



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



**Departamento de Sistemas Informáticos y Computación  
Universitat Politècnica de València**

**Sistema de realidad aumentada  
para la mejora de la accesibilidad a  
la tecnología para personas con  
dificultades visuales**

Trabajo Fin de Máster

**Máster Universitario en  
Ingeniería y Tecnología de Sistemas Software**

**Autor/a:** Juan Carlos Hernández Ramos

**Tutor/a:** Javier Jaén Martínez

**Curso:** 2018-2019

Valencia, septiembre de 2019

# Resumen

La propuesta de este proyecto busca establecer una referencia que complemente el estado del arte en el ámbito de la interacción de hombre máquina para personas en condición de discapacidad visual, explorando los avances tecnológicos e investigaciones relacionadas e iniciativas de la industria; también diseñar y modelar un prototipo que mejore y facilite la accesibilidad en entornos informáticos, centrándose en las enfermedades visuales.

Este proyecto, a su vez propone una investigación orientada al software, que sirva como un punto de control comprensible, desde dónde abordar un prototipo a modo de laboratorio real y coherente; basando los esfuerzos de investigación en buenas prácticas de desarrollo de software, librerías de software actuales, investigaciones académicas, dispositivos y marcos de trabajo diseñados por la industria disponibles en el mercado como Google Augmented Reality Core (AR Core) y Microsoft Mixed Reality Hololens 2.

Para lograr estos objetivos, el proyecto está documentado, versionado y seguirá en gran medida los marcos de desarrollo como SCRUM y AGILE para, rápidamente, alcanzar un mínimo producto viable inicial. Este laboratorio utiliza escenarios y tecnologías de realidad aumentada buscando medir en términos de carga cognitiva y usabilidad, la interacción de usuarios en estos espacios; observando la manera en que los objetos generados por computador son comprensibles o visibles con buena definición. El laboratorio puede ser supervisado mediante mecanismos de transmisión web p2p de datos como Web-RTC. Además, el prototipo

pretende ser muy fácil para probar por lo cual se ha desarrollado para dispositivos Android, esto permite potenciar el alcance del laboratorio.

Este prototipo podría ser una referencia para animar a la gente con discapacidad visual a interactuar de forma remota en el campo del desarrollo de software, así como asistir a ambientes educativos en línea, gracias a la naturaleza del prototipo que servirá como un medio amigable e inclusivo con su mundo externo.

### **Palabras clave**

Realidad aumentada, AR Core, discapacidad, accesibilidad, enfermedad visual, prototipo, interacción hombre máquina, SCRUM, AGILE, Web-RTC, inclusión.

# Abstract

The proposal of this project is to establish a reference that complements the state of the art in the field of the human computer interaction HCI for people with visual impairment, exploring technological advances, related research and industry initiatives, also designing and modeling a prototype that improves and facilitates accessibility in computer environments, focusing on visual diseases. Propose a software-oriented research that serves as an understandable control point from which to approach a prototype as a real and coherent laboratory, basing research efforts on good software development practices, current software libraries, academic research, devices and Industry-designed frameworks available on the market such as Google Augmented Reality Core (AR Core) and Microsoft Mixed Reality HoloLens 2.

To achieve these objectives, the project is documented, versioned and will largely follow the development frameworks such as SCRUM and AGILE to quickly reach a minimum initial viable product, this laboratory uses augmented reality scenarios and technologies to measure in terms of cognitive load and usability the interaction of users in these spaces observing the way in which computer generated objects are understandable or visible with good definition. The laboratory can be monitored by means of p2p web data transmission mechanisms such as Web RTC. In addition, the prototype is intended to be very easy to test for which it has been developed for Android devices, this allows the scope of the laboratory to be greater.

This prototype could be a reference to encourage people with disabilities to interact remotely in the field of software development, as well as attend online educational environments, thanks to the prototype's nature of serving as a friendly and inclusive means with their external world.

***Keywords***

*Augmented reality, AR Core, disability, accessibility, visual disease, prototype, human-machine interaction, SCRUM, AGILE, Web-RTC, incorporation.*

# Agradecimiento

A la familia y amigos por el apoyo y acompañamiento durante todo el proceso de crecimiento personal, realización del máster y concepción de este trabajo de fin de máster.

A los participantes de las pruebas de laboratorio que permitieron entender y dar forma a el camino que este trabajo de máster sigue para el aporte integral de ideas, conceptos y teorías sobre un ambiente inclusivo con personas en condición de discapacidad visual.

# Índice

Resumen .....	2
Abstract.....	4
I.1 Introducción.....	11
I. 1.1. Identificación y determinación del problema .....	11
I. 1.2. Motivación .....	12
I. 1.3. Objetivos Globales .....	14
I. 1.4. Objetivo del trabajo .....	16
II. 1 Interacción humano máquina HCI .....	19
II. 1.1. Descripción .....	19
II. 1.2. Diseño de interfaces .....	21
II. 1.3. Discapacidad visual y HCI.....	23
II. 2 Realidad aumentada .....	24
II. 2.1. Descripción .....	24
II. 2.2. Entornos de desarrollo y plataformas .....	27
II. 2.3. Realidad aumentada y HCI.....	30
II. 2.4. Realidad aumentada y discapacidad visual .....	31
II. 3 Iniciativas de la industria.....	33
II. 3.1. Descripción .....	33
II. 3.2. eSight ( <a href="https://esighteyewear.com">https://esighteyewear.com</a> ).....	35
II. 3.3. OrCam ( <a href="https://www.orcam.com/es/">https://www.orcam.com/es/</a> ).....	37
II. 3.4. Glass Google ( <a href="https://www.google.com/glass/start/">https://www.google.com/glass/start/</a> ) .....	38
II. 3.5. HoloLens 2 ( <a href="https://www.microsoft.com/en-us/hololens">https://www.microsoft.com/en-us/hololens</a> ) .....	40
II. 3.6. Software existente .....	42
III. 1 Propuesta .....	46
III. 1.1. Descripción .....	46
III. 1.2. Retos .....	47
III. 1.3. Alcance.....	48
III. 1.4. Especificación del sistema .....	52
III. 1.5. Funcionalidades .....	54
IV. 1 Metodología de desarrollo .....	63
IV. 1.1. AGILE.....	64

IV. 1.2. SCRUM .....	66
IV. 1.3. GitFlow (flujo de trabajo) .....	70
IV. 2 Análisis y modelado del sistema .....	72
IV. 2.1. Características del sistema .....	72
IV. 2.2. Modelo de dominio .....	73
IV. 2.3. Actores.....	74
IV. 2.4. Backlog general AREVI .....	75
IV. 2.5. Retrospectiva SCRUM y Backlog general .....	79
IV. 2.6. Tecnologías utilizadas para el desarrollo .....	81
IV. 2.7. Modelo de casos de uso .....	82
IV. 2.8. Modelos conceptuales de clases .....	102
IV. 3 Diseño .....	104
IV. 3.1. Diseño componentes .....	104
IV. 3.2. Arquitectura del sistema .....	106
IV. 3.3. Diseño de la lógica de negocio .....	108
IV. 3.4. Diseño de la aplicación cliente .....	109
IV. 3.5. Diseño de la persistencia .....	112
IV. 3.4. Diseño interfaz gráfica de usuario .....	114
IV. 4 Implementación .....	119
IV. 4.1. SPRINT 1 - Ejemplo Sceneform .....	120
IV. 4.2. SPRINT 2 - Ejemplo reproducción de video .....	123
IV. 4.3. SPRINT 3 - Ejemplo reconocimiento de gestos .....	127
IV. 4.4. SPRINT 4 - Ejemplo interacción con puntero .....	130
IV. 4.5. SPRINT 5 - AREVI WebRTC .....	133
IV. 4.6. SPRINT 6 - AREVI laboratorio de análisis de interacción hombre máquina en espacios de realidad aumentada .....	141
V. 1 Evaluación y validación con usuarios .....	158
V. 1.1. Planteamiento .....	158
V. 1.2. Mecanismos de evaluación .....	160
V. 1.3. Realización del experimento .....	163
V. 1.4. Presentación de algunas experiencias .....	168
V. 2 Conclusiones .....	177
V. 2.1. Conclusiones.....	177

V. 2.2. Trabajo Futuro .....	180
Bibliografía.....	182

# **Parte I: Descripción del proyecto**

# I.1

## Introducción

### **I. 1.1. Identificación y determinación del problema**

---

Hoy en día existe una tendencia mundial en crear software atractivos para las personas, que llame la atención, basado en el consumismo y la mercadotecnia, sin embargo es de vital importancia, que el conocimiento científico sea una efectiva contribución a la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos, unos ciudadanos que con el desarrollo de las nuevas tecnologías y su continua digitalización continúa revolucionando la forma cómo nos comunicamos, cómo nos informamos así como nuestras prácticas educativas formas de entretenimiento.

Según la Organización Mundial de la Salud –OMS-, en el 2010, 285 millones de personas en el mundo se encuentran con discapacidad visual, de las cuales 246 millones de dichas personas tienen baja visión, estas cifras permiten confirmar que, si bien tener baja visión no significa tener que

renunciar a hacer actividades diarias, si significan el tener que encontrar una nueva forma de realizarlas.

La realidad aumentada permite crear esta nueva forma de realizar dichas tareas ya que a diferencia de la realidad virtual esta tecnología nos permite crear mundos mixtos, imágenes reales e imágenes generadas por computador, la realidad aumentada agrega elementos virtuales al entorno real, complementando con herramientas como la ampliación de imágenes, iluminación, contraste entre otros.

## **I. 1.2. Motivación**

---

Durante mi ejercicio y aprendizaje como ingeniero de sistemas y computación he reflexionado al respecto de las diferentes funciones que la tecnología, como fuente de innovación y transformación, cumple para la sociedad, un rol fundamental de la tecnología, al ser habilitante para el ser humano. La educación, el entretenimiento y el negocio acaparan la atención, pero la transformación que genera la tecnología, impactando la cotidianidad de las personas, facilita su interacción con el mundo.

Desde mi perspectiva, de persona en condición de discapacidad, es más importante que muchas implementaciones brinden la capacidad de acceder a una biblioteca enorme de conocimiento, una red de interacciones, una manera de explorar, comprender y reflexionar al respecto de la información a la cual internet como tecnología es un camino infinito al descubrimiento. Además, la realidad aumentada, forma parte de la siguiente revolución industrial denominada la cuarta revolución, por lo

tanto, los avances en esta área son fundamentales para darle forma al futuro cercano.

Comercio y entretenimiento rentabilizan actualmente la evolución tecnológica, según HackerMoon (James, 2019) este año es promisorio para la inversión en el desarrollo de software en realidad mixta, siendo este ámbito mencionado en el puesto número uno de su estudio; más adelante se explica cómo son la industria de videojuegos y el turismo las que más prometen en términos de crecimiento económico. Sin embargo, el planteamiento de exploración que se expone acá busca aportar académicamente un referente que pueda apoyar al crecimiento, formación y seguridad a sujetos en condición de discapacidad visual, que según datos de la Fundación CEDAT-Servicio de Atención al Estudiante con Discapacidad en la universidad politécnica de Valencia, sólo para el curso 2018-2019 se han atendido estos casos de la siguiente manera:

*Se matricularon 28 estudiantes con discapacidad visual, 19 de ellos varones y 9 mujeres. 22 cursaron un grado, 3 máster y 3 doctorado.*

*Las ayudas o adaptaciones que más se han valorado como necesarias para cursar sus estudios en igualdad de condiciones han sido:*

- *Ampliar el tamaño de la letra de los textos escritos.*
- *Incrementar el tiempo de realización de los exámenes y pruebas de evaluación.*
- *Reservar primeras filas en el aula.*
- *Asegurar una buena iluminación en el aula.*

*Las ayudas técnicas utilizadas han sido:*

- *Telescopio.*
- *Lupa con luz.*
- *Lentes correctoras.*
- *Lentes con filtro efecto lupa.*

Siendo esta la realidad de un solo centro de educación superior y que según informe del instituto nacional de estadística (INE) (SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, 2018) para el año 2016, el más reciente encontrado en línea, en una muestra con más de doscientos treinta mil personas, son alrededor de setecientas noventa y cuatro aquellas que presentan algún tipo de discapacidad considerada como visual, tan solo en España. Es importante la iniciativa aquí planteada, como fuente de literatura, conocimiento y código fuente para futuros emprendimientos e investigaciones relacionadas, que aporten y promuevan la inclusión social desde el ámbito tecnológico, principal industria que lidera el cambio y desarrollo de la sociedad actual.

### **I. 1.3. Objetivos Globales**

---

Las interacciones hombre máquina vienen siendo establecidas mediante el uso de los sentidos como canales de comunicación que perciben y combinan señales, estos canales de entrada recolectan información del entorno y aprendemos o interpretamos los datos para luego transmitir o retroalimentar un programa-sistema.

En la actualidad la informática explora métodos de interacción nuevos que impactan la manera en que la teoría de interacción hombre máquina propone diseños adecuados para dicha función. Analizaremos algunos principios y estilos de interacción que la tecnología de realidad aumentada debe ser capaz de consolidar, adaptar y ayudar al usuario de tal manera que el uso de ésta sea intuitivo, algo así como lo que ahora sucede con los teclados virtuales que han ganado terreno y están presentes en todos los ambientes táctiles.

Realidad aumentada puede entenderse como un sistema embebido; en nuestro caso, es una aplicación para teléfonos Android, sin embargo, no hay un estilo o patrón a seguir (del tipo Windows o MacOS) que nos permitirían entender o dar por hecho que el usuario comprende cómo interactuar con el sistema. En el caso que nos compete a nosotros el reto aumenta un poco el nivel de complejidad pues se espera atender a personas con dificultades visuales. Habrá que definir desde los cimientos un entorno entendible para usar y que le permita ser utilizado por el público objetivo de esta investigación.

La propuesta ha de tener en cuenta los modelos de interacción hombre máquina HCI mayoritariamente aceptados como lo resalta (Alonso, Fuertes, González, & Martínez , 2008) además se tendrá en cuenta la teoría mencionada en el capítulo 3 de (Olofsson, 2017).

## I. 1.4. Objetivo del trabajo

---

No se evidencia un buen número de investigaciones dirigidas en el bosque de la investigación para el estudio de interfaces para realidad aumentada dirigida a personas en condición de discapacidad visual; siendo yo parte integral, investigador, desarrollador y sujeto de prueba, involucrada en esta investigación, debe ser recomendable para el prototipo dar la posibilidad de utilizar la aplicación en modo navegación (el usuario configura parámetros del prototipo haciendo uso normal del dispositivo Android) así se pueden ir agregando modalidades o requerimientos de los usuarios según su propia experiencia.

- Contribuir en la investigación y divulgación de literatura y tecnología para la realización y mejora del acceso en tecnología a personas en condición de discapacidad visual.
- Construir y administrar repositorio de código abierto para el proyecto de forma tal que esta investigación pueda ser referente inicial para futuros emprendimientos académicos o de industria.
- Registrar información propia del usuario, con fines demográficos y estadísticos, según grupo poblacional y discapacidad, si se tiene.
- Construir perfil único por usuario de usabilidad habitual en ambiente conocido, modo de aplicación móvil convencional.

Luego en modo de exploración de escena en realidad aumentada la aplicación deberá reflejar estas configuraciones resultado del

entrenamiento realizado por el usuario. La interacción hombre máquina que se propone explorar inicialmente consiste en tres etapas:

- Un entorno de tamaño, forma y colores adecuados en el espacio aumentado y que el puntero sea habilitante para interactuar con los elementos digitales del entorno aumentado.
- Puntero interacción externa. El estudio busca investigar si se complica o no el uso de instrumentos externos junto con el puntero virtual para la interacción con los elementos digitales.
- Determinar si los objetos virtuales son visibles claramente en espacios aumentados partiendo del perfil del usuario.
- Medir la relación entre el tiempo transcurrido durante el reconocimiento de objetos en el espacio aumentado, la escala de los objetos y la distancia hasta la cámara.
- Utilizar la evaluación NASA-TLS para evaluar el nivel de carga cognitiva que el estudio presentado en este trabajo propone para los usuarios.
- Medir el nivel de usabilidad del prototipo aquí planteado empleando el formulario de evaluación escala de usabilidad del sistema (SUS).

# **Parte II: Estado del arte**

# II. 1

## Interacción humano máquina HCI

### II. 1.1. Descripción

---

La interacción humano máquina (HCI) como lo indican sus siglas “Human-Computer Interaction”, es el área que se ocupa del análisis y diseño de interfaces de usuario (Ruiz , 2007). El desarrollo de dichas interfaces se orienta para que la interacción entre las personas y las máquinas tenga una experiencia agradable y no una actitud frustrante con la tecnología.

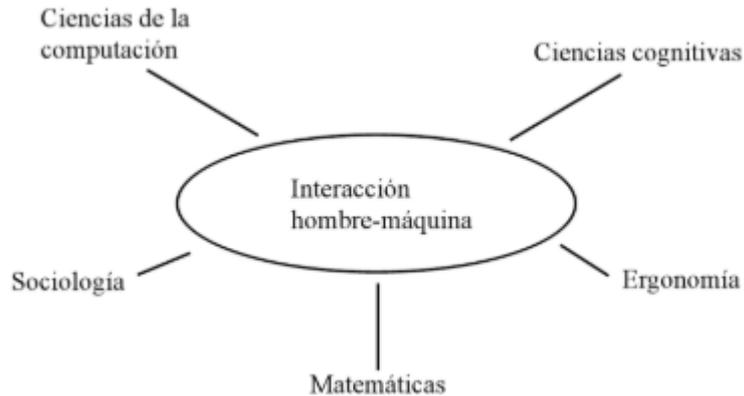
Surge a mediados del siglo XX, al mismo tiempo que los ordenadores empiezan a irrumpir en la cotidianidad del ser humano, con el fin de lograr mayor rentabilidad con el menor esfuerzo y así optimizar su uso.

Dicho lo anterior, se busca que la tecnología se adapte a los usuarios finales, independientemente de las características que puedan poseer ya sean físicas, ideológicas u otras; para que esta unión se dé es importante saber que el punto en el cual se une el usuario y la máquina se denomina interfaz de usuario

Al buscar la adaptabilidad de la tecnología a los usuarios finales, la interacción hombre-máquina tiene ciertos objetivos específicos como son la seguridad, la utilidad, la eficiencia y la usabilidad para así tener un sistema afable es decir que sea fácil de aprender y usar.

Al tener este sistema afable se logra una experiencia de usuario es decir que se genere una satisfacción al acceder a la aplicación, y al hablar de satisfacción se refiere a una sensación subjetiva y poco medible pero que provoca su uso continuo por parte del usuario.

Existen ciertas tecnologías que intervienen en la interacción hombre máquina:



[Figura 1. Tecnologías HCI (Días de Santos, 2007)]

## II. 1.2. Diseño de interfaces

---

La interfaz de usuario es el entorno de interacción entre el humano y la máquina; gracias a esta interfaz, que los usuarios pueden controlar las acciones sobre la máquina; de tal manera que el usuario recibe respuestas de la máquina verificando que la acción que ejerció sobre la misma estuvo correcta.

Dicho lo anterior es importante que, al diseñar una interfaz de usuario, se asegure que el proceso de interacción se pueda llevar a cabo de una manera segura, fácil e intuitiva, para esto es necesario utilizar un término más específico (GUI del inglés graphical user interface).

Al crear una interfaz coherente se debe integrar cómo se le presenta la información al usuario y la manera en la cual este interactúa con ella, es por esto por lo que se catalogan cinco aspectos básicos de cómo el usuario puede interactuar con la aplicación:

- Manipulación directa, se refiere a la interacción con los objetos que se encuentran de manera directa en la pantalla.
- Selección de menús, facilita los errores y las búsquedas innecesarias por parte del usuario al proporcionarle una lista de posibilidades.
- Llenado de formularios, permite la introducción de datos de manera sencilla sin embargo ocupa mucho espacio.
- Lenguaje de comandos, los usuarios emiten un comando especial, y aunque es difícil de aprender, este es fácil y directo para la máquina.
- Lenguaje Natural, consiste en comandos emitidos por el usuario, estos comandos son fáciles de interpretación para otros usuarios, sin embargo, requiere de más palabras y por ende pueden presentarse más errores.

En la construcción de interfaces de usuario existe un concepto clave diseñar para todos (design for all), este concepto habla básicamente de como las interfaces deben ser usables y accesibles, para construir un sistema o producto usable se debe trabajar con los usuarios potenciales ya que dicho producto debe satisfacer sus necesidades, al crear un aplicativo usable por sus usuarios , se disminuye la curva de aprendizaje del mismo ya que se adapta mejor al modelo mental , lo cual minimiza el tiempo de aprendizaje.

Habitualmente se desarrollan interfaces pensando en una persona con unas características específicas, sin ningún problema cognitivo ni visual, sin embargo, realizar un diseño basados en estos usuarios, crea una barrera de accesibilidad para los usuarios con algún tipo de discapacidad , es por esto que se deben crear interfaces pensando no solo en la accesibilidad de un

usuario sin ningún limitante, si no también es muy importante diseñar y crear las interfaces para una diversidad de usuarios que existen.

## **II. 1.3. Discapacidad visual y HCI**

---

Los usuarios con Discapacidad Visual o con baja visión se encuentran diariamente con barreras que les impiden acceder a medios electrónicos como lo son, páginas web con tamaños fuente absolutos que no permiten su ampliación o reducción, imágenes o tablas sin un contraste adecuados que impide su visualización de forma adecuada.

Dicho lo anterior las personas con baja visión o discapacidad visual utilizan recursos para acceder a los aplicativos como lo son magnificadores de pantalla, personalización de la visualización del contenido, en cuanto a colores, fuente, contraste y punteros.

Dado esa problemática, se ve la necesidad que las aplicaciones sean accesibles a todos los usuarios y es por esto por lo que el avance tecnológico permite implementaciones con inteligencia artificial, realidad virtual, realidad aumentada entre otros.

La realidad aumentada ya está cambiando la experiencia de los usuarios en las plataformas digitales como juegos, compra online, educación entre otros, lo cual facilita no sólo la aceptación de este si no la aceptación y la accesibilidad del aplicativo a personas con baja visión, los diseñadores de UX diseñan toda una experiencia que reduce la tensión ocular lo cual permite que los usuarios utilicen todo tipo de aplicaciones de la manera más cómoda y con el menor esfuerzo posible.

# II. 2

## Realidad aumentada

### II. 2.1. Descripción

---

El término realidad aumentada fue acuñado por primera vez en 1992 por Thomas Caudell y David Mizell, dos ingenieros de Boeing que trabajaban en un simple auricular transparente que ayudaba a los ingenieros de aviones en esquemas de cableado complejos. Según su documentación, el objetivo de la realidad aumentada era permitir reducir costos y mejoras de eficiencia en muchas de las operaciones involucradas en la fabricación de aeronaves. El prototipo era tan pesado que necesitaba ser suspendido del techo por un brazo mecánico. Con todo este hardware, solo podía mostrar salas de cableado básicas que apenas se podían explorar. Pero fue uno de los primeros experimentos de la humanidad para reemplazar el mundo real con una realidad digital.

AR (Augmented Reality) comparte historia con la realidad virtual. Además, tanto AR como VR (Virtual Reality) comparten un antecedente común: La Espada de los Damacles. Construida en 1968, la Espada de los Damacles fue creada por un científico informático e investigador, Ivan Sutherland. Su objetivo era crear la pantalla definitiva. Una interfaz digital capaz de transformar el mundo físico.

Desde 1992, muchas personas han tratado de cumplir la visión que Sutherland escribió hace más de medio siglo. La pantalla definitiva sería una habitación dentro de la cual la computadora puede controlar la existencia de la materia (muebles, juguetes, etc.). Hoy en día, ya no se necesitan brazos mecánicos para suspender máquinas pesadas del techo. Los cascos de VR, exponencialmente más poderosos que la espada de Damacles de 1968, se pueden usar en nuestras caras como anteojos o encajar en nuestros bolsillos.

El hardware que se usa de manera independiente en la cabeza como anteojos, visera o casco, se conoce como un casco o pantalla montada en la cabeza, HMD por sus siglas en inglés (head-mounted display). Sin embargo, en la actualidad la mayoría de las personas acceden a AR por primera vez con dispositivos que probablemente usan todos los días, como el teléfono inteligente.

Dos principales sistemas de entrega de contenido en realidad aumentada. En el lado del casco AR, a partir de principios de 2018, el HMD más utilizado es el Microsoft HoloLens. Es completamente inalámbrico y tiene un diseño tipo visor. Funciona con una batería recargable y el cien por ciento de su poder de procesamiento se encuentra dentro de su marco. En el lado móvil

de AR, siendo la forma en que la mayoría de las personas en el mundo pueden experimentar la realidad aumentada por primera vez. De hecho, el rápido desarrollo de los teléfonos inteligentes ha contribuido al crecimiento de las industrias VR y AR. Esto se debe a que los cascos AR y VR también requieren los mismos componentes que hacen que los teléfonos inteligentes funcionen, giroscopios, acelerómetros miniaturizados, pantallas de alta resolución.

La alta demanda de teléfonos inteligentes ha impulsado la producción en masa de estos componentes a lo largo de los últimos 10 años, lo que ha generado mayores innovaciones en el hardware y una disminución de los costos. En el sentido más básico, AR se crea utilizando las cámaras frontal y posterior del teléfono.

La realidad aumentada ha recorrido un largo camino desde un concepto de ciencia ficción hasta un realismo más basado en la ciencia. Recientemente ha habido una caída abrupta en el costo del desarrollo de la realidad aumentada y hoy en día AR está disponible en un teléfono móvil con los sistemas operativos más ampliamente usados; para Android, Google ha liberado AR Core y para iOS, Apple provee AR Kit, los dos representan SDK (software development kit) y API (Application programming interface) que enmarcan y facilitan la creación y desarrollo de productos software que habiliten nuevas y creativas experiencias en AR. Estas innovadoras tecnologías han llevado el poder de AR a las manos de desarrolladores individuales, algo que no era posible hace unos años.

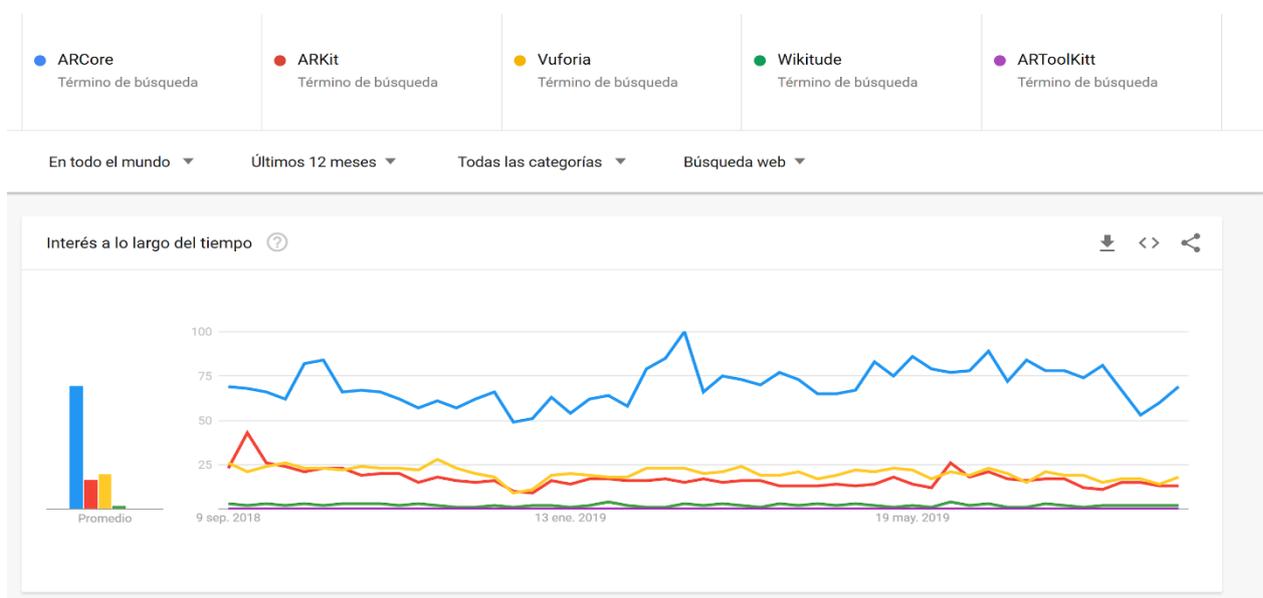
Según un artículo (Wallace, 2018), para 2025, el tamaño de la realidad aumentada y realidad virtual en la industria de la salud sería de alrededor

de \$5 mil millones de dólares. Además, la industria de viajes verá un auge en el uso de la tecnología AR, ya que el 84% de los consumidores de todo el mundo estaría interesado en utilizar AR como parte de su experiencia de viaje.

## II. 2.2. Entornos de desarrollo y plataformas

---

En esta sección serán presentados los principales entornos para el desarrollo y APIs (application programming interfaces), con licenciamiento y uso gratuito, de la tecnología de realidad aumentada que en la actualidad son provistos para desarrolladores y son los más ampliamente utilizados y consultados en la web como se muestra en la imagen a continuación.



[Figura 2. Tendencia, principales SDK para realidad aumentada (Google I. , Google Trends, 2019)]

## **ARKit de Apple**

ARKit es la plataforma de realidad aumentada de Apple, el cual permite a los desarrolladores crear aplicaciones con todas las herramientas que tiene el dispositivo, como la cámara y los sensores entre otros.

ARkit utiliza Visual Inertial Odometry, esta tecnología permite el rastreo del mundo, lo cual permite conocer cómo se mueve su dispositivo dentro de un espacio determinado, ya que, gracias a la cámara, el equipo mapea y localiza puntos en el espacio puntos que permiten posicionar objetos virtuales sobre un escenario real.

Uno de los ejemplos más claros de esta tecnología es el aplicativo desarrollado para Ikea, el cual le permite tener una vista previa de los productos en su casa aun antes de comprarlos, así los usuarios pueden tener una idea de cómo lo objetos que deseen comprar se verán en cada una de sus habitaciones, teniendo en cuenta color, diseño y tamaño.

Con la nueva versión de ARkit se tienen nuevas funcionalidades como Motion Capture, el cual permite integrar el movimiento de las personas al aplicativo es decir que la cámara tenga la capacidad de reconocer a las personas que están presentes en una escena y así posicionar objetos delante y detrás de ellas

## **ARCore de Google**

ARCore es una plataforma de Google que permite que los desarrolladores construyan experiencias de realidad aumentada, permitiendo que el dispositivo móvil detecte su entorno e interactúa con la información captada así construye su propia concepción del mundo real.

Mediante la cámara ARCore identifica puntos, llamados funciones los cuales se monitorean a través del tiempo, gracias a este monitoreo y la lectura de los sensores del dispositivo móvil, ARCore determina la posición y la orientación a medida que realiza movimientos en el espacio.

Para realizar la integración entre el mundo real y los objetos virtuales ARCore tiene tres conceptos clave:

- El seguimiento del movimiento el cual permite que el dispositivo comprenda su posición en relación con el espacio.
- La comprensión ambiental, lo que permite que el dispositivo detecte el tamaño y la ubicación de todo tipo de planos y superficies
- Estimación de luz permite que el dispositivo estime las condiciones de iluminación de su entorno.

### **Sceneform API para ARCore:**

Sceneform es un complemento de Android Studio que importa modelos 3D para así convertirlos a un formato compatible y ejecutable en compilación obteniendo una vista previa de ellos en Android Studio, esta biblioteca

ayuda a importar modelos, detectar planos, manejar la experiencia de usuario y construir la escena AR.

Sceneform le permite acceder a ARCore usando Java o Kotlin (con menos soporte) con un nivel de dificultad menor pues en principio no requiere conocimientos previos de OpenGL, dicho de otra forma, Sceneform es un middleware que embebe funcionalidades de ARCore y OpenGL en una librería de alto nivel.

Gracias a Sceneform se facilita el para los desarrolladores crear aplicaciones de realidad aumentada ya que disminuye la curva de aprendizaje pues no es necesario entender a profundidad OpenGL, API para la generación de gráficos por computador, para iniciar un proyecto utilizando el kit de desarrollo ARCore.

## **II. 2.3. Realidad aumentada y HCI**

---

Como ya se ha hablado antes la realidad aumentada es una forma de visión de la realidad, y de interacción con la misma, es decir que con el software adecuado se puede agregar a la realidad, información, características (visuales, sonoras, textuales o multimedia) entre otras.

Actualmente se han desarrollado nuevas experiencias con este tipo de tecnología, como por ejemplo en el ambiente educativo ha incidido de tal forma que, si un libro no se puede leer de manera correcta, gracias a algunos programas, el lector tiene la posibilidad de magnificar la letra, cambiarla de color, abrir imágenes.

La posibilidad de acceder a la información por medio de diferentes medios permite que dicha información se pueda mostrar al público de distintas maneras y así mismo lograr mayor accesibilidad a los datos y a su contenido.

Un ejemplo de esto es la forma como las empresas han incluido la realidad aumentada en la presentación de la información hacia el público, o a sus mismos trabajadores, un ejemplo es lo que realiza la empresa General Electric, el cual les proporciona a sus empleados gafas, Google Glass, para el arreglo de turbinas eólicas.

Los dispositivos móviles como herramienta de conectividad y como medio para desarrollar la realidad aumentada, ha permitido que más personas accedan a estos tipos de tecnología, la cual tiene la capacidad de cambiar la forma en la que los usuarios interactúan con los dispositivos (HCI), una de las primeras aplicaciones que cambió la forma en la cual los usuarios se relacionaban con los dispositivos, se llama Pokémon Go, el cual obtuvo una gran acogida con más de 65 millones de descargas en la primera semana alrededor del mundo.

## **II. 2.4. Realidad aumentada y discapacidad visual**

---

La problemática de las personas con baja visión al enfrentarse a medios tecnológicos ha hecho que se creen nuevas posibilidades para acceder a los mismos, este es el caso de la realidad aumentada, la cual permite acceder a la información de distinta manera, permitiendo así una diferente interacción con los dispositivos y una accesibilidad mucho mayor a las aplicaciones.

Como parte de este proceso se han creado aplicativos que permiten acceder a cualquier tipo de información, ya sea didáctica, educativa o simplemente de ubicación, como por ejemplo Pokémon Go, juego para dispositivos móviles que permite la captura de Pokémon mediante de realidad aumentada, en cuanto al área de la educación, se han creado aplicaciones que permiten al usuario visualizar con AR las imágenes, magnificar las letras entre otros.

En cuanto a la discapacidad visual más específicamente se creó e-Glance el cual es un sistema de realidad aumentada que permite que las personas con discapacidad visual se hagan un mapa mental de los espacios que se encuentran a su alrededor mediante un mapa, que involucra tanto una interfaz cognitiva que muestra el espacio, también integra una interfaz sensitiva que informa a sus usuarios los obstáculos que se pueda presentar en el medio.

La Universidad Politécnica de Madrid al realizar este proyecto demostró la influencia de la tecnología como AR en la calidad de vida de las personas con discapacidad visual ya que supone un impulso en la autonomía tanto de las personas invidentes como en las discapacitadas visualmente permitiendo así mayores oportunidades en el mercado laboral.

# II. 3

## Iniciativas de la industria

### II. 3.1. Descripción

---

En esta sección serán descritos algunos referentes de la industria en el uso de realidad aumentada para proporcionar un entorno de interacción mixto: mezcla de imágenes y proyecciones digitales generadas por computador; a medida que la miniaturización en fabricación de chips de silicio avanza se permite a la industria mejorar su capacidad de innovar y hacer dispositivos más portables.

Podemos referenciar el concepto de sistemas ubicuos y adaptativos a manera de ejemplo de esta evolución y el cómo la industria ha diseñado y ejecutado los productos que hoy en día se empiezan a comercializar, enfrentando al usuario con nuevos mecanismos de interacción e interfaces. Estos sistemas han sido descritos y explicados desde los años ochenta en investigaciones realizadas por los laboratorios de Xerox que se conocen

gracias a las publicaciones de M. Weiser, siendo este un punto de partida que habilita la exploración de la informática como un ente altamente independiente de la interacción humana de tal forma que hoy sea posible entender con naturalidad las actuaciones que estos entes tienen para con su entorno. En palabras de (Weiser, 1999) “Las máquinas que se adaptan al entorno humano en lugar de obligar a los humanos a entrar en el suyo, harán que utilizar una computadora sea tan refrescante como pasear por el bosque.”

El paradigma de interacción con la computación difundido con mayor popularidad se refiere a interacciones hombre máquina dirigidas de manera unidireccional, conceptuado en mecanismos de comunicación basados en eventos dirigidos entre los entes involucrados. Históricamente el ser humano y la máquina actúan entre sí mediante herramientas diseñadas para dar instrucciones operativas (teclado) y presentando estímulos en un principio visuales (monitor). Con constante evolución la máquina es más capaz de realizar operaciones de manera simultánea y a mayor velocidad, dando paso a comunicación mediante sonido e incluso estímulos sensoriales, a su vez, los usuarios son más conscientes de cómo en el día a día cada vez en mayor medida son necesarios mejores, más eficaces y naturales métodos de interacción con lo digital. En la actualidad contamos ya con prendas de vestir capaces de proporcionar información útil (Ponibles), computadores más capaces y miniaturizados (Smartphone), asistentes virtuales (Cortana, OK Google, Alexa, Siri) desplegados incluso en su propio entorno (Amazon Echo, Google Home) e incluso medios de transporte inteligentes y reactivos a contexto (Tesla, Google).

Como expone (Arenas, 2017) en su artículo son muchas las industrias involucradas y beneficiarias del concepto de miniaturización. Esta constante evolución y trabajo, ahora habilita productos dirigidos al comercio viables para realidad aumentada e interacciones más naturales e imperceptibles que se ajustan a los principios de ubicuidad y adaptación presentados. Este trabajo de desarrollo de software explora estos principios y saca provecho de la evolución en la industria, para estudiar el cómo la tecnología puede hacer que incluidos usuarios con discapacidad visual se enfrenten a la realidad mixta y analizar si esta emergente evolución técnica sería benéfica para los públicos objetivo.

### II. 3.2. eSight (<https://esighteyewear.com>)

---

*“The vision to do more.*

*Breakthrough assistive technology for the visually impaired.”*



[Figura 3. fotografía producto, eSight 3 (eSight, 2019)]

**Introducción:** Tecnología de gafas de asistencia que permite a las personas con pérdida de visión ver y vivir de forma independiente. Posee una cámara de última generación, usa algoritmos de inteligencia artificial y dos pantallas de alta resolución.

**Ámbito:** Con demasiada frecuencia, las personas se definen por su pérdida de visión. eSight no sólo ayuda a clientes con baja visión a ver, les ayuda a vivir una vida activa e independiente. El objetivo es proporcionar las gafas de asistencia más avanzadas disponibles.

**Tecnología:** Hardware y software propietario, cámaras, sensor de luminosidad y pantallas de alta definición, algoritmos de mejoramiento de imagen y ajuste de iluminación.

**Principales Características:** eSight 3 es liviano, la batería proporciona alrededor de 2 horas de uso regular.

- La inclinación bi-óptica patentada permite una movilidad total.
- Cámara de 21.5 megapíxeles
- Zoom 24x
- Imágenes en tiempo real
- Ligero
- Enfoque automático rápido y silencioso
- Coaching y soporte técnico en vivo.

**Precio:** \$5950 USD

## II. 3.3. OrCam (<https://www.orcam.com/es/>)

---

*“Brindar un mundo más accesible a invidentes, a personas con deficiencia visual y con dificultades para leer.”*



[Figura 4. Fotografía producto My Eye 2 (orcam, 2019)]

**Introducción:** Aprovecha el potencial de la visión por computador en una plataforma portátil capaz de mejorar la vida de las personas, especialmente las ciegas, con visión limitada o que tienen alguna discapacidad de lectura. MyEye proporciona ayuda visual a través de un dispositivo portátil -que se acopla a montura de gafas- y de una interfaz táctil que se dice fácil de utilizar.

**Ámbito:** OrCam MyEye, tecnología de asistencia que proporciona independencia, al posibilitar el acceso a información visual reproducida en audio, una cámara utiliza inteligencia artificial para leer textos, reconocer rostros e identificar productos.

**Tecnología:** Hardware y software propietario, cámaras, altavoces, micrófono, algoritmos de reconocimiento de imágenes e inteligencia artificial.

**Principales Características:** *OrCam MyEye 2 es una tecnología de vanguardia, sencilla e intuitiva, que niños, adultos y ancianos pueden utilizar fácilmente. Puede leer cualquier texto impreso o digital.*

- Lectura de textos: Incluidos periódicos, libros, menús, señales y carteles, etiquetas de productos y pantallas.
- Reconocimiento facial: La identificación facial en tiempo real se anuncia a la perfección.
- Identificación de productos: Identificación de productos que posibilita hacer las compras con independencia.
- De uso sencillo: Respuesta intuitiva a gestos sencillos con la mano.
- Portátil: Pequeño, ligero y se acopla magnéticamente a prácticamente cualquier montura de gafas.
- Funciona en todas partes: Diminuto, inalámbrico, no requiere conexión a Internet.

**Precio:** \$4500 USD

## **II. 3.4. Glass Google (<https://www.google.com/glass/start/>)**

---

*“A hands-free device for smarter and faster hands-on work.”*



[Figura 5. Producto Glass 2 (Google I. , 2019)]

**Introducción:** Glass Enterprise Edition 2. es un dispositivo portátil y liviano con una pantalla transparente para trabajar con las manos libres.

**Ámbito:** Solución personalizada de extremo a extremo que se adapta a las necesidades comerciales de las empresas. El programa Glass Partners ofrece dispositivos Glass, soluciones de software especializadas y soporte continuo a la fuerza laboral de las organizaciones.

**Tecnología:** Diseño y software (código abierto) propietario, cámaras, altavoces, micrófono, API y SDK para despliegue de soluciones.

**Principales Características:** Glass Enterprise Edition 2 es un dispositivo portátil que ayuda a las empresas a mejorar la calidad de sus resultados y ayuda a los empleados a trabajar de manera más inteligente, rápida y segura. Brinda a los trabajadores y profesionales en campo asistencia visual activada por voz.

- Simple de desarrollar: Glass Enterprise Edition 2 se ejecuta en la plataforma Android Open Source, lo que hace que su desarrollo sea rápido y fácil.
- Destaca en video y transmisión en vivo: Con una cámara de 8MP, Glass Enterprise Edition 2 permite a los trabajadores transmitir videos claros desde el "punto de vista" de asistentes remotos expertos a través de Wi-Fi.
- CPU mejorada: Glass Enterprise Edition 2 se ha mejorado con Snapdragon XR1 de Qualcomm, que permite un mejor rendimiento y soporte para casos de uso de visión artificial y aprendizaje automático a bordo.
- Mantente enfocado: Glass se adapta intuitivamente a su flujo de trabajo y lo ayuda a mantenerse comprometido y enfocado en el trabajo de alto valor al eliminar las distracciones. Con los comandos de voz, puede activar la aplicación adecuada para usted en cualquier momento.

**Precio:** \$999 USD Contactar con asociado.

## **II. 3.5. HoloLens 2 (<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>)**

---

*“Mixed reality is ready for business. A new vision for computing, built on a history of innovation.”*



[Figura 6. Fotografía producto HoloLens 2 (Microsoft, 2019)]

**Introducción:** La realidad mixta en HoloLens 2 combina un dispositivo sin ataduras con aplicaciones y soluciones que ayudan a las personas de los negocios a aprender, comunicarse y colaborar de manera más efectiva. Combina avances en diseño de hardware, inteligencia artificial (IA) y desarrollo de realidad mixta de Microsoft.

**Ámbito:** Trabaja de manera más inteligente con el último dispositivo de realidad mixta. HoloLens 2 ofrece la experiencia de realidad mixta más cómoda e inmersiva disponible, con soluciones líderes en la industria que ofrecen valor en minutos, todo mejorado por la confiabilidad, seguridad y escalabilidad de los servicios de nube e inteligencia artificial de Microsoft.

**Tecnología:** Diseño, Hardware y software (código abierto) propietario, cámaras, altavoces, micrófono, API y SDK para despliegue de soluciones.

#### **Principales Características:**

- **Inmersivo:** Vea más hologramas a la vez a través del campo de visión muy aumentado. Lea el texto y vea detalles complejos en imágenes en

3D de manera más fácil y cómoda con una resolución líder en la industria.

- Ergonómico: Use HoloLens 2 por más tiempo y más cómodamente con un sistema de ajuste de marcación diseñado para un uso prolongado. Y mantén tus anteojos puestos, los auriculares se deslizan sobre ellos. Cuando llegue el momento de cambiar de tarea, levante la visera para salir de la realidad mixta.
- Intuitivo: toque, agarre y mueva los hologramas de una manera que se sienta natural: responden como objetos reales. Inicie sesión en HoloLens 2 de forma instantánea y segura con solo sus ojos con Windows Hello. Y los comandos de voz funcionan incluso en entornos industriales ruidosos a través de micrófonos inteligentes y procesamiento de voz en lenguaje natural.

**Precio:** \$3500 USD

## II. 3.6. Software existente

---

### Lectura de pantalla:

- Utiliza voz generada por computador para reproducir por altavoces el contenido que aparece en la pantalla de un dispositivo.
- Compatible con la mayoría de los programas y características para sistemas operativos, incluyendo móviles, muchas veces incluido en las características de accesibilidad del dispositivo.
- Algunos ejemplos de software de lectura de pantalla son JAWS, WindowEyes, además de los integrados para Windows, VoiceOver para Mac, Orca en distribuciones de Linux basadas en Gnome e

integrado en los ajustes de accesibilidad de sistemas operativos móviles Android e iOS.

### **Magnificadores de pantalla:**

- Emulando la función óptica de una lupa de vidrio amplía todos los elementos de la pantalla, dependiendo de la configuración sigue el cursor o el teclado.
- Función integrada por completo en todos los sistemas operativos de equipos de cómputo y teléfonos inteligentes.
- Ejemplos de programas de aumento de pantalla incluyen ZoomText y Magic.

### **Reconocimiento de voz y dictado:**

- Estos programas a menudo utilizan teclados QWERTY estándar, pero también se pueden usar otros accesorios modificados.
- Variedad de herramientas de ofimática soportan la funcionalidad, el ejemplo más conocido es Microsoft Word.
- Los teclados virtuales en dispositivos móviles tienen integrada esta función.
- El reconocimiento de voz es ampliamente usado en la actualidad como interfaz de usuario, presente en muchos ejemplos de internet de las cosas IoT como coches, relojes, parlantes, televisores, etc.

### **Sistemas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR):**

- Software que por medio del reconocimiento de patrones procesa un documento impreso, lo digitaliza y convierte en caracteres de texto y palabras, que los equipos informáticos pueden procesar.

- Imágenes digitalizadas y o archivos en diversos formatos pueden ser interpretados por un OCR con el fin que un lector de pantalla realice debidamente su función. El contenido se puede leer usando voz sintetizada, ampliadores de pantalla e impresoras en braille.
- Algunas precauciones con el software OCR para tener en cuenta:
- Debe procurar conservar el diseño del texto original.
- Es adaptativo y reconoce columnas, varios tamaños de papel y documentos con formato horizontal.
- Admite diferentes tipos de escáneres, cámaras o medios de digitalización.

**Parte III:  
Entorno de  
realidad  
aumentada  
para  
discapacidad  
visual AREVI**

# III. 1

## Propuesta

### III. 1.1. Descripción

---

La propuesta de investigación, que se ha proyectado para este trabajo de fin de máster, consiste en el diseño de un laboratorio en forma de aplicación móvil para dispositivos Android que haciendo uso del kit de desarrollo en realidad aumentada provisto por Google, AR Core, permita estudiar la relación entre un ambiente mixto con objetos generados por computador y la capacidad de ser usado por personas en condición de discapacidad visual, en el cual se pueda realizar la evaluación de carga cognitiva y usabilidad del prototipo recolectando información en tiempo real referente a las técnicas de diseño y accesibilidad para el desarrollo de software en este paradigma de interacción hombre máquina.

El planteamiento pretende resolver a través de la experiencia de los usuarios si un ambiente de realidad aumentada con objetos escalables puede ser una herramienta usable y eficaz para hacer más accesible la

interacción hombre máquina en personas con algún tipo de discapacidad visual.

Para resolver el planteamiento, la interfaz de usuario de la aplicación consta de dos ambientes o escenarios de usabilidad, el primero que supone el uso de un casco para realidad virtual o aumentada donde se limita el uso de la pantalla táctil como receptor de las instrucciones del usuario, en cambio se hace uso de gatillos o botoneras externas al dispositivo móvil, y en el segundo, garantizando un mayor alcance del laboratorio; se propone emular el uso del casco mediante la limitación del uso de toda la pantalla para capturar instrucciones del usuario presentando una barra de herramientas que emulará las funciones de los controles externos.

### **III. 1.2. Retos**

---

Puesto que el uso de realidad aumentada se encuentra apenas arribando al terreno comercial en la industria de teléfonos inteligentes mediante kits de desarrollo como AR Core de Google y AR Kit de Apple todo el proceso de diseño y planteamiento de interfaz gráfica es inspirado en el contexto actual para la elaboración de interfaces de usuario y experiencias de usuario que en la dimensión web y móvil tiene ahora mismo varios estándares y directrices que describen las buenas maneras para presentar una interfaz intuitiva, responsiva, adecuada y fluida. Son ejemplos de estas técnicas los diferentes y ampliamente divulgadas normativas de diseño como Flat Design, Material Design, Fluent Design, etc. Directrices que conforman un compilado de buenas prácticas para implementar interfaces gráficas de usuario y que en el ciclo de vida apurado y volátil de las empresas de tecnología han ganado terreno con facilidad, de estas

directrices hacen parte marcos de desarrollo enormes tales como Material UI (Google I. , MATERIAL-UI, 2019), Angular (Google I. , Angular , 2019) y Bootstrap (Bootstrap, 2019) incluso en sistemas operativos como Android e iOS. Un experimento que mediante la proyección de objetos generados por computador en espacios de realidad aumentada.

### **III. 1.3. Alcance**

---

AREVI es una plataforma que consta de un servicio de señalización para el uso de mecanismos de comunicación WebRTC, también un servicio REST para registrar y persistir la información que los usuarios producen mediante el uso de un prototipo desarrollado para el sistema operativo Android que mediante el uso del kit para desarrollo en realidad aumentada AR Core y el API Sceneform pretende abstraer la existencia de relaciones entre el ambiente mixto e interactivo de imágenes en el espacio físico e imágenes escalables generadas por computador, el uso de mecanismos de interacción como punteros, botones y activadores externos (ej. control remoto, botones montados en cascos, reconocimiento de gestos) y texto en espacio aumentado.

AREVI app permite configurar el perfil con información de usuario y características de interfaz en términos de tamaño y color del texto así como el contraste de fondo para aplicar preferencias propias de las personas que interactúan con la aplicación, de esta forma procurar que el espacio aumentado integre y utilice estos parámetros para presentar información y consultar si son visibles de manera clara mediante este perfilamiento inicial -teniendo en cuenta lo escrito por (Nakilcioğlu , 2013 ) referente a legalidad y tipografía, también el estudio realizado por (Szpiro , Hashash,

Zhao, & Azenkot, 2016) que expone algunas necesidades y dificultades comunes para el acceso de personas en condición de discapacidad a equipos informáticos- con la finalidad de evaluar la capacidad de uso y carga cognitiva que la realidad aumentada y los diferentes mecanismos de interacción producen en los usuarios con especial atención a las necesidades, comentarios y resultados de uso de personas en condición de discapacidad visual.

A continuación, se presenta el mapa de características de la plataforma que conforma la solución AREVI:

AREVI REST API	AREVI SIGNALING	AREVI APP
Operaciones CRUD: → Tareas → Perfiles → Usuarios → Evaluaciones	Levantamiento de servicios Web RTC.	Administración: → Perfiles. → Usuarios y su información. → Configuración de aplicación.
Operaciones CRUD: → Rondas. → Información de usuario.	Administración de salas.	Actividades de configuración de perfil y registro de usuario.
Autenticación de usuarios.	trasmisión video.	Actividades de modo de navegación en escena AR.
Gestión de roles de usuario.	Configuración en LAN.	Modo de simulación: → Barra de interacción.
Operaciones CRUD: → Versiones.		Modo casco (Cardboard): → Captura de gestos actuador externo.
Levantamiento y sincronización de BD.		Ejecutar tareas: → CRUD. → Mostrar elementos. → Mostrar en escala

		predeterminada.
		Persistir perfiles: → Utilizar configuración en todos los elementos de texto y fondo.
		Registro ronda: → Tiempo transcurrido. → Distancia a los objetos. → Escala del objeto al final de la ronda.
		Realizar pruebas de evaluación: → SUS y NASA. → CRUD de evaluaciones.
		Iniciar sesión en el sistema AREVI.
Filtrado de información de usuarios.	Proyección de video.	Mantener estado de la aplicación en ejecución.
Manejo de características habilitadas.	Configuración en WAN-NAT.	Captura y transmisión de pantalla.
Recuperar credenciales de usuario.	Captura de pantalla.	Reconocimiento e interacción con gestos.
	Recepción de coordenadas puntero.	Interacción con comandos de voz.
	Replicar acciones de puntero.	Proyección pantalla remota.
Verificación de estado de backend (PING).	Persistencia de salas.	Posición del puntero respecto a pantalla remota.
Interacción por web socket.	Búsqueda de salas.	Envío acciones a equipo remoto.
		Verificación de versión de aplicación.
		Reconocimiento de

		imágenes y contexto mediante IA.
--	--	----------------------------------

Estas características fueron priorizadas usando la estrategia MoScow, que permite al equipo opinar respecto a la pertinencia y relevancia de los requerimientos del software usando los acrónimos:

- M-Must have: Requisitos.
- S-Should have: Requisitos importantes y de gran valor.
- C-Could have: Requisitos que podrían ser implementados posteriormente.
- W-Would like but don't get: Requisitos excluidos de la fase en análisis.

De esta manera se consigue agrupar los requerimientos en 4 grupos y decidir cuáles fueron los primeros en ser desarrollados.

- En verde se agrupan los requisitos correspondientes a la M, es decir aquellos que deben ser implementados como parte del mínimo producto viable.
- En amarillo se encuentran los requisitos del grupo S, son importantes y agregan gran valor, pero no necesariamente deben encontrarse en el mínimo producto viable.
- En azul agrupa aquellas funcionalidades que se desea implementar, pero por aspectos de costo y tiempo se tendrán en cuenta para trabajo futuro.

### III. 1.4. Especificación del sistema

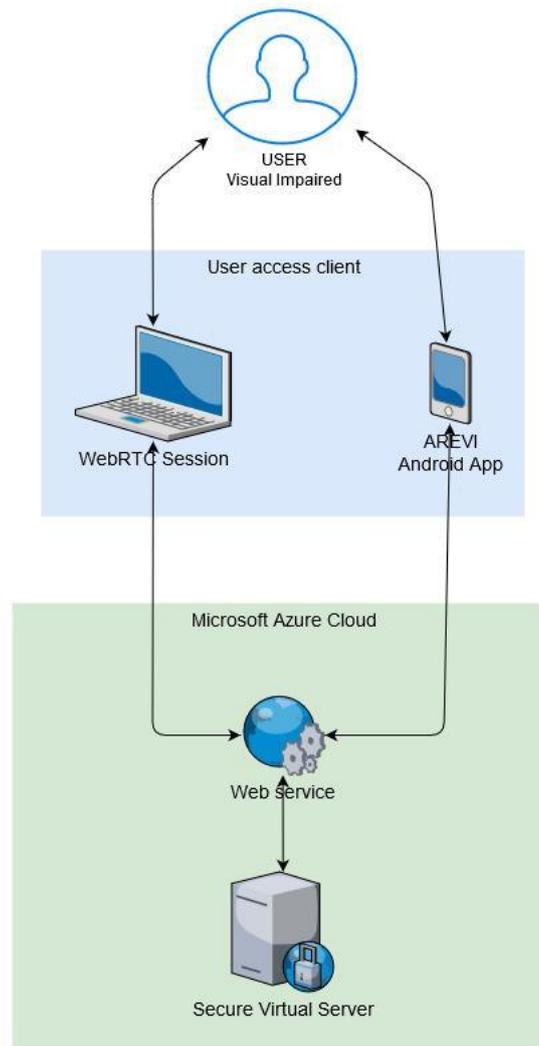
---

La figura 7 muestra una en general la interacción de los distintos entes involucradas en el laboratorio. Serán globalmente cuatro los participantes que interactúan entre sí durante el proceso de configuración y ejecución de los escenarios de realidad aumentada donde deberán cumplir con la tarea que el sistema despliega para ejecutar:

- **Usuario:** Las personas interactúan directamente con la plataforma mediante el uso de un aplicativo desarrollado para dispositivos Android. Son los encargados de dirigir las acciones del sistema mediante la instalación del aplicativo, registro en el sistema, resolución de la tarea en el espacio aumentado y complementación de las evaluaciones de carga cognitiva y usabilidad para la correcta evaluación de realidad aumentada por parte de este actor considerando su posible condición de discapacidad visual.
- **Aplicación:** La función de este será establecer la comunicación con el aplicativo REST y el servidor de señalización WebRTC en concreto una vez que el usuario interactúa a través del teléfono inteligente. Establecida la conexión serán intercambiados datos del usuario con el fin de establecer su perfil y datos necesarios para iniciar el modo de navegación en realidad aumentada, así como de manera automática serán registrada la interacción del usuario con los objetos en este espacio y por último registrará los resultados de la evaluación que el usuario proporcione.

- **Servidor:** Desplegado en la nube de Microsoft Azure este servidor orientado a microservicios REST y codificado en JavaScript que se ejecuta en una instancia de Node JS expone los diferentes servicios CRUD (Creación, lectura, actualización, borrado) y de señalización que la aplicación AREVI utilizará para:
  - Servir la información de versionamiento de la aplicación.
  - Autenticar usuarios del sistema, así como administrar la gestión de roles de usuario dentro del sistema.
  - Persistir y distribuir la información provista por el usuario.
  - Establecer los túneles p2p (semilla a semilla) entre la aplicación del usuario y el cliente web que proporciona las funcionalidades de visualización de la pantalla del usuario, así como proyectar la pantalla del cliente a la aplicación.
- **Base de datos:** Una instancia local de MySQL embebido en la aplicación web de Microsoft Azure para el almacenamiento y administración de los datos. Se define local debido a la naturaleza poco demandante en términos de complejidad, concurrencia y escalabilidad de la plataforma, esta decisión de diseño deberá ser reevaluada al momento de querer realizar un experimento más grande o demandante, como un ambiente de producción.

## AREVI PLATFORM SCHEME



[Figura 7. Esquema general AREVI]

### III. 1.5. Funcionalidades

---

El producto terminado se encarga de procesar las funcionalidades descritas a continuación:

## Gestión de usuarios

Debido a la naturaleza del laboratorio que se realiza en este prototipo es necesario registrar de forma controlada y verdadera la información de los usuarios, usando buenas prácticas para la gestión de contenido, privacidad y seguridad se pretende almacenar además de las credenciales de los usuarios información demográfica que permita estudiar la población que hace uso de la plataforma, su identidad y más importante para la investigación si tienen algún tipo de discapacidad visual.

- **Nuevo usuario:** Un individuo tiene la capacidad de darse de alta en la plataforma aceptando compartir su información personal.
- **Eliminar usuario:** El individuo puede solicitar ser excluido del estudio, toda la información relacionada a su identidad será excluida, sin embargo, información anónima como resolución de tareas (rondas) y respuestas a evaluaciones serán conservadas con fines de investigación.
- **Edición usuario:** Un usuario podrá modificar sus datos personales cuando lo crea necesario mediante la aplicación.
- **Información del usuario:** Solo el administrador del sistema y el individuo tienen los permisos necesarios para consultar los datos personales y demográficos que lo identifican ante AREVI.
- **Autenticación de usuario:** Luego que el usuario ha sido registrado en AREVI éste debe ser capaz de iniciar sesión en otros dispositivos o recuperar control luego de desinstalar la aplicación AREVI, no se ha considerado la recuperación de credenciales.

## Gestión de perfil de usuario

Obtener los parámetros iniciales de usabilidad que el usuario considera adecuados para interactuar con la aplicación AREVI, se consulta al usuario al respecto de sus preferencias al respecto del tamaño del texto en pantalla, contraste y colores de fondo a utilizar para mostrar información en pantalla.

AREVI mostrará todo el contenido basándose en el tema configurado y el modo de utilización que sea seleccionado (simulación o casco), estas preferencias son útiles para el posterior análisis que se realiza sobre la interacción del usuario con la aplicación.

- **Selección de perfil:** El usuario selecciona el modo de interacción (simulación o casco), contraste, color de fondo, así como el tamaño del texto que desea usar durante su interacción con AREVI aplicación.
- **Edición de perfil:** El usuario tiene la capacidad de editar su perfil en cualquier momento mediante el uso del editor en la aplicación AREVI.
- **Gestión de perfil:** El sistema persiste y almacena el perfil seleccionado localmente y réplica en el servidor AREVI.

## Gestión de escena de realidad aumentada

La investigación pretende aportar información para el estudio de la interacción hombre máquina en espacios de realidad aumentada (mixta), especialmente para personas en condición de discapacidad visual, por lo tanto AREVI haciendo uso del SDK ARCore como motor de mapeo de entorno y localización de objetos tridimensionales haciendo uso de anclas

localizadas en la escena usando el mapeo previo, GPS, acelerómetro y giroscopio del teléfono inteligente; y el API Sceneform, para alivianar el proceso de desarrollo y la curva de aprendizaje de la tecnología OpneGL, propone tareas que son consultadas en el servidor AREVI especificando los objetos a presentar al usuario y la escala inicial a la que serán mostrados.

- **Iniciar escena de realidad aumentada:** La aplicación AREVI por petición del usuario debe presentar el escenario de realidad aumentada.
- **Preparar escenario para desarrollar tarea:** Esto implica que el usuario debe otorgar permisos y aceptar la configuración necesaria para la ejecución de ARCore, así como la captura de pantalla, el sistema por otra parte debe establecer los parámetros iniciales de la escena como tarea a ejecutar, perfil a utilizar, servicios a utilizar y credenciales del usuario.
- **Presentar tareas a desarrollar:** La aplicación debe consultar en el servidor AREVI la tarea disponible para que el usuario ejecute.

## Gestión de tareas

El sistema AREVI debe contar con la capacidad de distribuir información referente a las tareas e identificar las habilidades para su uso.

- **Filtro tareas habilitadas:** AREVI puede almacenar muchas tareas por lo cual el sistema solo debe distribuir aquellas cuyo estado de distribución se encuentra habilitado.

- **Consulta de tareas:** AREVI aplicación debe poder consultar las tareas y en caso de no haber ninguna habilitada o existente no deberá iniciar el escenario de realidad aumentada.
- **Validación estado inicial de tarea:** AREVI aplicación debe validar si una tarea es ejecutable pues son necesarios para la ejecución de una tarea que el dispositivo tenga permisos y sea compatible para usar ARCore además de tener disponible el perfil y usuario que va a desempeñar la tarea.

## Gestión de rondas

El prototipo pretende registrar la forma en cómo los usuarios, en especial personas en condición de discapacidad visual, interactúan en espacios de realidad aumentada con respecto a los objetos generados por computador.

- **Almacenamiento y registro de rondas:** AREVI registra la actividad del usuario por medio de la entidad ronda, la cual almacena el estado de la escena de realidad aumentada durante la ejecución de una tarea, esta entidad es administrada mediante operaciones CRUD con el servidor y será utilizada como fuente de información posterior análisis.
- **Registrar el estado de la escena de realidad aumentada:** La aplicación debe ser capaz de registrar la actividad del usuario durante la ejecución de la tarea presentada. Tiempo, distancia a la cámara, escala del objeto, tarea en ejecución, perfil utilizado durante la tarea, usuario que ejecuta la tarea y por supuesto quien supone la ejecución.

## **Gestión de evaluaciones**

AREVI pretende aportar información referente a la evaluación de carga cognitiva y usabilidad que el usuario tiene al momento de enfrentarse a un ambiente de realidad aumentada, teniendo especial consideración con la población en condición de discapacidad por lo cual se ha diseñado la interfaz y configuración de perfiles adaptativos a diferentes posibles usuarios siguiendo recomendaciones planteadas en el estado del arte. Así pues, AREVI recopila información empleando los formularios NASA TLS para carga cognitiva y SUS (System usability scale) para usabilidad con el fin de nutrir la investigación en el desarrollo de interfaces incluyentes para el paradigma de realidad aumentada (mixta).

- **Gestión de formularios:** AREVI aplicación debe presentar las evaluaciones al momento de terminar la ejecución de una tarea por parte del usuario.
- **Registro de evaluación:** AREVI almacena las respuestas del usuario y las persiste en el servidor para su posterior análisis.
- **Distinción de evaluación:** El sistema es capaz de distinguir qué evaluación ha sido registrada y responder a consultas clasificando por tipo de evaluación y en general por cualquier otro parámetro de búsqueda.

## **Transmisión/recepción de señales multimedia**

La plataforma AREVI cuenta con mecanismos de supervisión para analizar el comportamiento de los usuarios en el espacio aumentado en caso de que ellos lo deseen y activen la funcionalidad dentro de la aplicación AREVI. Esta funcionalidad es un accesorio resultante del prototipo enfocado en la búsqueda de mecanismos para agregar la posibilidad de controlar remotamente un equipo de cómputo mediante el uso WebRTC capturando la pantalla del equipo y mostrando una proyección escalable dentro del espacio aumentado, sin embargo, hay limitaciones en el API Sceneform que dificultan el uso de “SurfaceView” implementación que utiliza WebRTC para renderizar la transmisión multimedia proveniente del equipo de cómputo.

- **Proyectar vista del usuario al servidor AREVI:** AREVI aplicación está en capacidad de capturar la pantalla durante el uso del espacio aumentado, sólo si el usuario lo solicita y da permisos.
- **Visualizar transmisión de video:** El servidor AREVI presenta una instancia de señalización para el protocolo WebRTC y permite unirse a las salas de video cuando un usuario está utilizando AREVI aplicación.

Se han creado solicitudes de asesoramiento en el repositorio público de los desarrolladores del API Sceneform a cargo de Google, <https://github.com/google-ar/sceneform-android-sdk/issues/801>, así como, en la mayor comunidad para consultas relacionadas con software, Stackoverflow, en busca de cooperación por parte de la gran audiencia que tiene, <https://stackoverflow.com/questions/57269896/sceneform-render-webrtc-media-stream-in-to-externaltexture>.

## **Gestión de versiones AREVI**

Contando con la naturaleza del laboratorio desarrollado y que el mismo no está siendo publicado por medio de la tienda de aplicaciones de Android, sino, haciendo uso de líneas de despliegue continuo en Azure DevOps encargadas de compilar, reemplazar url y llaves de API externos, empaquetar y publicar en el espacio de lanzamiento en la plataforma GitHub de donde el público en general puede descargar e instalar AREVI aplicación. En el repositorio también se encuentra publicado con acceso público todo el desarrollo de prototipos, el servidor AREVI desarrollado en JavaScript y la versión final de AREVI aplicación.

- **Validación de versiones:** AREVI aplicación verifica si la versión instalada localmente en el dispositivo es aquella que actualmente se encuentra lanzada para el uso público, indica la existencia de una nueva versión y permite iniciar una nueva descarga para la debida actualización.

# **Parte IV: Proceso de desarrollo**

# IV. 1

## Metodología de desarrollo

En la industria y la academia se ha documentado y utilizado ampliamente el marco de referencia de trabajo para el desarrollo de productos software AGILE, se acuña el uso de este marco ya durante varias décadas desde su primera propuesta cuyos principios cíclicos de atención, cooperación e interacción han trascendido de la industria del software y motivados estudios en proyectos por ejemplo de modelado BPMN (Weißbach, Kirchner, Reher, & Heinrich, 2017). El uso de estrategias ágiles, no entender ágil únicamente con velocidad, sino, más bien con la capacidad de percibir y solventar alertas tempranas que involucran a todos los entes involucrados en el proyecto a desarrollar; para desarrollo de software ha sido altamente útil en pro de lidiar con la incertidumbre y ausencia de datos que generalmente se manifiesta durante las diferentes etapas del proceso,

haciendo uso de iteraciones y predicciones se pretende avanzar de forma segura y razonable en la ejecución del proyecto.

Para el proceso de desarrollo de la plataforma AREVI se aplicarán técnicas y directivas que se definen dentro de los siguientes marcos de trabajo.

#### **IV. 1.1. AGILE**

---

Conjunto de principios y buenas prácticas, que bien aplicados y manteniendo una buena comunicación entre los responsables del proyecto logra la coordinación y visión global en cualquier etapa del trabajo, en equipos de desarrollo bien ordenados y suficientemente instruidos, que mediante iteraciones pretende hacer del proceso adaptativo y reactivo, de entregables mejores y dinámicos, flexible al cambio y cercano al usuario. Promoviendo la adopción rápida y respuesta comprensiva de nuevos obstáculos, descubrimientos o requerimientos.

##### **ÁGILE Manifiesto.**

La definición formal del marco de trabajo se encuentra en (Cunningham, 2001) y dicta en esencia los valores y principios descritos a continuación, la relevancia para este proyecto se destaca en la forma que los interesados en su ejecución intercambian propuestas y reforman la idea del estudio que este trabajo busca investigar, la posibilidad de atender mediante tecnología las necesidades de un grupo específico de individuos que perciben como obstáculo interactuar de manera correcta, intuitiva y fácil con equipos informáticos.

## **Valores:**

***Individuos e interacciones*** sobre procesos y herramientas.

***Software funcionando*** sobre documentación extensiva.

***Colaboración con el cliente*** sobre negociación contractual.

***Respuesta ante el cambio*** sobre seguir un plan.

## **Principios:**

- *Nuestra principal prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de software con valor.*
- *Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.*
- *Entregamos software funcional frecuentemente, entre par de semanas y par de meses, con preferencia al período de tiempo más corto posible.*
- *Los responsables del negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.*
- *Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que dar el entorno y el apoyo que se necesita, y confiar en la ejecución del trabajo.*
- *El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.*
- *Software en funcionamiento es la medida principal de progreso.*
- *Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos mantener un ritmo constante de forma indefinida.*

- *La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la agilidad.*
- *La simplicidad, el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.*
- *Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos autoorganizados.*
- *En intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para, a continuación, ajustar y perfeccionar su funcionamiento en consecuencia.*

Ser ágil enmarcado en las especificaciones del manifiesto no se refiere a la velocidad con la que la ejecución o terminación del trabajo debe ser llevado a cabo, sino, a la capacidad de optimizar los recursos en su uso y llevar de la mejor manera posible los procesos del proyecto haciendo provecho de la experiencia propia, del equipo, de los colaboradores, en general de cualquier ente involucrado en los objetivos planteados para la aceptación de la entrega final a conformidad.

## **IV. 1.2. SCRUM**

---

Este marco de trabajo que implementa los valores y principios del AGILE Manifiesto y es aplicado en el marco del desarrollo de software debido a que el núcleo del proceso consiste en la iteración, el término SCRUM es acuñado en el juego de Rugby al hecho de reiniciar una jugada mediante la disputa del balón tras una falta menor, el marco de trabajo toma pues su nombre de esta acción teniendo presente la naturaleza empírica de los productos software, es necesario estar en constante iteración, reinicio, para completar las tareas a ejecutar durante el desarrollo del trabajo, dichas iteraciones se

nombran como Sprint, tienen una duración estipulada, en las cuales hay un plan y claridad sobre las responsabilidades de los involucrados para completar las metas definidas y progresar hacia un ciclo nuevo de tareas. La entrega regular de resultados parciales priorizados en orden de relevancia para la buena ejecución del producto finalizado hace de este marco ideal para garantizar el cumplimiento de las premisas de los principios de AGILE donde priman los resultados tempranos y ajustes oportunos, alineando rápidamente los intereses de todos los participantes en pro de que la producción no se vea interrumpida y los errores puedan ser mitigados o clasificados en el tiempo correcto.

*“El marco de scrum es heurístico; se basa en el aprendizaje continuo y el ajuste a factores fluctuantes. Reconoce que el equipo no sabe todo al comienzo de un proyecto y evolucionará a través de la experiencia. Scrum está estructurado para ayudar a los equipos a adaptarse naturalmente a las condiciones cambiantes y a los requisitos del usuario, con una nueva priorización integrada en el proceso y ciclos de lanzamiento cortos para que el equipo pueda aprender y mejorar constantemente.” (Pineda, 2017)*

A modo de recapitulación podemos enumerar las características más relevantes que aplican a este proyecto de desarrollo de software como sigue:

SCRUM Características
Cada sprint (iteración) es un ciclo completo.
Cada plan de la siguiente iteración se determina al final de la iteración actual.
Utiliza una cartera de proyectos, que es reevaluado al final de cada iteración (sprint).
El único artefacto formal es el software en correcto funcionamiento y operativo.
Recomendado para las mejoras rápidas y organizaciones que no dependen de una fecha límite.

### **Roles en el marco:**

**Participantes directos: Encargado del proyecto (voz del cliente), responsable de procesos (generalmente considerado líder de equipo), equipo.** Aquellos participantes de quienes dependen la ejecución y administración de las tareas operativas necesarias para llevar a cabo el ciclo productivo en scrum, cada ciclo se conoce como sprint.

**Participantes indirectos: Stakeholder (cliente, usuario, financiador), ventas, operaciones.** Involucrados en el proyecto de quienes dependen decisiones de negocio u operativas sin embargo no participan directamente de la elaboración o producción de los entregables y producto final.



[Figura 8. Ciclo de ejecución SCRUM]

### Inicio de Ciclo

El ciclo inicia con el planteamiento por parte de los involucrados e interesados donde se plantea descripción o visión del proyecto. Luego el encargado del producto ejecuta una lista priorizada de lo que se espera del producto (backlog general) que contiene la lista de requerimientos priorizados según las necesidades del negocio y el proyecto en forma casos de uso o historias de usuario.

### Sprint

Define un periodo de tiempo en Scrum, tiene duración máxima de algunas semanas en las que el equipo trabaja en la creación de entregables funcionales, se inicia con una reunión de planeación, de la cual se define según la prioridad que casos de uso se incluyen en la lista de tareas de este periodo (Sprint Backlog).

### **Seguimiento (Daily Standup)**

Durante un sprint se realizan reuniones diarias, durante 15 minutos máximo el equipo se reúne para discutir el progreso y si hay impedimentos. Al finalizar el periodo estipulado se realiza una reunión de revisión en la que se hace una demostración de los entregables desarrollados al encargado y a los interesados involucrados en los casos de uso.

### **Entregables (DEMO)**

Si los entregables cumplen con los criterios de aceptación definidos se aceptan, se tiene en cuenta la retroalimentación de los involucrados, así como los errores evidenciados durante las demostraciones, como principio de scrum se debe estar en constante mejora por lo cual se analizan los problemas presentados y las lecciones aprendidas (retrospectiva), en caso de ser necesario se deben tomar nota de nuevos requerimientos o casos de uso que alimentan el listado de backlog general, y reinicia el ciclo.

## **IV. 1.3. GitFlow (flujo de trabajo)**

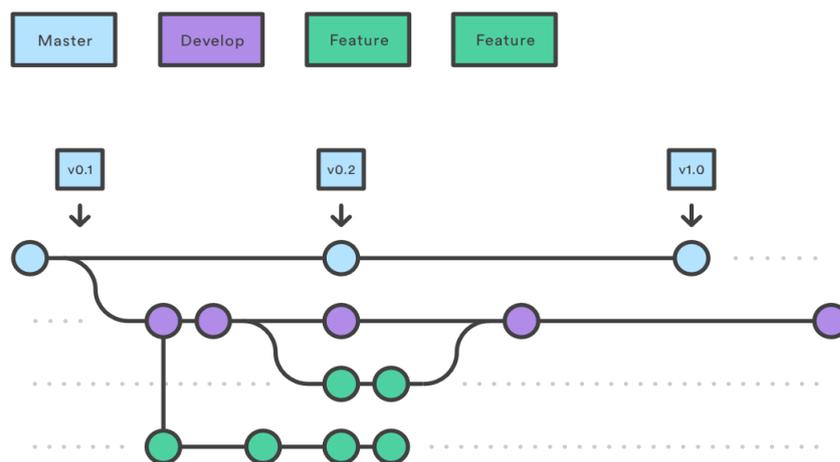
---

Para la creación del laboratorio acá propuesto y lograr ajustarse de manera más consciente al marco de trabajo seleccionado se seguirán las guías de buenas prácticas de administración del repositorio y generación ordenada de código basándose en las funcionalidades, como bien scrum y agile lo suponen todo entregable debe ser funcional completamente y separado de cualquier dependencia. (Driessen, 2010 ) propone este modelo de manejo de rama en los repositorios git. De esta forma y en breve resumen se puede expresar que dependiendo de las necesidades de la producción existe un número base de ramas estables en las cuales reposan las versiones estables,

revisadas, probadas y demostradas en funcionamiento para los interesados o usuarios y para el desarrollo, factorización, resolución de errores y pruebas o nuevas funcionalidades se deben aislar ramas de trabajo desde la rama base que requiere la tarea a ejecutar.

Gitflow es ideal para proyectos que tienen un ciclo de lanzamiento programado (como los sprint). Esto no agrega nuevos conceptos o comandos más que lo necesario para la administración de ramas de funcionalidades. En cambio, asigna roles muy específicos a diferentes ramas y define cómo y cuándo deben interactuar. Además de las ramas de características, utiliza ramas individuales para preparar, mantener y registrar lanzamientos. Esto significa que dicta qué tipo de ramas establecer y cómo fusionarlas.

El proceso que se ajusta al alcance de este laboratorio siguiendo las recomendaciones nombradas puede ser expresado como la siguiente ilustración.



[Figura 9. Esquema ramas GitFlow]

# IV. 2

## Análisis y modelado del sistema

### IV. 2.1. Características del sistema

---

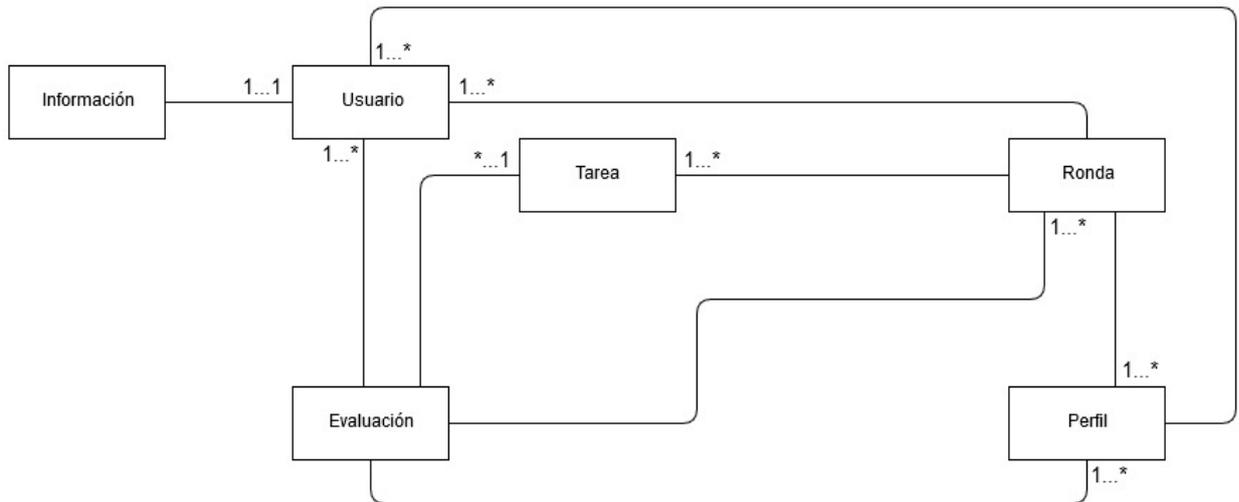
En el planteamiento del alcance que se ha estipulado para este proyecto se ha definido el mapa de características y la debida clasificación sobre las funcionalidades que el resultado final del desarrollo de este trabajo de fin de máster y en conformidad a la metodología SCRUM que se ha usado para la ejecución del producto final se presenta a continuación la tabla de definición de características generales del sistema.

<b>Funcionalidades generales AREVI</b>	
<b>Identificador</b>	<b>Descripción</b>
F1	Gestión de usuarios y roles.
F2	Gestión de perfiles.
F3	Gestión de interfaz gráfica.
F4	Gestión de escenario en realidad aumentada.
F5	Gestión de evaluaciones.
F6	Gestión de transmisión WebRTC.
F7	Gestión de tareas.
F8	Gestión de rondas.

## **IV. 2.2. Modelo de dominio**

---

El modelo de dominio proporciona una visión global de la plataforma AREVI, permite hacer una idea de las características y las distintas entidades que pueden interactuar con la plataforma como se observa en la figura a continuación.



[Figura 10. Diagrama de dominio]

### IV. 2.3. Actores

Al sistema AREVI pueden acceder e interactuar los actores listados a continuación, esta descripción es definida respecto al propósito de investigación planteado en este trabajo.

<b>Actor</b>	Usuario
<b>Descripción</b>	Hace referencia al usuario final del sistema y que realizará las tareas y evaluaciones en la aplicación AREVI.
<b>Rol</b>	Principal
<b>Comentarios</b>	El usuario hace parte del objetivo de investigación pues su actuación en las rondas al ejecutar las tareas permite analizar su desempeño en condiciones de realidad aumentada, también, los resultados de su evaluación de la interacción con AREVI aplicación servirán como referencia para el diseño de futuros mecanismos de interacción y escenarios en realidad aumentada. En especial para personas en condición de discapacidad.

<b>Actor</b>	Administrador
<b>Descripción</b>	El administrador de sistema es el encargado de monitorear las sesiones de los usuarios a través de la transmisión multimedia

	WebRTC, actualizar la versión de la plataforma y definir las tareas a ejecutar en AREVI aplicación.
<b>Rol</b>	Principal
<b>Comentarios</b>	Como encargado de monitorización puede acceder mediante su rol a la información de los usuarios, a determinar si hay cambios relevantes para los usuarios mediante el versionamiento, así como, a las sesiones de asistencia y debe proveer a la plataforma de las tareas que los usuarios ejecutarán, estas tareas están definidas mediante la especificación del identificador -los identificadores hacen referencia a artefactos descargables mediante el API de Poly ( <a href="https://poly.google.com/">https://poly.google.com/</a> )- y la escala del objeto digital a mostrar en el espacio aumentado.

<b>Actor</b>	Investigador
<b>Descripción</b>	Hace referencia al usuario interesado en analizar la información que la plataforma AREVI captura.
<b>Rol</b>	Alternativo
<b>Comentarios</b>	los resultados de esta investigación, el código, los prototipos y diseños son de libre acceso al público y se encuentran plasmados en este documento y accesibles en repositorio en GitHub: <a href="https://github.com/judicapo/MUITSS-AREVI">https://github.com/judicapo/MUITSS-AREVI</a>

#### IV. 2.4. Backlog general AREVI

---

En esta sección se describe el listado global de características que se han considerado para el desarrollo del prototipo AREVI, se relaciona cada característica con una actividad a desarrollar (Issue), una breve descripción de esta y el tiempo a dedicar estimado por cada actividad a implementar.

Backlog general AREVI			
Característica	Actividad	Descripción	Tiempo
F1, 2, 5, 7, 8	A1	Diseño de modelo entidades	4
F1	A2	Autenticación de usuarios servidor	3
F1	A3	Validación de roles de usuario	1

F1	A4	Formulario de registro usuario	6
F1	A5	Actividad autenticación usuario	4
F1	A6	Guardia autenticación aplicación	2
F1	A7	Edición de datos usuario	5
F2	A8	Actividad gestión de perfiles	8
F2, 3	A9	Diseño interfaz gráfica para perfil	10
F2, 3, 4	A10	Creación temas de estilos aplicación	36
F2, 3, 4	A11	Diseño texto, contraste y fondo aplicación	16
F2, 3, 4	A12	Guardia estado de perfil de interfaz	5
F2	A13	Servicio de perfiles	2
F3	A14	Diseño interacción para ajuste automático de selectores, botones, campos de texto y elementos de interfaz gráfica (ajustes)	32
F4	A15	Integración e investigación SDK ARCore	12
F4	A16	Integración e investigación API Sceneform	12
F3, 4	A17	Manejo de objetos digitales Android Studio	6
F3, 4	A18	Reproducción de video en espacio aumentado	40
F3, 4	A19	Localización de objetos digitales en espacio aumentado	4
F3, 4	A20	Diseño aplicación modo simulación	5
F3, 4	A21	Adaptar aplicación modo casco	8
F6	A22	Singleton señalización WebRTC	12
F6	A23	Control eventos sockets WebRTC	8
F6	A24	Conexión servicio WebRTC desde Android	36
F4	A25	Reproducción de video internet en espacio aumentado	8

F3, 4	A26	Reconocimiento de manos y gestos utilizando librería OpenCV	56
F6, 3	A28	Página estática de reproducción de contenido multimedia WebRTC	3
F6	A29	Gestión de conexiones LAN	2
F6	A30	Gestión de conexiones WAN/NAT	8
F1, 2, 5, 7, 8	A59	Levantamiento API REST AREVI Servidor.	8
F1, 2, 5, 7, 8	A60	Cliente conexión REST API AREVI	12
F4	A31	Cliente conexión REST API Poly	2
F3, 4	A32	Esquema carga de renders espacio aumentado	12
F3, 4, 8	A33	Interacción mediante puntero	24
F3, 4, 8	A34	Manejo de eventos casco	8
F3, 4, 8	A35	Acciones espacio aumentado sin tacto pantalla (escalamiento y borrado de objetos)	16
F8	A36	Calculo distancia a la cámara	4
F8	A37	Medición de tiempo automática	2
F8	A38	Guardia estado de la ronda	2
F7	A39	Carga de tarea en espacio aumentado	1
F4, 8	A40	Manejador de eventos Sceneform	12
F3, 4, 6	A41	Reproducir transmisión multimedia WebRTC en espacio aumentado	16
F3, 4, 6	A42	Iniciar captura de pantalla Android	4
F3, 4, 6	A43	Manejo de eventos WebRTC y Sceneform	8
F3, 4, 6	A44	Manejo eventos control soporte remoto	2
F3, 4, 5, 7, 8	A45	Actividad presentación instrucciones uso espacio aumentado	1
F3, 4, 7, 8	A46	Gestión de carga de elementos tridimensionales desde Poly - Controla tiempo mientras carga	6

F3, 4, 7, 8	A47	Gestión de carga consultas AREVI servidor y descarga objetos 3D	6
F3, 4, 7	A48	Control de orientación objetos 3D	2
F3, 4, 7	A49	Control seguimiento cámara vistas descripción	4
F3, 4, 7, 8	A50	Control localización random objetos en escena aumentada	2
F3, 5	A51	Actividad formulario evaluación NASA	8
F3, 5	A52	Actividad formulario evaluación SUS	4
F1, 2, 3, 5	A53	Validación formularios en AREVI aplicación	12
F3, 5	A54	Gestión estados evaluaciones	4
F1, 2, 5, 7, 8	A55	Servicios REST <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> <li>- Perfil</li> <li>- Información usuario</li> <li>- Tarea</li> <li>- Ronda</li> <li>- Evaluación</li> <li>- Versión</li> </ul>	8
N/A	A56	Montura servidor de integración continua AREVI servidor	12
N/A	A57	Montura servidor de integración continua AREVI aplicación	8
N/A	A58	Publicación servidor Microsoft Azure	6

En la tabla anterior se reflejan los tiempos expresados en horas, teniendo en cuenta que la disponibilidad del equipo; que está compuesto por un solo integrante, quien debe realizar todo el proceso de investigación y desarrollo.

En cuanto a las actividades que requieren investigación se determinó que es necesario una estimación superior del veinte por cien de tiempo de

desarrollo, pues el equipo deberá adoptar, aprender y experimentar la tecnología investigada, para así consolidar el trabajo en los SPRINT.

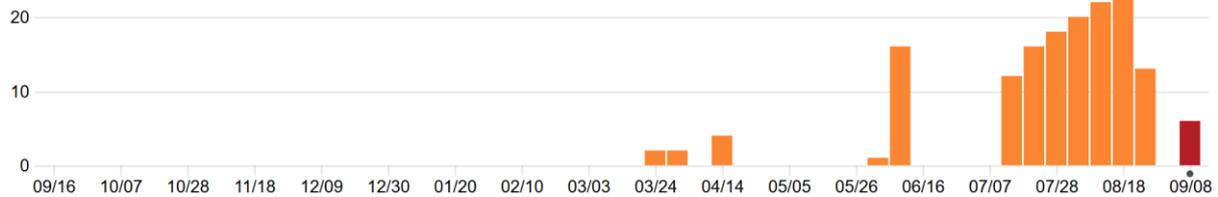
#### **IV. 2.5. Retrospectiva SCRUM y Backlog general**

---

El desarrollo de la plataforma AREVI ha representado un reto en términos de investigación debido a las limitaciones referentes a conocimientos previos y experiencia en la tecnología de realidad aumentada, se ha asumido este reto con la finalidad de promover la inclusión al momento de diseñar y modelar nuevos sistemas para RA haciendo aportaciones con evaluaciones del diseño propio y estadísticas de interacción con el sistema.

Este proyecto se inició en el mes de marzo de 2019 y siguiendo la metodología SCRUM se ha procurado llevar a producción todos los planteamientos presentes en el Backlog general, iterativamente se realizaron prototipos funcionales, localizados en la carpeta "SampleApps", que integran en cada ejemplo alguna funcionalidad que se debió descartar debido a la complejidad para implementar y demanda de tiempo, por ejemplo el reconocimiento de manos y gestos y la interacción con el escritorio remoto en el espacio aumentado hacían que los SPRINT pudieran tardar más tiempo del estimado, por lo tanto, teniendo en cuenta los principios AGILE se ha enfocado la producción en el lanzamiento del laboratorio aquí presentado el cual recolecta información respecto a la conformidad y dificultad que los usuarios, en especial personas en condición de discapacidad visual, experimentan al usar AREVI, así como, información referente al tiempo, escala y distancia que cada objeto presentado en el experimento necesita para ser apreciado con claridad por parte de los usuarios.

En el gráfico 11 se muestra la dedicación y ejecución de los ciclos de desarrollo de la plataforma expresado en semanas.



[Figura 11. Gráfico de trabajo en semanas (GitHub, 2019)]

La producción de la plataforma AREVI ha tomado doce semanas de desarrollo con una dedicación media de treinta y seis horas por semana organizado en 6 SPRINT.

Se puede destacar la pequeña comunidad trabajando abierta y profundamente en el desarrollo de aplicaciones para realidad aumentada usando el kit de desarrollo ARCore, aunque este es el más consultado y popular según Google Trends -Figura 2 del documento-, la mayoría de trabajo evidenciado explora el desarrollo de videojuegos e imágenes aumentadas para el uso comercial, por ejemplo en museos, haciendo difícil avanzar rápidamente con los prototipos funcionales y bajando un poco las expectativas del equipo sobre el producto final. Sin embargo, AREVI es una plataforma funcional desplegada en la nube de Microsoft Azure y distribuida mediante repositorio público que permite realizar las diferentes evaluaciones y mediciones propuestas en este trabajo que tienen el potencial de aportar en el estudio de la interacción hombre máquina (HCI) y la inclusión tecnológica de personas en condición de discapacidad.

## IV. 2.6. Tecnologías utilizadas para el desarrollo

---

### Aplicación AREVI

La aplicación y los ejemplos se han desarrollado haciendo uso del entorno para el desarrollo Android Studio 3.x, Entorno más utilizado para el desarrollo de aplicaciones móviles (StackOverflow, Most Popular Development Environments, 2019), con el plugin de Sceneform instalado para facilitar la edición de los artefactos que describen los objetos digitales y sus materiales, generalmente son archivos cuya estructura es representada en un formato JSON. Aunque Kotlin está ganando tracción en la comunidad del desarrollo siendo uno de los lenguajes más deseados en usar o aprender (StackOverflow, Most Loved, Dreaded, and Wanted Languages, 2019) es también necesario tener en cuenta los conocimientos del equipo y tener presente que Java sigue siendo uno de los lenguajes más utilizados según la encuesta anual de Stackoverflow para el año 2018.

Como se expone en la sección del estado del arte ARCore es por lejos el kit de desarrollo que más relevancia tiene en las búsquedas de internet, esta tecnología habilita el reconocimiento de espacios y la localización de anclas en un grafo de localización en el entorno que acerca a las manos de los usuarios de dispositivos Android la posibilidad de utilizar realidad aumentada en sus dispositivos y al ser de código abierto facilita que muchos desarrolladores muestran interés en trabajar en este nuevo paradigma de interacción.

**Sceneform** es una extensión para ARCore, esta interfaz de programación (API) permite bajar la curva de aprendizaje, adaptación y experimentación

con la tecnología de realidad aumentada, pues esté abstraer o embeber el API de OpenGL, que por años habilita el tratamiento de gráficos generados por computador, pero, implica un nivel de aprendizaje y complejidad que no se ajusta a los tiempos estimados para el desarrollo del prototipo planteado en este trabajo.

## **Servidor AREVI**

Desplegado en la infraestructura para la nube de Microsoft Azure este es un servidor codificado en JavaScript y se ejecuta utilizando NodeJs, el lenguaje para desarrollo (StackOverflow, Most Loved, Dreaded, and Wanted Languages, 2019) y tecnología (StackOverflow, Frameworks, Libraries, and Tools, 2019) más populares, que utiliza el marco de trabajo FeathersJs como base de implementación y buenas prácticas, pues luego de su instalación está listo para hacer uso de servicios REST y comunicación en tiempo real SocketIO, junto con el manejador de base de datos (ORM) Sequelize para dejar la capa de acceso a datos muy simple y optimizada ya que es una librería muy popular y soportada.

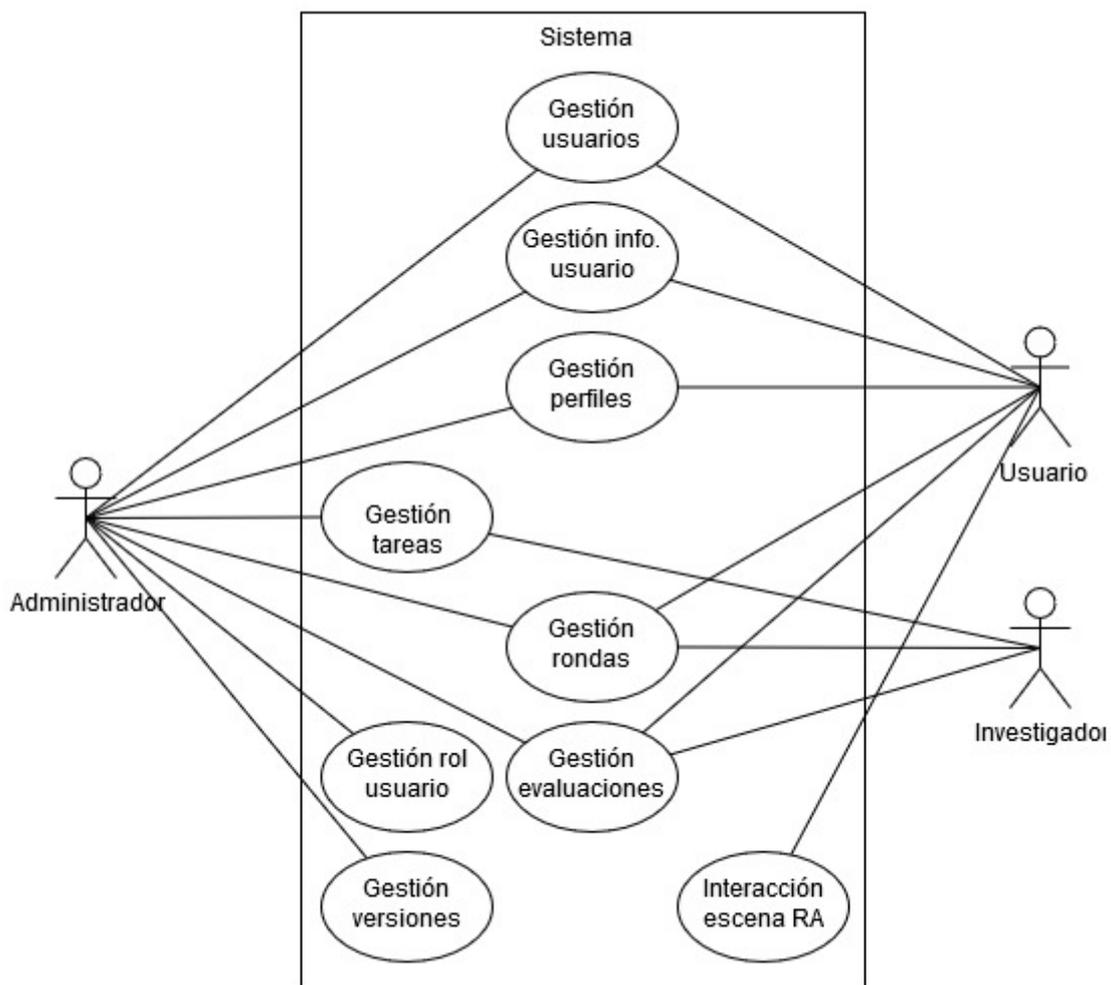
Para utilizar un servicio web de Azure que se desplegará en desarrollo se ha decidido utilizar una instancia local de MySQL, tecnología de almacenamiento que se posiciona en el primer lugar (StackOverflow, Databases, 2019) y está embebida en la instancia que ofrece Azure.

## **IV. 2.7. Modelo de casos de uso**

---

### **Modelado conceptual**

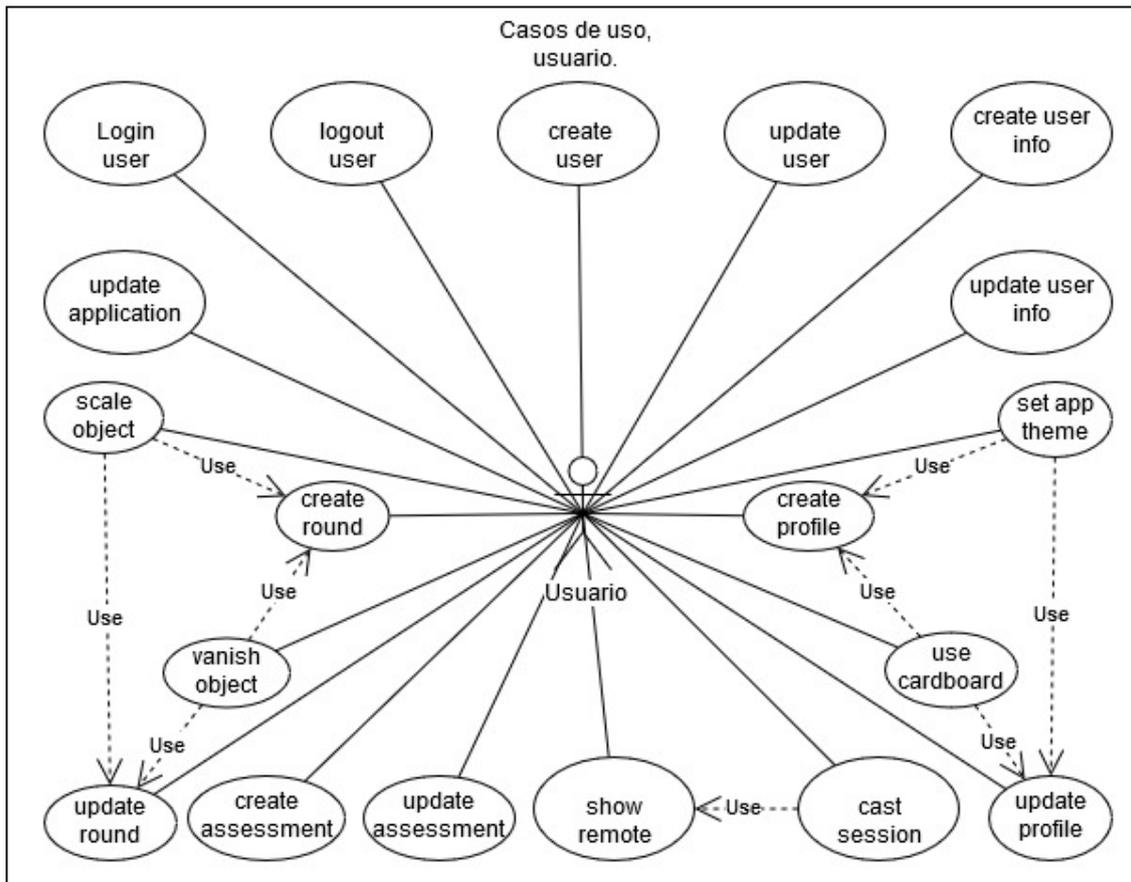
El modelo presentado en esta sección hace referencia a las generalidades de la plataforma con las cuales cada actor tiene relación, cada caso de uso encapsula las interacciones que dentro de la lógica de la plataforma han sido desarrolladas y que son expuestas para cada uno de los interesados de forma tal que se garantiza el cumplimiento de estándares de calidad, seguridad y privacidad. El administrador del sistema tiene relación con todas las funciones del sistema, ya que, debe procurar el buen funcionamiento de la plataforma, apoyándose en mecanismos automatizados por ejemplo Freshping para saber si el servidor ha estado en línea. Los demás interesados deberán entonces actuar en el sistema con relación a las funcionalidades expuestas para cada uno.



[Figura 12. Modelo general casos de uso]

A continuación, se expone los casos de uso para cada uno de los actores expresando las funcionalidades desglosadas que le permitirán a la plataforma cumplir con los objetivos planteados en este trabajo.

### Modelado casos de uso usuario



[Figura 13. Modelo casos de uso usuario]

Nombre caso de uso	create user	ID	CU01
Descripción general			
Primera vez que el usuario entra en AREVI aplicación, proporcionando credenciales			
Actores			
- Usuario			
Precondiciones			
- Usuario nuevo, no registrado			
Flujo normal de Eventos			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario instala y ejecuta AREVI	AREVI presenta formulario de configuración	

2	El usuario provee credenciales	Aplicación AREVI, REST API, servidor AREVI genera token
3		Aplicación AREVI guarda credenciales
<b>Pos condiciones principales</b>		
El usuario ha sido registrado y autenticado en la plataforma		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- AREVI aplicación llega a excepción no controlada</li> <li>- ORM validación de datos no controlada, excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	update user	ID	CU02
<b>Descripción general</b>			
El usuario modifica credenciales			
<b>Actores</b>			
- Usuario			
<b>Precondiciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario activo de AREVI</li> <li>- existe usuario en BD</li> </ul>			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario ingresa a gestión de perfil	AREVI presenta formulario de configuración	
2	Usuario provee credenciales	Aplicación AREVI, REST API	
3		Aplicación AREVI guarda credenciales	
<b>Pos condiciones principales</b>			
La nueva información es persistida el usuario sigue autenticado			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- AREVI aplicación llega a excepción no controlada</li> <li>- ORM validación de datos no controlada, excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	create user info	ID	CU03
<b>Descripción general</b>			
El usuario completa el formulario de información personal y demográfica			
<b>Actores</b>			
- Usuario			
<b>Precondiciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario activo de AREVI</li> <li>- existe usuario en BD</li> </ul>			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario provee información personal	Aplicación AREVI, REST API	
<b>Pos condiciones principales</b>			
La información del usuario es persistida			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- AREVI aplicación llega a excepción no controlada</li> <li>- ORM validación de datos no controlada, excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	update user info	ID	CU04
<b>Descripción general</b>			
El usuario actualiza el formulario de información personal y demográfica			
<b>Actores</b>			
- Usuario			
<b>Precondiciones</b>			
- Usuario activo de AREVI - existe usuario en BD			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario provee nueva información personal	Aplicación AREVI, REST API	
<b>Pos condiciones principales</b>			
La información del usuario es persistida			
<b>Caminos de Excepción</b>			
- AREVI aplicación no tiene conexión a internet - AREVI aplicación llega a excepción no controlada - ORM validación de datos no controlada, excepción			

Nombre caso de uso	create assessment	ID	CU05
<b>Descripción general</b>			
El usuario completa un formulario de evaluación			
<b>Actores</b>			
- Usuario			
<b>Precondiciones</b>			
- El usuario ha completado una tarea - existe usuario en BD - existe tarea en BD - existe ronda en BD - existe perfil en BD			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario completa tarea	Aplicación AREVI presenta evaluación	
2	Usuario complementa la evaluación	Aplicación AREVI, REST API	
3		Aplicación presenta siguiente evaluación o vuelve a inicio	
<b>Pos condiciones principales</b>			
La evaluación es persistida			
<b>Caminos de Excepción</b>			
- No se pudo recuperar un perfil de usuario - AREVI aplicación no tiene conexión a internet - AREVI aplicación llega a excepción no controlada - ORM validación de datos no controlada, excepción			

Nombre caso de uso	update assessment	ID	CU06
<b>Descripción general</b>			

El usuario modifica un formulario de evaluación durante la misma ronda		
<b>Actores</b>		
- Usuario		
<b>Precondiciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha completado una tarea</li> <li>- El manejador de estado conoce la ronda</li> <li>- existe usuario en BD</li> <li>- existe tarea en BD</li> <li>- existe ronda en BD</li> <li>- existe perfil en BD</li> </ul>		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>
1	Usuario vuelve atrás o modifica respuestas	Aplicación AREVI presenta evaluación pre completada
2	Usuario modifica la evaluación	Aplicación AREVI, REST API
3		El estado de la aplicación se actualiza y se muestra nuevo formulario o vuelve a inicio
<b>Pos condiciones principales</b>		
La evaluación es persistida		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar un perfil de usuario</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- AREVI aplicación llega a excepción no controlada</li> <li>- ORM validación de datos no controlada, excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	update application	ID	CU07
<b>Descripción general</b>			
El usuario inicia la aplicación y se le presenta la opción de actualizarla			
<b>Actores</b>			
- Usuario			
<b>Precondiciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AREVI aplicación está instalada</li> <li>- existe nueva versión de AREVI aplicación</li> </ul>			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario inicia AREVI aplicación	Aplicación AREVI confirma estado de versiones y si es necesario propone al usuario la actualización.	
2	Usuario oprime el botón de actualización	Aplicación AREVI inicia explorador web para que el usuario descargue e instale la actualización.	
<b>Pos condiciones principales</b>			
Se actualiza la aplicación en el dispositivo			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información de versiones</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> </ul>			

Nombre caso de uso	login user	ID	CU08
Descripción general			
AREVI aplicación requiere credenciales del usuario			
Actores			
- Usuario			
Precondiciones			
- AREVI aplicación está instalada			
Flujo normal de Eventos			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario inicia AREVI aplicación	Aplicación AREVI confirma estado local y solicita autenticación del usuario	
2	Usuario completa el formulario	AREVI aplicación, REST API, servidor genera token	
3		Aplicación AREVI modifica el estado local y guarda credenciales	
Pos condiciones principales			
Se actualiza el estado local de la aplicación			
Caminos de Excepción			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	logout user	ID	CU09
Descripción general			
Usuario cierra aplicación AREVI			
Actores			
- Usuario			
Precondiciones			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AREVI aplicación está instalada</li> <li>- AREVI aplicación está en ejecución</li> </ul>			
Flujo normal de Eventos			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario termina AREVI aplicación	Aplicación AREVI confirma estado local y borra el estado	
Pos condiciones principales			
Termina aplicación			
Caminos de Excepción			

Nombre caso de uso	cast session	ID	CU10
Descripción general			
El usuario ha iniciado la escena de navegación en espacio aumentado y solicita asesoramiento mediante proyección de la pantalla			
Actores			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> <li>- Administrador</li> </ul>			
Precondiciones			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha autorizado la captura de pantalla</li> <li>- El usuario ha autorizado el uso de la cámara</li> <li>- El servidor de señalización funciona</li> <li>- Los servidores TURN y ICE funcionan</li> <li>- Tarea, usuario y perfil son correctos</li> </ul>																					
<b>Flujo normal de Eventos</b>																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><b>Actor</b></th> <th><b>Sistema</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Usuario inicia escena de realidad aumentada</td> <td>Aplicación AREVI valida el estado.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Usuario acepta captura de pantalla</td> <td>AREVI aplicación inicia la carga del espacio aumentado</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Usuario utiliza la opción de proyectar pantalla</td> <td>Aplicación AREVI inicia módulo WebRTC</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>Aplicación AREVI, servidor señalización establecen sala</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>El administrador navega a la dirección del servidor</td> <td>Se sirve la página estática</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Administrador indica la sala que desea monitorear</td> <td>Se proyecta video de la captura de pantalla del usuario</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	1	Usuario inicia escena de realidad aumentada	Aplicación AREVI valida el estado.	2	Usuario acepta captura de pantalla	AREVI aplicación inicia la carga del espacio aumentado	3	Usuario utiliza la opción de proyectar pantalla	Aplicación AREVI inicia módulo WebRTC	4		Aplicación AREVI, servidor señalización establecen sala	5	El administrador navega a la dirección del servidor	Se sirve la página estática	6	Administrador indica la sala que desea monitorear	Se proyecta video de la captura de pantalla del usuario
	<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>																				
1	Usuario inicia escena de realidad aumentada	Aplicación AREVI valida el estado.																				
2	Usuario acepta captura de pantalla	AREVI aplicación inicia la carga del espacio aumentado																				
3	Usuario utiliza la opción de proyectar pantalla	Aplicación AREVI inicia módulo WebRTC																				
4		Aplicación AREVI, servidor señalización establecen sala																				
5	El administrador navega a la dirección del servidor	Se sirve la página estática																				
6	Administrador indica la sala que desea monitorear	Se proyecta video de la captura de pantalla del usuario																				
<b>Pos condiciones principales</b>																						
<b>Caminos de Excepción</b>																						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo levantar túnel entre las semillas</li> <li>- El servidor no está disponible</li> <li>- No hay TURN o ICE disponibles</li> <li>- El explorador web no es compatible con WebRTC</li> </ul>																						

<b>Nombre caso de uso</b>	show remote	<b>ID</b>	CU11									
<b>Descripción general</b>												
El usuario ha iniciado la escena de navegación en espacio aumentado, solicita asesoramiento mediante proyección de la pantalla y desea ver que está compartiendo el administrador												
<b>Actores</b>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> <li>- Administrador</li> </ul>												
<b>Precondiciones</b>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha autorizado la captura de pantalla</li> <li>- El usuario ha autorizado el uso de la cámara</li> <li>- El servidor de señalización funciona</li> <li>- El administrador supervisa el laboratorio y comparte pantalla</li> <li>- Los servidores TURN y ICE funcionan</li> <li>- Tarea, usuario y perfil son correctos</li> </ul>												
<b>Flujo normal de Eventos</b>												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><b>Actor</b></th> <th><b>Sistema</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Usuario utiliza la opción de proyectar pantalla</td> <td>Aplicación AREVI inicia módulo WebRTC</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Usuario utiliza la opción de ver que se está compartiendo</td> <td>AREVI aplicación solicita vista de video al módulo WebRTC</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>	1	Usuario utiliza la opción de proyectar pantalla	Aplicación AREVI inicia módulo WebRTC	2	Usuario utiliza la opción de ver que se está compartiendo	AREVI aplicación solicita vista de video al módulo WebRTC		
	<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>										
1	Usuario utiliza la opción de proyectar pantalla	Aplicación AREVI inicia módulo WebRTC										
2	Usuario utiliza la opción de ver que se está compartiendo	AREVI aplicación solicita vista de video al módulo WebRTC										

<b>3</b>	AREVI aplicación presenta proyección de video
<b>Pos condiciones principales</b>	
<b>Caminos de Excepción</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo levantar túnel entre las semillas</li> <li>- El servidor no está disponible</li> <li>- No hay TURN o ICE disponibles</li> <li>- El explorador web no es compatible con WebRTC</li> </ul>	

<b>Nombre caso de uso</b>	create round	<b>ID</b>	CU12
<b>Descripción general</b>			
El usuario ha iniciado la escena de realidad aumentada e interactúa con los objetos por primera vez en esta ronda			
<b>Actores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> </ul>			
<b>Precondiciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha autorizado el uso de la cámara</li> <li>- Tarea, usuario y perfil son correctos</li> </ul>			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
<b>1</b>	Usuario inicia escena de realidad aumentada	Aplicación AREVI valida el estado.	
<b>2</b>	Usuario interactúa con objetos digitales	AREVI aplicación inicia toma de métricas tiempo, distancia, escala; REST API	
<b>3</b>		Aplicación AREVI modifica el estado local y está atento a la siguiente interacción	
<b>Pos condiciones principales</b>			
Se actualiza el estado local de la aplicación y la ronda es creada y persistida			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- Poly no está disponible</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

<b>Nombre caso de uso</b>	update round	<b>ID</b>	CU13
<b>Descripción general</b>			
El usuario ha iniciado la escena de realidad aumentada e interactúa con los objetos digitales			
<b>Actores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> </ul>			
<b>Precondiciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha autorizado el uso de la cámara</li> <li>- Tarea, usuario y perfil son correctos</li> <li>- Ya se está ejecutando una ronda</li> </ul>			

Flujo normal de Eventos		
	Usuario	Sistema
1	Usuario interactúa con objetos digitales	AREVI aplicación toma métricas tiempo, distancia, escala; REST API
2		Aplicación AREVI modifica el estado local y está atento a la siguiente interacción
Pos condiciones principales		
Se actualiza el estado local de la aplicación y la ronda es actualizada y persistida		
Caminos de Excepción		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	scale object		CU14
Descripción general			
El usuario ha iniciado la escena de realidad aumentada e interactúa con los objetos digitales oprimiendo el botón de apuntador			
Actores			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> </ul>			
Precondiciones			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha autorizado el uso de la cámara</li> <li>- Tarea, usuario y perfil son correctos</li> <li>- Ya se está ejecutando una ronda</li> </ul>			
Flujo normal de Eventos			
	Usuario	Sistema	
1	Usuario interactúa con objetos digitales	AREVI aplicación toma métricas tiempo, distancia, escala; REST API	
2	El usuario visualiza el objeto digital con escala aumentada en factor de cinco por cien	AREVI actualiza espacio aumentado mostrando elemento digital con nueva escala	
3		Aplicación AREVI modifica el estado local y está atento a la siguiente interacción	
Pos condiciones principales			
Se actualiza el estado local de la aplicación y la ronda es actualizada y persistida			
Caminos de Excepción			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	vanish object		CU15
Descripción general			
El usuario ha iniciado la escena de realidad aumentada e interactúa con los objetos digitales, mantiene oprimido el botón de apuntador			
Actores			

- Usuario																
<b>Precondiciones</b>																
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario ha autorizado el uso de la cámara</li> <li>- Tarea, usuario y perfil son correctos</li> <li>- Ya se está ejecutando una ronda</li> </ul>																
<b>Flujo normal de Eventos</b>																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><b>Usuario</b></th> <th><b>Sistema</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Usuario interactúa con objetos digitales</td> <td>AREVI aplicación toma métricas tiempo, distancia, escala; REST API</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Usuario visualiza indicador de carga</td> <td>AREVI aplicación está descargando el objeto digital que continúa</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Usuario visualiza nuevo objeto digital cargado en el entorno</td> <td>AREVI parametriza la ronda y muestra el nuevo objeto</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>Aplicación AREVI modifica el estado local y está atento a la siguiente interacción</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	1	Usuario interactúa con objetos digitales	AREVI aplicación toma métricas tiempo, distancia, escala; REST API	2	Usuario visualiza indicador de carga	AREVI aplicación está descargando el objeto digital que continúa	3	Usuario visualiza nuevo objeto digital cargado en el entorno	AREVI parametriza la ronda y muestra el nuevo objeto	4		Aplicación AREVI modifica el estado local y está atento a la siguiente interacción
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>														
1	Usuario interactúa con objetos digitales	AREVI aplicación toma métricas tiempo, distancia, escala; REST API														
2	Usuario visualiza indicador de carga	AREVI aplicación está descargando el objeto digital que continúa														
3	Usuario visualiza nuevo objeto digital cargado en el entorno	AREVI parametriza la ronda y muestra el nuevo objeto														
4		Aplicación AREVI modifica el estado local y está atento a la siguiente interacción														
<b>Pos condiciones principales</b>																
Se actualiza el estado local de la aplicación y la ronda es actualizada y persistida																
<b>Caminos de Excepción</b>																
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Poly no está disponible</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>																

Nombre caso de uso	create profile	CU16														
<b>Descripción general</b>																
El usuario ha iniciado AREVI aplicación por vez primera y debe seleccionar la forma en cómo todas las superficies, textos y fondos serán mostrados																
<b>Actores</b>																
- Usuario																
<b>Precondiciones</b>																
<b>Flujo normal de Eventos</b>																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><b>Usuario</b></th> <th><b>Sistema</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Usuario Inicia AREVI por primera vez</td> <td>AREVI aplicación muestra formulario de selección de tema</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Usuario selecciona un tema</td> <td>AREVI aplicación aplica los cambios localmente en el estado</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Usuario completa el formulario de registro</td> <td>AREVI válida si el perfil está en local y procede a enviar, API REST</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>Aplicación AREVI modifica el estado local</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	1	Usuario Inicia AREVI por primera vez	AREVI aplicación muestra formulario de selección de tema	2	Usuario selecciona un tema	AREVI aplicación aplica los cambios localmente en el estado	3	Usuario completa el formulario de registro	AREVI válida si el perfil está en local y procede a enviar, API REST	4		Aplicación AREVI modifica el estado local
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>														
1	Usuario Inicia AREVI por primera vez	AREVI aplicación muestra formulario de selección de tema														
2	Usuario selecciona un tema	AREVI aplicación aplica los cambios localmente en el estado														
3	Usuario completa el formulario de registro	AREVI válida si el perfil está en local y procede a enviar, API REST														
4		Aplicación AREVI modifica el estado local														
<b>Pos condiciones principales</b>																
Se actualiza el estado local de la aplicación y se ha persistido la información																
<b>Caminos de Excepción</b>																
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> </ul>																

- AREVI aplicación no tiene conexión a internet
- ORM está presentando un caso de excepción

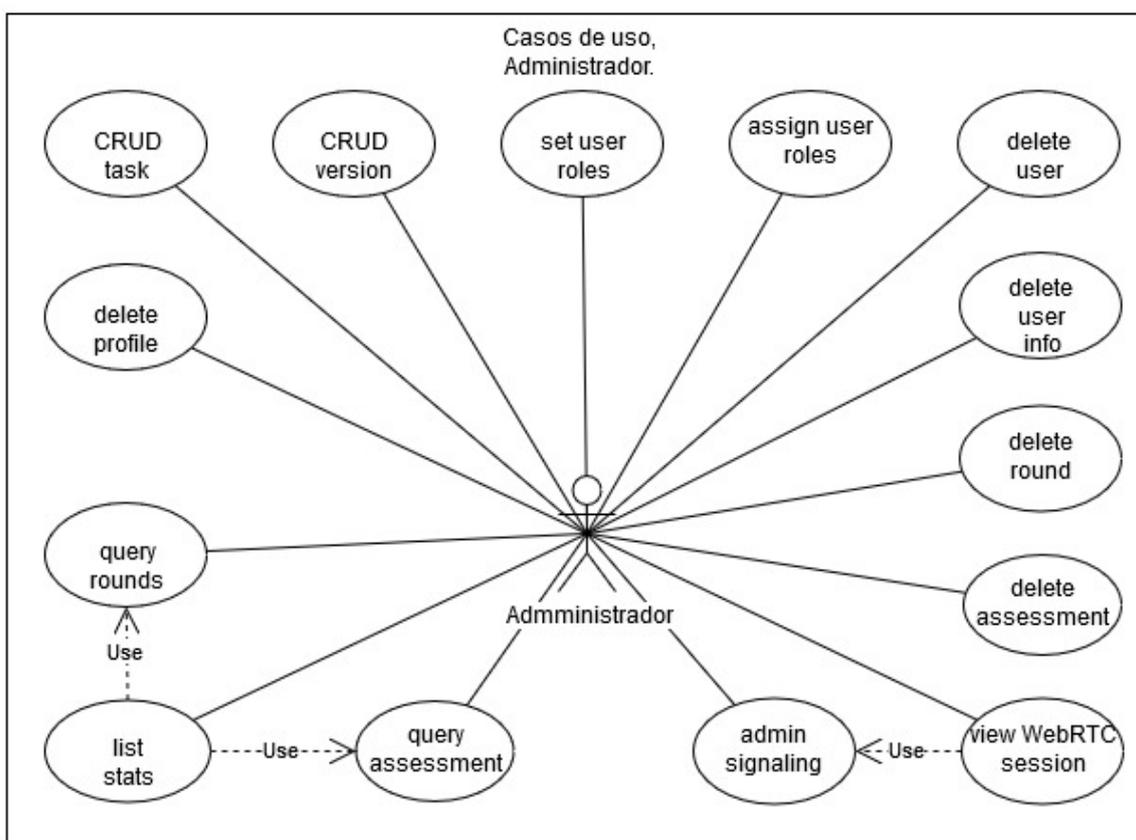
Nombre caso de uso	update profile	CU17
<b>Descripción general</b>		
El usuario ha iniciado AREVI aplicación y cambia la forma en cómo todas las superficies, textos y fondos serán mostrados		
<b>Actores</b>		
- Usuario		
<b>Precondiciones</b>		
- Existe un perfil previo utilizado		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>
1	Usuario Inicia AREVI y navega a la configuración de perfil	AREVI aplicación muestra formulario de selección de tema
2	Usuario selecciona un tema	AREVI aplicación aplica los cambios localmente en el estado
3	Usuario valida el formulario de registro	AREVI válida si el perfil está en local y procede a enviar, API REST
4		AREVI servidor migra el estado del perfil e indica el perfil antiguo como no activo y agrega una nueva fila a la tabla
5		Aplicación AREVI modifica el estado local
<b>Pos condiciones principales</b>		
Se actualiza el estado local de la aplicación y se ha persistido la información		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	set app theme	CU18
<b>Descripción general</b>		
El usuario cambia la forma en cómo todas las superficies, textos y fondos serán mostrados		
<b>Actores</b>		
- Usuario		
<b>Precondiciones</b>		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>
1	Usuario Inicia AREVI y navega a la configuración de perfil	AREVI aplicación muestra formulario de selección de tema
2	Usuario selecciona un tema	AREVI aplicación aplica los cambios localmente en el estado
3	Usuario valida el formulario de registro	AREVI válida si el perfil está en local y procede a enviar, API REST

4		AREVI servidor migra el estado del perfil e indica el perfil antiguo como no activo y agrega una nueva fila a la tabla
5		Aplicación AREVI modifica el estado local
<b>Pos condiciones principales</b>		
Se actualiza el estado local de la aplicación y se ha persistido la información		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	use cardboard		CU19
<b>Descripción general</b>			
El usuario cambia el modo de interacción con AREVI aplicación			
<b>Actores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usuario</li> </ul>			
<b>Precondiciones</b>			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Usuario</b>	<b>Sistema</b>	
1	Usuario Inicia AREVI y navega a la configuración de perfil	AREVI aplicación muestra formulario de selección de tema	
2	Usuario navega al formulario de configuración modo de uso	AREVI aplicación muestra selector modo de interacción	
2	Usuario selecciona modo de interacción	AREVI aplicación aplica los cambios localmente en el estado	
3	Usuario valida el formulario de registro	AREVI válida si el perfil está en local modifica la configuración y procede a enviar, API REST	
4		AREVI servidor actualiza el perfil	
5		Aplicación AREVI modifica el estado local	
<b>Pos condiciones principales</b>			
Se actualiza el estado local de la aplicación y se ha persistido la información			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pudo recuperar información</li> <li>- Las credenciales no son correctas</li> <li>- AREVI aplicación no tiene conexión a internet</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

## Modelado casos de uso administrador



[Figura 14. Modelo casos de uso administrador]

Nombre caso de uso	CRUD task	CU20
<b>Descripción general</b>		
El administrador tiene la capacidad de determinar la disponibilidad de tareas que se pueden desarrollar. Para ello tiene permisos de lectura, escritura, actualización y borrado.		
<b>Actores</b>		
- Administrador		
<b>Precondiciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La instancia de base de datos está en ejecución</li> <li>- No hay más de una tarea activa</li> </ul>		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>
1	Crear una tarea	Válida si hay tareas en el sistema las marca como no activas y guarda la nueva entrada
2	Consultar tareas	Lista las tareas guardadas en la base de datos
2	Actualizar tarea	Válida si hay tareas activas en el sistema solo una tarea puede estar activa, actualiza el registro

3	Borrar tarea	Se marca como no activa la tarea a eliminar
<b>Pos condiciones principales</b>		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	CRUD version		CU21
<b>Descripción general</b>			
El administrador determina si al liberar un nuevo APK es necesario que todos los usuarios actualicen AREVI aplicación			
<b>Actores</b>			
- Administrador			
<b>Precondiciones</b>			
- La instancia de base de datos está en ejecución			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>	
1	Crear una versión	Crea la nueva entrada	
2	Consultar versión	Lista las versiones guardadas en la base de datos	
2	Actualizar versión	Se actualizó la versión	
3	Borrar versión	Se elimina la fila	
<b>Pos condiciones principales</b>			
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	set user roles		CU22
<b>Descripción general</b>			
El administrador determina qué roles son válidos para el sistema			
<b>Actores</b>			
- Administrador			
<b>Precondiciones</b>			
- La instancia de base de datos está en ejecución			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>	
1	Actualizar columna enumerable rol en tabla usuario	Se altera la columna en la tabla usuarios	
<b>Pos condiciones principales</b>			
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	assign user roles	CU23
<b>Descripción general</b>		
El administrador determina los roles que los usuarios tienen dentro del sistema AREVI		
<b>Actores</b>		
- Administrador		
<b>Precondiciones</b>		
- La instancia de base de datos está en ejecución		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>
1	Actualizar columna rol en la entidad usuario	Se actualiza el rol de los usuarios
<b>Pos condiciones principales</b>		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	delete user	CU24
<b>Descripción general</b>		
Un usuario solicita darse de baja de la plataforma AREVI		
<b>Actores</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administrador</li> <li>- Usuario</li> </ul>		
<b>Precondiciones</b>		
- La instancia de base de datos está en ejecución		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
1	Usuario expresa querer darse de baja del sistema	Generar solicitud
2	Administrador recibe solicitud y procede a borrar al usuario del sistema	Anonimizar información del usuario, credenciales, deshabilitar el usuario.
<b>Pos condiciones principales</b>		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	delete user info	CU25
<b>Descripción general</b>		
Un usuario solicita darse de baja de la plataforma AREVI		
<b>Actores</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administrador</li> <li>- Usuario</li> </ul>		
<b>Precondiciones</b>		

- La instancia de base de datos está en ejecución		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Usuario expresa querer darse de baja del sistema	Generar solicitud
<b>2</b>	Administrador procesa solicitud	Anonimizar información del usuario
<b>Pos condiciones principales</b>		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	delete round		CU26
<b>Descripción general</b>			
Administración elimina información estadística, rondas			
<b>Actores</b>			
- Administrador			
<b>Precondiciones</b>			
- La instancia de base de datos está en ejecución			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>	
<b>1</b>	Administrador elimina entrada	la entrada es borrada	
<b>Pos condiciones principales</b>			
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	delete assessment		CU27
<b>Descripción general</b>			
Administración elimina información estadística, evaluación			
<b>Actores</b>			
- Administrador			
<b>Precondiciones</b>			
- La instancia de base de datos está en ejecución			
<b>Flujo normal de Eventos</b>			
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>	
<b>1</b>	Administrador elimina entrada	la entrada es borrada	
<b>Pos condiciones principales</b>			
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.			
<b>Caminos de Excepción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>			

Nombre caso de uso	delete profile	CU28
Descripción general		
Administración elimina información estadística, perfil		
Actores		
- Administrador		
Precondiciones		
- La instancia de base de datos está en ejecución		
Flujo normal de Eventos		
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Administrador elimina entrada	la entrada es borrada
Pos condiciones principales		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
Camino de Excepción		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

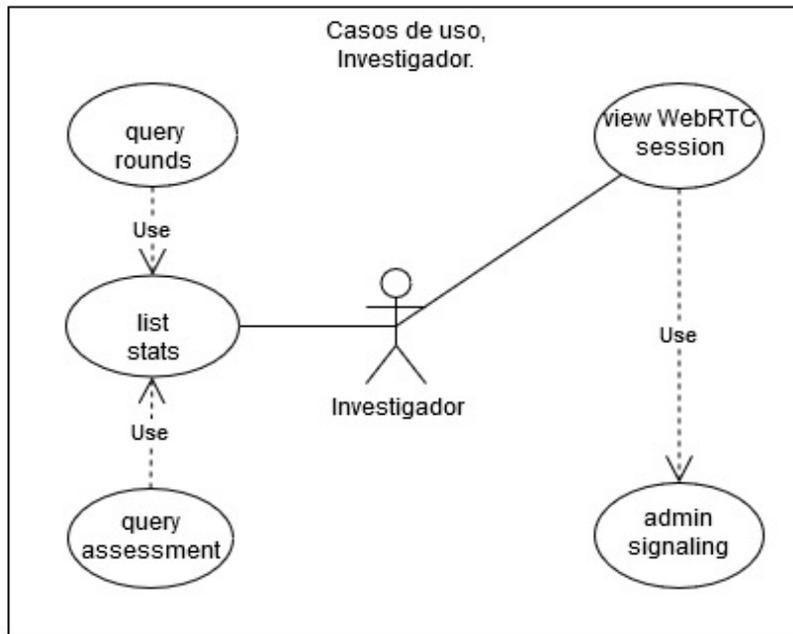
Nombre caso de uso	query round	CU27
Descripción general		
Administración consulta la lista de entradas en la tabla rondas		
Actores		
- Administrador		
Precondiciones		
- La instancia de base de datos está en ejecución		
Flujo normal de Eventos		
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Administrador consulta entradas en la tabla ronda	Presenta información consultada
Pos condiciones principales		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
Camino de Excepción		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	query assessment	CU28
Descripción general		
Administración consulta la lista de entradas en la tabla evaluación		
Actores		
- Administrador		
Precondiciones		
- La instancia de base de datos está en ejecución		
Flujo normal de Eventos		
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Administrador consulta entradas en la tabla evaluación	Presenta información consultada

<b>Pos condiciones principales</b>
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.
<b>Caminos de Excepción</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>

<b>Nombre caso de uso</b>	admin signaling	CU27
<b>Descripción general</b>		
El administrador es responsable de comprobar el estado del servicio de señalización, asignar protocolos, servidores TURN o ICE y actualizar la página de proyección de video		
<b>Actores</b>		
- Administrador		
<b>Precondiciones</b>		
- El servidor se encuentra en línea		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Administrador</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Administrar el servicio WebRTC	Sigue operacional y permite la conexión de sesiones de apoyo
<b>Pos condiciones principales</b>		
<b>Caminos de Excepción</b>		
- Servidor no está en línea		

**Modelado casos de uso investigador**



[Figura 15. Modelo casos de uso investigador]

Nombre caso de uso	list stats	CU28
<b>Descripción general</b>		
Hay interesados en consultar la forma en cómo los usuarios han interactuado con la plataforma y cómo se ha evaluado la plataforma		
<b>Actores</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administrador</li> <li>- Investigador</li> </ul>		
<b>Precondiciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La instancia de base de datos está en ejecución</li> <li>- El sistema está en línea y los servicios ronda y evaluación están funcionales</li> </ul>		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Actores</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Se realizan consultas referentes a la forma cómo los usuarios han evaluado AREVI e interactuado con los espacios aumentados	Presenta información consultada
<b>Pos condiciones principales</b>		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		
<b>Caminos de Excepción</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Servidor no está en línea</li> <li>- Interceptores no pueden completar ejecución</li> <li>- ORM está presentando un caso de excepción</li> </ul>		

Nombre caso de uso	view WebRTC session	CU29
<b>Descripción general</b>		
Hay interesados en participar de la elaboración de una ronda mediante asesoría remota		
<b>Actores</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administrador</li> <li>- Investigador</li> <li>- Usuario</li> </ul>		
<b>Precondiciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El sistema está en línea y los servicios de comunicación WebRTC están funcionales</li> </ul>		
<b>Flujo normal de Eventos</b>		
	<b>Actores</b>	<b>Sistema</b>
<b>1</b>	Los interesados participan de una sesión de comunicación WebRTC donde el usuario está proyectando la captura de su pantalla	Presenta información consultada
<b>2</b>	Administrador o investigador quieren compartir algún elemento de su pantalla en la sesión	AREVI aplicación recibe la transmisión
<b>3</b>	El usuario mantiene presionado el botón de transmisión en REVI aplicación	AREVI aplicación muestra u oculta la proyección de video remoto
<b>Pos condiciones principales</b>		
El sistema no incurre en errores lógicos y todos los cambios son persistidos.		

#### Caminos de Excepción

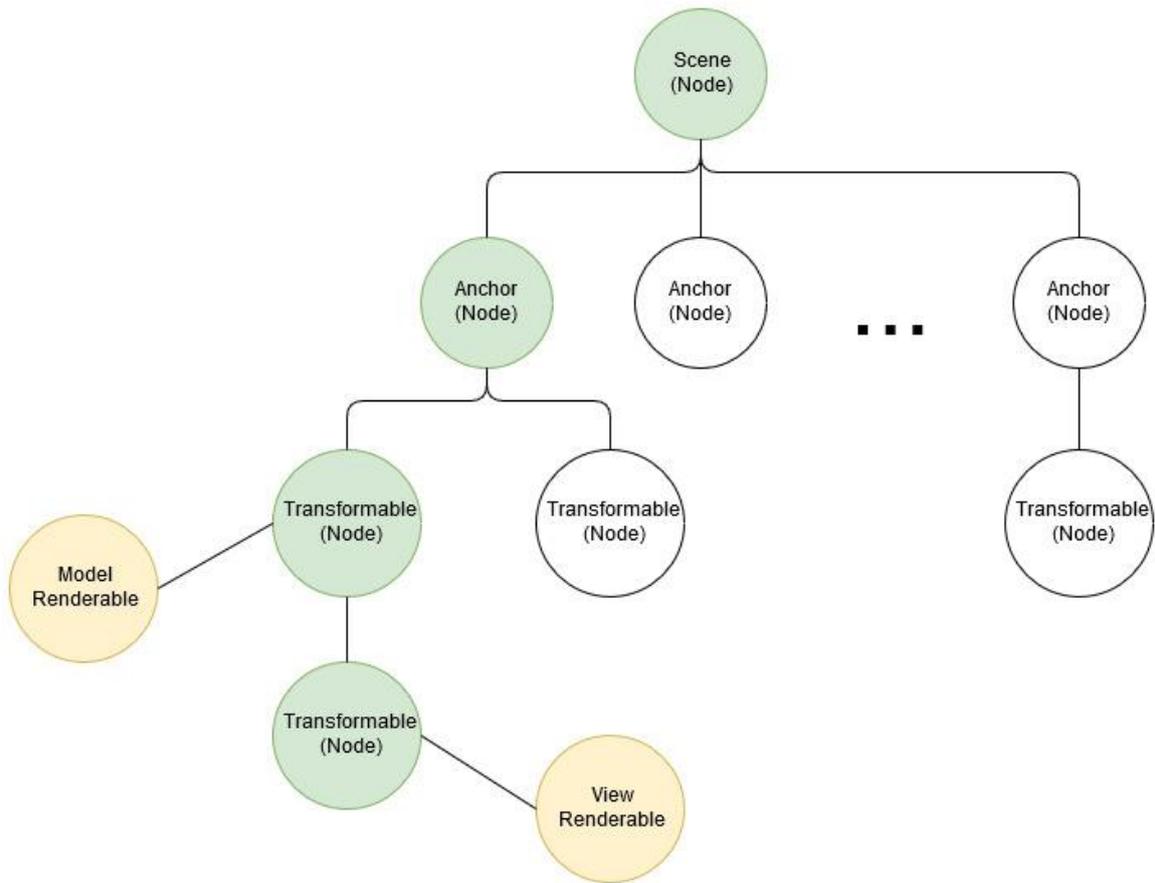
- Servidor no está en línea
- Interceptores no pueden completar ejecución
- No se puede establecer túnel entre los participantes
- No hay servidores TURN o ICE disponibles

## IV. 2.8. Modelos conceptuales de clases

---

### Diagrama conceptual de grafo de escena de realidad aumentada

El diagrama muestra una estructura tipo grafo, la cual es utilizada por la tecnología para localizar en el espacio aumentado elementos digitales, esta estructura tiene como nodo de inicio la escena que contiene planos, durante el proceso de mapeo el espacio aumentado es reconocido mediante la utilización del GPS, acelerómetro y giroscopio que en complemento con la cámara reconoce superficies planas y añade a la escena instancias de plano con la información capturada, a los cuales se pueden añadir anclas partiendo de allí es construido un grafo que describe los posibles lugares en el espacio donde se pueden anclar nuevos nodos al grafo. AREVI aplicación utiliza el grafo de manera tal que por los nodos verdes se identifica un camino hasta los objetos que hacen parte del espacio aumentado, mientras los espacios blancos son posibles nuevas posiciones donde localizar el objeto digital siguiente.



[Figura 16. Grafo ejecución escena aumentada]

# IV. 3

## Diseño

### IV. 3.1. Diseño componentes

---

La plataforma desarrollada consta de tres bloques principales que definen las capas de interacción con los actores del sistema y la lógica de comunicación que utilizan.

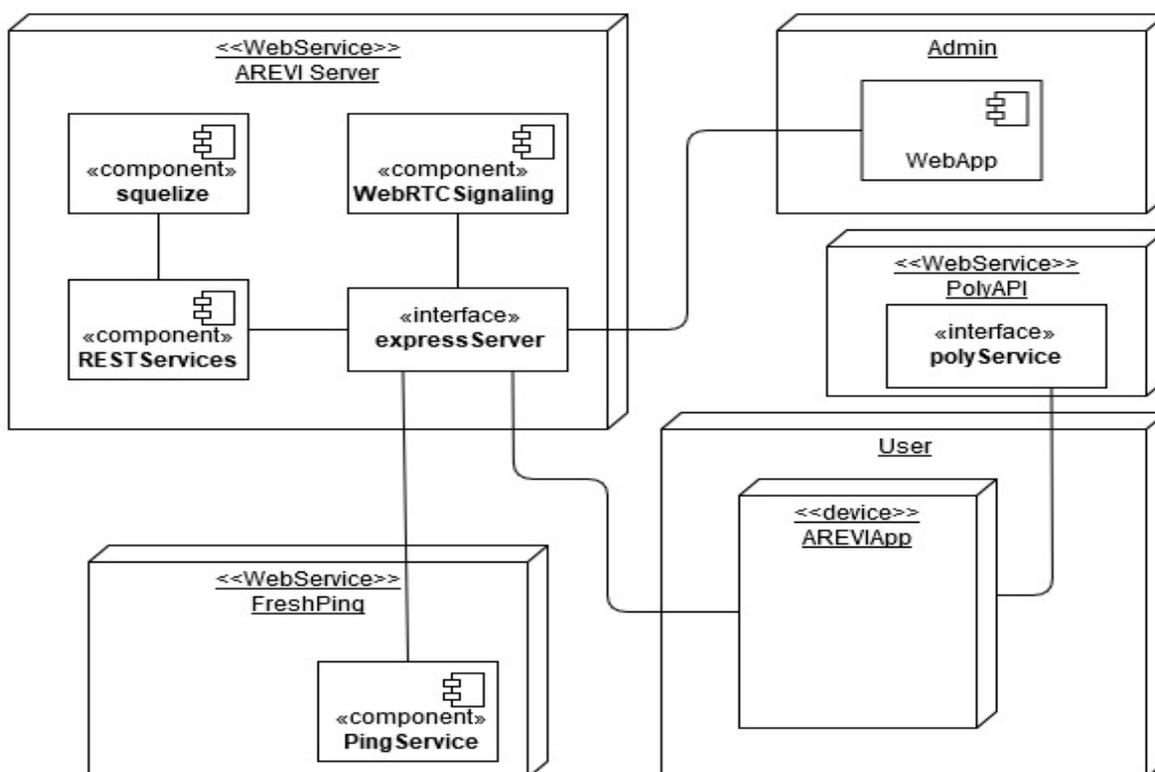
- **Servidor AREVI:** Aunque se muestra una única caja del servidor, lo cierto es que como se contempla, en el interior, el servidor ejecuta un esquema basado en servicios, de esta forma a medida que la plataforma lo requiera puede escalar no solo a nivel de recursos, sino en número u horizontalmente.
- **Administrador:** La plataforma sirve un servicio web en cual administradores e investigadores pueden hacer ejecución de los casos de uso planteados.
- **Usuario:** El bloque de usuario contiene un bloque adicional que representa al teléfono inteligente pues el dispositivo controla el

comportamiento de la aplicación con eventos lanzados por el sistema operativo y el usuario interactúa con la aplicación como lo especifica sus casos de uso.

Dos cajones adicionales son presentados que son complementarios a el funcionamiento de la plataforma, pero no son desplegados ni mantenidos por el administrador del sistema, es Poly uno de los casos excepcionales en los que puede incurrir en error la aplicación ya que no se tiene control sobre el servicio.

- **FreshPing:** Herramienta utilizada para conocer la disponibilidad del servidor.
- **Poly:** Repositorio de objetos digitales del cual se consumen aquellos que serán presentados en el espacio aumentado, este servicio es provisto por Google y es consumido mediante un API y autenticación basada en llaves. Más información y especificaciones en: <https://developers.google.com/poly/develop/api>.

## Diagrama de componentes plataforma AREVI



[Figura 17. Diagrama componentes]

### IV. 3.2. Arquitectura del sistema

---

El estilo arquitectónico que AREVI implementa es REST (transferencias de estados representativos) el servidor expone una colección de servicios web y en la aplicación un cliente repositorio que consume estos servicios, lo cual, en principio se ajusta a los lineamientos y recomendaciones que son sugeridos en este esquema.

- Existe una interfaz expuesta bien conocida y estándar.
- Cliente servidor, ambas partes pueden cambiar, siempre que exista una interfaz común.

- No hay estado, el cliente siempre es nuevo para cada petición.
- Almacenamiento en caché, administrar bien las consultas al servidor.
- Diferentes capas, la lógica de aplicación o negocio es independiente de los servicios (interfaz) expuesta.

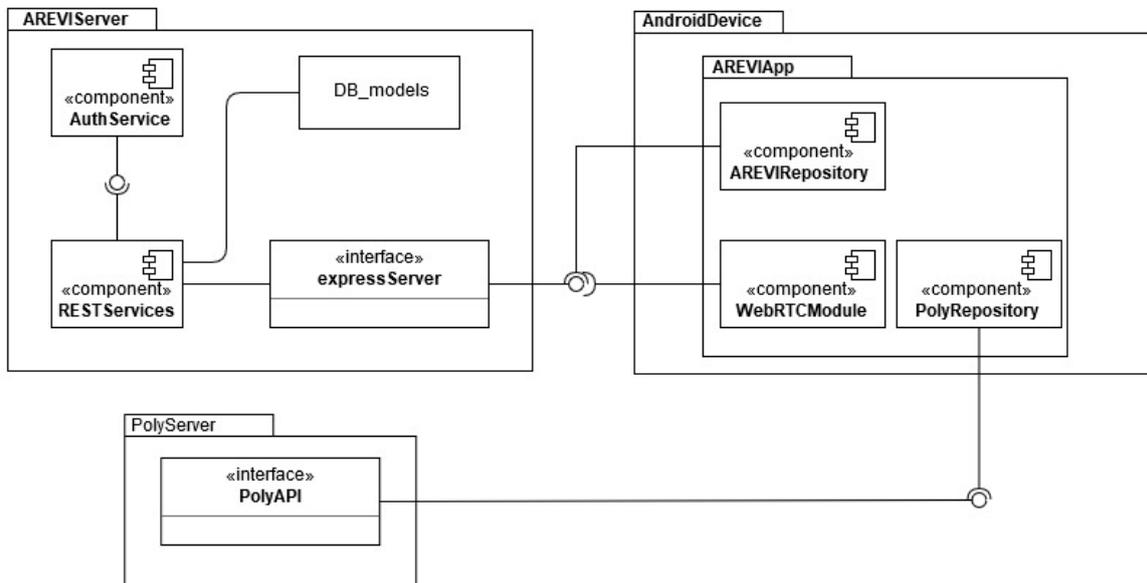
El fácil uso y acoplamiento mediante el uso protocolo HTTP para intercambiar información entre las partes involucradas, hace a este diseño en la actualidad una de las guías más utilizadas para desplegar plataformas informáticas. Esta guía arquitectónica ha hecho que todos estemos en capacidad de intercambiar mensajes mediante el uso de verbos dicentes coherentes que responden a las acciones que se pretenden realizar sobre el estado del servicio remoto.

REST posibilita leer y entender el comportamiento de las API expuestas, los desarrolladores tienen la capacidad de conocer el tipo de mensajes que se intercambian cuando desean acceder a los servicios, hay un lenguaje semántico común que todas las partes conocen.

- **POST:** Operación para crear elementos.
- **PUT/PATCH:** Operaciones para actualizar elementos de manera completa o parcial.
- **GET:** Operación para consultar elementos.
- **REMOVE:** Operación para borrar elementos.

Un diseño pequeño para grandes cantidades de datos, que se entiende y en el formato que prefiera, si bien XML es fácil de procesar y proveer metadatos, AREVI utilizará el formato JSON por su ser fácil de interpretar y ligero para su transporte.

## Diagrama de paquetes sistema AREVI



[Figura 18. Diagrama de paquetes]

### IV. 3.3. Diseño de la lógica de negocio

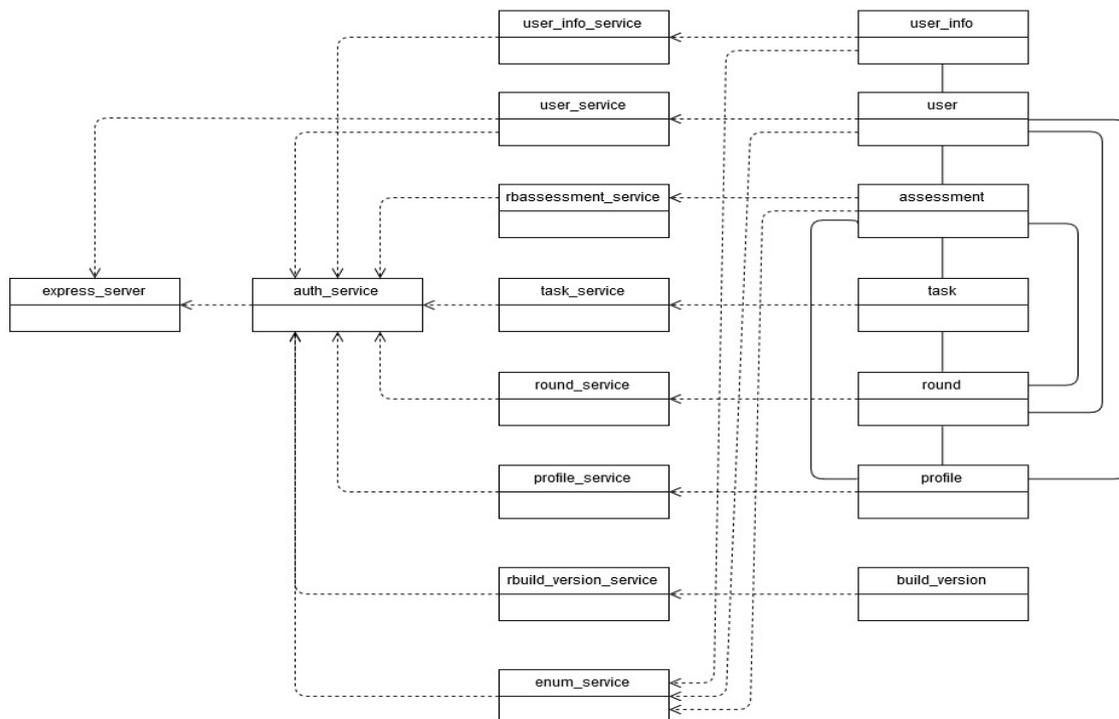
---

La aplicación WEB es una colección de servicios REST que son servidos mediante la ejecución de una instancia NodeJs la cual ejecuta un servidor Express que responde a las peticiones de los diferentes clientes, en el caso de AREVI un único cliente, la aplicación, está interfaz es común y responde a los llamados HTTP provenientes de internet.

Como se observa en la figura 19 existe un único servicio parcialmente público, pues para la creación de usuarios en el sistema no se requiere de ningún mecanismo de autenticación que verifique la petición como válida para el sistema. Las demás interacciones son auditadas por el intermediario de autenticación en el cual se utiliza la estrategia token web JSON JWT

(JSON web token) y validación de roles para procesar los verbos y operaciones a procesar.

Cada servicio corresponde directamente con el modelo de datos al que representa y solo el servicio debe ejecutar operaciones sobre el modelo respetando los principios REST, en especial la no existencia de estado pues cada entidad es autodescriptiva. Finalmente, el mapeo de objetos y relaciones ORM (object relational mapping), Sequelize, se encarga del cumplimiento y persistencia de las operaciones solicitadas sobre los datos.



[Figura 19. Diagrama de clases servidor AREVI]

#### IV. 3.4. Diseño de la aplicación cliente

---

El aplicativo para dispositivos Android está estructurado por capas, una de ellas contiene el controlador de estados que es transversal a la solución ya

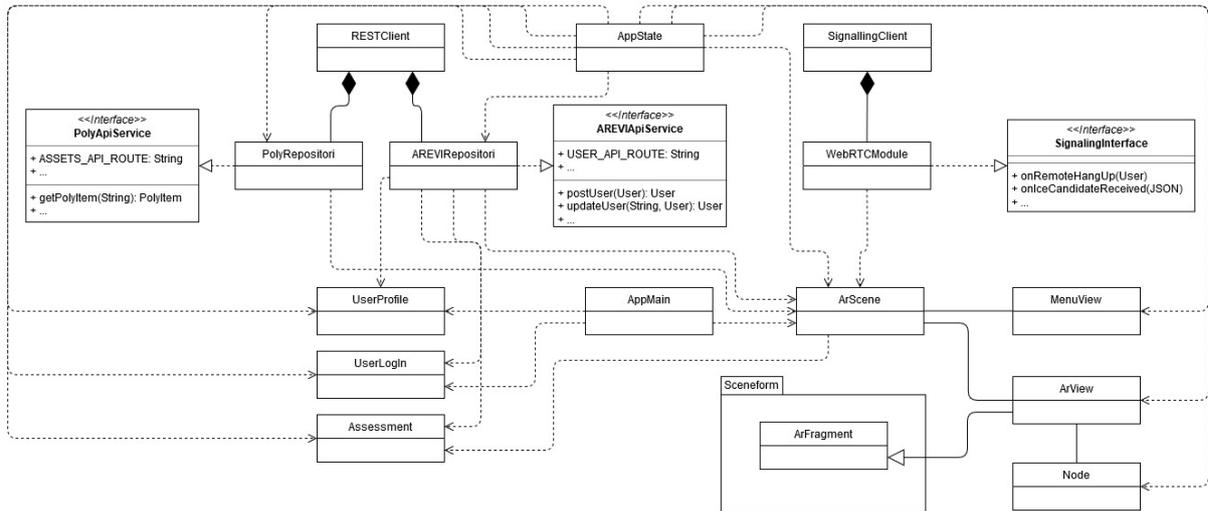
que es accesible por cualquier paquete y expresa la situación en la que AREVI se encuentra en determinado momento durante la ejecución.

La aplicación representa un cliente REST ante el servidor AREVI y el API de Poly, como se ve en la figura 20, las interfaces de comunicación consumen los recursos necesarios para modificar el estado del aplicativo y solucionar los requerimientos del usuario durante su interacción con la plataforma.

La capa de presentación expone al usuario las diferentes funcionalidades y acciones que el usuario puede consumir y al pasar el contexto de ejecución entre cada actividad esta capa consume la lógica necesaria para intercambiar mensajes con los servidores externos mediante la capa de repositorios.

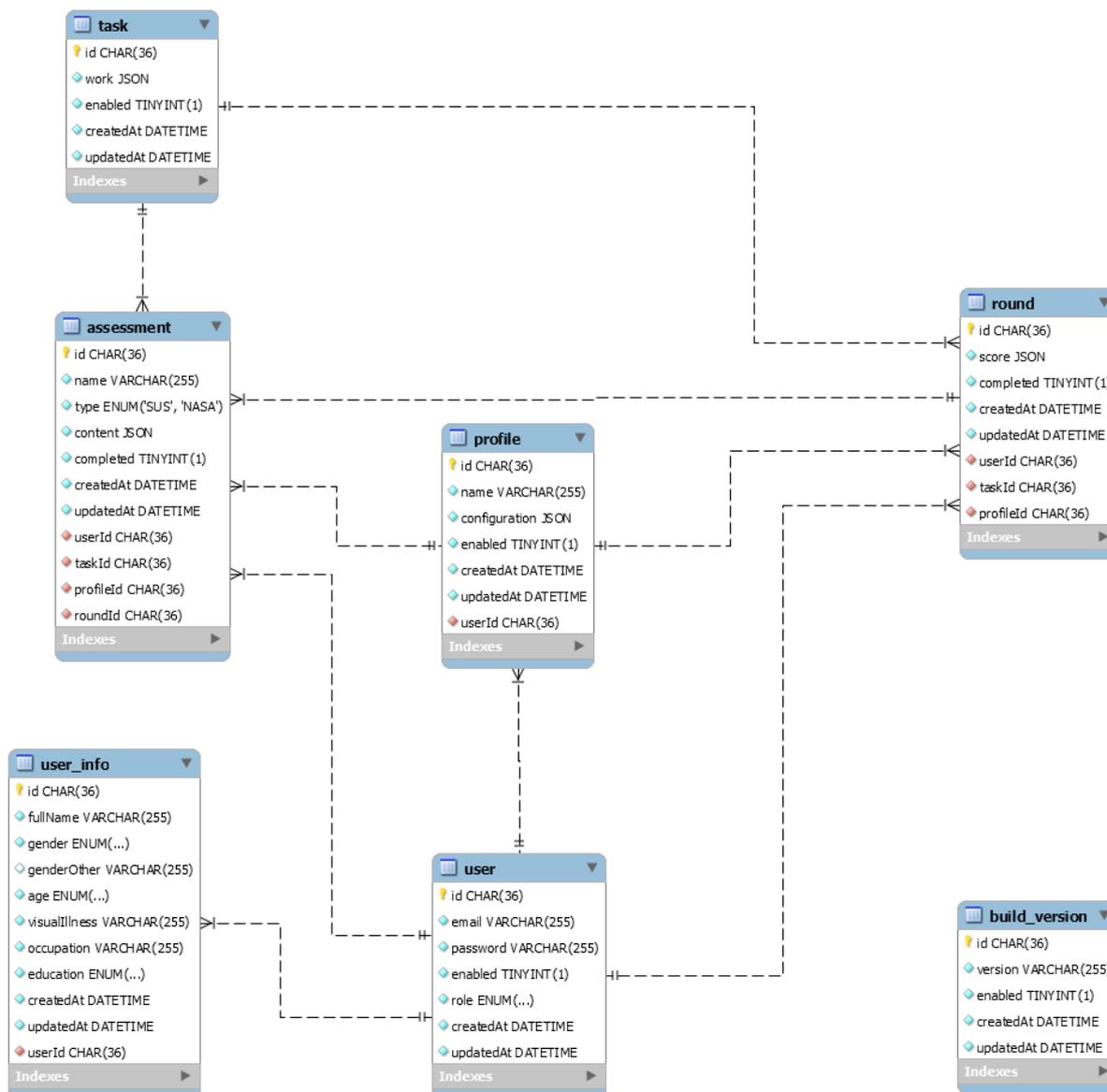
El paquete Sceneform es implementado mediante la extensión la librería para controlar e interactuar con escenarios de realidad aumentada, la librería provee de un API consumible para controlar el ciclo de vida de la escena y expone métodos para acoplar la lógica de los casos de uso que serán desarrollados en esta solución.

Adicionalmente en la capa de repositorios es expuesto un cliente SocketIO que controla la conexión y los eventos emitidos por el servidor de señalización WebRTC para garantizar la asistencia remota o supervisión que el usuario puede solicitar en la actividad de realidad aumentada.



[Figura 20. Diagrama de clases de la aplicación AREVI]

## IV. 3.5. Diseño de la persistencia



[Figura 21. Entidades y atributos]

Los datos que la plataforma almacena expresan los objetivos de investigación planteados:

**assessment:** hace referencia a las evaluaciones de usabilidad y carga cognitiva que los participantes, utilizando un perfil determinado, luego de realizar una tarea y haber registrado la ejecución de la tarea en una ronda, diligenciaron dentro de la aplicación.

- **assessment\_type (ENUM):** Expresa a qué tipo de evaluación corresponde la información que contiene la entidad.
- **content (JSON):** representa un objeto que describe los resultados de la evaluación consignada.
- **completed (TINYINT):** indica si el registro ha sido desarrollado por completo por el usuario.

**task:** Representa la configuración inicial del espacio aumentado:

- **work (JSON):** Objeto que contiene una secuencia de objetos que serán proyectados en el espacio aumentado y sus dimensiones iniciales (escala)
- **enabled (TINYINT):** El administrador puede diseñar varias tareas en el espacio aumentado y guardar en la plataforma el registro, indica qué tarea debe AREVI aplicación presentar.

**round:** Corresponde a la interacción que tuvo el usuario con el espacio aumentado desarrollando una tarea y utilizando un perfil determinado.

- **score (JSON):** objeto que representa los resultados registrados durante la ejecución de una tarea, tiempo, escala final del objeto y distancia del mismo respecto de la cámara del dispositivo.

- **completed (TINYINT):** indica si el registro corresponde a la totalidad de elementos planteados para el desarrollo de una tarea.

**profile:** describe la configuración que el usuario ha realizado respecto al aspecto de la aplicación.

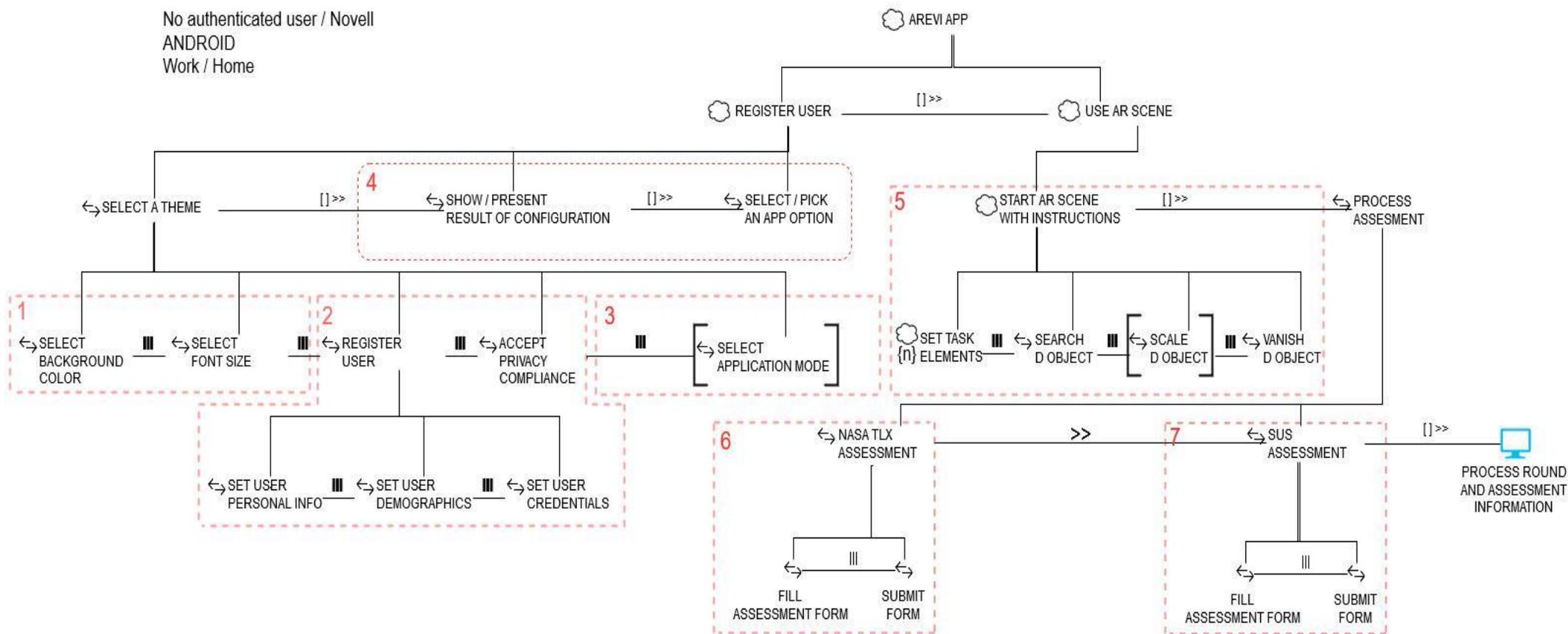
- **configuration (JSON):** Objeto que indica que tema prefiere ver y modo de operación ha seleccionado el usuario para utilizar el espacio aumentado.
- **enabled (TINYINT):** Indica que perfil del historial es aquel que debe presentar la aplicación.

#### **IV. 3.4. Diseño interfaz gráfica de usuario**

---

Mediante el uso del diseño de interfaces de usuario basado en modelos se presenta en la siguiente figura la forma en cómo el usuario interactúa con el aplicativo AREVI por vez primera y como es el flujo esperado de interacción.

No authenticated user / Novell  
 ANDROID  
 Work / Home



[Figura 22. modelo de interfaz basado en contexto (CIM)]

- **T** = Tarea a desarrollar (ej. SELECT A THEME).
- $\leftrightarrow T$  = Usuario y plataforma intercambian información.
- $\text{☁} T$  = Tarea que ejecuta el sistema.
- $T ||| T$  = Tareas en paralelo.
- $T []>> T$  = Intercambio de información entre tareas, habilita la siguiente tarea.
- $T >> T$  = Habilita la siguiente tarea.
- $\text{☐}$  = Representa una pantalla que incluye tareas a presentar.

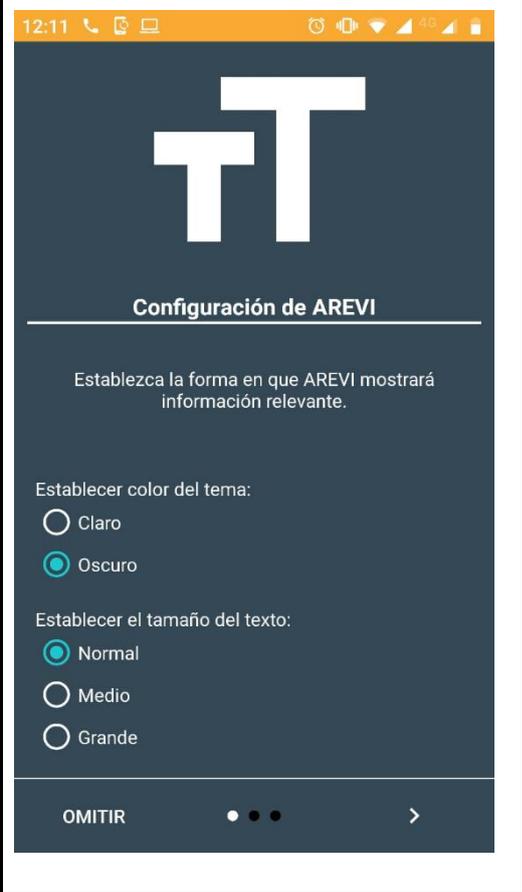
Dividir en tareas, pantallas e interacciones entre las tareas y especificando un modelo que pretende ser replicado mediante codificación permite estandarizar y dar contexto al desarrollo, así como, mantener orientado al equipo sobre las decisiones a tomar durante la implementación en términos de tecnologías a utilizar y mecanismos de interacción (botones, selectores, campos de texto, etc.).

En este caso específico y en relación con la definición de diseño de interfaces gráficas, se crean dichos entornos de interacción entre el cliente y la máquina de tal forma que este se sienta gusto y cómodo de interactuar con la misma, la paleta utilizada usa teoría del color en base a los colores complementarios que se usan en el cambio de tema, también usando las guías de accesibilidad descritas en las directivas de Material Design se ha realizado la selección de colores de fondo para tener suficiente contraste con el fondo establecido. Los elementos de la interfaz previenen cambiar abruptamente de forma o posición y mantienen las bases de navegación que favorecen la interacción con el dispositivo móvil.

Es por esto por lo que se tienen varias configuraciones para el aplicativo dependiendo de la comodidad del usuario, ya sea un contraste claro u oscuro y tres tipos de tamaño de texto pequeño, mediano y grande, de la siguiente manera:



Este es el entorno con un ambiente claro y la letra en tamaño normal.



Este es el entorno con un ambiente oscuro y la letra en tamaño normal.

12:16



## Configuración de AREVI

Establezca la forma en que AREVI mostrará información relevante.

Establecer color del tema:

Claro

Oscuro

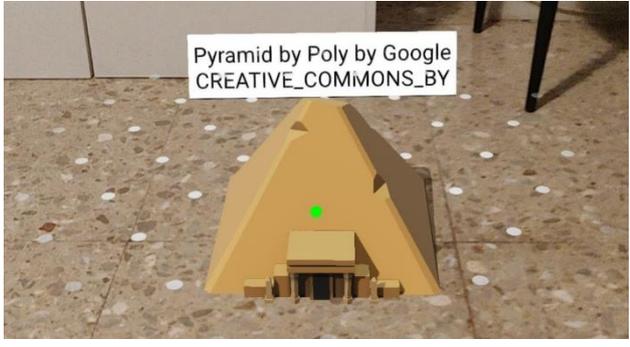
Establecer el tamaño del texto:

Normal

Medio

Grande

OMITIR ●●● >



Este es el entorno con un ambiente claro y la letra en tamaño medio

12:11

Establezca la forma en que AREVI mostrará información relevante.

Establecer color del tema:

Claro

Oscuro

Establecer el tamaño del texto:

Normal

Medio

Grande

OMITIR ●●● >



Este es el entorno con un ambiente oscuro y la letra en tamaño grande.

# IV. 4

## Implementación

En esta sección se van a explicar los distintos elementos (herramientas o aplicaciones) que se han implementado, siguiendo las buenas prácticas y directrices de los marcos de trabajo que se utilizaron en la elaboración del producto.

Como parte de la metodología utilizada para el desarrollo se entiende de aquí en adelante como aceptación común a todas las actividades a desarrollar:

- Los aplicativos compilan correctamente.
- Los aplicativos despliegan correctamente en la plataforma destino.
- Los aplicativos se ejecutan correctamente en la plataforma destino.
- El código está estandarizado.
- El código es controlado mediante versionamiento.

Se utilizan los principios básicos de GitFlow para separar la rama principal del repositorio y solo unir cambios a esta luego de pruebas de aceptación y demo realizadas.

Así como los tiempos son expresados en horas y corresponden al tiempo real invertido en investigación y desarrollo de cada prototipo y solución final.

#### IV. 4.1. SPRINT 1 - Ejemplo Sceneform

---

##### Descripción Backlog -ciclo de dos semanas-

Actividad	Nombre	Tiempo
A15	Integración e investigación SDK ARCore	12
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se entiende cómo utilizar e integrar el SDK en el ambiente de desarrollo, dependencias y dispositivos compatibles	

Actividad	Nombre	Tiempo
A16	Integración e investigación API Sceneform	12
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se entiende cómo utilizar e integrar el API en el ambiente de desarrollo, así como el manejo de objetos digitales con el plugin para Android Studio	La aplicación muestra animación de reconocimiento y reconoce planos

Actividad	Nombre	Tiempo
A17	Manejo de objetos digitales Android studio	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Es posible importar y editar propiedades de objetos digitales mediante el plugin de Sceneform para Android Studio	El plugin está instalado, funciona correctamente e importa objetos digitales al ambiente de desarrollo

Actividad	Nombre	Tiempo
A19	Localización de objetos digitales en espacio aumentado	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	El usuario puede ubicar un objeto digital en el ambiente aumentado sobre los planos reconocidos	El usuario puede interactuar con un objeto localizado en el ambiente aumentado

Actividad	Nombre	Tiempo
A32	Esquema carga de renders espacio aumentado	16
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se compone una carcasa de código que habilita el entendimiento del ciclo de vida e interacciones que el usuario tiene disponible mediante el uso de ARCore y Sceneform	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El código está estructurado</li> <li>- El código se publicó en el repositorio</li> <li>- No hay dependencias de compilación en el código, los objetos se pueden especificar dinámicamente</li> </ul>

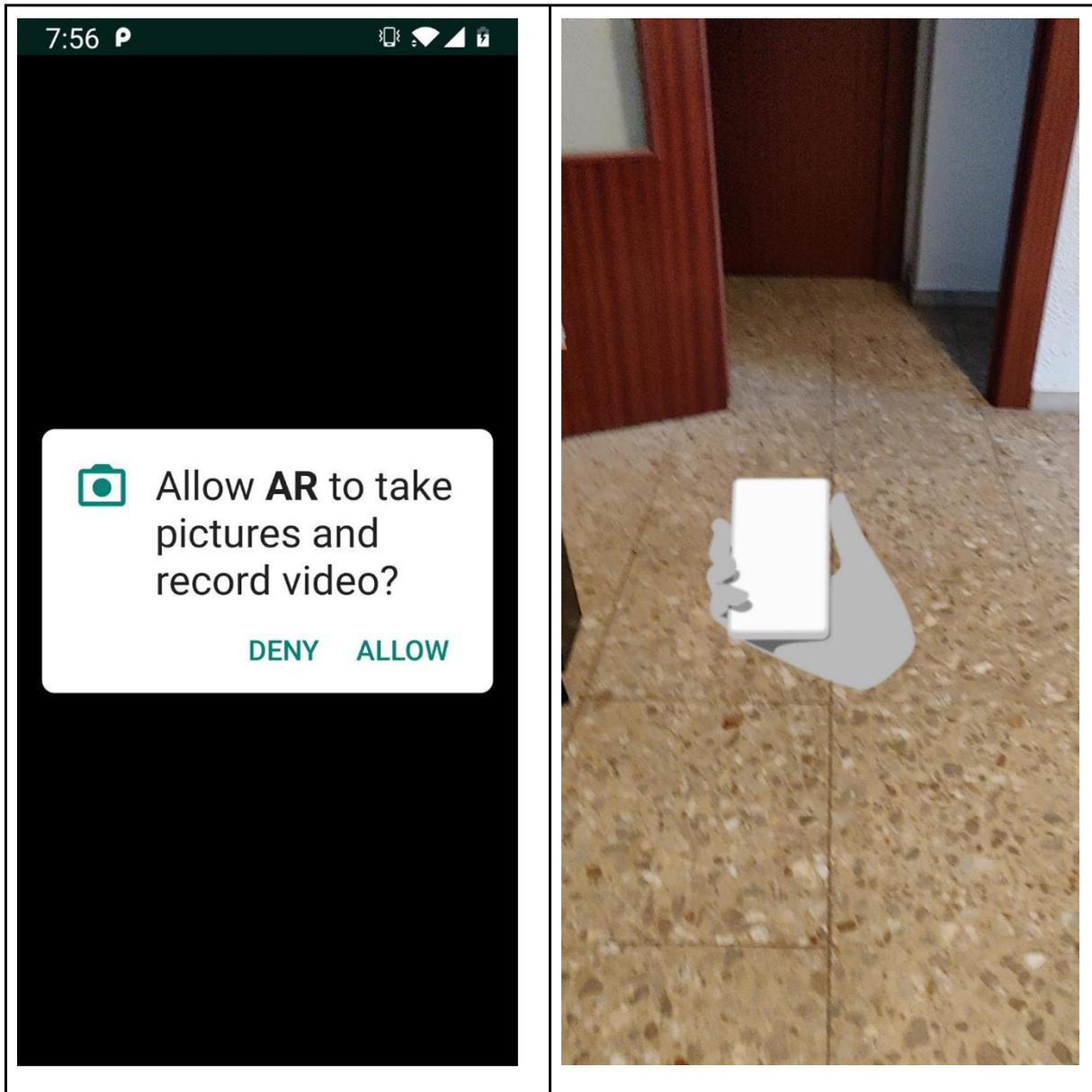
## Revisión SPRINT 1

En esta iteración se ha realizado investigación y desarrollo de el kit de desarrollo ARCore y Sceneform para dar forma a un primer aplicativo que cumple con:

- Presentar objetos en una escena de realidad aumentada

- Cargar una escena de realidad aumentada
- Localizar planos para ubicar objetos
- Recibir instrucciones del usuario, tocar, pinchar, desplazar.

## DEMO (Retrospectiva) SPRINT 1





Se ha explorado cómo se puede realizar la carga local de elementos digitales y cómo integrar las funcionalidades provistas por el kit de desarrollo.

#### **IV. 4.2. SPRINT 2 - Ejemplo reproducción de video**

---

**Descripción Backlog -ciclo de dos semanas-**

Actividad	Nombre	Tiempo
A18	Reproducción de video en espacio aumentado	40
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se ha creado una escena de realidad mixta capaz de localizar objetos digitales y texturas para reproducir videos en el mismo entorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario puede localizar objetos digitales y videos usando la aplicación</li> <li>- Los videos se reproducen correctamente</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A25	Reproducción de video internet en espacio aumentado	10
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Además de reproducir vídeos locales en el dispositivo el aplicativo puede usar una transmisión de video en línea para proyectar contenido multimedia en el espacio aumentado	Efectivamente el video a reproducir es consumido de internet

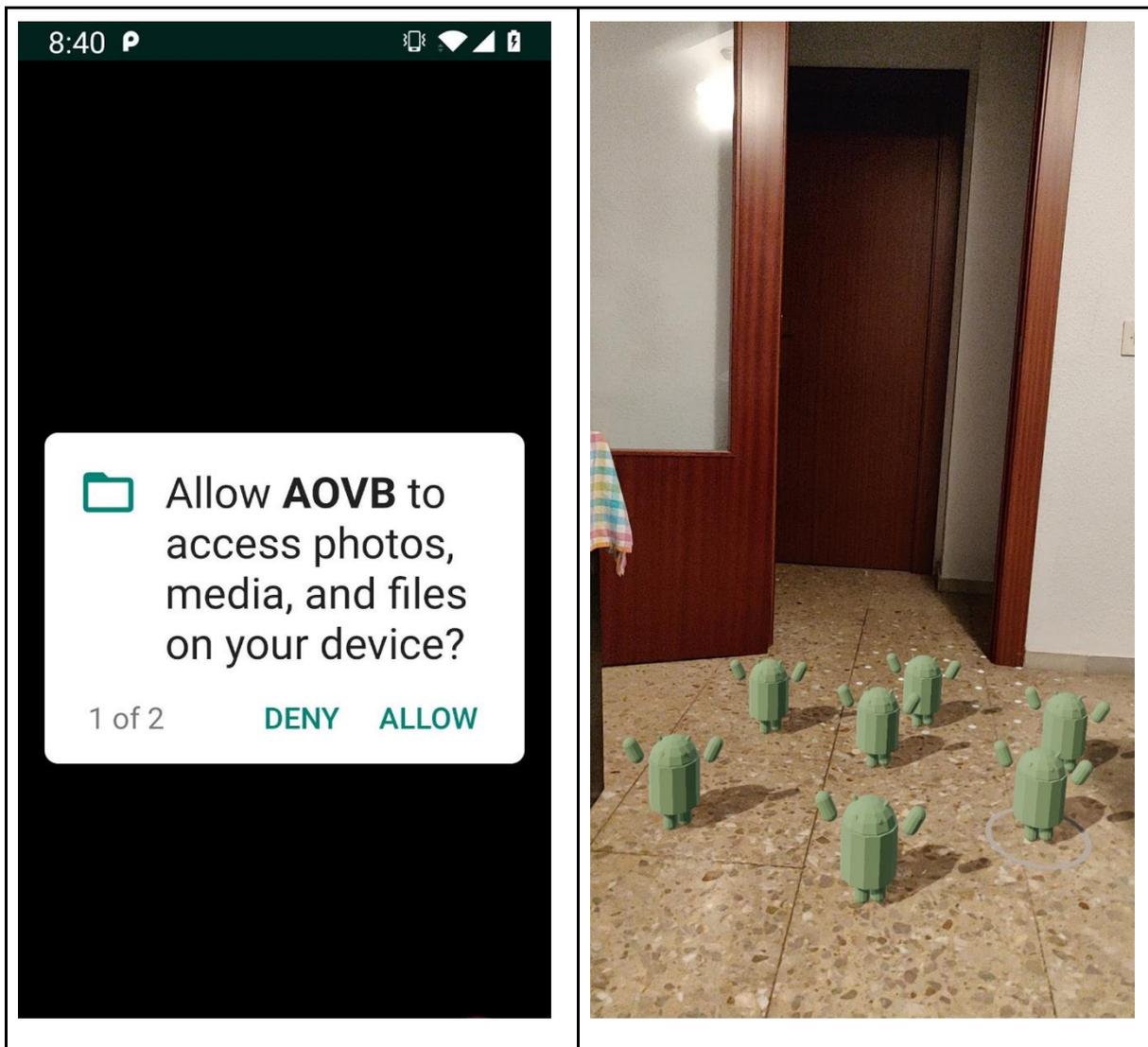
## Revisión SPRINT 2

En esta iteración se ha realizado trabajo de referente a la composición y naturaleza del kit de desarrollo ARCore, pues se ha comprendido algunas de las bases de la tecnología OpenGL, el motor de manejo y generación de gráficos por computador, y el uso que Sceneform abstrae para facilitar a los desarrolladores sumergirse en la elaboración de aplicaciones relacionadas con el uso de realidad aumentada.

Los videos son instanciados mediante un reproductor (puede ser un generador de fotogramas) cuya superficie de reproducción es asignada a un objeto digital con materiales translúcidos, de esta forma, una textura

externa es asignada como textura del objeto digital en la cual se reproduce la secuencia de fotogramas.

## DEMO (Retrospectiva) SPRINT 2





Se ha comprendido y mejorado el modelo de carga de elementos digitales, interiorizando cada vez más el proceso y estructurando el proyecto como un repositorio el cual se pudiese acoplar como cargador de cualquier objeto o video en un espacio de realidad aumentada.

## IV. 4.3. SPRINT 3 - Ejemplo reconocimiento de gestos

---

### Descripción Backlog -ciclo de dos semanas-

Actividad	Nombre	Tiempo
A26	Reconocimiento de manos y gestos utilizando librería OpenCV	56
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Explorar e interactuar con objetos en el espacio aumentado mediante gestos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se puede integrar y acoplar ambas librerías externas, Sceneform y OpenCV</li><li>- Se reconocen manos</li><li>- Se reconocen gestos usando OpenCV</li><li>- Se manipulan objetos usando gestos</li></ul>

### Revisión SPRINT 3

Se ha logrado compilar una solución que integra todas las librerías necesarias para realizar un reconocimiento básico mediante el uso de la tecnología OpenCV.

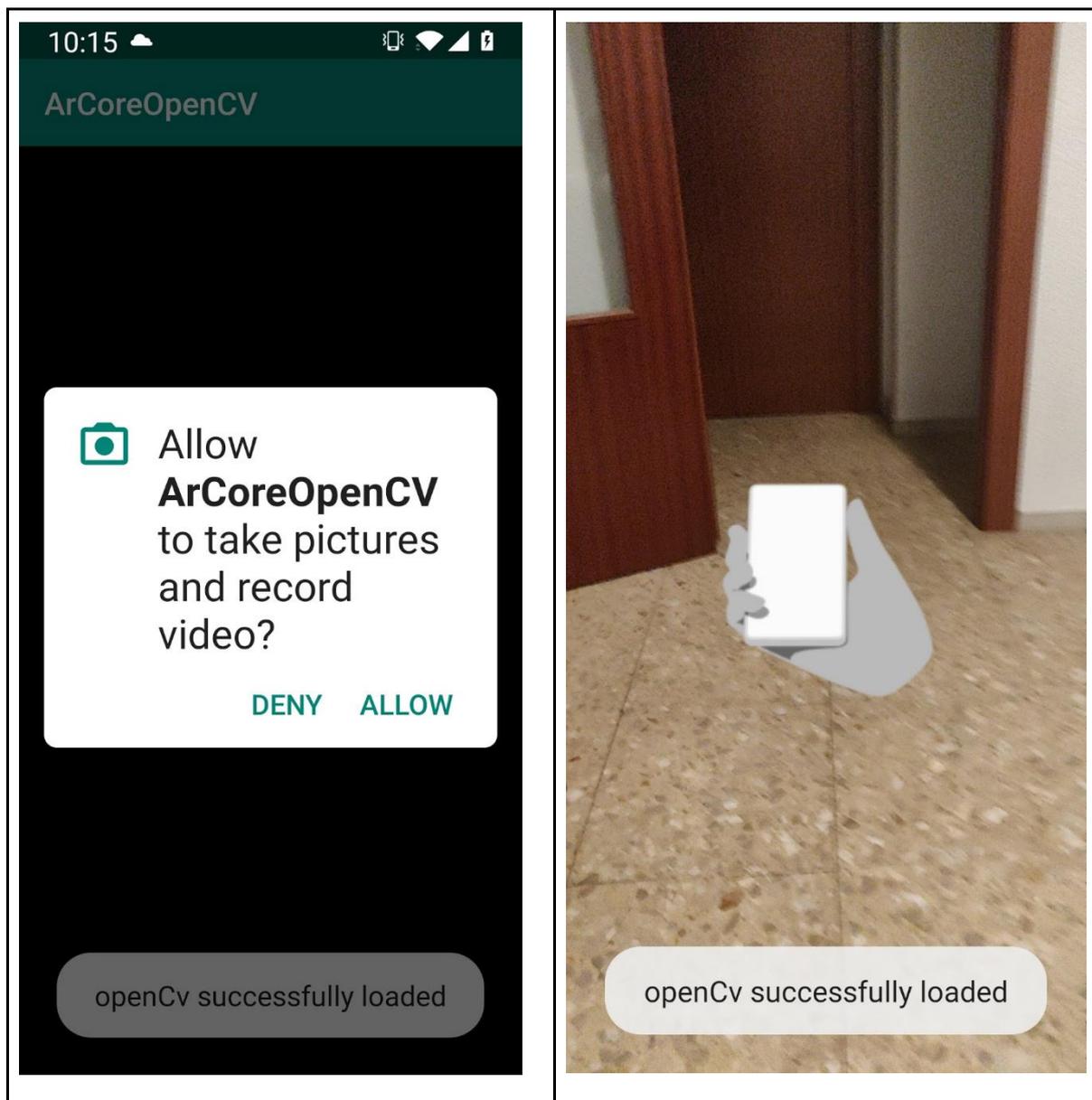
OpenCV (Open source computer vision, por sus siglas en inglés) es una librería desarrollada en lenguaje C/C++, inicialmente el proyecto se desarrolló en Intel Corp. y con el tiempo viene siendo soportado conjuntamente por interesados privados como la comunidad de software libre. Esta librería permite explorar el campo de la visión por computador, por medio de la cual se pretende que la máquina pueda interpretar la información de entrada de una fuente de video, en tiempo real. Esta tecnología ha sido entrenada usando métodos de aprendizaje de máquina,

por lo cual, incluye algoritmos de ciencias de datos y minería, que permiten entrenar un conjunto de información que habilita la predicción de eventos esperados a reconocer. No se puede generalizar que en sí la librería use inteligencia artificial pues requiere de implementar e integrar soluciones que iterativamente mejore y reentrene el conjunto de datos.

AREVI aplicación y en general la realidad aumentada es un paradigma computacional que merece la pena integrar con visión por computador ya que puede aportar al análisis de los entornos aumentados, el comportamiento de las personas y la mejora continua para garantizar que el espacio es coherente con los objetos digitales localizados en el no solo en términos de posición, escala o iluminación.

La iniciativa acá planteada para el uso de tecnologías de visión por computador en espacios aumentados pretende promover que la interacción hombre máquina (HCI) en estos espacios evoluciones y mejore.

### **DEMO (Retrospectiva) SPRINT 3**



La integración de la librería OpenCV ha requerido bastante tiempo de investigación, se ha logrado desplegar dicha integración junto a el ambiente de realidad mixta, sin embargo, luego del proceso de investigación se ha podido apreciar cómo existen aún limitaciones en la tecnología de realidad aumentada.

Hay limitaciones aún en el motor ARCore como son la oclusión y pérdida de contexto. La **occlusión** se refiere a lo que sucede cuando una imagen u objeto es bloqueado por otro, en ARCore los objetos generados por computador

son renderizados justo frente a la proyección de la cámara por lo cual puede darse este fenómeno al ubicar las manos frente a la misma.

#### IV. 4.4. SPRINT 4 - Ejemplo interacción con puntero

---

##### Descripción Backlog -ciclo de dos semanas-

Actividad	Nombre	Tiempo
A20	Diseño aplicación modo simulación	5
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	Diseño inicial de aplicación AREVI en el cual no se requiere de casco para su utilización	- El usuario puede usar botones en vez de toda la pantalla para localizar objetos en el entorno

Actividad	Nombre	Tiempo
A33	Interacción mediante puntero	24
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	En el centro de la pantalla el usuario visualiza un puntero útil para señalar los objetos que serán afectados por el accionar del botón	- El usuario ve el puntero en el centro de la pantalla y lo usa para localizar objetos en el espacio

Actividad	Nombre	Tiempo
A35	Acciones espacio aumentado sin tacto pantalla (escalamiento y borrado de objetos)	16
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	El usuario puede utilizar el puntero para borrar objetos del espacio aumentado	- el objeto digital de desvanecen de la pantalla al pasar el puntero sobre el mismo

Actividad	Nombre	Tiempo
-----------	--------	--------

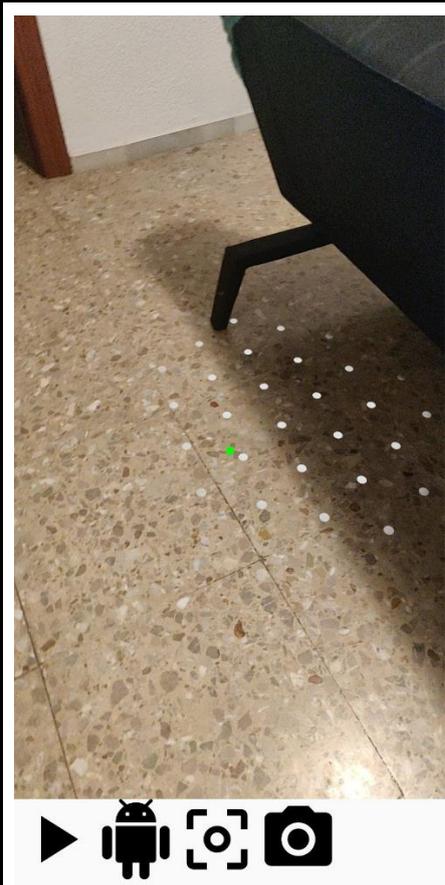
A40	Manejador de eventos Sceneform	12
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Se entiende y aplica el ciclo de vida de el fragmento <b>ARFragement</b> , es aquella interfaz que el API provee para interactuar con los métodos disponibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El puntero reacciona a los eventos</li> <li>- El puntero captura cuando hay una superficie disponible o no</li> </ul>

### Revisión SPRINT 4

Se ha cumplido con las expectativas de la iteración se comprende y entiende a mayor medida el ciclo de vida de la librería, importante para las siguientes iteraciones, se ha experimentado con la detección de planos y el cambio de estado de el fragmento para detectar si un plano se puede usar para localizar elementos.

Se han implementado a manera de patrón observador funciones que manejan el cambio de estado del espacio aumentado, así como, se ha logrado realizar la primera maqueta de interfaz en modo simulación para la pantalla número cinco del diseño planteado.

### DEMO (Retrospectiva) SPRINT 4



## IV. 4.5. SPRINT 5 - AREVI WebRTC

---

### Descripción Backlog -ciclo de dos semanas-

Actividad	Nombre	Tiempo
A50	Control localización random objetos en escena aumentada	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	Un objeto debe aparecer en una posición diferente cada vez	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El objeto se posiciona cada vez en una coordenada diferente</li> <li>- Se utiliza el ciclo de vida de la escena aumentada para ubicar el elemento</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A24	Conexión servicio WebRTC desde Android	28
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alto	Crear intermediario para controlar la integración de funcionalidades WebRTC en la aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La lógica del intermediario debe ser modular</li> <li>- El nuevo componente se adapta a los requerimientos de la escena aumentada</li> <li>- El componente controla todo el ciclo de ejecución de la comunicación</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A43	Manejo de eventos WebRTC y Sceneform	8
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Se debe controlar la instanciación del módulo WebRTC para evitar excepciones no controladas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El módulo solo es iniciado cuando carga correctamente el espacio aumentado</li> <li>- El usuario autoriza la captura de pantalla y se empieza a transmitir</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A44	Manejo eventos control soporte remoto	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	El usuario puede usar los controles para iniciar el soporte remoto y visualizar o no la asistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario inicia la comunicación oprimiendo el botón de transmitir</li> <li>- El usuario muestra la asistencia manteniendo oprimido el botón de transmitir</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A42	Iniciar captura de pantalla Android	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	El sistema debe consultar al usuario para poder capturar la pantalla y utilizar la información multimedia para ser transmitida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se lanza diálogo solicitando los permisos</li> <li>- Se debe tener en cuenta la respuesta del usuario</li> <li>- El módulo WebRTC sólo puede transmitir con autorización positiva</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A41	Reproducir transmisión multimedia WebRTC en espacio aumentado	8
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Al iniciar el canal de comunicación el usuario tiene la capacidad de visualizar la transmisión en el espacio aumentado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe proyectar la información multimedia a una textura externa</li> <li>- El espacio aumentado muestra la textura</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A22	Singleton señalización WebRTC	12
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Servicio que utilizarán los involucrados para intercambiar	- Las semillas intercambian información

	información inicial de la comunicación	- Las semillas establecen luego una conexión p2p
--	--	--

Actividad	Nombre	Tiempo
A29	Gestión de conexiones LAN	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	El dispositivo del administrador y el dispositivo Android están en capacidad de establecer un túnel de comunicación p2p (semilla a semilla)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El canal se establece</li> <li>- Los involucrados intercambian información de señalización</li> <li>- Los involucrados inician la transmisión</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A30	Gestión de conexiones WAN/NAT	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	Para publicar los servicios, los dispositivos deben estar en capacidad de conocer sus direcciones físicas a través de diferentes redes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamiento de servidores TURN abiertos para hacer la tarea</li> <li>- La configuración permite establecer la comunicación en redes diferentes</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A28	Página estática de reproducción de contenido multimedia WebRTC	3
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	Publicar de forma estática una página capaz de conectarse a una transmisión WebRTC y mostrar la información deseada	- El administrador puede ver las sesiones remotas y compartir su pantalla

Actividad	Nombre	Tiempo
A23	Control eventos sockets WebRTC	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Las semillas pueden intercambiar mensajes utilizando WebSocket	- El intercambio de información es efectivo

Actividad	Nombre	Tiempo
A58	Publicación servidor Microsoft Azure	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	El servicio se publica en la nube de Microsoft Azure utilizando una aplicación web de servicios compartidos	- La aplicación es creada y se hace despliegue en la misma del singleton WebRTC

Actividad	Nombre	Tiempo
A57	Montura servidor de integración continua AREVI aplicación	8
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	Es necesario publicar lanzamientos de la aplicación móvil con el fin de facilitar su distribución y comunicación a posibles BETA testers	- La aplicación es compilada - La aplicación es firmada digitalmente - La aplicación es publicada - La aplicación se puede descargar e instalar

Actividad	Nombre	Tiempo
A56	Montura servidor de integración continua AREVI servidor	12
Prioridad	Descripción	Aceptación
Bajo	El servicio de señalización debe ser desplegado de forma automática al servicio web publicado	- El servicio es compilado y comprimido - El servicio es accesible desde el explorador web

## Revisión SPRINT 5

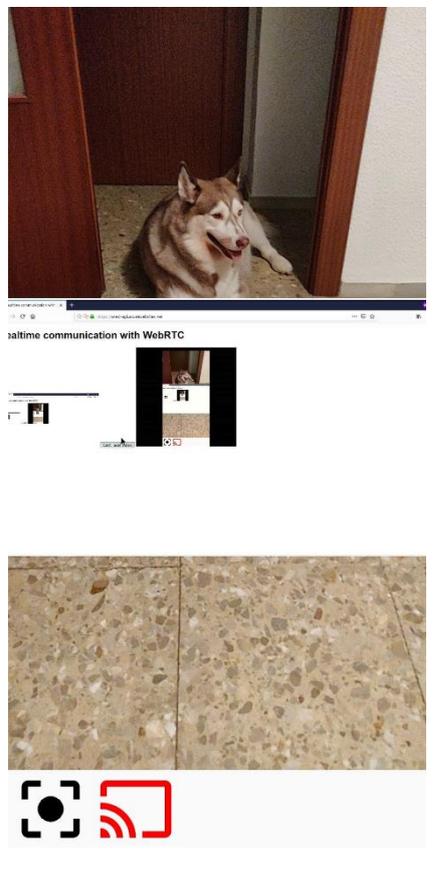
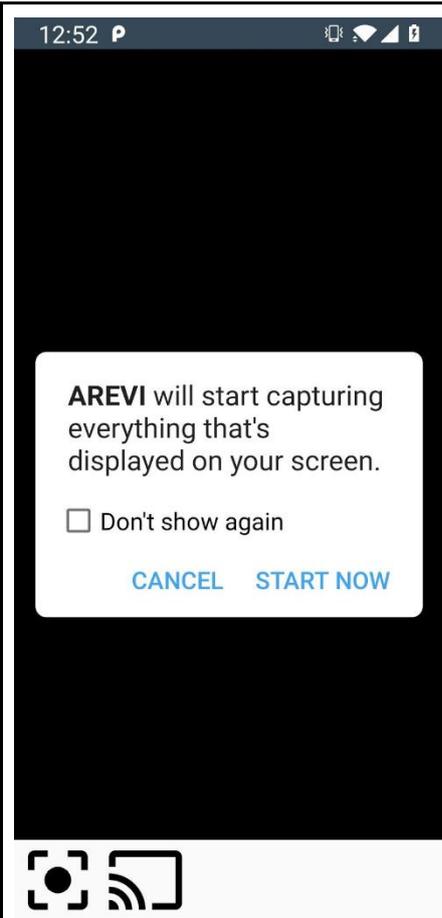
Esta iteración ha supuesto un reto en términos de implementación del módulo WebRTC para dispositivos Android, hay diferentes formas de utilizar compilaciones de las librerías, sin embargo, se ha decidido utilizar una versión para desarrollo únicamente, distribuida por los servidores de paquetes de Google. La implementación del módulo se realizó utilizando la

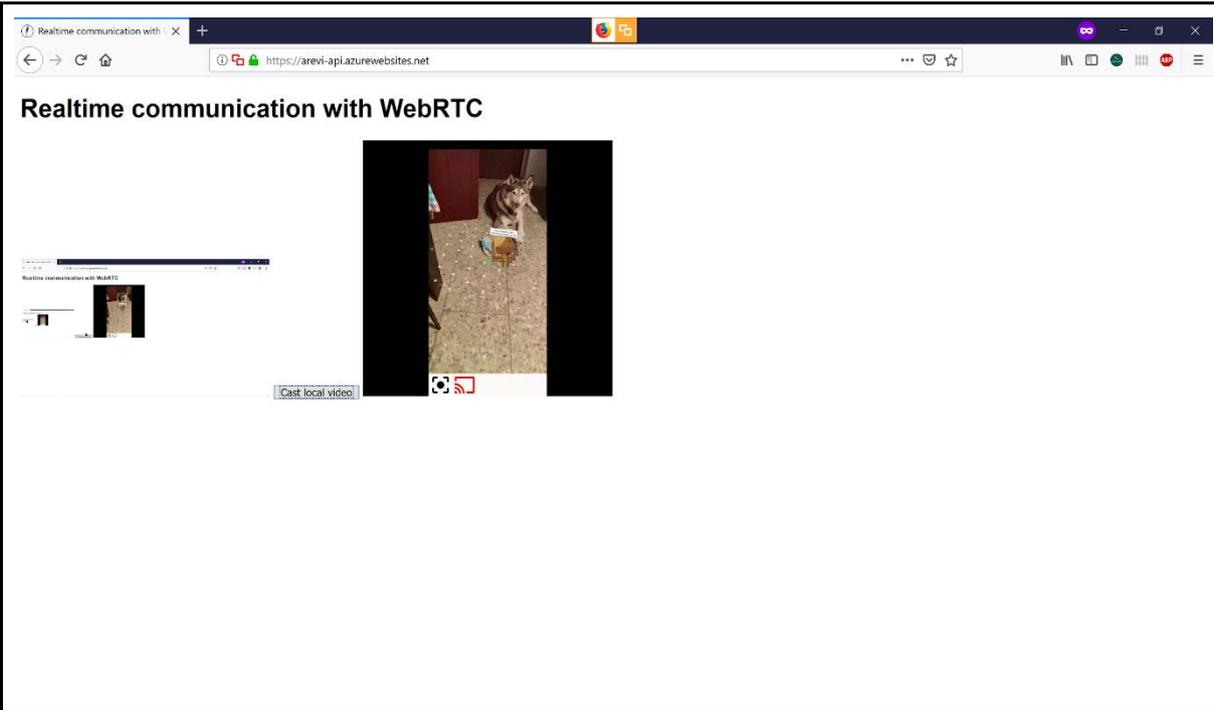
librería SocketIO que provee la funcionalidad necesaria para el manejo de túneles web, se ha escrito un cliente a modo de interfaz que consume los eventos lanzados por la librería WebRTC en modo observador y finalmente se manejan e instancian en memoria las clases que controlarán la transmisión de fotogramas.

Por su parte el servidor singleton expone túneles usando la librería SocketIO, controla el intercambio de eventos y sirve de manera estática el script que habilita el explorador del administrador para conectarse a la sesión. Resaltar que WebRTC ya es compatible y embebido en todas las distribuciones actuales de exploradores web.

Se ha estudiado y desplegado los servicios como se ha planteado mediante el uso de los servidores de integración continua de Microsoft Azure DevOps, mediante el uso de líneas de ejecución, se ha logrado publicar el servidor que ejecuta una instancia NodeJs para servir la librería Express encargada del enrutamiento y captura de llamados, así como, otra línea de producción se encarga de desplegar y lanzar la versión firmada de la aplicación AREVI al espacio de lanzamiento en GitHub, repositorio de la solución.

## **DEMO (Retrospectiva) SPRINT 5**





Home > App Services > arevi-api

**arevi-api**  
App Service

Search (Ctrl+/)

[Browse](#)
[Stop](#)
[Swap](#)
[Restart](#)
[Delete](#)
[Get publish profile](#)
[Reset publish profile](#)

Resource group (change) : arevi  
 Status : Running  
 Location : East US  
 Subscription (change) : Pay-As-You-Go  
 Subscription ID : 35b26444-19a0-4ff8-986d-73ee80cd483f  
 Tags (change) : [Click here to add tags](#)

URL : https://arevi-api.azurewebsites.net  
 App Service Plan : juancramos (F1: Free)

**Diagnose and solve problems**  
Our self-service diagnostic and troubleshooting experience helps you identify and resolve issues with your web app.

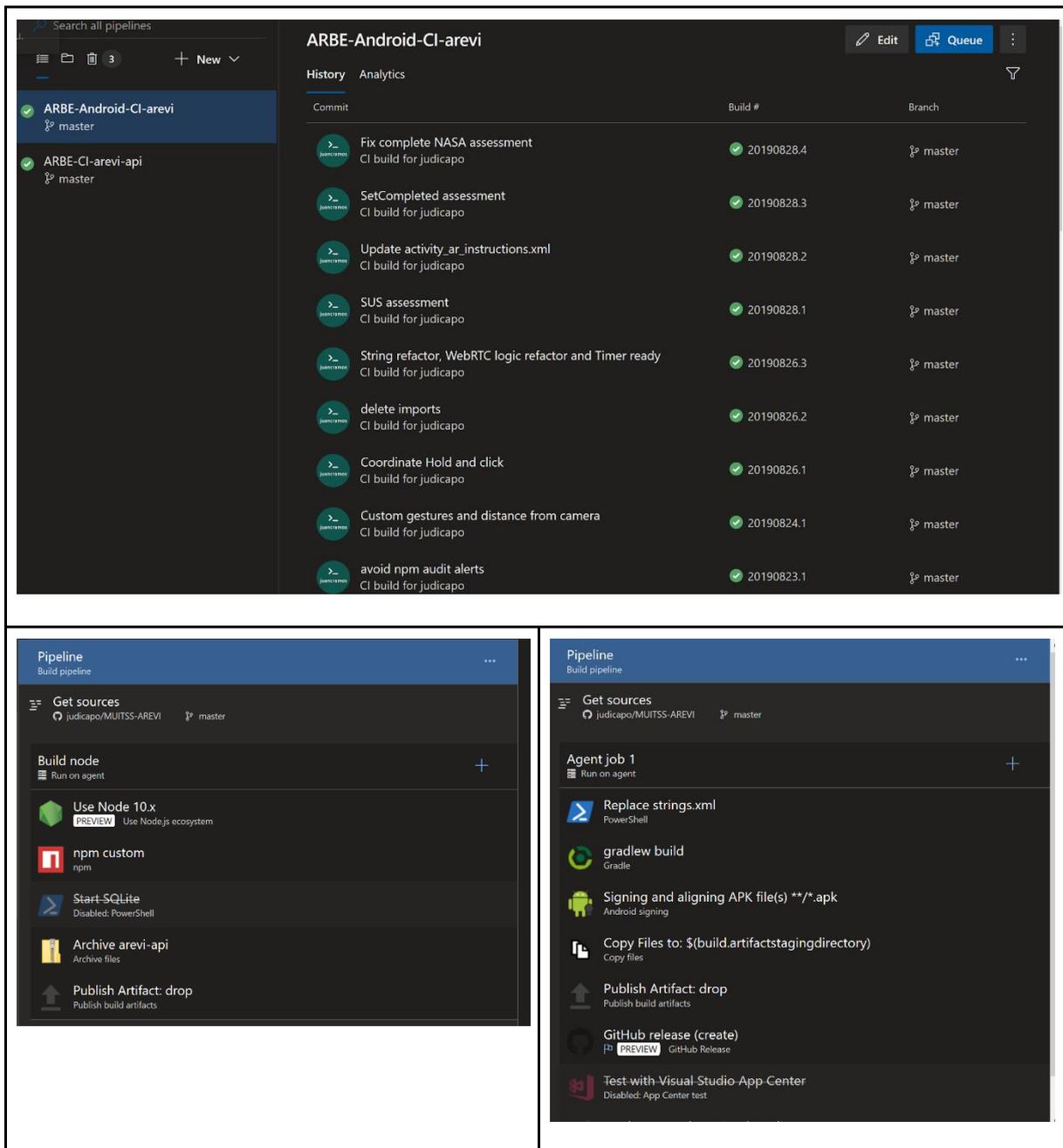
**Application Insights**  
Application Insights helps you detect and diagnose quality issues in your apps, and helps you understand what your users actually do with it.

**App Service Advisor**  
App Service Advisor provides insights for improving app experience on the App Service platform. Recommendations are sorted by freshness, priority and impact to your app.

**Http 5xx**

**Data In**

**Data Out**



Las dificultades técnicas limitan el desarrollo del espacio aumentado con interacción directa hacia un dispositivo, Sceneform utiliza una actividad de tipo VideoRenderable para realizar el proceso de graficado de la transmisión proveniente de la cámara del dispositivo y sobre estos fotogramas realizar el proceso de renderizar de los objetos tridimensionales, es esta vista, por lo tanto, al extender o tratar de renderizar una vista nueva que extiende de estas mismas propiedades

ARCore no es capaz de mostrar la información de forma correcta en el espacio aumentado, como se aprecia en las figuras.

Entonces, es posible realizar asistencia remota, supervisar el laboratorio, pero al momento de realizar esta iteración y completar este trabajo de fin de máster no se ha logrado acoplar correctamente los fotogramas provenientes de la transmisión WebRTC sobre una superficie externa compatible con ARCore, tal y cómo se realizó en el prototipo de reproducción de video desde internet.

Como es conocido, Microsoft Azure es una excelente solución para publicar servicios web utilizando el marco de desarrollo .NET, sin embargo, se ha tenido que aplicar conocimiento previo y creatividad en la construcción de las líneas de producción en Azure DevOps para lograr usar el servidor Kudu como plataforma que inicie una instancia NodeJs para la ejecución del servidor escrito en JavaScript.

#### **IV. 4.6. SPRINT 6 - AREVI laboratorio de análisis de interacción hombre máquina en espacios de realidad aumentada**

---

##### **Descripción Backlog -ciclo de dos semanas-**

Actividad	Nombre	Tiempo
A1	Diseño de modelo entidades	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Comprender y analizar las necesidades del laboratorio para registrar la información de investigación	- Se presenta modelo de dominio y entidades desglosado

Actividad	Nombre	Tiempo
A2	Autenticación de usuarios servidor	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Definir estrategia de autenticación para los servicios REST	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay distinción entre usuarios anónimos y registrados</li> <li>- Se ha definido una estrategia de identificación</li> <li>- La estrategia funciona</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A3	Validación de roles de usuario	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Aquellos usuarios autenticados se pueden distinguir utilizando un rol para su administración	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De no contar con ello, la entidad usuario debe tener una columna que describa este requisito</li> <li>- Los usuarios solo pueden consultar información propia</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A4	Formulario de registro usuario	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se han de definir los datos necesarios y descriptivos que la investigación requiere para realizar los estudios posteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se ha realizado análisis que sustenta la decisión</li> <li>- Se describe y maqueta el formulario</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A5	Actividad autenticación usuario	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Interfaz gráfica que permite realizar el proceso de autenticación de un usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se controlan excepciones</li> <li>- EL usuario puede iniciar sesión correctamente</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A6	Guardia autenticación aplicación	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alto	Describe el estado de las credenciales del usuario durante el ciclo de vida de la aplicación	- El estado del usuario puede ser consultado durante toda la ejecución

Actividad	Nombre	Tiempo
A7	Edición de datos usuario	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Un usuario es capaz de modificar datos previamente registrados en la aplicación	- Los datos se actualizan - No se genera una nueva entrada en la tabla

Actividad	Nombre	Tiempo
A8	Actividad gestión de perfiles	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se refiere a la interfaz gráfica que configura el perfil visual que el usuario va a poder utilizar como estrategia de visualización de contenido en la aplicación	- La actividad administra los temas de la aplicación - Los temas son intercambiados en tiempo de ejecución

Actividad	Nombre	Tiempo
A9	Diseño interfaz gráfica para perfil	8
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Tener en cuenta la investigación sobre teoría del color, lineamientos de Material Design y proporciones esperadas.	- Los colores seleccionados son acordes a los lineamientos planteados - La teoría del color se ajusta a los contrastes seleccionados

Actividad	Nombre	Tiempo
A10	Creación temas de estilos aplicación	28
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Implementar estilos que la aplicación utiliza para renderizar los elementos en tiempo de ejecución, de esta forma no es necesario codificar y tratar por código las modificaciones a la interfaz gráfica del usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se entiende la teoría sobre el uso de temas y estilos</li> <li>- Los temas son ajustados y funcionan en los dispositivos</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A11	Diseño texto, contraste y fondo aplicación	12
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se deben definir los textos y traducciones para la aplicación, así como realizar pruebas de los temas definidos y el tipo de letra sugerido por Material Design	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los textos cambian de tamaño</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A12	Guardia estado de perfil de interfaz	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alto	Mantiene en el estado la configuración seleccionada para visualizar la aplicación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El perfil puede ser consultado en cualquier momento de ejecución</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A13	Servicio de perfiles	1.5
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Es necesario poder filtrar aquellos perfiles que ya no usa el usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La aplicación siempre recibe un perfil habilitado</li> <li>- Si se intenta guardar un nuevo perfil, todos los demás serán deshabilitados</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A14	Diseño interacción para ajuste automático de selectores, botones, campos de texto y elementos de interfaz gráfica (ajustes)	28
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Los estilos, requieren además especificaciones que manejen en los temas elementos de interfaz que en el tema base no han sido tenidos en cuenta	- Todos los elementos de la interfaz se comportan coherentemente y cambian conforme a lo especificado

Actividad	Nombre	Tiempo
A21	Adaptar aplicación modo casco	8
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Si el usuario configura la aplicación para ser usada con Cardboard, debe adaptar la distribución de los elementos de interfaz en espacio aumentado y usar el actuador integrado en el Cardboard	- La interfaz se ajusta a los cambios - El actuador ejecuta las acciones del botón apuntador

Actividad	Nombre	Tiempo
A59	Levantamiento API REST AREVI servidor	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Configurar el servidor que recibirá las peticiones web	- El servicio se ejecuta y da de alta

Actividad	Nombre	Tiempo
A60	Cliente conexión REST API AREVI	10
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se diseña y utiliza un cliente REST para interactuar con el servidor	- La aplicación puede usar el cliente - La aplicación es capaz de procesar respuesta del servidor

Actividad	Nombre	Tiempo
A31	Cliente conexión REST API Poly	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Existe un intermediario que puede consultar el API de Poly	- La aplicación puede interpretar las respuestas del API

Actividad	Nombre	Tiempo
A34	Manejo de eventos casco	8
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	El actuador del Cardboard es detectado por el dispositivo	- Cuando se activa el actuador se ejecutan acciones en el espacio aumentado

Actividad	Nombre	Tiempo
A36	Calculo distancia a la cámara	3
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Cuando se desvanece un elemento digital es calculada la distancia que tiene este respecto de la cámara del teléfono	- La distancia es calculada y reportada para ser persistida

Actividad	Nombre	Tiempo
A37	Medición de tiempo automática	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	Al realizar una tarea, el sistema mide el tiempo que tarda el usuario en realizarla por completo	- La medición es capturada y reportada al servidor

Actividad	Nombre	Tiempo
A38	Guardia estado de la ronda	2
Prioridad	Descripción	Aceptación

Alta	Toda la información de la ejecución de la tarea es almacenada en el estado	- El estado puede ser consultado durante toda la ejecución
------	--	--

Actividad	Nombre	Tiempo
A39	Carga de tarea en espacio aumentado	1
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Previo a iniciar la escena aumentada la aplicación debe consultar la tarea a ejecutar, cargarla y ponerla en el estado para ser utilizada	- La tarea es cargada en el estado - De no poder cargar la tarea la aplicación controla ejecución

Actividad	Nombre	Tiempo
A45	Actividad presentación instrucciones uso espacio aumentado	1
Prioridad	Descripción	Aceptación
Baja	Mostrar instrucciones para utilizar el espacio aumentado	- Se muestra la información de todos los elementos

Actividad	Nombre	Tiempo
A46	Gestión de carga de elementos tridimensionales desde Poly. Controla tiempo mientras carga	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Media	La aplicación controla y coordina la descarga de la tarea y la descarga de los elementos desde el API de Poly	- La tarea es cargada - Los objetos se descargan desde Poly - Se gestiona el estado de la aplicación para controlar el tiempo mientras se realiza la descarga de un nuevo elemento

Actividad	Nombre	Tiempo
A47	Gestión de carga consultas AREVI servidor y descarga objetos 3D	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Similar al anterior, sin bloquear interfaz de debe coordinar la	- La descarga se realiza adecuadamente

	descarga de los artefactos necesarios para construir el espacio aumentado a partir de las tareas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los objetos se muestran en la interfaz</li> <li>- Se controla la barra de progreso mientras se realiza la descarga</li> </ul>
--	--	--

Actividad	Nombre	Tiempo
A48	Control de orientación objetos 3D	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Baja	Es bueno que los elementos en general estén alineados a la superficie y mirando en dirección al usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los objetos se presentan con buena alineación y mirando a la cámara del dispositivo</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A49	Control seguimiento cámara vistas descripción	3.5
Prioridad	Descripción	Aceptación
Baja	Las descripciones presentadas de los elementos, obligatorio por temas de licencia de uso, se presentan correctamente y siempre miran en dirección al usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las descripciones se muestran correctamente</li> <li>- Siempre que el usuario mueve la cámara la descripción sigue el foco de esta</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A51	Actividad formulario evaluación NASA	6
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Implementar el formulario para la evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El formulario es implementado y mostrado correctamente</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A52	Actividad formulario evaluación SUS	3
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se diseña e implementa el formulario de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El formulario se muestra correctamente y representa la evaluación</li> </ul>

Actividad	Nombre	Tiempo
A53	Validación formularios en AREVI aplicación	14
Prioridad	Descripción	Aceptación
Medio	Todos los formularios de la aplicación son validados y muestran errores	- Los formularios se validan y muestran errores de ser necesario

Actividad	Nombre	Tiempo
A54	Gestión estados evaluaciones	4
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	En el estado es almacenada la información del diligenciamiento de las evaluaciones	- Se puede consultar este estado siempre que se ha terminado una ronda y no se ha iniciado una nueva

Actividad	Nombre	Tiempo
A54	Servicios REST - Usuario - Perfil - Información usuario - Tarea - Ronda - Evaluación - Versión	2
Prioridad	Descripción	Aceptación
Alta	Se refiere a la especificación de los servicios REST que atenderán las peticiones web de las aplicaciones	- Los servicios ejecutan todas las operaciones CRUD.

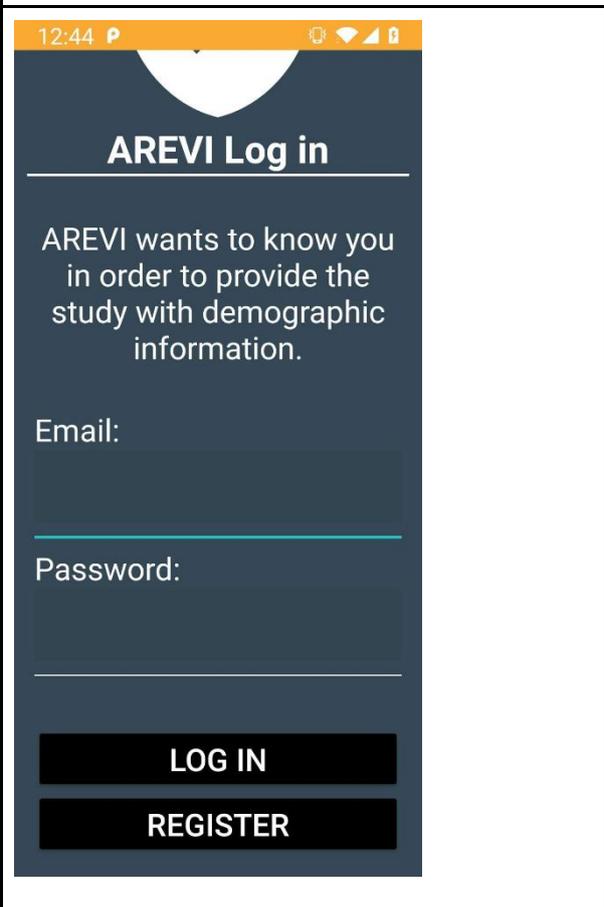
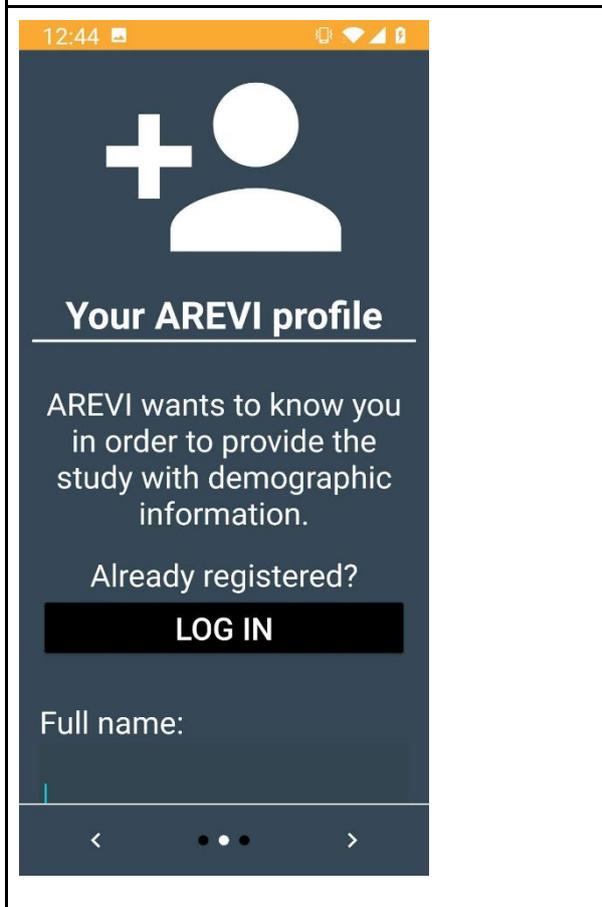
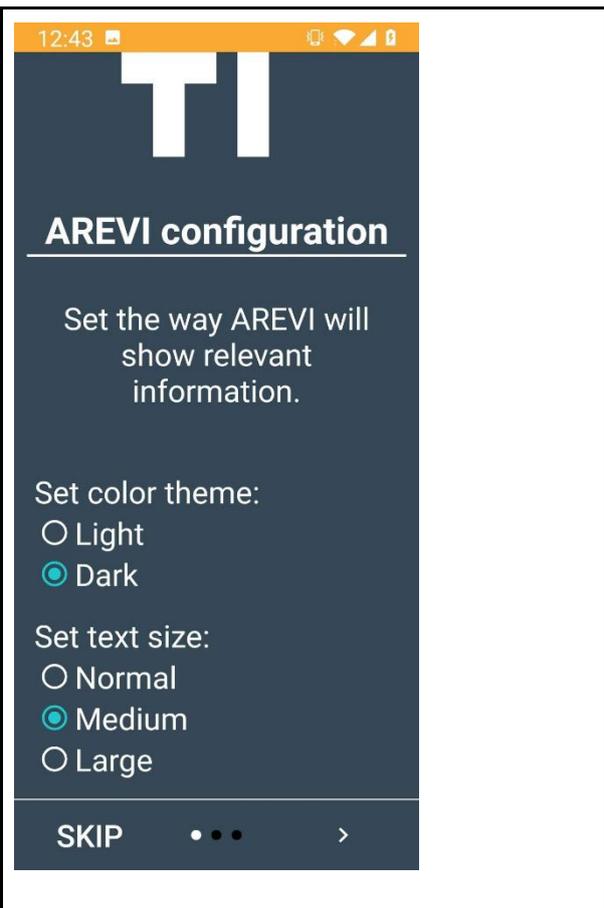
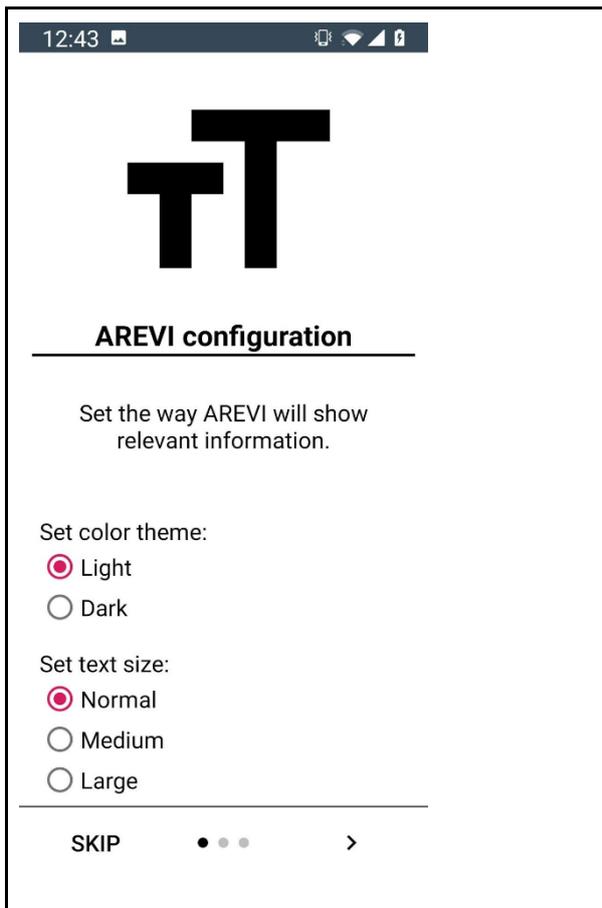
## Revisión SPRINT 6

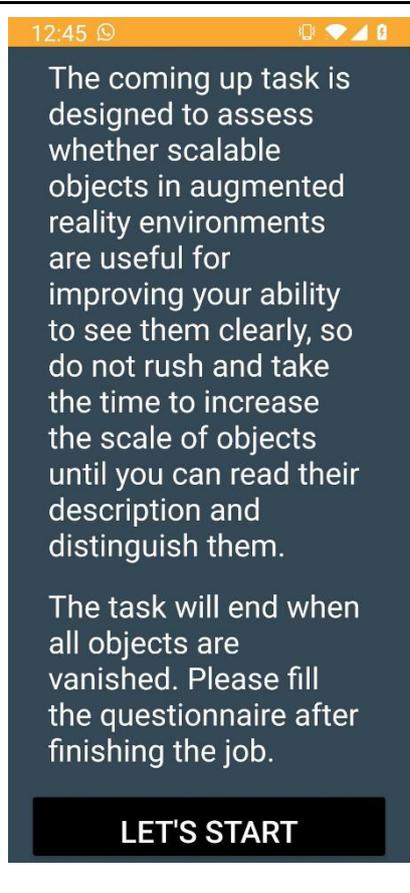
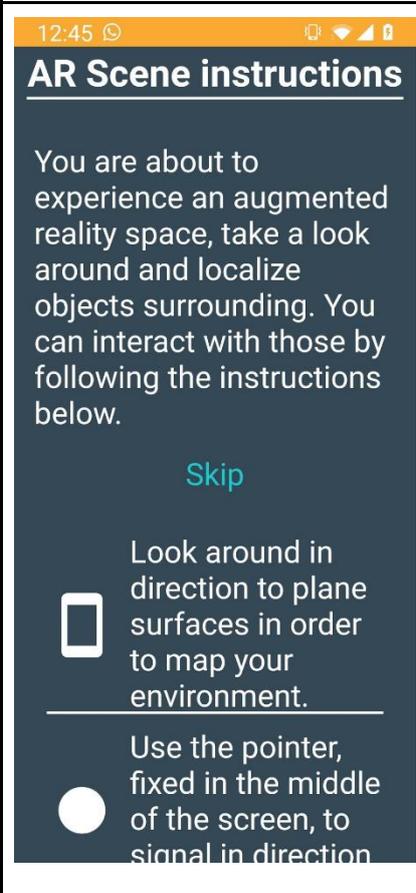
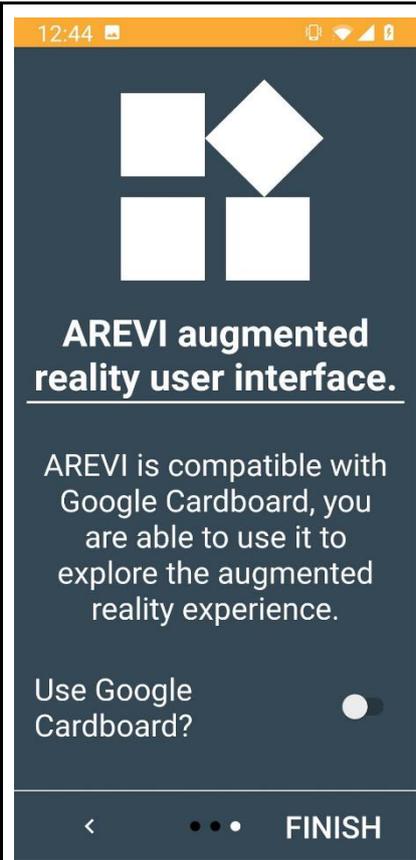
En respuesta a las restricciones de tiempo que el proyecto enfrentó y las retrospectivas de las iteraciones anteriores la plataforma AREVI se ha centrado en el estudio de la forma en cómo los usuarios se sienten al respecto de utilizar aplicaciones de realidad aumentada y mecanismos de

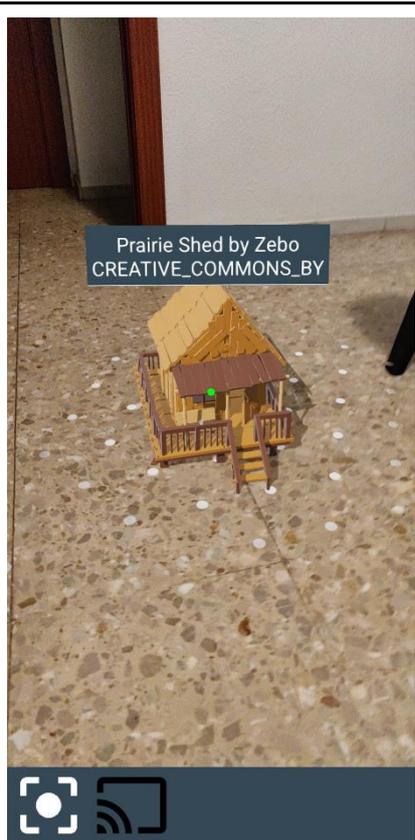
interacción nuevos dentro de un espacio de realidad aumentada, en especial investigar en cooperación con usuarios con algún tipo de discapacidad visual, pues, la información que la plataforma irá generando tiene el potencial de ser útil como base literaria o argumento para definir el curso de diseño y desarrollo de proyectos software que incurren en este paradigma computacional, como se analizó y expuso en la motivación y estado del arte para el momento en que este trabajo de máster se realiza parece existir una tendencia clara sobre el buen futuro de la tecnología de realidad aumentada.

Al ajustar las expectativas de desarrollo se ha alcanzado un mínimo producto viable (MVP por sus siglas en inglés) que consiste en una plataforma que aprovecha el desarrollo dirigido a microservicios, la computación en la nube, recursos externos y explora el uso del kit de desarrollo para realidad aumentada ARCore y Sceneform para registrar y almacenar el cómo los usuarios interactúan con el laboratorio y cuál es su opinión o sensación general usándolo.

## **DEMO (Retrospectiva) SPRINT 6**









12:53



**NASA Task Load Index**  
1 / 2

---

Instructions: For each of the following dimensions, mark one box that best describes your effort in relation to each statement using AREVI today.

1. Very Low    5. Very High

**Mental Demand**

SKIP    ● ● ●    >

12:54



**System Usability Scale**  
1 / 2

---

Instructions: For each of the following statements, mark one box that best describes your reactions to AREVI today.

1. Strongly Disagree    5. Strongly Agree

1. I think that I would like

<    ● ● ●    >

AREVI se ha liberado para el uso por BETA testers, personas que se han ofrecido para probar el prototipo, gracias a la decisión de tener la opción de interacción sin casco, realizar el despliegue continuo de la aplicación y hacer públicos sus lanzamientos han participado personas de diferentes localizaciones, género, edad y tipo de usuario (con o sin discapacidad visual).

El proyecto ha representado un reto enorme en términos de aprendizaje para el equipo de desarrollo, suponiendo obstáculos de investigación y codificación como la adopción desde cero de una nueva tecnología y el enfrentamiento constante a retos de abstracción y lógica en la elaboración de los prototipos.

Enfrentarse a plasmar esta idea e ir dándole forma mediante la aplicación de las directrices, modelos, diseños y experimentación supuso una gran dedicación y trabajo para construir esta propuesta académica práctica, como resultado la plataforma permite recolectar datos que dan forma a las necesidades y posibles soluciones en el ámbito de la realidad aumentada y la interacción hombre máquina para personas en condición de discapacidad visual, esperando que como resultado se pueda tener mayor representación como público objetivo de la tecnología, pues, este repositorio de información contiene:

- Tiempo que le toma al usuario en desarrollar la tarea.
- Distancia a cada objetivo desde la cámara del teléfono.
- Escala de cada objeto al finalizar la tarea.
- Tema, configuración de color, tamaño y contraste, con el que se siente cómodo usando la aplicación.

- Complejidad o carga cognitiva percibida por los usuarios al interactuar con AREVI.
- Usabilidad o dificultades experimentadas en el uso de AREVI.

Siendo datos útiles para que trabajos futuros o nuevos emprendimientos tengan una base de conocimiento, puedan realizar un mejor trabajo y tomen decisiones incluyentes que impulsen el mejoramiento de las condiciones de vida y acceso a la información de más población.

# **Parte V:**

# **Evaluación y**

# **Conclusiones**

# v. 1

# Evaluación y validación con usuarios

## V. 1.1. Planteamiento

---

Para efectuar una primera evaluación de AREVI se ha integrado en la aplicación la opción completar un par de formularios al terminar la interacción con la escena de realidad aumentada. Estos formularios son, NASA TLX (índice de carga de tareas) y SUS (escala de usabilidad del sistema), son utilizados para medir que tan demandante es la interacción con los sistemas y cual cómoda es la experiencia haciendo uso de este respectivamente.

Así mismo, el sistema persiste el tiempo que el usuario se toma desempeñando el ejercicio, cuáles ajustes a realizado el usuario para visualizar de forma clara los objetos que se le presentan, distancia a la que se encuentra del objeto y tamaño(escala) a la que se visualiza antes de desaparecer de la escena.

El sistema también aporta información sobre el perfil visual(tema) el cual hace sentir más cómodo al usuario interactuando con la aplicación antes de utilizar el espacio aumentado con el fin de obtener una base de presentación visual para presentar vistas con texto durante el uso de AREVI.

## **Procedimiento**

Los participantes que han colaborado con las pruebas para este experimento incluyen personas con diversidad de condiciones visuales, personas cuya visión es descrita como normal, incluso personas con albinismo ocular cutáneo y baja visión. Los sujetos han instalado la aplicación AREVI en sus dispositivos móviles o utilizado el Google Cardboard, depende de la disponibilidad que tuviesen, y han desarrollado las actividades descritas en la sección V.1.3 (también descrito gráficamente en la Figura 22).

- EL procedimiento para realizar la evaluación del sistema AREVI se ha realizado siguiendo estos pasos:
- Despliegue de la aplicación AREVI en el espacio de lanzamiento del repositorio en GitHub.

- Se ha realizado una introducción a los conceptos de realidad aumentada.
- Se ha comunicado el propósito de la investigación y cómo funciona la aplicación.
- Los participantes descargan la aplicación, si el experimento se desarrolla no presencial.
- La aplicación inicia en la pantalla de configuración con el perfil visual por defecto.
- Al finalizar el desarrollo de la tarea en la aplicación los usuarios realizan retroalimentación y complementan los formularios en el dispositivo.

## V. 1.2. Mecanismos de evaluación

---

### **SUS System usability scale:**

*La escala de usabilidad del sistema o como sus siglas en inglés (SUS) system usability scale, es una herramienta metodológica autoadministrada usado para evaluar la usabilidad de productos e interfaces de usuario. (Devin, 2017)*

La escala consiste en diez preguntas las cuales cada una contiene cinco opciones de respuesta que van desde uno siendo lo más bajo el cual describe el total desacuerdo y siendo cinco el total acuerdo.

Las preguntas traducidas les permiten a los usuarios responder a las siguientes diez temáticas:

1. *Creo que usaría este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] frecuentemente.*
2. *Encuentro este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] innecesariamente complejo.*
3. *Creo que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] fue fácil de usar.*
4. *Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación].*
5. *Las funciones de este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] están bien integradas.*
6. *Creo que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] es muy inconsistente.*
7. *Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] en forma muy rápida.*
8. *Encuentro que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] es muy difícil de usar.*
9. *Me siento confiado al usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación].*
10. *Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación].*

## **NASA-TLX**

A medida que se implementaron más actividades relacionadas con la tecnología, fue incrementando de manera proporcional las habilidades cognitivas por encima de las actividades físicas, esto hace que hoy en día la evaluación de la carga mental sea un aspecto central, para así asegurar aspectos claves como la satisfacción, la seguridad en el trabajo entre otros.

La carga cognitiva tiene que ver con la cantidad de recursos cognitivos que una persona necesita para realizar una tarea determinada (O'Donnell & Eggemeier, 1986), dados los recursos que las personas pueden llegar a usar al realizar una tarea, se establecieron 10 dimensiones en las cuales se enfocan dichos recursos:

- Carga Global
- Dificultad de la tarea
- Presión temporal
- Rendimiento
- Esfuerzo físico
- Nivel de estrés
- Fatiga
- Tipo de actividad

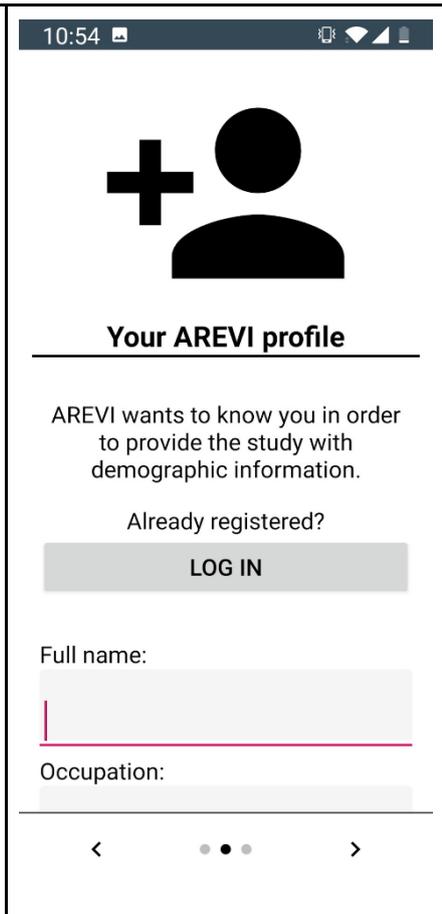
Así como existen tareas explícitas, también existen procedimientos subjetivos los cuales requieren una evaluación adecuada para el tipo de tarea, la técnica subjetiva de evaluación más antigua se llama escala de Cooper sin embargo existen técnicas como la NASA-TLX (Task Load Index), en la cual se evalúan solo 6 dimensiones.

## V. 1.3. Realización del experimento

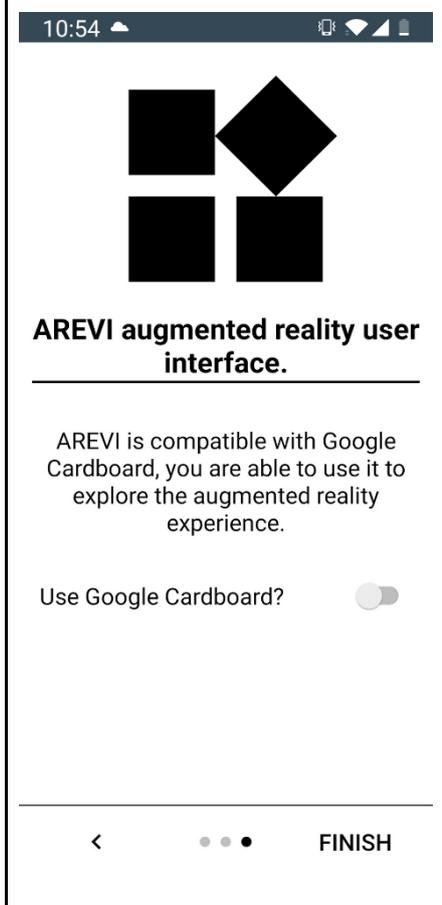
---

Actividad	Pantalla
Configurar su propio perfil visual.	

Registrar su información personal, demográfica y credenciales.



Marca el mecanismo de interacción con la aplicación.



Iniciar el modo de interacción con el espacio aumentado.

10:54

### AR Scene instructions

You are about to experience an augmented reality space, take a look around and localize objects surrounding. You can interact with those by following the instructions below.

Skip



Look around in direction to plane surfaces in order to map your environment.



Use the pointer, fixed in the middle of the screen, to signal in direction to objects.



The progress bar is shown when an object is being loaded to the augmented reality space.



Push the focus button to increase the scale of an object when is being pointed to it.

Hold the focus button to

Buscar los objetos que irán apareciendo en el entorno.



Ajustar el tamaño de los objetos hasta que el mismo sea claramente visible por el usuario.



Desvanecer el objeto de la escena para que el aplicativo cargue uno nuevo.



Repetir pasos 5,6 y 7 hasta desvanecer el último elemento que esté asignado a la tarea.



Responder al formulario de carga cognitiva NASA al finalizar la tarea.

10:57



### NASA Task Load Index 1 / 2

Instructions: For each of the following dimensions, mark one box that best describes your effort in relation to each statement using AREVI today.

1. Very Low                      5. Very High

**Mental Demand**  
How mentally demanding was the task?

1  2  3  4  5

**Physical Demand**

SKIP      ● ● ● ● >

Completar el formulario sobre usabilidad SUS al finalizar la evaluación NASA.

10:57



### System Usability Scale 1 / 2

Instructions: For each of the following statements, mark one box that best describes your reactions to AREVI today.

1. Strongly Disagree      5. Strongly Agree

1. I think that I would like to use this application frequently.

1  2  3  4  5

2. I found this application unnecessarily complex.

<      ● ● ● ●      >

## V. 1.4. Presentación de algunas experiencias

---

Se presenta a continuación la información recolectada de algunas de las experiencias de los participantes utilizando la aplicación AREVI.

Las escalas de las evaluaciones NASA TLX y SUS han sido ajustadas a una escala Likert de cinco puntos, en ambos casos el usuario responderá los cuestionarios en mediciones de uno a cinco y se presentará la media del cuestionario NASA (5 es muy complejo) y la calificación en el caso de SUS estandarizada a 5 (muy usable).

Usuario	Perfil		Escala	Distancia	Tiempo	NASA	SUS
id	tema	Cardboard	media	media	segundos	media	calificación
233fdc50-4f73-4fef-98ad-df6b09738a84	oscuro/normal	X	0.3387	1.0626	19	2.1666	4
2563cc6a-e86b-45e1-912f-6e2ab7ce2772	oscuro/normal		0.4512	0.7708	15	4.1666	2.875
ec836974-fc7a-4d67-a6c1-f740d2e317ea	claro/normal	X	0.4637	1.6612	55	1.1666	3.625
15d2719f-7af8-4b82-aa49-9eeac480a9e	claro/normal		0.4200	1.6618	12	1.1666	3.375
faf6d551-aba5-492e-add6-2e00d07916f0	oscuro/normal		0.3289	1.1883	14	1.5	2.5
6920595a-67f7-4d5f-8771-0718c3aff33b	claro/grande		0.6437	2.0133	19	1.5	3.625
b91f7c0e-8855-475c-8b6b-5e4f51c0fdf5	claro/normal		0.6950	2.2085	33	1.6666	3.375
e953ddee-6b69-43cd-be13-a8f2166e25af	claro/normal		0.6825	2.5197	13	1.6666	3.375
08d80e99-9bdd-4eb4-8176-f5971e1f3ee4	oscuro/grande	X	0.8074	2.2743	24	1.8333	3
ec9b0236-4f75-422f-9366-0fd3152ad334	claro/mediano		0.4575	2.5419	18	2	2.75

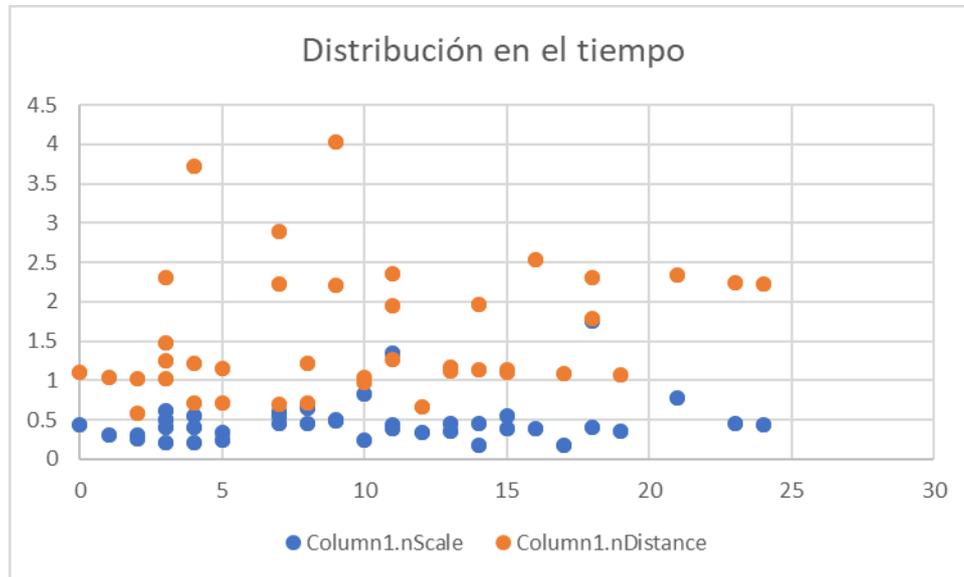
Los resultados del experimento pueden presentar respuesta a variedad de cuestiones como:

- ¿Las personas se desempeñan mejor utilizando el casco o sin él?
- ¿Cuán cómodos se sienten los usuarios utilizando la aplicación?
- ¿Qué tan difícil es para los usuarios el uso de la aplicación?
- ¿Tiene impacto la escala de los objetos respecto al desempeño?
- ¿Cómo se relacionan la escala y la distancia de los objetos?
- ¿Cómo se compara el desempeño entre los usuarios con y sin problemas visuales?
- ¿La información demográfica afecta el resultado de las evaluaciones o el desarrollo de las tareas?

Los datos presentados corresponden a una primera iteración de laboratorios que se han realizado utilizando dos estrategias, remotamente, razón por la cual el APK de AREVI se encuentra en el espacio de lanzamiento en GitHub, y presencialmente utilizando un dispositivo Android y el Cardboard.

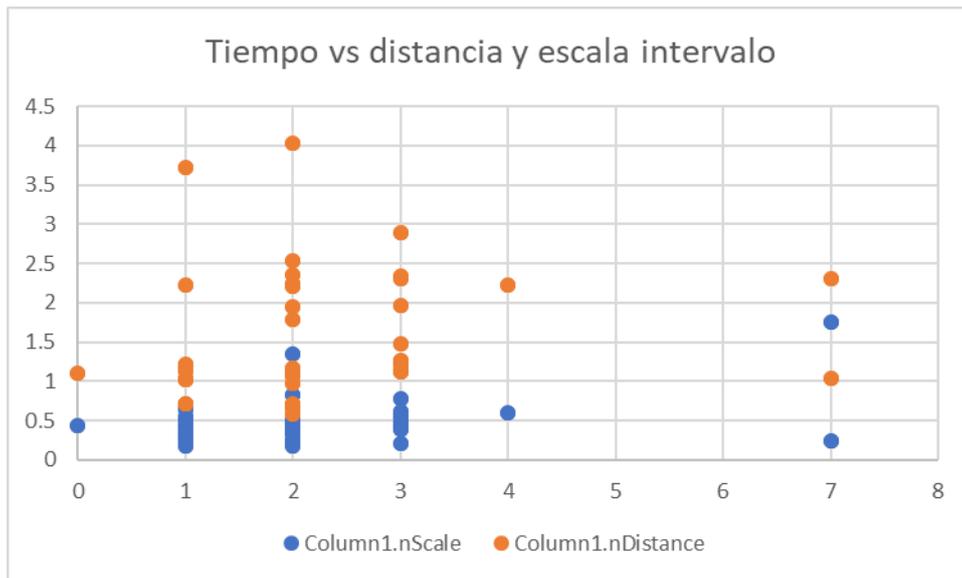
Los datos que la plataforma recolecta pueden ser usados para determinar la influencia entre la distancia, escala y el tiempo que los usuarios tardan en notar el nuevo elemento dentro del espacio aumentado, a futuro se puede especializar la información para tener en cuenta información demográfica - rango de edad, ocupación, educación- y tipo de discapacidad. En la figura a continuación se puede ver un ejemplo de la relación que se establece entre los datos registrados en la plataforma, en este caso se presenta la distancia y escala finales de los objetos con respecto al momento en que el objeto se

desvaneció de la escena durante las distintas rondas ejecutadas por los usuarios.



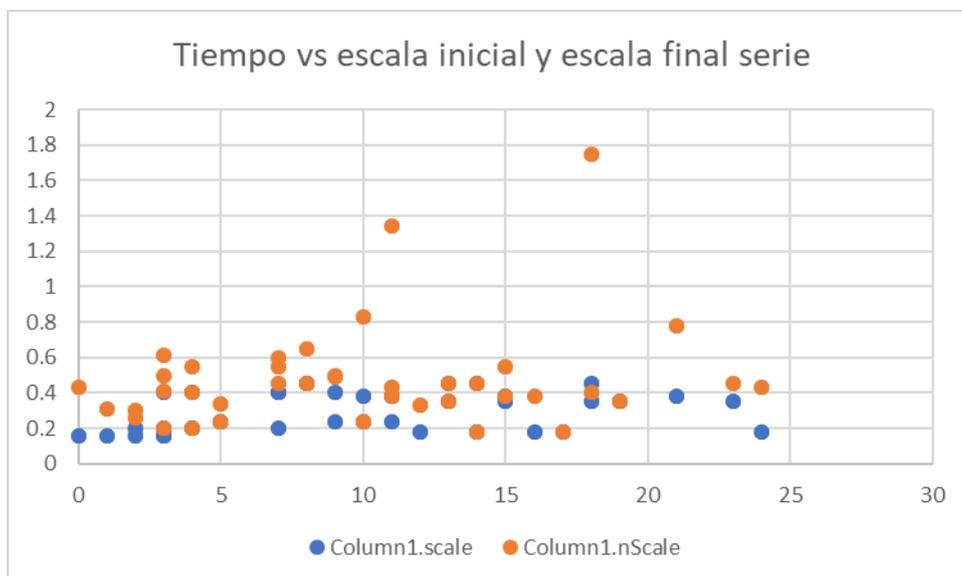
[Figura 23. Distribución en el tiempo de distancia y escala de objetos]

A continuación, se presenta el tiempo transcurrido entre la aparición de cada objeto en el entorno y su escala y distancia final al momento en que el usuario cambia al siguiente objeto. Se aprecia que en general los usuarios han tardado entre uno y tres segundos realizando la actividad de búsqueda y escalamiento de los objetos que aparecen en el entorno.



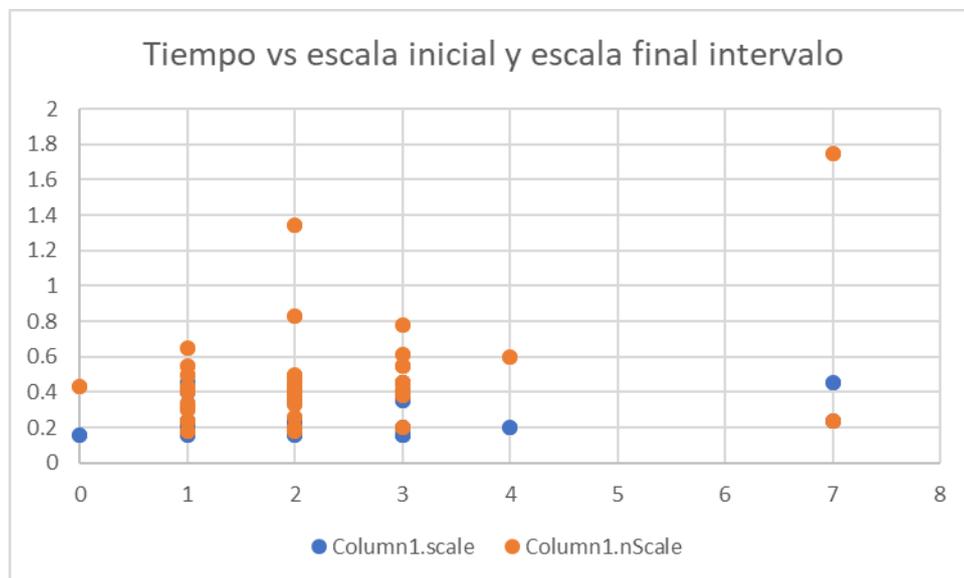
[Figura 24. Intervalo de tiempo, distancia y escala de objetos]

La siguiente figura expresa la escala inicial de los objetos que se presentó al usuario y la escala que el usuario ajusto del mismo, en la mayoría de los casos sin importar el perfil seleccionado los usuarios han realizado ajustes en el tamaño de los objetos visualizados.



[Figura 25. Distribución en el tiempo de la escala inicial y final de los objetos]

La distancia a los objetos digitales esta expresada en metros y la escalara representa una estimación o proporción de espacio que ocupa el objeto respecto al entorno, la distancia física de un objeto dado y la orientación hacia el mismo cambia la forma en que se presentan en pantalla. ARCore varia la escala del objeto automáticamente según estos criterios con el fin de hacer la experiencia un poco más real. Se aprecia en la figura a continuación, que los usuarios tardaron a rededor de tres segundos en visualizar los elementos y ajustarlos a la escala más favorable.

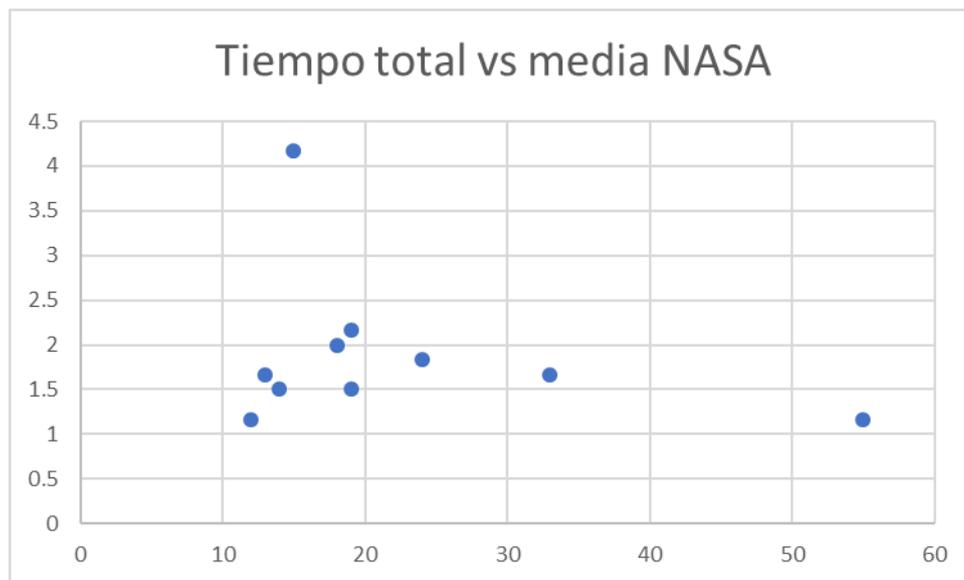


[Figura 26. Escala inicial respecto a escala final en intervalos de tiempo]

La distancia y escala inicial de los objetos tiene influencia en la capacidad de los usuarios en localizar los objetos y visualizarlos de manera clara, como se observa se ha tenido que ajustar la escala inicial de los objetos en la mayoría de los casos.

Es posible que sea necesario contrastar el experimento con diversas escalas iniciales para estimar la más adecuada según las necesidades visuales del usuario.

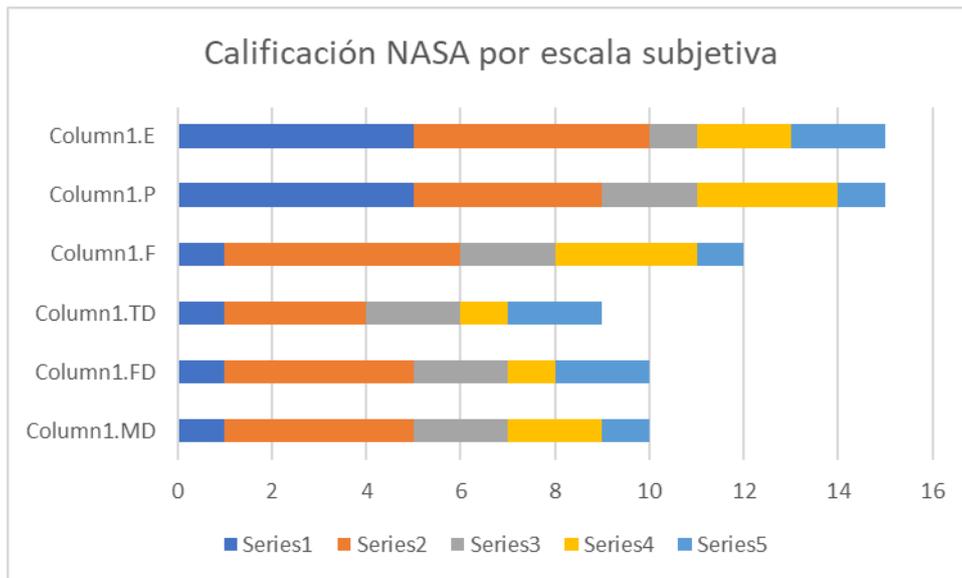
En las figuras a continuación, se expresa la relación en los datos entre el tiempo total de interacción con el espacio aumentado y las evaluaciones que los usuarios han resuelto.



[Figura 27. Relación entre el tiempo total y NASA]

En general los usuarios no encuentran complejo en completar la tarea sin relación con el tiempo que tardan realizando las rondas.

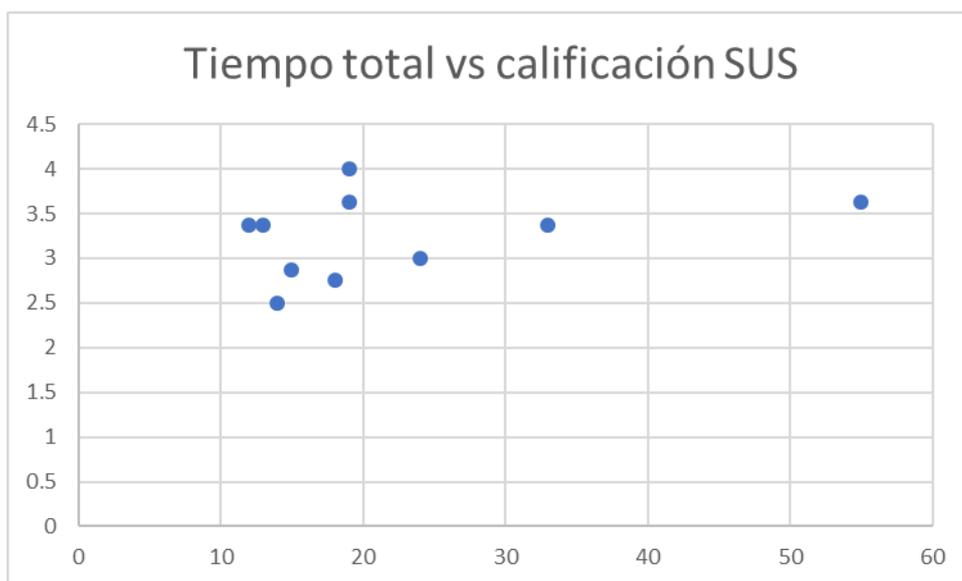
La grafica siguiente, expresa las respuestas de los usuarios a la evaluación NASA separadas según la dimensión evaluada, siendo P (desempeño) calificados desde uno -perfecto- a cinco -fallido- y E (esfuerzo), MD (demanda mental), FD (demanda física), TD (demanda temporal), F (frustración) calificados desde uno -muy bajo- a cinco -muy alto-.



[Figura 28. Frecuencia de las respuestas de los usuarios NASA]

En cada una de las dimensiones los usuarios encuentran moderadamente baja la demanda y su desempeño lo consideran bueno.

Como se presenta a continuación, los usuarios de media tienen una opinión favorable, es usable la aplicación, pero aún hay oportunidad de mejorar esta propuesta, sobre su interacción con la aplicación, sin relación con el tiempo que tardan realizando las rondas.



[Figura 29. Relación entre el tiempo total y calificación SUS]

En el ámbito cualitativo de este estudio se ha percibido que los usuarios cuya ocupación no se relaciona directamente con tecnología o actualidad en tecnología requieren de mayor explicación y acompañamiento para la elaboración del laboratorio y expresan sentirse extraños al visualizar los objetos digitales.

# v. 2

## Conclusiones

### V. 2.1. Conclusiones

---

De acuerdo con el desarrollo del proyecto podemos afirmar que si bien es cierto comercialmente existen algunas iniciativas que ayudan, con tecnología y software, se evidencia que existe una oportunidad y necesidad de creación de software y de instrumentos de realidad aumentada que permitan a la población con discapacidad visual encontrar respuestas a sus necesidades mediante entornos informáticos que se acerquen de manera real a las diferentes enfermedades visuales de esta población logrando de esta manera su inclusión social.

De allí la importancia de este proyecto que logra, mediante el desarrollo de software explorar las posibilidades que la realidad aumentada como tecnología, paradigma de interacción, diseño de experiencias de usuario e interfaces gráficas en pleno auge en la industria; tiene para el futuro del

estudio de la interacción hombre máquina, pues, los espacios aumentados requieren de la innovación e invención de los mecanismos correctos para el buen entendimiento de los elementos contextuales (visuales, sonoros, estímulos sensoriales, etc.) por parte de los entes involucrados, tanto la máquina, que debe conocerlos, como el humano que los interpreta.

La experiencia desarrollada da indicios de la necesidad de disponer de diferentes configuraciones para de presentación la interfaz gráfica de usuario, en ambientes normales como aumentados, de tal manera que, se tengan opciones para visualizar la información partiendo de la experiencia personal, procurando garantizar que la interacción con la máquina brinde comodidad y confianza.

La realización de un mapa de características y selección de camino de ruta en términos de importancia para la investigación ha representado una fase con alta importancia para la ejecución de este proyecto, desde los primeros momentos de planteamiento de la idea permite divisar el curso del desarrollo y preparar ideas para la ejecución y levantamiento de casos de uso y actividades a desarrollar.

La combinación de metodologías acá propuestas le permite al equipo de desarrollo tener en mente siempre un patrón de producción estable y que funcione para cada momento que se requiera sin dependencias de nuevas características, por lo cual, siempre es posible realizar experimentación con una versión estable y notar posibles fallos de programación mediante pruebas de usuario final.

Sceneform es un API que hasta ahora completa su onceava iteración de desarrollo, sin embargo, es una herramienta para programar entornos de realidad aumentada con muchas posibilidades a futuro, que da al desarrollador la posibilidad de experimentar y adaptarse a los conceptos, métodos, estados, etc. Que el proyecto ARCore tiene. Sceneform habilita la creación de aplicaciones para realidad aumentada con capacidades en general orientadas a la industria como imágenes aumentadas -útiles en museos- y rostros aumentados -útil para la creación de filtros para redes sociales-, de esta forma se puede observar el potencial que este API provee.

La falta de experiencia con la librería OpenGL no ha permitido la evolución de algunos de los prototipos esperados para realizar durante la ejecución de este proyecto, así como, el poco conocimiento respecto al uso de OpenCV en dispositivos móviles y cómo entrenar los conjuntos de datos para el reconocimiento de patrones dificultó el rápido avance del proyecto en algunas iteraciones.

El obstáculo más importante evidenciado para poder trabajar con el reconocimiento de gestos y manos en un espacio aumentado no tiene relación directa con OpenCV sino que es una limitación actual en todo el contexto de proyectos en realidad aumentada por lo menos haciendo uso de ARCore ya que el ofuscamiento entre objetos reales y digitales aún no se ha perfeccionado y las recomendaciones del proveedor tecnológico hacen referencia a **evitar causar oclusión pues afecta demasiado la sensación de realidad que se busca en el entorno aumentado.**

## V. 2.2. Trabajo Futuro

---

Es importante el proceso evidenciado en SPRINT 3, que permitió compilar todas las librerías necesarias para realizar un reconocimiento de gestos y manos mediante el uso de la tecnología OpenCV. Trabajar de forma creativa, pensar en gestos que no involucren manipulación directa sobre los objetos o ejecuten la función de un control externo, en este aspecto es bastante importante, teniendo en cuenta lo expuesto referente a la ofuscación de los objetos y como ARCore toma el control de la transmisión de datos proveniente de la cámara del teléfono, se puede empezar una investigación conjunta con físicos y matemáticos que promueva el desarrollo de técnicas de estimación de profundidad y posicionamiento que mejore la forma en cómo este aspecto está siendo abordado en la actualidad.

Sceneform es un repositorio de código abierto y acepta propuestas de cambio desarrolladas por la comunidad, por lo cual, sería interesante promover que el mismo Sceneform empiece para tener en cuenta escenarios accesibles e inclusivos para personas en condición de discapacidad visual. La existencia de este proyecto y los venideros que se sumen y usen esta librería puede generar tracción. Además, trabajar directamente sobre el repositorio e investigar al respecto de los fenómenos físicos y modelos matemáticos que la tecnología de realidad aumentada debe aún solucionar para mejorar cada vez más la experiencia de usuario y mantener la ilusión de realidad todo el tiempo que el usuario está en contacto con las aplicaciones.

ARCore y el mecanismo de anclas que son localizadas mediante el uso de posicionamiento GPS integrado en el teléfono es una funcionalidad no explorada que puede llegar a ser muy interesante en el contexto de personas con baja visión o nula que requieren de una guía constante para moverse con libertad, puede que con esta tecnología sea posible construir mapas de realidad mixta que se actualicen de manera fácil por los usuarios pues las anclas son autodescriptivas posicionalmente dentro del entorno donde son ancladas.

Los expedientes abiertos en el repositorio de Sceneform para solicitar colaboración al respecto de renderización de la transmisión WebRTC en el espacio aumentado es un aspecto que da continuidad a este proyecto ya que avanzar en este aspecto dará paso a la extensión de pantallas de equipos de cómputo y su manipulación remota dentro de un espacio aumentado, sería muy interesante lograr una pantalla universal que no está limitada por su construcción física sino que es el software la que define sus propiedades físicas y alterar variables de luminosidad, aspecto, tamaño, inclinación, proximidad, etc. Pretendiendo disminuir, por ejemplo, el estrés físico de las personas con baja visión al querer ver claramente el contenido de una pantalla.

La información que la plataforma recolecta debe ser presentada a manera de reporte y ajustarse a los requerimientos del negocio que los interesados en diseñar tecnología accesible para entornos de realidad aumentada necesitan.

# Bibliografía

- Albouys-Perrois, J., Laviolle, J., Briant, C., & Brock, A. (2018). Towards a Multisensory Augmented Reality Map for Blind and Low Vision People: a Participatory Design Approach. *2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (págs. 1-14). Montreal QC, Canada: ACM .
- Alonso, F., Fuertes, J. L., González, Á. L., & Martínez, L. (2008). User-Interface Modelling for Blind Users. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Arenas, M. (11 de 05 de 2017). *Ocho ejemplos de miniaturización tecnológica y un reto que parece imposible*. Obtenido de nobbot: <https://www.nobbot.com/pantallas/miniaturizacion-tecnologica/>
- Bootstrap, t. (11 de 09 de 2019). *Bootstrap*. Obtenido de Bootstrap: <https://getbootstrap.com/>
- Cunningham, W. (2001). *agilemanifesto*. Obtenido de Manifiesto for Agile Software Development : <https://agilemanifesto.org/>
- Devin, F. (25 de 02 de 2017). *Sistema de Escalas de Usabilidad: ¿qué es y para qué sirve?* Obtenido de uxpanol: <http://uxpanol.com/teoria/sistema-de-escalas-de-usabilidad-que-es-y-para-que-sirve/>
- Días de Santos, C. A. (2007). *Disciplinas que intervienen en la interacción hombre- máquina*. Madrid.
- Driessen, V. (05 de 01 de 2010 ). *A successful Git branching model*. Obtenido de nvie: <https://nvie.com/posts/a-successful-git-branching-model/>
- eSight. (11 de 09 de 2019). *esight3*. Obtenido de esighteyewear: [https://cdn.shortpixel.ai/client/q\\_glossy,ret\\_img,w\\_722/https://esighteyewear.com/wp-content/uploads/2019/07/esight-half-shot-1.png](https://cdn.shortpixel.ai/client/q_glossy,ret_img,w_722/https://esighteyewear.com/wp-content/uploads/2019/07/esight-half-shot-1.png)
- Fernando Alonso, J. L. (2008). User-Interface Modelling for Blind Users. *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (págs. 789–796). Berlin: Springer.
- Google, I. (11 de 09 de 2019). *Angular* . Obtenido de Angular : <https://angular.io/>
- Google, I. (20 de 05 de 2019). *Glass Enterprise Edition 2: faster and more helpful*. Obtenido de google: [https://storage.googleapis.com/gweb-uniblog-publish-prod/images/Glass\\_Enterprise\\_Edition\\_2.max-1000x1000.png](https://storage.googleapis.com/gweb-uniblog-publish-prod/images/Glass_Enterprise_Edition_2.max-1000x1000.png)
- Google, I. (11 de 09 de 2019). *Google Trends*. Obtenido de <https://trends.google.com/trends/explore?q=ARCore,ARKit,Vuforia,Wikitudo,ARToolKitt>
- Google, I. (09 de 11 de 2019). *MATERIAL-UI*. Obtenido de MATERIAL-UI: <https://material-ui.com/>
- GitHub. (11 de 09 de 2019). *judicapo/MUITSS-AREVI*. Obtenido de github: <https://github.com/judicapo/MUITSS-AREVI/graphs/commit-activity>
- James, R. (25 de 04 de 2019). *10 Top Software Development Trends in 2019*. Obtenido de Hackernoon: <https://hackernoon.com/10-top-software-development-trends-a12d25f5fd2d>

- Microsoft. (11 de 09 de 2019). *hololens*. Obtenido de microsoft: <https://img-prod-cms-rt-microsoft-com.akamaized.net/cms/api/am/imageFileData/RWt7Pu?ver=ad62&q=90&m=6&h=585&w=1040&b=%23FFFFFF&l=f&o=t>
- Nakilcioğlu , İ. H. ( 2013 ). THE EFFECTS OF FONT TYPE CHOOSING ON VISUAL PERCEPTION AND VISUAL COMMUNICATION. *Online Journal of Art and Design*, 35-53.
- Olofsson, S. (2017). *Designing interfaces for the visually impaired*. Umeå : Umeå University Department of Applied Physics and Electronics .
- orcama. (11 de 09 de 2019). *myeye2*. Obtenido de orcama: <https://www.orcama.com/wp-content/uploads/2018/06/boxmyeye.png>
- Pathak, S. J. (2014). HCI Guidelines for Designing Website for Blinds. *International Journal of Computer Applications*.
- Pineda, Y. L. (2017). *Qué es SCRUM y los roles en SCRUM*. Obtenido de platzi: [https://platzi.com/blog/que-es-scrum-y-los-roles-en-scrum/?utm\\_source=google&utm\\_medium=paid&utm\\_campaign=1919062474&utm\\_adgroup=70181309186&utm\\_content=350167967222&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwkqPrBRA3EiwAKdtwk4\\_HfIASoaA2uF9pq1Yc4Ctt](https://platzi.com/blog/que-es-scrum-y-los-roles-en-scrum/?utm_source=google&utm_medium=paid&utm_campaign=1919062474&utm_adgroup=70181309186&utm_content=350167967222&utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwkqPrBRA3EiwAKdtwk4_HfIASoaA2uF9pq1Yc4Ctt)
- Ramakrishna , P., & Hebbalaguppe, R. (05 de 06 de 2017). *Google Cardboard Dates Augmented Reality : Issues, Challenges and Future Opportunities*. Obtenido de <https://arxiv.org>: <https://arxiv.org/abs/1706.03851>
- Ruiz , E. V. (2007). *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Ediciones Díaz de Santos.
- StackOverflow. (2019). *Databases*. Obtenido de [insights.stackoverflow.com](https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--databases): <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--databases>
- StackOverflow. (2019). *Frameworks, Libraries, and Tools*. Obtenido de [insights.stackoverflow.com](https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--frameworks-libraries-and-tools): <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--frameworks-libraries-and-tools>
- StackOverflow. (2019). *Most Loved, Dreaded, and Wanted Languages*. Obtenido de [insights.stackoverflow.com](https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--most-loved-dreaded-and-wanted-languages): <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--most-loved-dreaded-and-wanted-languages>
- StackOverflow. (2019). *Most Loved, Dreaded, and Wanted Languages*. Obtenido de [insights.stackoverflow.com](https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--most-loved-dreaded-and-wanted-languages): <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#technology--most-loved-dreaded-and-wanted-languages>
- StackOverflow. (2019). *Most Popular Development Environments*. Obtenido de [insights.stackoverflow.com](https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#development-environments-and-tools): <https://insights.stackoverflow.com/survey/2018#development-environments-and-tools>

- SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, O. Y. (2018). *BASE ESTATAL DE DATOS DE PERSONAS CON VALORACIÓN DEL GRADO DE DISCAPACIDAD*. Madrid: MINISTERIO DE SANIDAD, CONSUMO Y BIENESTAR SOCIAL.
- Szpiro , S., Hashash, S., Zhao, Y., & Azenkot, S. (2016). How People with Low Vision Access Computing Devices: Understanding Challenges and Opportunities. *Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (págs. 171-180). Reno: ACM New York.
- Wallace, B. (11 de 04 de 2018). *Predictions for the Future of Augmented Reality*. Obtenido de Hackernoon: <https://hackernoon.com/predictions-for-the-future-of-augmented-reality-63c7b8c9d794>
- Weiser, M. (1999). The Computer for the 21st Century. *Mobile Computing and Communications Review*, 3-11.
- Weißbach, R., Kirchner, K., Reher, F., & Heinrich, R. (2017). Challenges in Business Processes Modeling – Is Agile BPM a Solution? *BPM 2016 Workshops* (págs. 157–167). Springer International Publishing .