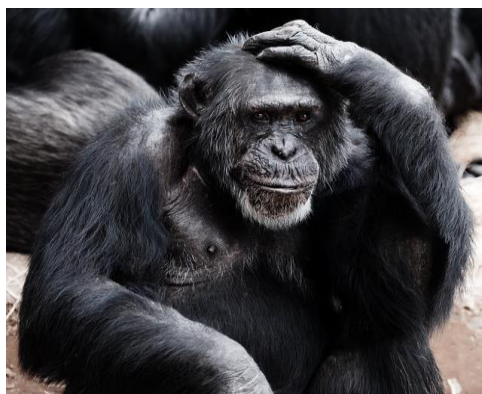


Fig. 1.4 Chimpancé, tomada de: (CPE01)

# 1. Análisis

## 2.1 Planteamiento del Problema

En el proyecto “Estudio Sobre la Aplicación de Tecnología de Interacción a la Rehabilitación de Discapacidad Auditiva” hecho por Andrés Lenis y Cristian Camargo, crearon una aplicación, donde su funcionamiento era interactuar con unas piezas de dominó de animales, para entretener a los niños, pero se observaron algunos inconvenientes y es que los niños al utilizar el mouse no podían trasladar bien las fichas de dominó en la posición correcta y esto ocasiona frustración ante no lograr posicionar las fichas en los lugares que deseaba y también se notó que la combinación de teclado y mouse durante la interacción, para la rotación y posicionamiento simultáneo de las fichas, implicó un mayor esfuerzo por parte del niño a lo largo de la prueba.

Con la realidad aumentada se mostró una interacción entre el mundo real y mundo virtual, pero la interacción que se mostró en el proyecto no era la esperada, ya que la interacción entre las fichas del mundo real y el mundo virtual era muy básica. Esto trajo varios problemas, por ejemplo, los niños se aburrían rápido del juego o no mostraban ningún interés por él y debido a esto, las terapias con los niños no tendrán buenos resultados. Por lo tanto, se continuará el proyecto para mejorar la interacción entre el mundo real y mundo virtual, con estudiantes de biología.

Ahora los estudiantes de biología de la Pontificia Universidad Javeriana Cali se preguntan, ¿para qué sirve realizar un dominó en realidad mezclada con animales en vía de extinción?, esta herramienta ayudará a tener una perspectiva diferente del mundo virtual, ya que si proyectas unos animales con ayuda de las fichas de dominó, se podrá llevar la información del animal a una pantalla en donde se mostrará algunas interacciones especiales del animal y así ayudará a los estudiantes de biología a ver la importancia de dichos animales, estudiarlos y ver algunas interacciones que se proyectarán en la pantalla, gracias a esta actividad de aprendizaje, los estudiantes de biología tendrán una herramienta novedosa en donde podrán buscar información de una nueva forma.

Para este proyecto se utilizarán animales especiales y únicos, para que los estudiantes de biología se puedan informar de ellos, por lo tanto los animales que se utilizarán para este trabajo, son animales en vía de extinción, con el fin de que los estudiantes tenga información disponible de algunos de estos animales, para que sepan cuales están a punto de desaparecer y que problemas van a traer si ya no están vivos, por tanto se utilizará un dominio extendido en realidad mixta MR, para proyectar dichos animales y mostrar la información de cada uno de ellos, como por ejemplo su nombre, cuál es su hábitat, qué importancia tiene para el mundo y cuántos de ellos quedan en el mundo.

La idea de realizar este proyecto, es mostrar una mejor interacción entre el mundo real y el mundo virtual, para que los estudiantes de biología puedan interactuar en él, con ayuda de una herramienta y también que pueda ser utilizada para razones de investigación o educativos, por lo tanto se llevará una inmersión del mundo real al mundo virtual utilizando las piezas del dominó, con el fin de mostrar una nueva perspectiva del dominó extendido, con esto se busca responder la pregunta de formulación

### **2.1.1 Formulación**

¿Cómo desarrollar una interfaz tangible basada en realidad mezclada para un juego de domino virtual que sirva de actividad de aprendizaje para los estudiantes de biología de la Pontificia Universidad Javeriana Cali?

### **2.1.2 Sistematización**

- ¿Cómo incorporar animales en vía de extinción en un juego de dominó virtual?
- ¿Cómo desarrollar un juego de dominó virtual que pueda utilizar realidad mezclada relacionada con animales en vía de extinción?
- ¿Cómo desarrollar una interfaz tangible basada en un juego de dominó en realidad aumentada?
- ¿Cómo evaluar la usabilidad de la interfaz tangible?

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1 Objetivo General**

Desarrollar una interfaz tangible en realidad mezclada para un juego de domino virtual que sirva como actividad de aprendizaje para los estudiantes de biología.

### **2.2.2 Objetivos Específicos**

- Incorporar animales en vía de extinción en un juego de domino virtual.
- Desarrollar un juego de dominó virtual que pueda ser utilizada en la realidad mezclada relacionada con animales en vía de extinción.
- Desarrollar una interfaz tangible basada en realidad mezclada con un juego de domino virtual.
- Evaluar la usabilidad de la interfaz tangible.

## **2.3 Justificación**

### **2.3.1 Justificación**

En el artículo “EXTINCIÓN. CAUSA Y EFECTO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA” habla de que el hombre es el agente causante de la extinción de muchas especies, que da claro que la extinción es un evento natural que afecta con mayor o menor proporción y a diferentes tasas de velocidad a todos los grupos de organismos. Sin embargo, en la actualidad, una de las grandes causas de la extinción de los animales radica en el hombre, esto es debido a la intervención del hombre sobre los ambientes y la diversidad biológica está provocando la mayor extinción en masa de todos los tiempos. Esto avanza a una velocidad muy acelerada, generando la pérdida permanente de especies en muchos países (RLA01).

En el siglo XXI se desconoce cuáles son los animales que están en peligro de extinción, por tal motivo, este proyecto busca incorporar una herramienta que ayude a mostrar cuáles son los animales que están a punto de desaparecer, dar a conocer sus hábitats y lo importante que son. Esta herramienta se podrá utilizar en las universidades, colegios, institutos y otros lugares educativos para las personas que desean saber cuáles animales están a punto de extinguirse.

La herramienta que se utilizará para este proyecto va a ser un dominio extendido en realidad mixta MR, con el fin de proyectar los animales extintos por medio de las fichas de dominó. Esta actividad de aprendizaje busca que las personas conecten las fichas y ver la interacción que produce al conectar dos fichas que se visualiza por medio de una pantalla, la idea de la pantalla es mostrar una pequeña información del animal y ver cómo se comporta en su hábitat.

Esta actividad ayudará a que muchas personas se informen y vean la importancia que tienen estos animales para el mundo, también esta herramienta se podrá utilizar en investigaciones o proyectos que ayuden con el estudio de estos animales, por ejemplo, para los estudiantes de biología.

## **2.4 Delimitaciones y Alcances**

- Se desarrollarán 2 configuraciones de interfaz tangible.
- Se buscará solo una actividad de aprendizaje relacionada con la extinción de los animales.
- Se realizará pruebas en el laboratorio de la Pontificia Universidad Javeriana Cali para evaluar su usabilidad.

### **2.4.1 Entregables**

- Dos interfaces tangibles que cumplan con los objetivos planteados.
- Una evaluación comparativa de los resultados obtenidos de este proyecto a las soluciones actuales.
- Un informe que detalle el proceso del proyecto.

## **2.5 Marco de Referencia**

### **2.5.1 Áreas Temáticas**

- Computación gráfica
- Interacción humana computadora

### **2.5.2 Marco Teórico**

Este proyecto consiste en el desarrollo de una interfaz tangible para una actividad de aprendizaje en animales en vía de extinción para mejorar la interacción humano-computadora a través de un dominio extendido en realidad aumentada AR, realidad virtual VR y realidad mixta MR, implementando los conceptos de interacción humano-computadora y computación gráfica.

- Interacción Humano-Computador:

La Interacción Humana-Computadora es un área que permite diseñar todos los aspectos involucrados en la interacción entre el humano y una computadora cuando se están desarrollando sistemas computarizados. Este modelo consta de cuatro componentes: usuarios, funcionalidad del sistema, ambiente del trabajo y tecnología, donde cada uno de estos componentes se relacionan entre sí. Para este proyecto de grado, es de gran importancia la interacción humano computador ya que se busca la implementación de elementos interactivos de animales generado computacionalmente y así ver el entorno de los animales que están en vía de extinción (NFR01).

- Realidad virtual:

La realidad virtual es un mundo virtual generado por ordenador en el que el usuario tiene la sensación de estar en el interior de este mundo, y dependiendo del nivel de inmersión este puede interactuar en el ambiente y con los objetos que estén en él. Un claro ejemplo donde se utilice la realidad virtual es en un proyecto en donde los estudiantes puedan estudiar la geografía de la tierra como se ve en la figura 2.1 aquí la estudiante está inmersa en un mundo en donde puede observar el globo terráqueo e interactuar con él (RV10).



Figura 2.1 Samsung con el virtual School Suitcase: tomado de: (FG21)

- Realidad aumentada:

La realidad aumentada consiste en combinar el mundo real con el virtual mediante un proceso informático, enriqueciendo la experiencia visual y mejorando la calidad de comunicación, con ayuda de esta tecnología se puede añadir información visual a la realidad, y crear todo tipo de experiencias interactivas, un ejemplo de realidad aumentada, lo podemos observar en la figura 2.2 (FG22).

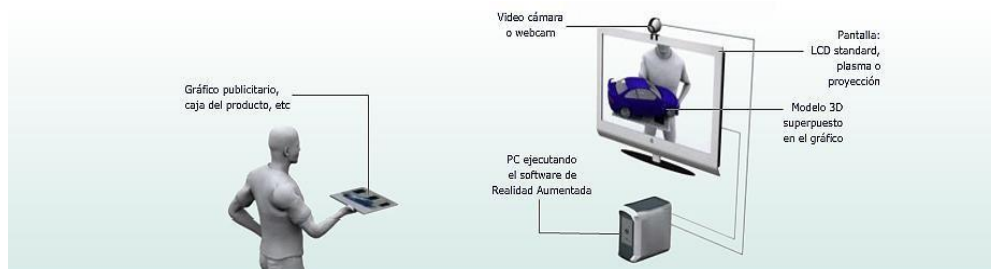


Figura 2.2 Inovae blog: tomado de: (FG22)

- Realidad Mixta:

La realidad mixta RM, también llamada a veces realidad híbrida, es la combinación de realidad virtual y realidad aumentada. Esta combinación permite crear nuevos espacios en los que interactúan objetos y/o personas reales virtuales. Es decir, se puede considerar como una mezcla entre la realidad, realidad aumentada, virtual aumentada y realidad virtual, un ejemplo sería una persona jugando un videojuego llamado Minecraft como se ve en la figura 2.3 (WZX10).



Figura 2.3 Minecraft con Microsoft Hololens, tomado de: (FG23)

Diferencia entre realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta:

La realidad virtual sumerge a los usuarios en un ambiente completamente virtual que es generado por computadora y la realidad aumentada permite al usuario ver e interactuar con contenido digital añadido al mundo real.

Por último, está la realidad mixta que tiene dos categorías, la primera habla sobre proyectar objetos virtuales en el mundo real con los cuales el usuario puede interactuar, la otra habla de un mundo virtual que reemplaza el real sobreponiendo el mundo virtual a su alrededor (CRA18).

## 2.6 Trabajos Relacionados

### TANGILEARN

En el artículo “Making digital objects tangible: A case study for tangibility in preschoolers' multimedia learning” por Chau Kien, Zarina samsudin, Wan Ahmad, Toh Seong, implementaron un sistema multimedia digital llamado TangiLearn para los niños de preescolar que les permita aprender de forma natural y tangible, donde la problemática se centra en niños de 7 años que presentan problemas de aprendizaje, por lo tanto se descubre la idea de que los objetos tangibles podrían servir para materializar el sentido de tangibilidad en el aprendizaje multimedia, se demostró que el sistema ofrece efectos profundos en el rendimiento de aprendizaje y el nivel de disfrute de los niños en edad preescolar (AMDGT02).

La aplicación de TangiLearn demostró un desempeño valioso desde el punto de vista educativo. Para atribuir el conocimiento de los niños en edad preescolar a la eficiencia del TangiLearn, gracias a las diferentes pruebas que realizaron se registraron diferentes puntuaciones (realizadas antes del tratamiento) y la prueba posterior (después del tratamiento) se utiliza una medida del conocimiento adquirido por los participantes durante el tratamiento dando unos buenos resultados. En la figura 2.4 se puede apreciar un prototipo con el que realizaron el tratamiento a los niños (AMDGT02).



Figura 2.4: TangiLearn. [Tomada de: <https://bdbib.javerianacali.edu.co:2214/document/6612407>]

## TUI vs GUI

En el artículo “The Effect of Tangible User Interfaces on Cognitive Load in the Creative Design Process” por Tilanka Chandrasekera, So-Yeon Yoon, realizaron un proyecto donde el objetivo era investigar las interfaces gráficas de usuario GUI y las interfaces tangibles de usuario TUI, para ver si afecta el proceso de diseño creativo en la educación del diseño a través de la carga cognitiva, por lo tanto, se introdujo un problema de diseño simple a 30 estudiantes de diseño de dos grupos, donde cada grupo tenía una interfaz distinta la GUI y la TUI. Después de usar los dos sistemas, se midió la carga cognitiva de cada interfaz con la herramienta TLX de la NASA, por último, los resultados indican que la acción epistémica es la TUI (TITPO3).



El estudio mostró que la carga cognitiva fue menor en la TUI en comparación con la GUI. Esta diferencia entre interfaces fue importante. Esto ofrece que la tangibilidad en interfaces como AR parecen reducir la carga cognitiva impuesta por la interfaz, reduciendo así la fijación y mejorando el proceso de diseño creativo, esto se puede apreciar en la figura 2.5 (TITPO3).

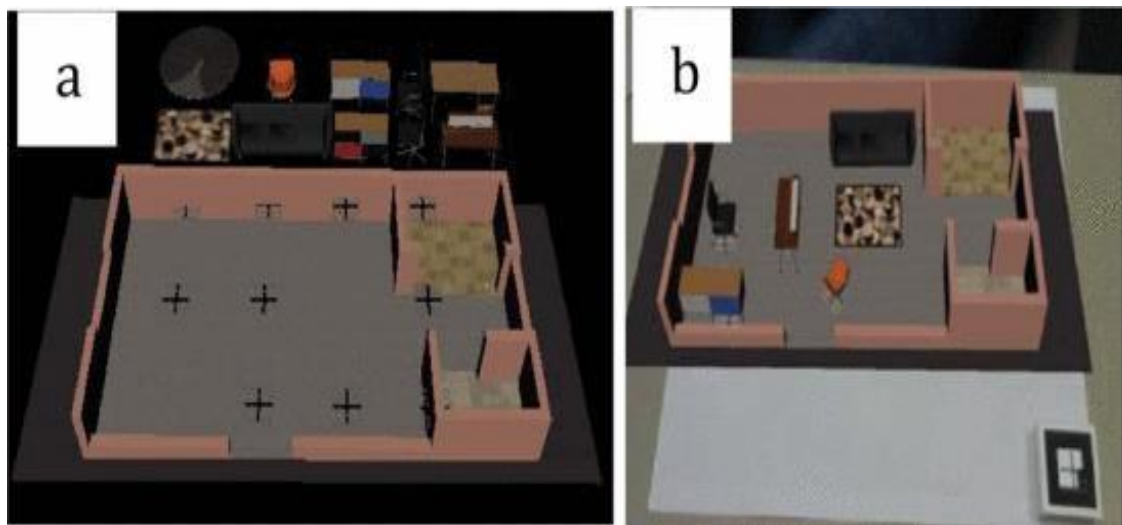


Figura 2.5: TUI vs GUI. [Tomada de: <https://bdbib.javerianacali.edu.co:2214/document/7350727>]

## VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY ANIMAL

En el artículo “Virtual and Augmented Reality Animal in Smart and Playful Cities; (Invited Paper)” Por Anton Nijholt, realizó un proyecto en donde crea un entorno urbano inteligente, con ayuda de unos sensores y actuadores integrados en el ambiente, esto también se le puede llamar el internet de las cosas, donde las ‘Cosas’ incluyen objetos, automóviles, herramientas y todo lo que pueda estar equipado con sensores y actuadores. Con estos dispositivos portátiles inteligentes conectados con el entorno inteligente hace que los humanos y los animales tengan una mejor interacción, pero en lugar de animales vivos se utilizan animales virtuales y de realidad aumentada con el fin de tener una interacción más cercana y sin arriesgar la vida de las personas y del animal (ARPCo5).

Este proyecto mostró que lo animales virtuales, ya sea que su comportamiento se proyecte o se integre en un entorno de realidad aumentada, se convirtiera en parte de nuestro entorno urbanos inteligentes como se puede apreciar en la figura 2.6. Como se menciona en la introducción y a partir de los ejemplos mencionados en este documento, los animales pueden introducirse por motivos sociales, de entretenimiento y educativos. Aunque no es algo que esperar, la especies que están en peligro de extinción o que ya no puedan vivir en nuestras ciudades pueden seguir existiendo virtualmente (ARPCo5).



Figura 2.6: Virtual and Augmented Reality Animal [Tomada de: <https://bdbib.javerianacali.edu.co:2214/document/9306528/authors#authors>]

#### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CHILDREN'S GAMES BASED ON MIXED REALITY

En el artículo “Design and Implementation of Children’s Games Based on Mixed Reality” Por Guangjun Wang, Yu Qian, Yufei Zhang, Zhichao Lu, Xiaohui Chen, Deyang Liu, realizaron un proyecto que se desarrolló un sistema para niños basado en tecnología de realidad mixta mediante el uso de una variedad de tecnologías de medios digitales. El sistema utiliza HoloLens combinado con Unity como plataforma principal, esto ayudó a niños que pudieran reconocer el conocimiento relacionado con los animales en un entorno de realidad mixta (ICGB02).

Con el desarrollo de la tecnología de realidad mixta y aplicaciones relacionadas, han surgido grandes ventajas en la investigación innovadora de la educación infantil. Este artículo toma como objeto el aprendizaje del conocimiento animal de los niños proporciona una variedad de métodos de tecnologías de realidad mixta como ejemplo. Al usar casco de realidad mixta HoloLens, con esta tecnología los niños pueden interactuar con los animales, obtener información de ella y poder utilizarla en lugares educativos para un mayor aprendizaje. Esto demuestra que un diseño de esto tiene un significado importante de la combinación de tecnología de realidad mixta y educación infantil, en la figura 2.7 se puede observar un ejemplo de los estudios realizados (ICGB02).



Figura 2.7: Modelo. [Tomada de: <https://bdbib.javerianacali.edu.co:2214/document/8938915/authors#authors>]

## 2.7 Metodología

### 2.7.1 Metodología a usar

En este proyecto se utilizó una metodología práctica teórica, en donde incluiremos una investigación anticipada para llevar a cabo la parte práctica. Para realizar este proyecto se utilizará una base teórica de la realidad aumentada, realidad mixta y realidad virtual, en donde se utilizarán trabajos relacionados ya implementados, de tal forma que se pueda poner en práctica los elementos necesarios para mejorar la interfaz tangible y la interacción de los animales generados por medio de las piezas de dominó con ayuda de unos marcadores y proyectados a una pantalla.

El desarrollo de la aplicación se llevará a cabo con la metodología de diseño Agile, que nos ayudará a procesar el proyecto en pequeñas fases o ciclos, que nos permitirán adaptarnos a cambios abruptos, donde la metodología se centra en hacer iteraciones frecuentes para proyectos de corto plazo.

### 2.7.2 Actividades

#### 1) ANÁLISIS

- a) Buscar y definir las herramientas necesarias para desarrollar una interfaz tangible.
- b) Buscar y aprender las lenguas de programación necesarias para desarrollar una interfaz tangible.
- c) Buscar una actividad de aprendizaje que pueda ser utilizada en la realidad mezclada

relacionada con la extinción de animales.

- d) Investigación de artículos o trabajos similares previamente implementados.
- e) Definir los elementos necesarios para implementar.

## 2) DISEÑO

- a) Plantear y definir los animales que se van a utilizar
- b) Crear y diseñar los elementos interactivos que se van a implementar
- c) Crear y diseñar las funcionalidades de la interfaz
- d) Diseñar o buscar las fichas de dominó

## 2) IMPLEMENTACIÓN

- a) Crear marcadores para generar los animales
- b) Crear los elementos interactivos para los animales
- c) Integrar los elementos interactivos a los animales

## 4) PRUEBAS

- a) Realizar pruebas con los marcadores
- b) Identificar y corregir los errores
- c) Analizar el funcionamiento del sistema y documentarlo

### **2.7.3 Resultados Esperados**

El resultado esperado de este proyecto es una interfaz tangible de aprendizaje que permita al usuario visualizar a los animales en vía de extinción con el uso de realidad mezclada. El usuario podrá agregar fichas de dominó a un tablero y cada ficha de dominó tiene un marcador que va a generar un animal con su respectiva interacción e información, donde se mostrará en una pantalla y lo que se espera es que las personas se informen y se diviertan al jugar.

### **2.8 Publico Objetivo**

En esta parte, se hablará sobre el público objetivo del proyecto, con el fin, de edificar la población con la que se va trabajar. El público está centrado en una población de cualquier edad, por la tanto, lo único que se requiere es que la persona tenga un conocimiento básico para manejar un celular y que conozca las reglas del dominó y así poder utilizar la aplicación, por otro lado, el público debe de tener un celular de gama media para poder correr la aplicación y tiene que tener un sistema operativo Android, la razón, del por qué se escogió Android es por el diverso niveles socio-económica de las personas y generalmente la mayor parte de las familias tienen Android.

## 3. Desarrollo

### 3.1 Diseño

De acuerdo con este proyecto, se puede mostrar el desarrollo de la aplicación, el modelo, la construcción de la arquitectura escogida, se presenta un análisis y un boceto de la interfaz de la aplicación. Por lo tanto, se dará un recorrido al usuario dentro de la aplicación hasta el funcionamiento, asimismo se mostrará los diagramas realizados para detallar el flujo de la aplicación.

#### 3.1.1 Arquitectura

La arquitectura de la aplicación tiene como principal núcleo la herramienta Unity, ya que esta facilita la unión entre dicha herramienta y Vuforia (la cual proporciona los marcadores). De esta forma, se creó un modelo de 3 capas que permite separar la lógica del proyecto. A su vez, la arquitectura de esta aplicación puede ser escalable, puesto que lleva a que un elemento pueda ser redimensionado y que acepte otros requisitos. Ahora bien, se procede en destacar la construcción de la arquitectura.

Para el diseño de esta arquitectura física se establecen tres capas que se pueden observar en la figura 3.1 y que fue seleccionada por su independencia y su escalabilidad; en otras palabras, facilita mucho la expansión de la aplicación sin influir en la funcionalidad de las otras capas. En este aspecto, se resaltarán el comportamiento y las relaciones de los diversos elementos dentro de cada actividad que se presente en el modelo, con esto podemos mostrar los assets correctos de cada nivel y sacar la información correspondiente.

A continuación, se procede a explicar una de las capas de la arquitectura física que especifica el modelo del esquema, la cual es la capa lógica. Esta capa permite que las actividades y el avance del usuario sea posible por medio de dicha aplicación. A su vez, cada función tiene una división que se convierte en uno de los pilares del patrón arquitectónico. Es importante resaltar que la app está centrada en dos frentes, el primero es la parte gráfica, siendo uno de los elementos más notorios e importantes de la aplicación dado que tiene en cuenta el público objetivo del proyecto y la segunda es la división de la lógica de la interfaz del usuario que es posible por el sistema operativo de Android.

Por último, se encuentra la base de datos en donde se almacenará los marcadores de los animales que nos proporciona Vuforia; por lo que, esta se encarga en el momento en que el usuario inicie la actividad de AR, con esto se requiere un componente del modelo que se dedique a los procesos relacionados con los frentes.

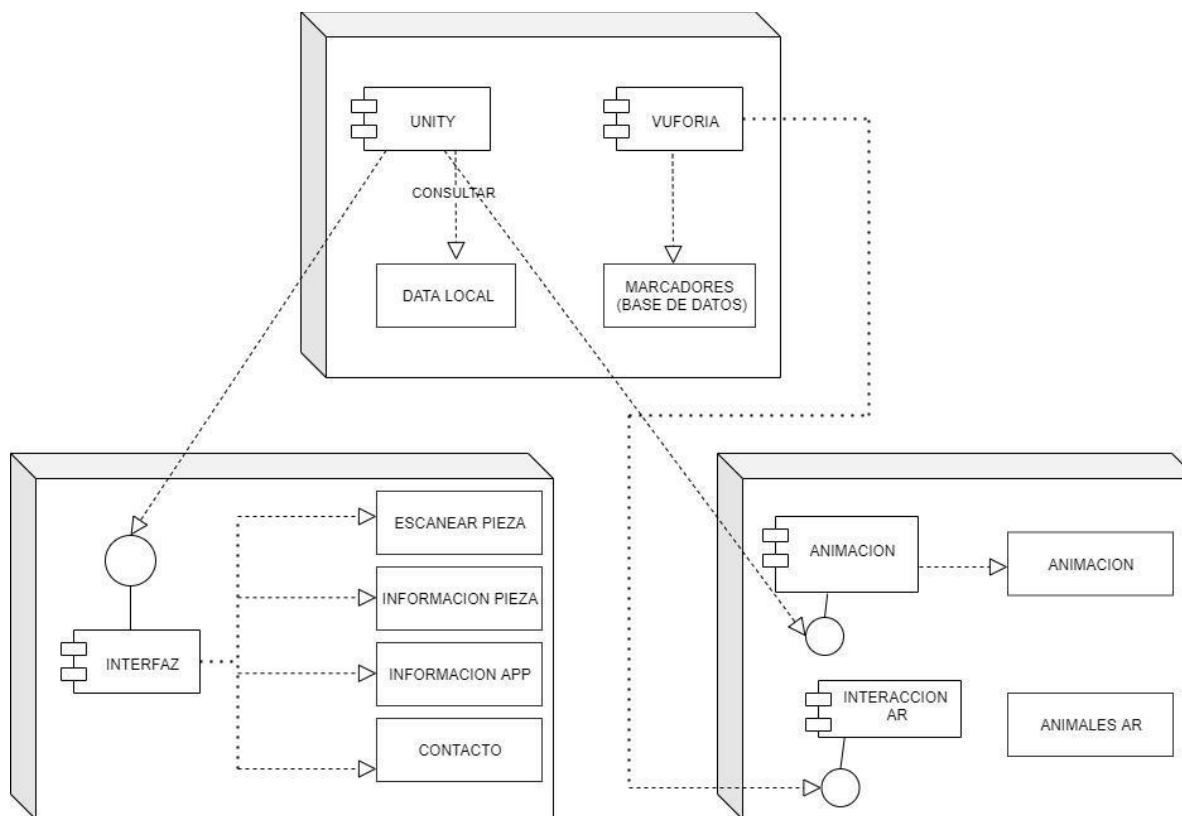


Figura 3.1: Arquitectura física de la aplicación

### 3.1.2 Diagramas de secuencia

A continuación, se muestra las actividades internas de la aplicación, esto se muestra por medio de diagramas de secuencia. Del mismo modo el diagrama de secuencia da a conocer de forma individual cada proceso que se ejecuta internamente y la frecuencia con la que se ejecuta cada tarea. Ahora se destacarán las principales tareas de la aplicación: Información App, Escanear Pieza, Información Pieza y contacto.

La secuencia de tareas comienza con la interfaz del usuario que es desarrollada en Unity al seleccionar el botón correspondiente a la actividad y que envía una señal intermitente que activa la cámara del dispositivo junto con el lector de Vuforia. Esta cadena se mantiene hasta el momento en que el usuario decida retroceder en la aplicación o haga uso de la cámara para precisar los marcadores correspondientes. Después se lleva a cabo la lectura del marcador la secuencia anterior sigue activa y pasa, de forma intermitente, a la identificación del marcador que se encuentra en espera.

De acuerdo a lo anterior, permite el despliegue del modelo 3D de forma sencilla y de tal forma el usuario puede interactuar con el modelo dentro de la aplicación. Cuando el usuario regrese al menú principal de la aplicación o despliegue otro modelo, esto hace que la secuencia anterior finalice y se cree una nueva secuencia que posibilita la visualización del animal.

Por otro lado, la elección del botón de “información pieza” muestra la información que Unity almacena de forma local sobre la pieza que se está consultando, también puedes activar en esa misma escena el “escanear pieza” si desea visualizar el animal o regresar al menú principal que se presenta en pantalla para el consumo del usuario, en las figuras 3.2 y 3.3 se evidencia la secuencia de tareas de la función “escanear Pieza” e “información Pieza”.

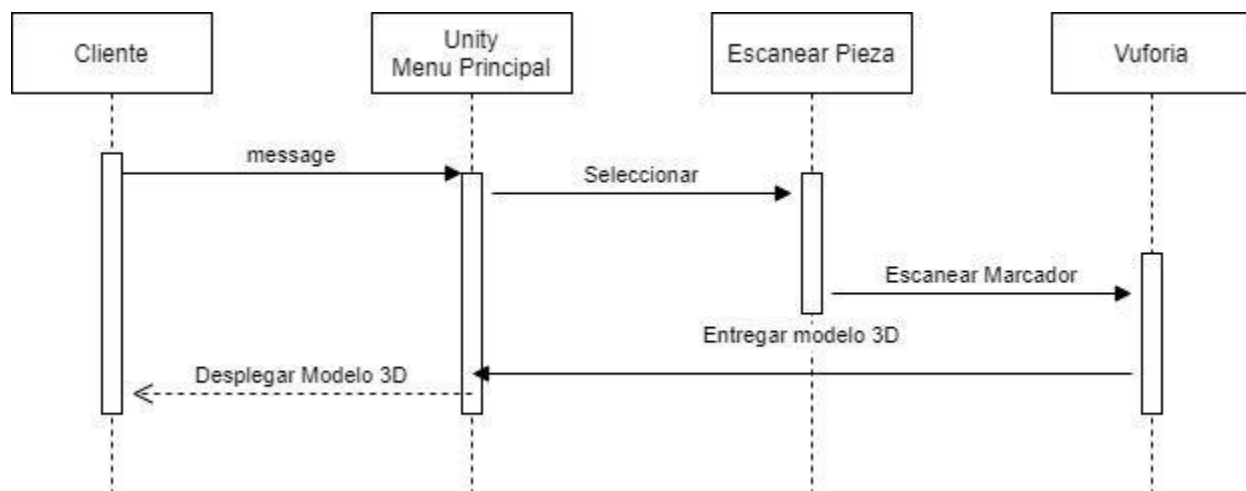


Figura 3.2: Diagrama de secuencia de botón Escanear Pieza

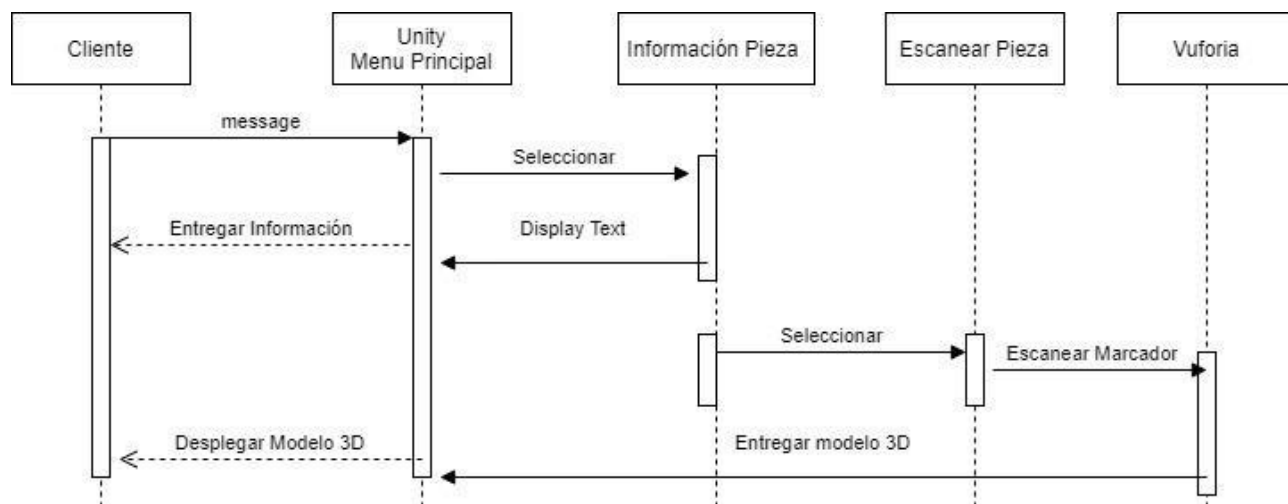


Figura 3.3: Diagrama de secuencia de botón Información Pieza

Por último, los dos diagramas de la Figura 3.4 y 3.5 en la que se evidencia la secuencia de “información app” y “Contacto” que se caracterizan por ser sencillas (en comparación a las otras dos “Información Pieza” y “Escanear Pieza”), y que inicia a partir de la interacción del usuario con la interfaz desarrollada en Unity. Esta acción envía una señal intermitente que inicia la escena de información app o contacto, dependiendo de la escena que se encuentre esta se mantendrá activa hasta que el usuario seleccione la opción de regresar, lo cual desactiva la señal de la escena en la que se encuentra y trasladando al usuario al menú principal.

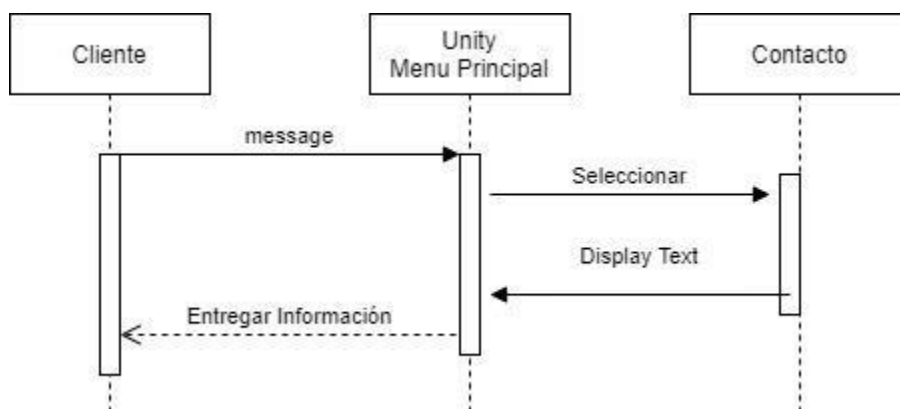


Figura 3.4: Diagrama de secuencia de botón Contacto

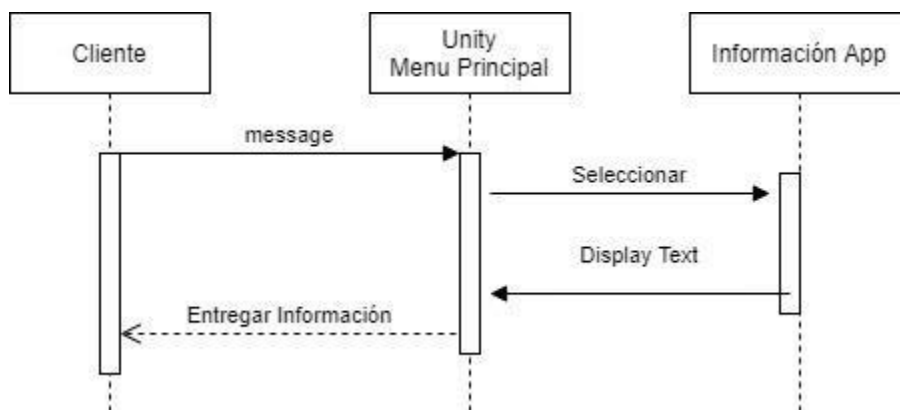


Figura 3.5: Diagrama de secuencia de botón Información App



### 3.1.3 Diagrama de flujo

A continuación, se aprecia el diagrama de flujo en la figura 3.6 el cual muestra los posibles caminos que puede tomar el usuario al utilizar la aplicación y para observar el correcto uso de ella. Para facilitar la explicación del diagrama se utilizarán colores para los cuales ayudarán a la hora de identificar y diferenciar cada camino o dirección para la fácil interpretación y lectura del diagrama. Con este fin, en el momento en que el usuario hace uso de la aplicación tiene la alternativa de seleccionar en el menú (icono azul) el camino que desea tomar o que interacción desea realizar. En el caso que el sujeto elija la opción de escanear las piezas y poder visualizar el animal (icono morado), si esta opción es escogida automáticamente se dirección a la cámara del celular con Vuforia que lee los marcadores asignados y por medio de AR el usuario puede ver el modelo 3D del animal en el recinto.

Por otro lado, si escoge la opción de información pieza (icono rosado) el usuario puede ver la información de cada animal, también dentro de esta funcionalidad se puede desplegar el modelo del animal donde será direccionado a la escena de escanear pieza (icono morado). Otra opción es que el usuario pueda seleccionar la ventana de información app (icono naranja) que da un descripción breve y sencilla sobre la forma en que se usa la aplicación; esto ayuda a que el usuario entienda cómo funciona la aplicación y poder guiarlo en el uso de la app. Como última opción es la de contacto (icono amarillo) donde se suministra la información de las personas involucradas en el desarrollo de la app.

La opción de regresar al menú principal dentro de la aplicación está habilitada en todas las opciones, por el cual, el usuario tiene la libertad de movilizarse dentro de la app. A continuación, en la figura 3.6 se puede observar el funcionamiento de la aplicación.

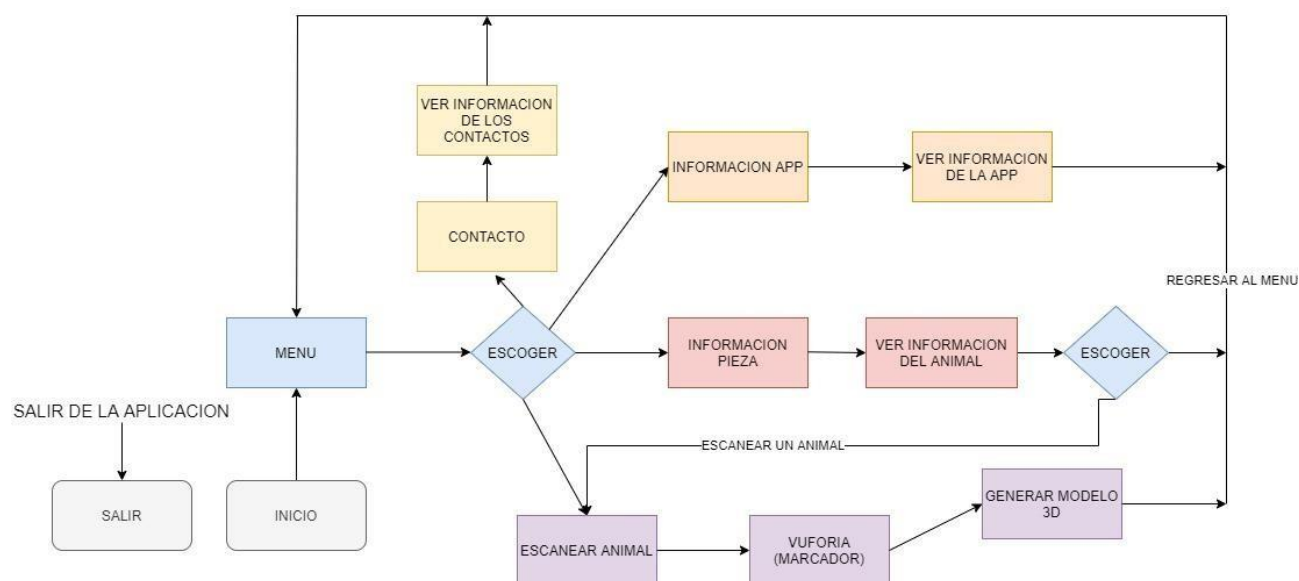


Figura 3.6 Diagrama de flujo de interacción de aplicación

### 3.2 Diseño de Interfaz y Forma de Uso

El diseño de interfaz se centra en dos etapas de desarrollo, la primera fase radica en el desarrollo y la planeación a detalle del funcionamiento de la app, la segunda fase se centra en el prototipo sobre el funcionamiento, en la visualización final de la aplicación, por consiguiente, se llevan a cabo pruebas iniciales con el objetivo de aprender y familiarizar de los métodos de interacción a implementar. Después, surge el diseño de interfaz que está relacionado con una herramienta tecnológica previamente utilizada y se desarrolla teniendo en cuenta el público al cual está orientada la aplicación.

Se toma varias referencias de aplicaciones móviles y se integran las recomendaciones de las reuniones con Campus Nova. Respecto a la evaluación, se plantea como objetivo que el diseño de la interfaz siga unas determinadas sugerencias que se caracterizan por:

- Crear una interfaz que el usuario pueda utilizar fácilmente.
- Proporcionar libertad al usuario.
- Utilizar imágenes, iconos y elementos que sean fáciles de reconocer por los usuarios y donde el uso de la aplicación sea más intuitivo.
- Tener un diseño limpio en donde no se sature la pantalla con mucha información, para proporcionar una mejor impresión hacia el usuario y aprovechar al máximo el diseño.

Por otra parte, los mockups realizados de cada vista que tiene la aplicación serán mostrados y que responden a la segunda fase (mencionado anteriormente), esto ayudo a realizar pruebas de posicionamiento de los botones y posteriormente, se observó el funcionamiento e interacción de la app en general. Desde luego, este tipo de mockups de pruebas son funcionales para los desarrolladores, que pueden ayudar en el mejoramiento del desarrollo de la interfaz para el usuario y que cumpla con todas las exigencias planteadas.

En este aspecto, el boceto 3.7 se visualiza la interfaz original de prueba del menú de inicio desarrollado para el sistema. La interfaz desarrollada para el sistema le da la opción al usuario a escoger cuatro caminos, los cual se puede visualizar en la sección **3.1.3 Diagrama de flujo**, se puede ilustrar los botones del menú principal, con su respectiva funcionalidad, al mismo tiempo se puede destacar en la parte superior izquierda en el boceto 1 el botón de salida y, por último, en la sección de “Información piezas” en la figura 3.8 se presenta los botones con su interfaz de prueba.



Figura 3.7 Mockup de Menú Principal



Figura 3.8 Mockup de Información Pieza

Así mismo, la interfaz de “Información Pieza” se puede observar que cada animal tiene una tarjeta con su respectiva información como se puede apreciar en la figura 3.9. Además, al seleccionar una tarjeta la interfaz tiene una animación en donde se agrega un cuadro con la información de cada tarjeta y al tiempo tiene integrado dos botones, el primer botón de acuerdo a la figura 3.10, es el botón de regresar al menú principal y el segundo botón es el de escanear pieza, se puede ver en la figura 3.11.



Figura 3.9 Mockup de Información Pieza con la integración del cuadro animado



Figura3.10 Botón de escanear Pieza



Figura 3.11 Botón de Menú Principal

De acuerdo a la Figura 3.12 y 3.13 es posible observar que el contenido de las escenas “Información app” y “Contacto” tiene la finalidad de presentar información sencilla y estática para que los usuarios se puedan ubicar dentro de la aplicación y con el fin de facilitar la visita dentro de la app. Por otro lado, cada escena tiene integrado un botón como se aprecia en el boceto 6 y 7 para que el usuario pueda salir de cada escena y regresar el menú principal.

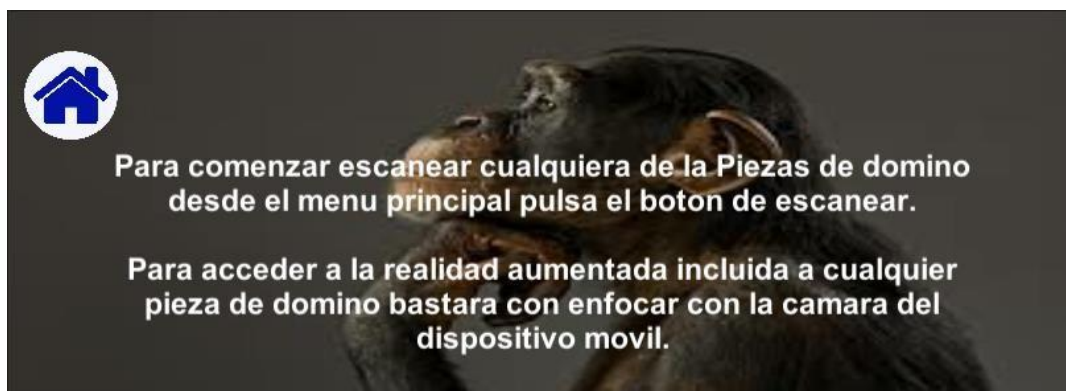


Figura 3.12 Mockup de Información App

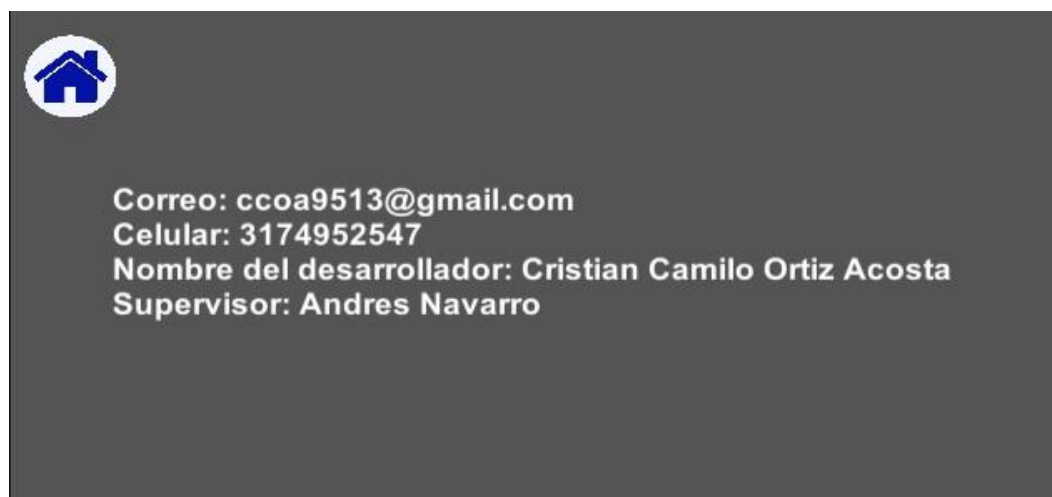


Figura 3.13 Mockup de Contacto

Con ayuda de los Mockups se llegó a un diseño final para el menú principal como se puede observar en el boceto 8, donde el fondo del menú principal fue cambiado y se integraron dos nuevas imágenes. La primera imagen se puede apreciar en la parte superior derecha en la figura 3.14 que es el logo de la aplicación llamado Domino APE y la segunda imagen es un Oso Panda como se puede observar en la parte inferior derecha del en la Figura 3.14.

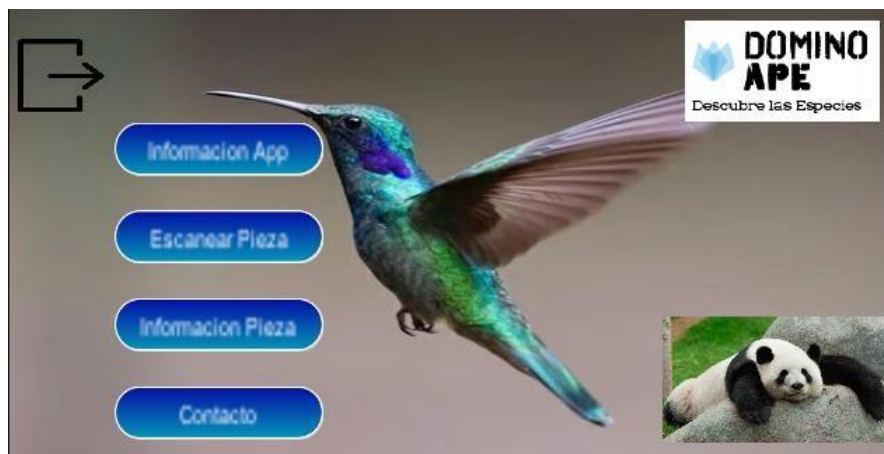


Figura 3.14 Mockup Menú principal

Finalmente, la aplicación se centra en un diseño sencillo, muy fácil de usar y posee escenas que resultan interesantes para el usuario final. Con respecto a los usuarios y el diseño, cada escena tiene una imagen de un animal que está en peligro de extinción, con el fin, de que cada usuario pueda familiarizarse de que animal se encuentra en peligro de extinción y pueda estar informado de ello con solo navegar dentro de la aplicación.

### 3.3 Reglas del juego

Max 3 jugadores. Cada jugador debe tomar 5 fichas al empezar una ronda sin que los jugadores vean las fichas de los demás. y las fichas restantes se apartan a un lado boca abajo y se lanzan los dados para ver quien empieza la partida, empezará la partida quien saque mayor número en el dado, este jugador será el que lleva la mano.

Si el jugador que lleva la mano no tiene ficha doble, le preguntará al jugador de su derecha (en caso de 3 jugadores) para ver si tiene ficha doble para empezar. En caso de que no tenga tampoco, se le preguntará al tercer jugador, y si ninguno tiene ficha doble, entonces el jugador que sacó mayor número en el dado sacará cualquier ficha para comenzar la ronda.

El desarrollo del juego es el siguiente: En su turno, cada jugador deberá colocar su ficha en uno de los extremos abiertos del dominó, de tal forma que los animales de ambos extremos deberán coincidir con aquellos animales que tenga la ficha del jugador que le toque sacar ficha. En caso de tener ficha doble, esta deberá ser colocada transversalmente a la ficha que está en el extremo para facilitar su localización.

Una vez que el jugador ha colocado su ficha, su turno termina y pasará al siguiente jugador de su derecha. En caso de que un jugador no tenga una ficha que coincida con el de los extremos, deberá robar una ficha del pozo, en caso de que la ficha no coincida con los animales de los extremos, pasará al siguiente turno del jugador de su derecha.

Finaliza la ronda cuando alguno de los jugadores coloque su última ficha en el dominó.



A continuación, se mostrarán las piezas de domina que se utilizarán para jugar con su respectiva imagen en la figura 3.15, 3.16 y 3.17.



Figura 3.14: Pieza de dominó



Figura 3.14: Pieza de dominó



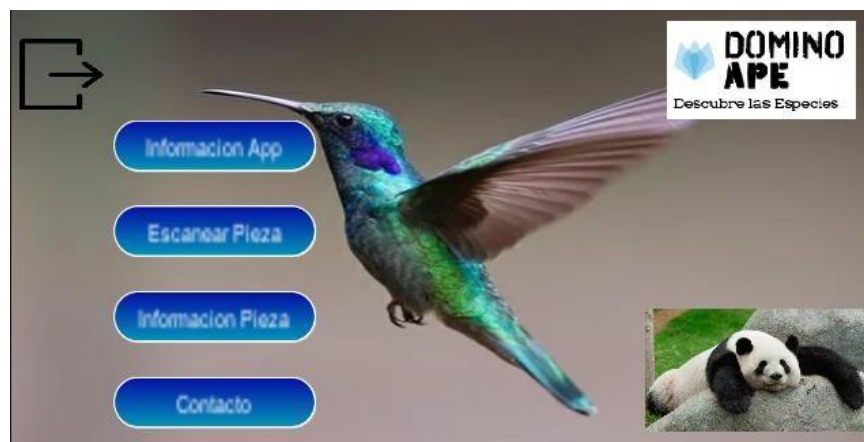
Figura 3.14: Pieza de dominó

## 4. Implementación

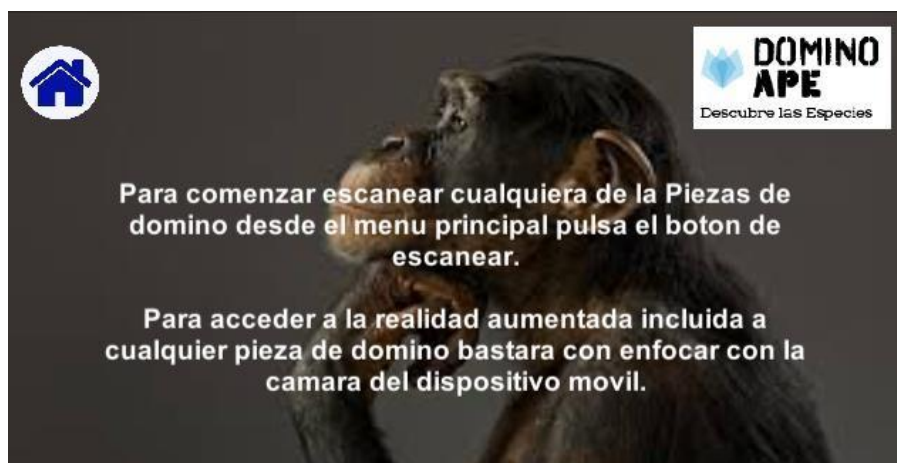
Es este capítulo se presentará la implementación de la arquitectura, la interfaz y las herramientas utilizadas durante el proceso del recorrido del proyecto al utilizar dichas herramientas; también se hablará de los obstáculos que se presentaron a lo largo del desarrollo de la construcción del mismo. De ese modo, el orden en que se va a presentar la descripción es la siguiente, interfaz implementada, la técnica implementada, la selección de los marcadores, las herramientas utilizadas, la interfaz tangible y los obstáculos.

### 4.1 Interfaz Implementada

En esta parte se mostrará algunas capturas de la interfaz la cual se presentará al usuario final:



Cuadro 4.1: Interfaz de menú principal



Cuadro 4.2: Interfaz información App

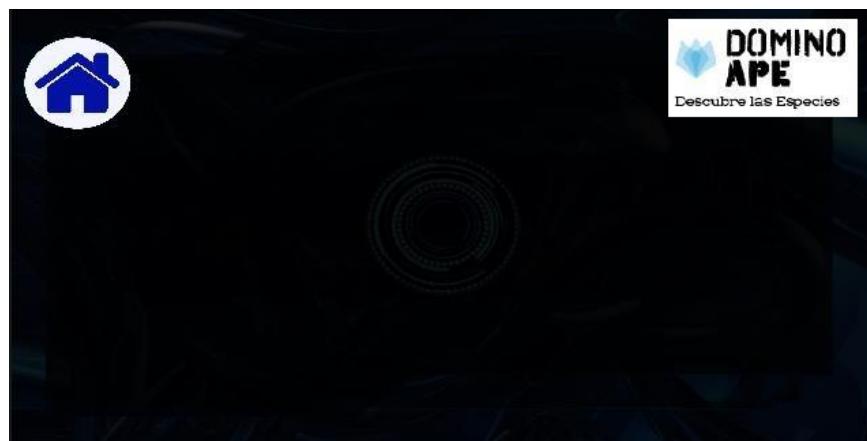


Figura 4.3: Interfaz Escanear Pieza



Figura 4.4: Interfaz información Pieza



Figura 4.5: Interfaz contacto



## 4.2 Técnica Implementada

Por otro lado, se ha utilizado una técnica que ayude a visualizar un modelo 3D con diferentes marcadores, mediante el uso de diferentes imágenes sobre una lista de animales en peligro de extinción. Dichos animales fueron previamente seleccionados por medio de un criterio ya discutido. Sin embargo, finalmente resultaron ser, el chimpancé, el tigre, el oso polar y el oso panda. Para ello, una de las principales soluciones es utilizar el juego de mesa llamado “Dominó” que nos permite transformar este juego simple en un juego de realidad aumentada.

Teniendo en cuenta esto, será necesario rediseñar las piezas del dominó para integrar los marcadores, y así, de ese modo, poder ser desplegados los respectivos modelos 3D, de acuerdo con la variedad de animales de la lista nombrada anteriormente. También cambiará en cierto modo el método en que el dominó ha de ser utilizado, debido, a que el uso de los celulares será necesario para la interactividad durante el juego, con el objetivo de que los jugadores puedan observar los animales en realidad aumentada con ayuda de dichos marcadores. Por lo tanto, el jugador podrá experimentar privilegiada y exclusivamente el poder observar un animal en peligro de extinción en su hábitat natural por medio de un prototipo sin los peligros que conllevaría presenciar dichos animales en vivo, y así proporcionar una inmersión al jugador sin limitaciones.

## 4.3 Selección de los Marcadores

Sabemos que cualquier imagen puede ser usada como marcador para un trabajo de realidad aumentada, por eso se tendrá en cuenta varios criterios para seleccionar una buena imagen, con el fin de poder tener una mejor interacción y un mejor resultado a la hora de leer los marcadores, por lo tanto, hay un conjunto de recomendaciones que se deben de tener en cuenta para una mejor efectividad, que serán mencionadas a continuación:

- Es importante que el marcador tenga detalles marcados para que pueda ser reconocido con facilidad.
- Tener una elección clara de los colores de la imagen, para poder tener una lectura más nítida del marcador.
- Los patrones de la imagen deben de ser claros para tener una buena detección de la imagen.
- Evitar que la imagen tenga curvas y tatar de usar imágenes con alto contraste.

De acuerdo a los criterios mencionados anteriormente las imágenes también tienen que tener un significado importante para el usuario y tienen que comunicar lo que este desea ver, por lo tanto, se tendrán en cuenta la edad y la capacidad mental de los jugadores (niños, adultos y personas con discapacidad).

Dicho lo anterior, la técnica de reconocimiento de marcador tiene cuatro tareas fundamentales para su funcionamiento, la primera es la **captura** que se centra en obtener y en almacenar la escena a través de un dispositivo móvil, la segunda es la **identificación** que ayuda a localizar el marcador y escanear sus características, la tercera es el **procesamiento** que se centra en el análisis de la escena y detecta las coordenadas donde está ubicado el marcador y por último la **visualización** que es el despliegue del modelo 3D.

Por otro lado, Vuforia tiene una técnica de calificación por medio de las herramientas que ofrece su plataforma. Esto ayuda a informar qué imágenes tiene buena resolución, además, nos dice si es viable para ser utilizada como marcador o no. Esto quiere decir, que si la imagen tiene una calificación de 5 estrellas significa que la imagen puede ser utilizada como marcador, pero si tiene una calificación menor a 3 estrellas no se puede utilizar como marcador.

#### 4.4 Herramienta Utilizadas

Una de las herramientas más importante que se utilizó en el presente proyecto es el motor de videojuegos llamado Unity. Este motor de videojuegos es uno de los más fiables del mercado; debido a que se caracteriza por ser práctico en la generación de APK y es compatible con muchas herramientas para su fácil trabajo.

Respecto a lo anterior, una de las herramientas que se utilizó en este proyecto, y que además es compatible con Unity, es Vuforia, la cual es una base de datos para almacenar los marcadores que asigna el modelo 3D para posteriormente ejecutar el despliegue del modelo para su ilustración.

#### 4.5 Interfaz Tangible

Las interfaces tangibles son una mezcla entre la realidad y lo digital, haciendo que el usuario pueda experimentar nuevas cosas, como la manipulación total de un modelo 3D como se puede observar en la figura 4.6, esto hace que el manejo de la aplicación sea algo natural y real como se puede observar en la figura 4.7, provocando una conexión entre lo digital y lo real. Esto quiere decir, que la interfaz tangible son objetos físicos, tales como una llave, una imagen, una tarjeta o una pieza de dominó, esto demuestra que cualquier cosa puede ser un recurso significativo para un proyecto de realidad aumentado, ocasionando el fácil uso de la aplicación para los usuarios finales.



Figura 4.6: Prueba de la interfaz tangible

## **4.6 Obstáculos**

En este punto hablaremos sobre los obstáculos que sucedieron en el proyecto, el primer que se presentó, fue debido a las licencias que uno debe de adquirir para utilizar una herramienta con todas sus funcionalidades, esto es debido, a una futura comercialización del prototipo y para su distribución, el segundo obstáculo, es el procesamiento de imágenes donde algunos dispositivos no tienen la capacidad para procesar dichas imágenes, esto sucede igualmente para los modales 3D que desean ser desplegados y observados en el dispositivo, ocasionando un mal funcionamiento en la aplicación por hardware del dispositivo.

## Capítulo 5

# 5. Pruebas

En este capítulo se describen las pruebas que realizaron a un grupo de personas voluntarias, las cuáles interactuaron dentro de la aplicación, como si fueran los usuarios finales mediante la metodología que se describe en la sección 5.1. De esta forma, con ayuda de las pruebas realizadas se obtiene una retroalimentación para permitir identificar fallas, opiniones o críticas sobre la aplicación y posibles mejoras. Además, se tiene en cuenta todo el trabajo realizado para poder llegar a una conclusión final. Cabe anotar que debido a la situación de pandemia con el COVID-19, las pruebas no se pudieron realizar con el público objetivo, en este caso, estudiantes de biología. Inicialmente, se pensaba validar con estudiantes de biología, pues es un proyecto relacionado con biodiversidad.

### 5.1 Metodología de Pruebas

El proceso que se establece para la evaluación consta de dos partes, la primera es por parte de los desarrolladores que realizaron pruebas con las herramientas que se utilizaron en el proyecto. Esto nos permitió verificar si no existe ningún fallo en la aplicación antes de ser entregado al usuario. La segunda parte de la evaluación la realizó el usuario que se centre en testear la aplicación, para analizar su eficiencia, con la finalidad de comprobar el reconocimiento de los marcadores. Este método nos permitió encontrar los errores que se presenten a lo largo de la prueba, con la intención de mejorar el funcionamiento de la aplicación.

Teniendo en cuenta lo anterior, los marcadores cumplen un papel muy importante para el proyecto, ocasionando un estudio de prueba para analizar más a fondo su funcionamiento, debido a que, la distancia influye lo suficientemente en el funcionamiento de los marcadores como para que, a una determinada distancia, el modelo 3D probablemente no funcione. Por lo tanto, se realizó varias pruebas de distancia para ver si el marcador funciona correctamente, con esto, los desarrolladores tendrán que medir el reconocimiento de los marcadores por parte de la aplicación desde diferentes distancias y ángulos.

Por otra parte, los usuarios, los cuáles son los voluntarios tendrán la tarea de verificar el funcionamiento de dichos marcadores a varias distancias determinadas, con el objetivo de reconocer los posibles errores y así tener la posibilidad de optimizar mejor la aplicación. Respecto a lo anterior, se hicieron entrega de varias métricas para realizar diferentes estudios y poder dar un informe completo de las pruebas. A continuación, en el cuadro 5.1 se mostrará las métricas usadas en dichas pruebas (los datos que se utilizaron en las siguientes tablas no son reales, solo son un ejemplo para dar a conocer la información que debe de ir dentro de las métricas que se establezcan):

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminacion	Modelo 3D	Distancia	Estado
1	Maria Cristina	58	alta	Tigre	30cm	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcta, se puede apreciar el animal sin ningun inconveniente y la iluminacion es correcta					

Cuadro 5.1: Métricas para las pruebas iniciales

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminacion	Modelo 3D	distancia	Estado
2	Elisabet Blanco	37	baja	Tigre	60cm	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcto y sin ningun inconveniente.					

Cuadro 5.2: Métricas para las pruebas iniciales

A continuación, daremos paso a las dos fases de pruebas que se realizaron en este proyecto. La primera fase se centra en las pruebas de reconocimiento de los marcadores por parte de los desarrolladores, y la segunda fase es la prueba donde los usuarios podrán hacer uso de dicha aplicación.

### 5.1.1 Primera fase de resultados por parte de los desarrolladores

En esta primera fase los desarrolladores utilizarán las medidas mencionadas anteriormente para obtener un buen resultado, teniendo en cuenta todas las distancias que se establecieron en las métricas con sus respectivos marcadores. Para poder establecer una medición correcta, se tendrá en cuenta como punto de origen el marcador hasta la cámara del celular o del computador, con el fin, de ver si Vuforia es capaz de reconocer el marcador y poder desplegar el modelo 3D, de tal forma, que se podrá ver si la prueba fue un éxito o un fallo.

Teniendo en cuenta lo anterior, no solamente se tendrá en cuenta las distancias, también hay otros factores involucrados que se tomarán en cuenta para las pruebas. El primero de ellos es la iluminación, el segundo la resolución de las cámaras y por último se realizarán dos pruebas de color, una en blanco y negro y la otra a color.

Así de este modo, las pruebas con poca iluminación dieron buenos resultados y se pudo desplegar el modelo 3D sin ningún inconveniente. Por otro lado, en la prueba de resolución se utilizó una cámara con poca resolución y dieron resultados aceptables, lo que conllevó a que se pudo desplegar el modelo, pero no al instante. Por lo tanto, la resolución de la cámara afecta en parte en el reconocimiento del marcador. Esto nos dará lugar a recomendar al usuario que el hecho de tener una cámara con poca resolución puede provocar que el modelo pueda no desplegarse al instante.

Por último, se realizaron las pruebas de las imágenes a color, mostrando un excelente resultando. Además, el hecho de tener en cuenta la iluminación, nos mostró que el marcador a color pudo generar buenos resultados en un ambiente tanto con buena luz, como con escasa luz. Pero con respecto a la prueba en blanco y negro, no se obtuvieron buenos resultados en un ambiente de poca luz. Esto quiere decir, que las imágenes en blanco y negro pueden verse afectadas por la ausencia de luz, impidiendo la lectura de los marcadores. Por lo tanto, pudimos comprobar que la prueba de color dio mejores resultados. Lo cual nos hizo ver que era recomendable que las imágenes fuesen a color. A continuación, se mostrarán las pruebas que se realizaron anteriormente en la figura 5.3 y 5.4.

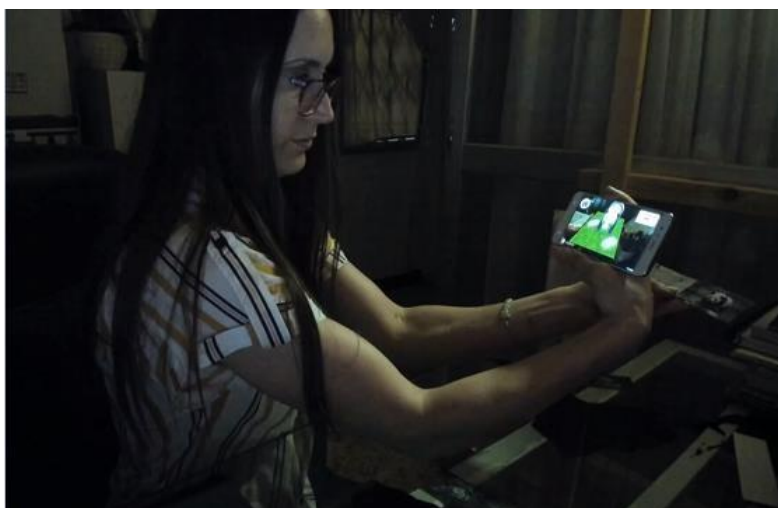


Figura 5.3: Imagen de prueba de iluminación



Figura 5.4: Imagen de prueba de iluminación

### 5.1.1.1 Marcador de chimpancé

A continuación, en la figura 5.5 se presenta la imagen para ser el marcador del chimpancé. También en la figura 5.6 se aprecia el modelo generado, donde el desarrollador puede interactuar con el animal, verlo de diferentes ángulos y diferentes perspectivas.



Figura 5.5: Imagen utilizada como marcador en la prueba (CPETO3)

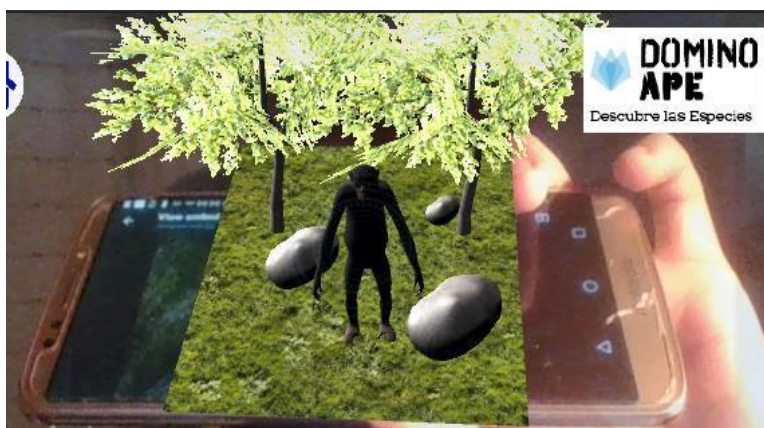


Figura 5.6: Evidencia del modelo del chimpancé para prueba



### 5.1.1.2 Marcador de tigre

A continuación, en la figura 5.7 se presenta la imagen para ser el marcador del Tigre. También en la figura 5.8 se aprecia el modelo generado, donde el desarrollador puede interactuar con el animal, verlo de diferentes ángulos y diferentes perspectivas.



Figura 5.7: Imagen utilizada como marcador en la prueba (TTPEE06)



Figura 5.8: Evidencia del modelo del tigre para prueba



### 5.1.1.3 Marcador de oso panda

A continuación, en la figura 5.9 se presenta la imagen para ser el marcador del oso panda. También en la figura 5.10 se aprecia el modelo generado, donde el desarrollador puede interactuar con el animal, verlo de diferentes ángulos y diferentes perspectivas.



Figura 5.9: Imagen utilizada como marcador en la prueba (OOPE02)

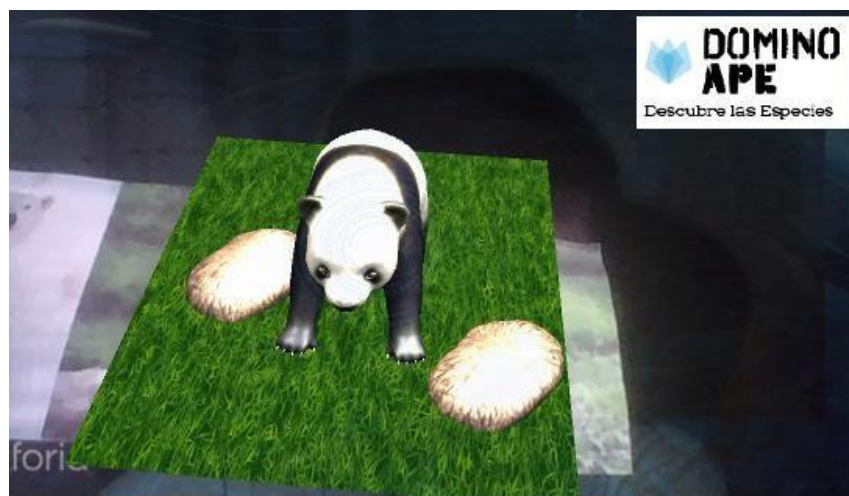


Figura 5.10: Evidencia del modelo del tigre para prueba

#### 5.1.1.4 Marcador de oso polar

A continuación, en la figura 5.11 se presenta la imagen para ser el marcador del oso polar. También en la figura 5.12 se aprecia el modelo generado, donde el desarrollador puede interactuar con el animal, verlo de diferentes ángulos y diferentes perspectivas.



Figura 5.11: Imagen utilizada como marcador en la prueba (OPOO02)

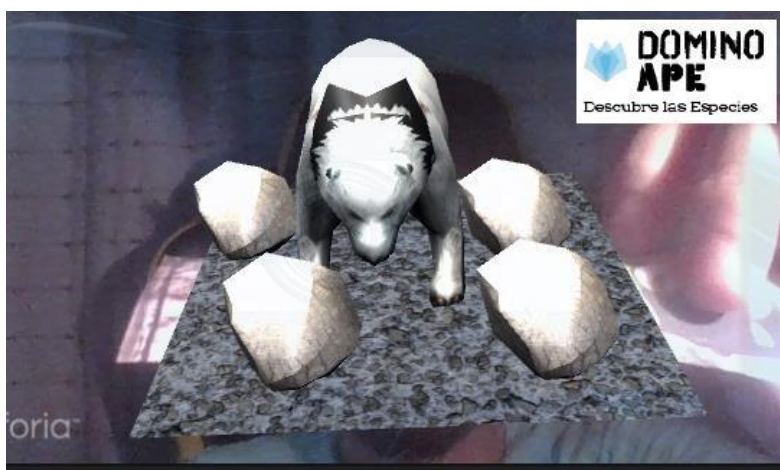


Figura 5.12: Evidencia del modelo del tigre para prueba

### 5.1.2 Segunda fase resultados por parte de los usuarios

En esta fase de prueba los usuarios utilizarán la misma métrica para mantener los estándares de resultados para poder tener las mismas condiciones a la hora de realizar las pruebas. Los resultados que se obtiene en esta prueba ayudarán a mejorar la aplicación, con las sugerencias de los usuarios que hicieron uso de la aplicación. De esta forma, se va a recopilar los comentarios que nos brindan los usuarios, sobre los marcadores, la interfaz y los modelos 3D, con el fin, de ver si requieren algún cambio o no se necesita ninguna modificación. A continuación, se mostrarán las preguntas que se le hicieron a los usuarios, después de utilizar la aplicación.

- ¿Fue difícil utilizar la aplicación?
- ¿Cómo se ve el modelo 3D después de ser desplegado?
- ¿Se requiere algún cambio de la aplicación?
- ¿Qué piensa de la aplicación?

A continuación, se presentará los comentarios obtenidos de las pruebas hechas con la estudiante de Filosofía y Letras de la Universidad de Málaga (UMA), España (Cuadro 5.13, Cuadro 5.14, Cuadro 5.15, Cuadro 5.16, Cuadro 5.17, Cuadro 5.18, Cuadro 5.19, Cuadro 5.20), también se mostrarán algunas imágenes de las pruebas realizadas a la estudiante (figura 5.21 y 5.22).

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminación	Distancia	Modelo 3D	Estado
1	Elisabet Blanco	37	alta	60cm	Tigre	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcta, se puede apreciar el animal sin ningún inconveniente y la iluminación es correcta					

Cuadro 5.13: Comentarios de la estudiante del modelo del tigre

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminación	distancia	Modelo 3D	Estado
2	Elisabet Blanco	37	baja	30cm	Tigre	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcto y sin ningún inconveniente.					

Cuadro 5.14: Comentarios de la estudiante del modelo del tigre

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminación	Distancia	Modelo 3D	Estado
1	Elisabet Blanco	37	alta	60cm	Chimpancé	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcta y se puede apreciar el animal con total claridad.					

Cuadro 5.15: Comentarios de la estudiante del modelo del Chimpancé

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminación	distancia	Modelo 3D	Estado
2	Elisabet Blanco	37	baja	30cm	Chimpancé	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcto y sin ningún inconveniente.					

Cuadro 5.16: Comentarios de la estudiante del modelo del Chimpancé

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminacion	Distancia	Modelo 3D	Estado
1	Elisabet Blanco	37	alta	60cm	Oso polar	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcta y se puede apreciar en el habitat en donde vive.					

Cuadro 5.17: Comentarios de la estudiante del modelo del Oso Polar

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminacion	distancia	Modelo 3D	Estado
2	Elisabet Blanco	37	baja	30cm	Oso polar	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma aceptable, se puede apreciar el animal sin ningun inconveniente, pero el despliegue del animal no se hace al instante y cuesta tabajo que la camara lea el marcador					

Cuadro 5.18: Comentarios de la estudiante del modelo del Oso Polar

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminacion	Distancia	Modelo 3D	Estado
1	Elisabet Blanco	37	alta	60cm	Oso panda	Exito
Comentario	El modelo 3D funciona de forma correcta, se puede apreciar el animal sin ningun inconveniente y la iluminacion es correcta					

Cuadro 5.19: Comentarios de la estudiante del modelo del Oso Panda

Tipo de Prueba	Nombre	Edad	Iluminacion	distancia	Modelo 3D	Estado
2	Elisabet Blanco	37	baja	30cm	Oso panda	Exito
Comentario	El modelo 3D no funciona muy bien, debido a que no se puede desplegar el animal por la poca iluminacion y como la imagen del marcador maneja colores blanco y negro, por los colores que tiene el animal, esto provoca que la camara no detecte el mercador.					

Cuadro 5.20: Comentarios de la estudiante del modelo del Oso Panda

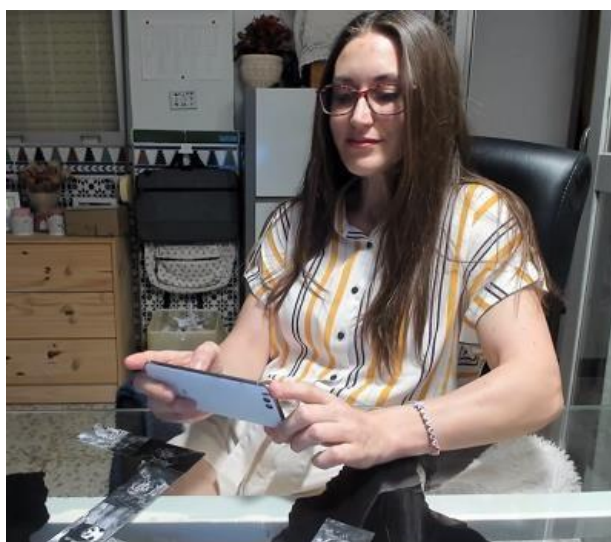


FIGURA 5.21: Evidencias de prueba con estudiante de Filosofía y Letras

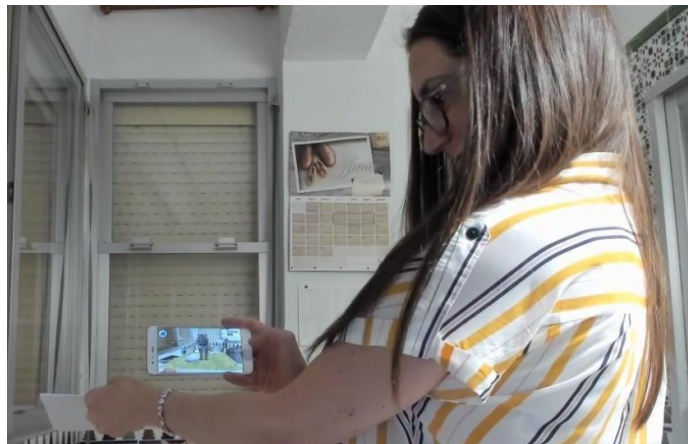


FIGURA 5.22: Evidencias de prueba con estudiante de Filosofía y Letras

Teniendo en cuenta los comentarios del usuario se precede a realizar los cambios en los modelos 3D, en los marcadores para una mejor detección de la cámara y cambiar un poco la visualización de la interfaz de “información pieza” donde sugirió un cambio en las imágenes para una mejor visualización de la información y por último, mejorar la calidad del texto de la ampliación, con el objetivo, de mejorar la usabilidad de la aplicación y el despliegue de los modelos.

## 5.1 Análisis de resultados

La retroalimentación recibida permite reconocer varios puntos en específico para el mejoramiento de la aplicación: lo primero, es que las personas que tienen poco conocimiento en utilizar las herramientas tecnológicas como las personas de tercera edad, ocasiona que estas personas no puedan navegar bien por la aplicación y no puedan entender el funcionamiento de la aplicación. Por otro lado, la gente joven adulta, tiene una mejor capacidad a la hora de utilizar una herramienta tecnológica, facilitando mucho el manejo de la aplicación y entendiendo bien el funcionamiento de ella.

De acuerdo a las sugerencias hecha por la estudiante Elisabet Blanco, sugirió cambiar las imágenes de la interfaz de “Información Pieza”, para que el usuario sepa que animal escogió y poder tener una mejor perspectiva de la información que se administra, este cambio se puede apreciar en a la siguiente imagen (Figura 5.23)





Figura 5.23: Interfaz de información pieza modificada

Otra sugerencia que hizo la estudiante fue mejorar la calidad de texto de la aplicación, puesto que, a la hora de leer los botones y los anuncios, no se entendía, ocasionando que las personas forzaran la vista y no pudieran entender lo que está escrito, por lo tanto, se realizó este cambio para mejorar la resolución de texto y poder tener una mejor lectura para los usuarios, este cambio se puede apreciar en las siguientes figuras 5.24, 5.25, 5.26 y 5.27



Figura 5.24: texto de botones mejorados

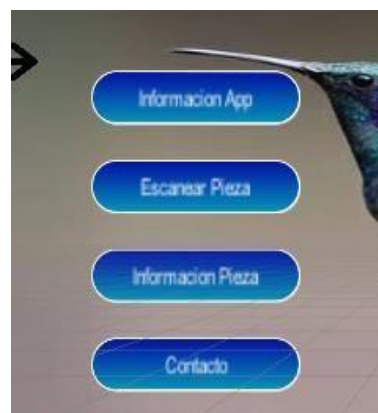


Figura 5.25: texto de botones



Figura 5.26: texto de la interfaz pieza mejorada

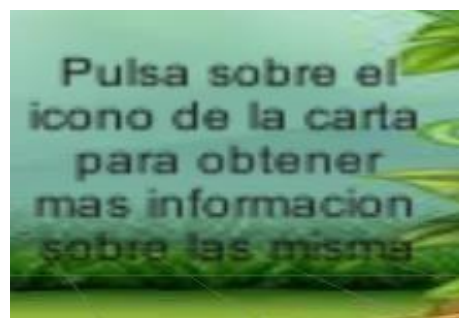


Figura 5.27: texto de la interfaz pieza

Por último, se cambia la imagen de un marcador, que generaba problemas para desplegar un modelo 3D, de acuerdo a lo anterior, se cambió la imagen del chimpancé, por una imagen con mejor resolución y mejores colores. Al realizar este cambio se pudo evidenciar una mejora en el despliegue del modelo 3D del chimpancé, a continuación, se mostrará la imagen escogida para el nuevo marcador del chimpancé (figura 5.28).



Figura 5.28: Nuevo marcador para el chimpancé (CISP07)

## 6. Conclusiones

Se presenta las principales conclusiones del proyecto, en la sección 6.1, por otro lado, en la sección 6.2 se dará a conocer las nuevas propuestas para dar continuidad al proyecto y que, a su vez, puedan dar una mejor interacción de la aplicación y proporcionar una mejor información, con el objetivo, de informar a las personas sobre los animales que se encuentran en la lista de peligro de extinción.

### 6.1 Conclusiones

El proyecto de grado desarrolla de forma exitosa una aplicación de realidad mezclada con una interfaz tangible para una actividad de aprendizaje, mediante un juego de dominó con realidad aumentada, donde se logró proyectar animales en vía de extinción, logrando que el usuario pudiera ver la importancia que tiene estos animales en el mundo y adquiriendo un conocimiento más profundo sobre ellos. De esta forma, se crea una aplicación funcional, con cuatro animales en vía extinción, cada uno de ellos con una información detallada y con su modelo 3D.

Por lo tanto, la arquitectura construida integra dos herramientas importantes, donde la primera se llama Unity que es un motor gráfico para videojuego y la segunda es Vuforia que centra en el área de realidad aumentada, las cuales ayudan para la visualización de los modelos 3D, que proporciona un gran interés para los usuarios finales. Por su parte, la retroalimentación obtenida ayudó al diseño de los botones, de los iconos, escoger las mejores imágenes para los marcadores, el diseño de la interfaz y el tamaño de la letra, también se tiene en cuenta para trabajos futuro integrar más animales y animaciones para cada uno de ellos.

Con respecto al proyecto, se tomaron como referencias diferentes aplicaciones que ayudaron a la construcción de esta misma, por lo tanto, se hizo una investigación detallada, para crear la interfaz tangible. Los resultados obtenidos de las pruebas juntos con diversas investigaciones dieron a conocer, que las piezas de domino deben de tener un tamaño grande, debido a los marcadores que tienen integrado, esto para facilitar el reconocimiento de los marcadores, para poder generar los modelos 3D, de cada una de las piezas de dominó.

El funcionamiento de la aplicación es efectivo tanto en los lugares cerrados como en los abiertos, por lo tanto, la aplicación puede ser utilizadas en varios entornos, sin embargo, para una mejor lectura de los marcadores se requiere un lugar iluminado o con bastante luz natural, donde se puedan resaltar los marcadores y puedan ser reconocidos con facilidad por medio de la aplicación. Por la tanto, se dice que la aplicación es una herramienta innovadora, debido a que proporciona una interfaz tangible, que inmerge al usuario en el mundo real con el mundo digital.



## 6.2 Trabajo futuro

En este punto se dará a conocer los futuros trabajos, que pueden dar continuidad al proyecto, con el objetivo de mejorar e integrar nuevas funcionalidades para una mejor experiencia en la aplicación. Por lo tanto, se recomienda como trabajo futuro varios puntos, a saber:

- Integrar una base de datos, permitiendo almacenar la información de cada animal y sus sonidos
- Crear animaciones para cada uno de los modelos 3D
- Integrar más animales para tener más variedad en la ampliación
- Integrar eventos especiales en el momento en el que juegas

De acuerdo a lo anterior, se puede desarrollar una animación para cada uno de los animales, con su respectivo hábitat y sonido, esto puede mejorar la interacción entre el usuario y el modelo 3D, dándole una inmersión más profunda para el usuario. Para ser esto posible, se necesita integrar una base de datos, donde pueda guardar los sonidos y la información de cada animal, esto puede dar oportunidad a nuevos eventos dentro de la aplicación.

# Bibliografía

(AMB19) Animales en vía de extinción (2019), Bogocá D. C.: cultura recreacional y deporte, [https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodive\\_rciudad/animales-en-de-extincion](https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodive_rciudad/animales-en-de-extincion)

(AC18) Lenis López, A. M., Andrés, C., & Giraldo, C. (2018). Estudio sobre la aplicación de tecnologías de interacción a la rehabilitación de la discapacidad auditiva.

(AB19) Animales en peligro de extinción (2019), Madrid, BLUA, <https://bluavoluntariado.org/blog/temas/problemas-ambientales/animales-en-peligro-de-extincion/>

(NFR01) Narciso, F., & Rodríguez, T. (2001). Un Modelo para diseñar la interacción humano-computadora (MODIHC). In Actas d XXVII Conferencia Latinoamericana de Informática CLEI.

(RV10) Martínez, F. J. P. (2011). Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual. Creatividad y sociedad.

(WZX10) Wei, D., Zhou, S. Z., & Xie, D. (2010, October). MTMR: A

conceptual interior design framework integrating Mixed Reality with the Multi-Touch tabletop interface. In 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (pp. 279-280). IEEE.

(RLA01) Castellanos, C. A. (2006). Extinción. Causas y efectos sobre la diversidad biológica. *Revista Luna Azul*, (23), 33-37.

(CRA18) Călin, R. A. (2018). Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality—Trends in Pedagogy. *Social Sciences and Education Research Review*, 5(1), 169-179.

(CY15) Chandrasekera, T., & Yoon, S. Y. (2015, September). The Effect of Tangible User Interfaces on Cognitive Load in the Creative Design Process. In 2015 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Media, Art, Social Science, Humanities and Design (pp. 6-8). IEEE.

(MB11) Mohebzada, J. G., & Bhojani, A. H. (2011, April). The cubes: A tangible game-based learning system. In 2011 International Conference on Innovations in Information Technology (pp. 179-184). IEEE.

(TSY13) Tsong, C. K., Samsudin, Z., Yahaya, W. A. J. W., & Chong, T. S. (2013, April). Making digital objects tangible: A case study for tangibility in preschoolers' multimedia learning. In 2013 IEEE Symposium on Computers & Informatics (ISCI) (pp. 22-227). IEEE.

(NC19) 8 principales métodos, enfocados y técnicas de gestión de proyectos (2019), nutcache, <https://www.nutcache.com/es/terminos-de-servicio/>

(FG21) Educacion 3.0, Realidad-virtual-microsoft, (2016), Garcia de Paredes, Tecno Media de Comunicación SL.

<https://www.educaciontrespuntocero.com/novedades2/futuro/realidad-virtual-en-educacion/41073.html>

(FG22) Innovae, Realidad Aumentada (2018), Blog de noticias y novedades sobre Realidad Aumentada, <http://realidadaumentada.info/tecnologia/>

(FG23) RedBul, Realidad Mixta, un paso mas hacia la tecnologia inmersa definitiva (2018) <https://www.redbull.com/ar-es/tecnologia-realidad-mixta>

(ABR08) Álvarez-Buylla, R. (2008). La extinción de especies causas demográficas. *Un ejemplo del neotrópico. Centro de ecología, UNAM.*

(RGP13) EL DECLIVE, D. L. A. (2013). PELIGROS PARA LOS POLINIZADORES Y LA AGRICULTURA DE EUROPA, Reyes Tirado, Gergel y Simon y Paul Johnston, Unidad Científica de Greenpeace, Universidad de Exeter, Reino Unido, Nota técnica e los laboratorios de Greenpeace.

(AGL16) Astudillo García, L. (2016). Los animales en peligro de extinción y la protección de la biodiversidad en educación infantil: una investigación.

(OPPE02) Conoce la Fauna <https://conocelafauna.com/c-curiosidades/oso-polar-en-peligro-de-extincion/>

(TPE03) BBC. BBC MUNDO.COM, el tigre en peligro de extinción, 19 de febrero de 2001, [http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_1075000/1075270.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_1075000/1075270.stm)

(OPPE03) Europa press, animales en peligro de extinción; tigre, 01/02/2015,  
<https://www.europapress.es/sociedad/medio-ambiente-00647/noticia-animales-peligro-extincion-tigre-20150201155625.html>

(PPE10) okdiario, por que el oso panda esta en peligro de extinción,  
<https://okdiario.com/mascotas/oso-panda-peligro-extincion-5203883>

(PPE11) leales.org, el oso panda, ¿en peligro de extincion?, 23/02/2020,  
<https://blog.leales.org/2020/02/el-oso-panda-en-peligro-de-extincion.html>

(CPE01) chimpancepedia, chimpancés en peligro de extincion,  
<http://www.chimpancepedia.com/chimpances-peligro-extincion/>

(AMDGT02) Chau Kien, Zarina Samsudin, Wan Jaafar, Toh Seong, 26 septiembre 2013, IEEE, Making digital objects tangible: A case study for tangibility in preschoolers' multimedia learning

(TITP03) Tilanka Chandrasekera, So-Yeon Yoon, 10 diciembre 2015, IEEE, The Effect of Tangible User Interfaces on Cognitive Load in the Creative Design Process

(ARPC05) Anton Nijholt, 07 enero 2021, IEEE, Virtual and Augmented Reality Animal in Smart and Playful Cities; (Invited Paper)

(ICGB02) Guangjun Wang, Yu Qian, Yufei Zhang, Zhichao Lu, Xiaohui Chen, Deyang Liu, 23 diciembre 2019, IEEE, Design and Implementation of Children's Games Based on Mixed Reality

(CPET03) cadenaser, la razon por la que los chimpancés son mas fuertes que lo humanos,  
[https://cadenaser.com/ser/2017/06/29/ciencia/1498716814\\_512055.html](https://cadenaser.com/ser/2017/06/29/ciencia/1498716814_512055.html)

(TTPEE06) Conocer la fauna, Características del tigre, Comportamiento, Habitat y Mas,  
<https://conocelafauna.com/c-animales-mamiferos/caracteristicas-del-tigre/>

(OOPE02) misanimales, curiosidades del oso panda, 17/05/2019,  
<https://misanimales.com/curiosidades-del-oso-panda/>

(OPOO02) lared, 2019, esperó 117 horas para sacar la foto perfecta de estos osos polares y este es el resultado, <https://www.lared.cl/2016/animales/estuvo-117-horas-esperando-para-sacar-la-foto-perfecta-de-estos-osos-polares>

(CISP07) istockphoto, chimpancé,  
<https://www.istockphoto.com/es/search/2/image?phrase=chimpanc%C3%A9>

