

REALIDAD AUMENTADA Y REALIDAD VIRTUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUSEOS INTERACTIVOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE
BUENOS AIRES

Presentada por:

LUCAS NAPOLI

Director:

FEDERICO NASO

Co-directora:

SABRINA POMPEI

TESINA DE GRADO

LICENCIATURA EN SISTEMAS

2023

AGRADECIMIENTOS

A todos los que formaron parte de este proceso.

HOJA DE APROBACIÓN

Esta Tesina fue aceptada por la Comisión Evaluadora de la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, como requisito parcial para optar al Título de grado de "*Licenciatura en Sistemas*"

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
HOJA DE APROBACIÓN	4
ÍNDICE	5
RESUMEN	7
DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TRABAJO DE TESINA	8
CAPÍTULO 1. Introducción	9
1.1 Introducción al trabajo de tesina	10
1.2 Definición del problema	11
1.3 Motivación	11
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivos específicos	12
1.5. Justificación	13
CAPÍTULO 2. Marco Conceptual	14
2.1 La historia de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada	14
2.2 Realidad Virtual	18
2.2.1 Introducción a la Realidad Virtual como concepto	18
2.2.2 Características de la Realidad Virtual	19
2.2.3 Tecnologías utilizadas por la Realidad Virtual	20
2.2.4 Aplicaciones de la Realidad Virtual	21
2.3 Realidad Aumentada	22
2.3.1 Introducción a la Realidad aumentada como concepto	22
2.3.2 Características de la Realidad Aumentada	23
2.3.3 Tecnologías por la Realidad Aumentada	25
2.3.4 Aplicaciones de la Realidad Aumentada	25
2.4 Realidad Aumentada en móviles. Procesos, mecanismos y métodos de implementación	28
2.4.1 Funcionamiento de la Realidad Aumentada móvil	28

2.4.2 Mecanismos típicos de aplicación de la Realidad Aumentada	28
2.4.3 Diferentes implementaciones de Realidad Aumentada en la web	31
2.5 Experiencia de Usuario (UX) en implementaciones de Realidad Aumentada	33
CAPÍTULO 3. Estado del Arte	35
3.1 Tecnologías para la implementación de Realidad Virtual y Realidad Aumentada.	35
3.2 Tecnologías que permiten la Realidad Aumentada en la web	43
3.3 Antecedentes de museos y exhibiciones en Realidad Aumentada y Realidad Virtual.	46
3.4 Usabilidad de la Realidad Aumentada en casos de uso diario	48
3.5 Inventario	53
CAPÍTULO 4. Alcance y casos de uso del producto final	64
4.1 Descripción del producto	64
4.2 Requisitos funcionales del producto	65
4.3 Funcionalidad del producto	65
4.4 Casos de uso del módulo de Realidad Aumentada	66
4.5 Resultados esperados	70
CAPÍTULO 5. Desarrollo	71
5.1 Participantes del proyecto	71
5.2 Mecanismo seleccionado para la implementación del módulo de Realidad Aumentada	71
5.3 Detección y reconocimiento de los marcadores	72
5.4 Selección de marcadores para obtener el contenido mediante la Realidad Aumentada	73
5.5 Consideraciones sobre el entorno para las experiencias de Realidad Aumentada basadas en marcadores	73
5.6 Implementación seleccionada para el módulo de Realidad Aumentada	74
5.6.1 Librerías de Realidad Aumentada	74
5.6.1.1 AR.js	74
Marcadores de patrón en AR.js	76
Cómo utilizar la librería	76
5.6.1.2 Three.js	76
Requisitos para Three.js	77
5.6.1.3 A-Frame	80

Arquitectura de A-Frame	80
Entidades	80
Componentes	81
Especificación de una cámara	82
Ejemplos de componentes predefinidos	83
5.7 Modelo de proceso de diseño UX para la aplicación final	84
5.7 Implementación	87
5.7.1 Como utilizar A-Frame	87
5.7.2 Templates	89
5.7.3 Implementación de prototipo inicial	92
5.7.4 Interfaz del prototipo inicial de la aplicación	100
5.7.5 Interfaz de la aplicación final	103
CAPÍTULO 6. Conclusiones y trabajo futuro	108
6.1 Limitaciones	108
6.2 Retos	109
6.3 Trabajo Futuro	111
CAPÍTULO 7. Bibliografía	112
CAPÍTULO 8. Anexos	116
8.1 Anexo A. Otras tecnologías empleadas en la implementación de la aplicación	116
8.1.1 PHP	116
Sintaxis	116
Características	117
8.1.2 Recursos	117
Servidor FTP	117
Filezilla	119

RESUMEN

Dado el potencial observado de las tecnologías de Realidad Aumentada y de la Realidad Virtual [1], como herramientas que, desde su aparición, han mostrado su versatilidad en diversas aplicaciones destinadas a la difusión de conocimiento y de contenidos de una forma innovadora, atractiva, interactiva y pedagógica, se plantea, en la presente tesina, el desarrollo de una aplicación web cuya creación permitirá, a todos los usuarios de la misma, interactuar con una serie de diversos objetos que forman al museo de informática y tecnología de la empresa de desarrollo de software y testing [Clarolab](#) de la ciudad de Junín.

De esta manera, se parte de la existencia del museo de informática y tecnología que posee la empresa Clarolab y del deseo de la misma, de difundir la existencia del mismo, así como de los objetos pertenecientes a este. Por lo que se ideó, se planificó, y se llevó a cabo la creación de una aplicación que permita lograr dicha difusión de una forma distintiva para la empresa, a partir de la cual los usuarios puedan interactuar de una forma diferente, fuera de lo tradicional.

Parte de la funcionalidad de dicha aplicación se basará, como se mencionó anteriormente, en la utilización de la tecnología de Realidad Aumentada de la cual se espera que permita de forma innovadora e interactiva, exponer los objetos que pertenecen al museo. Esto será posible gracias a que la Realidad Aumentada es una tecnología que permitirá introducir múltiples contenidos multimedia tales como texto, imágenes, audio y videos, que se insertarán en tiempo real a la escena que será captada por la cámara de un dispositivo móvil de los visitantes del museo, en el cual se esté ejecutando la aplicación, lo que posibilitará mostrar, tanto características e información asociadas a dichos objetos lo que le otorgara el rasgo distintivo que se busca con la implementación de la misma.

La aplicación propuesta será alojada en un servidor propio de la empresa Clarolab, lo que permitirá que sea accesible mediante cualquier dispositivo que cuente con acceso a internet y un navegador web. Además se utilizará el sistema de archivos del mismo, para almacenar todo aquel contenido multimedia que se desea proyectar a través de la Realidad Aumentada. Por otro lado, también será necesario almacenar las imágenes de los marcadores, estos marcadores serán utilizados por la aplicación, los cuales, serán reconocido por la cámara de un dispositivo móvil y a partir de la tecnología de Realidad Aumentada se proyectarán el contenido multimedia, vinculado a cada objeto del museo, y así presentar información relacionada con la cual es usuario pueda interactuar.

La otra tecnología a ser utilizada por la aplicación a desarrollar, es la Realidad Virtual. Esta tecnología permitirá exponer al usuario diversos contenidos multimedia a modo informativo en un entorno virtual y simulado y con el cual este pueda interactuar de forma dinámica y en tiempo real, lo cual, le generará la sensación de estar inmerso en dicho entorno. El módulo de Realidad Virtual dentro de la aplicación estará principalmente compuesto por una serie de ejemplos vinculados al museo que buscan demostrar el potencial de esta tecnología y sus diversos aplicativos.

DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TRABAJO DE TESINA

CAPÍTULO 1. Introducción. Este capítulo se divide en diferentes secciones, en la cuales, en principio se define el problema a resolver, luego describe la solución que se dará al problema, además, se nombran las tecnologías que serán utilizadas para poder implementar dicha solución. Por otro lado, dan a conocer las razones que motivan a encontrar una solución al problema dado y cuales son los objetivos que persigue dicha solución. Por último, se da la justificación de la elección de las tecnologías que contribuyen a la resolución del problema.

CAPÍTULO 2. Marco Conceptual. En este capítulo se conforma por un marco teórico de las dos tecnologías que serán base del desarrollo que se proponen para la resolución del problema. En primer lugar una breve reseña histórica de cada tecnología, luego, se da una definición conceptual de cada una de las mismas, características y aplicaciones de las mismas.

CAPÍTULO 3. Estado del arte. En este capítulo se describen las distintas tecnologías y frameworks que se encuentran disponibles en el mercado y que permiten la implementación de Realidad Aumentada y Realidad Virtual. Se nombran antecedentes de implementaciones similares a la cual se busca llevar a cabo. Se confecciona un breve inventario acerca de los objetos que se disponen.

CAPÍTULO 4. Requerimientos. Aquí se da una descripción general de lo que se espera obtener en el producto resultante, los objetivos funcionales del mismo, la funcionalidad del mismo, bajo qué casos de uso se implementara el mismo.

CAPÍTULO 5. Desarrollo. En este capítulo se listan los participantes del proyecto, uego se da una breve introducción a los diferentes mecanismos disponibles para implementar la tecnología de Realidad Aumentada, se determina cuál es el mecanismo seleccionado para la solución buscada, los diferentes métodos de implementación y el método seleccionado para la implementación. Además, se listan las librerías seleccionadas para implementar el método seleccionado, y cómo se utilizan las mismas. Otras tecnologías que se emplearon para la implementación final de la solución. Se describe el proceso de implementación.

CAPÍTULO 6. Conclusiones. Aquí se denotan las diferentes limitaciones, retos y conclusiones que se obtienen luego de la realización del presente trabajo

CAPÍTULO 7. Bibliografía. En este último capítulo se detallan las diversas fuentes consultadas para obtencion de informacion que hicieron posible la confección de la presente tesina

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1 Introducción al trabajo de tesina

Desde hace algún tiempo las tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual están ocupando un rol cada vez más importante en diversas áreas, mostrando la versatilidad y posibilidades que presentan al momento de ser aplicadas.

La capacidad de insertar objetos virtuales en el espacio real (Realidad Aumentada) y la capacidad de crear entornos virtuales con gran facilidad (Realidad Virtual), entre otras, han convertido a estas tecnologías en herramientas sumamente útiles para presentar determinados contenidos bajo objetivos de entretenimiento y educación, marketing, entre otros.

La tecnología de Realidad Virtual ya ha alcanzado un cierto nivel de madurez que permite que sea introducida en aplicaciones de uso diario, con un alto grado de éxito, como es en el caso de la medicina, la educación y diversos ámbitos culturales. Mientras que también, por otro lado, en el último tiempo se ha realizado un importante esfuerzo de investigación en el ámbito de la Realidad Aumentada [2][3].

La Realidad Aumentada amplía los sistemas de Realidad Virtual con la posibilidad de mezclar elementos reales y virtuales en escenas en escenas compuestas fluidas. Al combinar la Realidad Virtual con técnicas de procesamiento de vídeo y técnicas de visión por computadora, los sistemas de Realidad Aumentada ofrecen una visión natural de escenas reales enriquecidas con objetos virtuales.

De esta forma, podemos observar que la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada son tecnologías con un alto potencial, que pueden tener una amplia repercusión en muchos ámbitos, inclusive aquellos en los que no suelen estar asociados a las tecnologías informáticas.

Uno de esos ámbitos es el cultural y más específicamente en museos [4]. Muchos de los museos no tienen el espacio y los recursos necesarios para exponer todas sus colecciones. Además, la naturaleza y la fragilidad de algunos objetos impiden a los conservadores de los museos que los brinden a disposición del público. Por otro lado, la interacción de los visitantes del museo con los artefactos expuestos puede llegar a ser muy restringida, por ejemplo, no pueden observar los objetos desde todos los ángulos, comparar los artefactos o estudiarlos en diferentes contextos, lo que limita la interacción de los visitantes con los mismos. Este es el caso del museo de informática y tecnología de la empresa Clarolab.

En este contexto es donde la Realidad Virtual y Aumentada pueden ser de gran ayuda. Estas tecnologías proporcionan soluciones que permiten la visualización de modelos digitales y/o contenidos multimedia de los artefactos del museo tanto en entornos virtuales como reales y/o permite insertar múltiples contenidos virtuales que serán proyectados en entornos reales y de esta manera brindar un contenido extra con el cual el público pueda interactuar de diversas formas.

Los museos, y como es el caso de la empresa Clarolab, buscan presentar sus colecciones de manera más atractiva y emocionante para atraer a los visitantes. Algunas encuestas recientes en Europa muestran que alrededor del 35% de los museos ya han comenzado a desarrollar alguna forma de presentación digital de los objetos. En muchos casos, sólo se trata de proyectos en una fase inicial,

pero el número está creciendo rápidamente y es evidente que los museos empiezan a reconocer el potencial que ofrecen estas tecnologías.

En resumen y en base a lo anteriormente mencionado, en la presente tesina describimos el proceso de construcción de una aplicación web que permitirá a la empresa de desarrollo de software Clarolab de la ciudad de Junín, exponer los objetos pertenecientes a su museo de informática y tecnología, creando una exposición mediante la utilización de las tecnologías de Realidad Virtual y Realidad Aumentada de forma rápida e intuitiva, y que permita a los usuarios de la misma interactuar con dichos objetos. La aplicación poseerá una interfaz de usuario sencilla la cual permitirá a través de la cámara del dispositivo captar los diferentes objetos pertenecientes al museo y proyectar información asociada a los mismos con el cual el usuario pueda interactuar con facilidad.

1.2 Definición del problema

Clarolab es una empresa dedicada al desarrollo de software y testing que cuenta con un museo de informática y tecnología propio y además, posee la iniciativa de darlo a conocer de forma atractiva e innovadora y diferenciadora a la sociedad. Durante los últimos años la empresa se vio interesada en adquirir distintos objetos que formaron parte de la historia de la informática y la tecnología para conformar poco a poco su museo. Actualmente, estos objetos históricos, únicamente son exhibidos de forma tradicional dentro de las instalaciones de la empresa por lo que su alcance queda limitado a aquellas personas, en su mayoría empleados, que concurren a las mismas.

En este punto es donde a la empresa le surge el interés de lograr una mayor difusión de estos objetos históricos que posee y que el conocimiento de la existencia de los mismos no solo quede acotado a empleados y allegados a la empresa sino que también a todo aquel que desee acceder, conocer e interactuar con los mismos.

Al ser una empresa destinada pura y exclusivamente a la tecnología en sus diversas áreas, Clarolab, busca darle un aspecto distintivo al museo, no solo busca construir un museo convencional en donde los visitantes solo se encuentren con los objetos del museo exhibidos, sino que también busca a partir del uso de tecnologías modernas, que estos logren una mayor experiencia interactiva donde pueden de cierta manera ser parte del museo, mediante una propuesta innovadora, lo cual será posible mediante la utilización de las tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual..

Por otro lado, y de manera conjunta con el museo, surge el interés de ahondar nuevas tecnologías, tales como es el caso de la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual. Aprovechando el potencial de las mismas, como herramientas que permiten a todo aquel que la utilice poseer experiencias interactivas a partir de la combinación entre la dimensión virtual y la real, se podrán exponer los objetos del museo con un añadido de contenido multimedia asociados a los mismos. Con esto se busca que los usuarios puedan lograr una interacción distinta, a la que podría darse en un museo tradicional . Y así lograr un mayor interés en los objetos expuestos.

En resumen la empresa Clarolab tiene como objetivo exponer los objetos históricos de su museo a partir de una propuesta que resulte novedosa para los destinatarios de la misma. Independientemente de la edad, sin la necesidad de que posean conocimientos previos. Partiendo de la existencia de los objetos de su museo y la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual se busca abordar el problema planteado en búsqueda de una solución.

1.3 Motivación

Ante la búsqueda de difundir la existencia de los distintos objetos pertenecientes al museo de

informática y tecnología de la empresa Clarolab, surge la idea de desarrollar una aplicación que contribuya a impulsar de forma innovadora y dinámica, para el usuario, la interacción con dichos elementos, sus características y cómo estos impactaron a lo largo de la historia y la evolución de la tecnología.

Por otro lado, la utilización de emergentes modernas para dicha difusión como la Realidad Aumentada y Realidad Virtual, busca ahondar en la comprensión y utilización de nuevas tecnologías que se encuentran en constante crecimiento.

A partir de la difusión que se busca realizar tanto de los objetos como de las tecnologías mencionadas se espera que se incremente tanto el conocimiento como el interés sobre estos. Logrando así, un mayor acercamiento a las personas al mundo de la informática y la tecnología.

La tecnología es una herramienta esencial para la vida cotidiana, la cual se emplea tanto en campos laborales, así como en los campos de ocio. A lo largo del tiempo la misma ha ido evolucionando y formando parte importante de nuestra vida cotidiana y de esta manera influyó e influye en nuestra manera de vivir y desarrollarnos.

En conjunción con la ciencia, se han convertido en instrumentos de transformación en nuestra sociedad. Tanto la ciencia como la tecnología se combinan en la búsqueda y el desarrollo de productos, servicios, medios, herramientas entre otros, capaces de satisfacer las necesidades humanas y de la vida diaria en general. Ambas se han convertido en ramas de la actividad inseparables de la vida y el progreso de la sociedad desde hace varias décadas.

Por estas razones es que resulta fundamental el hecho de comprender cómo la tecnología y los distintos hechos asociadas a la misma contribuyeron a este constante cambio a lo largo de la historia y cómo nos hemos adaptado a dichos cambios tanto como en desarrollo individual y colectivo dentro de las sociedades. Comprender estos hechos nos ayudará a llevar un uso más adecuado de la tecnología existente, a poder encontrar mejores soluciones a problemas futuros que requieran del uso de la misma o el desarrollo de nuevas tecnologías .

La construcción de un museo virtual la tiene como finalidad difusión de la existencia de los distintos objetos pertenecientes al museo de la empresa Clarolab los cuales formaron parte de la historia de la evolución de la informática y la tecnología, lo cual contribuirá a impulsar de forma innovadora y dinámica la interacción con dichos objetos, sus características y cómo estos impactaron a lo largo del tiempo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

El objetivo que persigue esta tesina es desarrollar una aplicación Web que, a partir de la utilización de tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, permita principalmente difundir la existencia de los objetos pertenecientes al museo de informática y tecnología de la empresa Clarolab de una forma distintiva para la misma. Es decir, en base al uso de las tecnologías anteriormente mencionadas se busca darle un aspecto fuera de lo tradicional al museo, en el cual los usuarios de la aplicación puedan lograr una mayor interacción con los objetos expuestos, agregando diversos contenidos multimedia, a los mismos, que serán generados por la aplicación.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar acerca de las distintas tecnologías existentes, tales como frameworks y librerías,

que contribuyan a implementación de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, para poder establecer así, ventajas diferenciadoras que permitan elegir aquella que más se ajuste a las necesidades del desarrollo que se propone.

- Construir un marco teórico sobre el funcionamiento de las tecnologías de Realidad Aumentada y la Realidad Aumentada que permitan ser una guía como base del desarrollo.
- Confeccionar un inventario de los objetos, imágenes de los mismos y la información asociada a estos, que se pretendan difundir en la aplicación.
- Desarrollar un prototipo de aplicación web de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, que permita reconocer un conjunto de objetos pertenecientes al museo.
- Analizar el alcance de la aplicación, para poder realizar las mejoras necesarias al prototipo y actualizaciones para implementar la aplicación final.
- Desplegar la aplicación final en un servidor para que pueda ser accedida desde cualquier navegador web con acceso a internet.
- Evaluar el correcto funcionamiento de la aplicación, con el objetivo de corregir distintos fallos que se puedan encontrar en la etapa de testeo.

1.5. Justificación

La empresa Clarolab busca difundir los objetos pertenecientes a su museo de informática y tecnología a partir de una aplicación que sea novedosa para la mayoría de los usuarios que la utilicen.

La elección de las tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual como bases de implementación que busca dar una solución al problema de la empresa Clarolab, se da en función de la gran utilidad de las mismas como herramientas de interacción, que pueden darle un rasgo diferenciador al museo y que pueden ser utilizadas sin la necesidad de disponer dispositivos más allá de un teléfono móvil.

La tecnología en todos sus aspectos, en especial en las aplicadas a los teléfonos móviles, ha cambiado la forma en que nos comunicamos e interactuamos con el mundo. Un amplio número de organizaciones han encontrado un gran número de formas para exponer sus productos y/o servicios y así llevar su mensaje a su público de una forma innovadora, apoyándose principalmente en el uso de las diversas tecnologías que se encuentran disponibles en la actualidad.

Hoy en día y gracias a tecnologías tales como la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, la interacción no se limita solo a la pantalla de nuestros dispositivos. A partir de dichas tecnologías podemos interactuar con nuestro entorno, ofreciendo una forma más atractiva de llegar a los usuarios, logrando así una mejor experiencia. Estas tecnologías son responsables de redefinir la forma en que vemos e interactuamos con el mundo.

La Realidad Virtual permite crear simulación virtual de un espacio nuevo que puede ser similar o diferente al mundo real. Mientras que, la Realidad Aumentada nos permite superponer elementos virtuales interactivos sobre el mundo real que nos rodea de manera fluida. [5] Todo lo anteriormente mencionado, es posible, simplemente a partir de la utilización de dispositivos móviles de uso común tales como celulares o tablets.

La Realidad Aumentada ha existido desde hace décadas, pero debido al alto costo de la tecnología y a ciertas limitaciones en los dispositivos no recibió una adopción más amplia. Pero, gracias al avance que han tenido los dispositivos móviles en los últimos años, esta tecnología ha experimentado un importante crecimiento.

A diferencia de la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada no requiere necesariamente de un dispositivo adicional a nuestro móvil para poder aprovecharse, y tener un mayor impacto, como podrían ser las gafas de Realidad Virtual. Es decir que no requiere un costo ni una limitación de entrada. Esto ha traído como consecuencia una tasa de adopción más amplia comparada con otros tipos de tecnologías.

Por otro lado, también vemos un especial interés por parte de comunidades de desarrolladores, quienes están apostando por estas tecnologías, desarrollando y manteniendo librerías dedicadas , para mejorar la experiencia en diversos dispositivos, haciéndolas cada vez más robustas y agregando nuevas capacidades tales como el rastreo del entorno, medida de distancias y reconocimiento de la luz sin necesidad de sensores adicionales, entre otras.

Algunas de las opiniones que podemos encontrar sobre el uso de estas tecnologías.

“Quedamos impresionados con la tecnología y estamos seguros de que los consumidores lo estarán. Con uno de cada tres adultos del Reino Unido que posee un teléfono inteligente, el mercado potencial para iniciativas como esta es enorme y estamos orgullosos de llevar esta increíble tecnología a las masas”.

Sonia Carter, directora de Digital en Kraft Foods

“Con la alta tasa de penetración de los teléfonos inteligentes... esperamos impulsar este [AR] con características y funcionalidades innovadoras, sinónimo de la marca Volkswagen, para permitir que nuestros clientes se conecten con nosotros a un nivel más profundo”.

Jamie Lee, Gerente General de Comunicaciones en Volkswagen Group

“Dar vida a la obra de arte en la portada del CD de The Ting Tings es muy emocionante. La Realidad Aumentada de Aurasma abre la puerta a una relación más interactiva con el consumidor a través de medios bidimensionales”.

Kelly Bush, directora sénior de marketing de Sony Music

En el nuevo mundo donde las organizaciones trabajan a distancia, la Realidad Virtual es una excelente herramienta para hacer viajes y conocer distintas plantas, procesos industriales, o lugares de explotación como pozos petroleros, minas sin moverte de tu lugar. Es una gran herramienta para procesos como el onboarding y para la definición de estrategias comerciales.

Hace tiempo que la Realidad Virtual dejó de ser un juego para entrar de lleno al mundo de los negocios y convertirse en una herramienta clave para el desarrollo de ventajas competitivas

Gabriel Pereyra, CEO y fundador de Modobeta

CAPÍTULO 2. Marco Conceptual

2.1 La historia de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada

La idea de la Realidad Virtual y Realidad Aumentada comienza a surgir en los años 30 [6], más específicamente en 1935, una historia corta llamada *Pygmalion's Spectacles*[7] del escritor estadounidense de ciencia ficción Stanley G. Weinbaum[8] la cual narra la historia de un profesor que inventó un par de anteojos que permitían al usuario activar “una película que le da a uno vista y sonido... gusto, oler y tocar... . En la cual eres parte de la historia, hablas con las sombras (personajes) y te responden, y en lugar de estar en una pantalla, la historia se trata de ti y tú estás en ella”.

La escritura de Weinbaum es anterior a las computadoras y casi anterior a la invención de la televisión.

La primera aparición de la Realidad Aumentada se remonta a los años 50, cuando Morton Heilig [9] (el padre de la Realidad Virtual), un director de fotografía, pensó en el cine como una actividad que pudiera atraer al espectador a la actividad en pantalla mediante la incorporación de todos los sentidos de manera eficaz.

En 1962, Heilig construyó un prototipo de su visión que describió en 1955 en "El cine del futuro", llamado Sensorama [10](fig 2.1), que fue anterior a la informática digital. Este prototipo, estaba compuesto por un gabinete mecánico de estilo arcade construido para estimular los sentidos, para el cual luego desarrolló una serie de cortometrajes. Incluía muchas de las funciones que prevalecen en los auriculares de Realidad Virtual de hoy en día, como una pantalla 3D estereoscópica, parlantes estéreo y retroalimentación háptica a través de vibraciones en la silla del usuario.

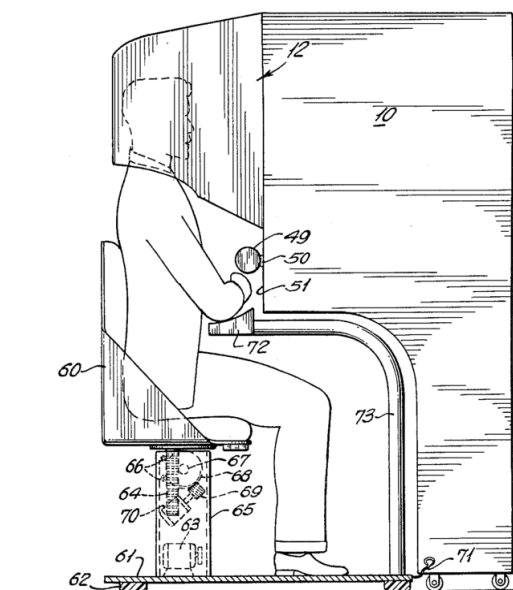


Fig. 2.1 El Sensorama, por la Patente de EE.UU. 1995

Poco después de inventar Sensorama, Heilig también patentó Telesphere Mask [11](fig 2.2) , la primera pantalla montada en la cabeza (HMD - Head Mounted Display), que proporcionaba imágenes estereoscópicas en 3D y sonido estéreo. Este “relativamente” pequeño HMD se parece más a los auriculares de Realidad Virtual de los consumidores de hoy en día, que al voluminoso factor de forma

sentado del Sensorama. La imagen de la patente tiene un gran parecido con muchos de los auriculares disponibles en la actualidad.

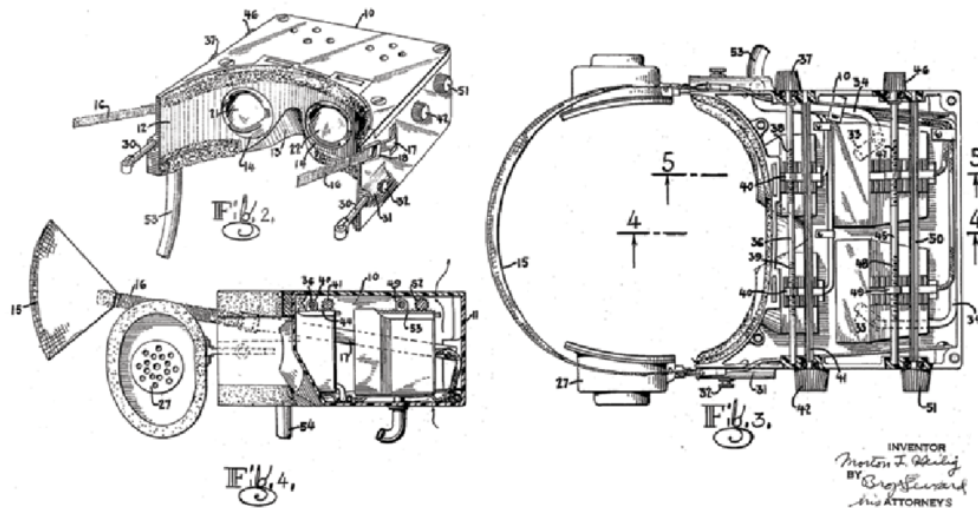


Fig. 2.2 Morton Heilig, Telesphere Mask. 1960

Algunos años más tarde, en 1966, Ivan Sutherland[12] inventó el head. Sutherland fue el primero en crear un sistema de Realidad Aumentada mediante una pantalla óptica montada en la cabeza, que fue denominada como “La espada de Damocles”[13].

En 1975, Myron Krueger[14] crea el Videoplance [15](fig x.x), una sala que permitía a los usuarios interactuar con objetos virtuales por primera vez.

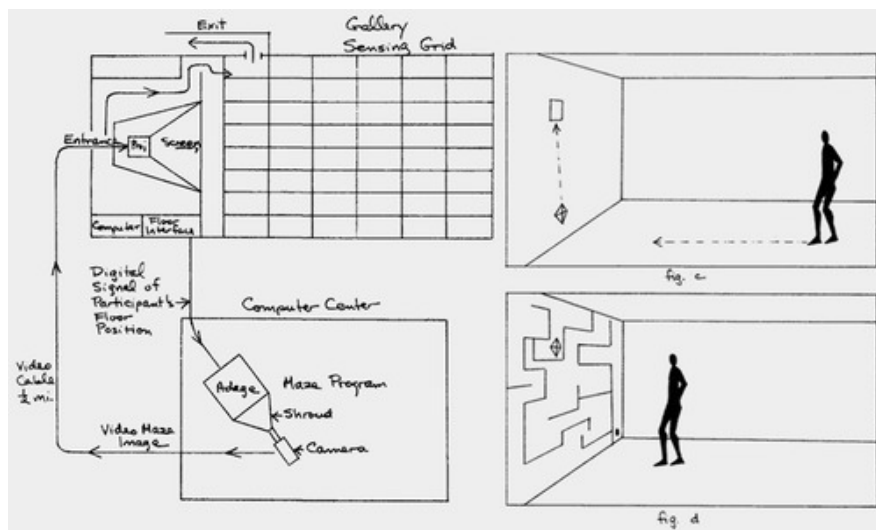


Fig. 2.3 Videoplance, diagrama de la habitación. 1975

Más tarde, Tom Caudell y David Mizell de Boeing [16] acuñaron la frase **Realidad Aumentada** mientras ayudaban a los trabajadores a montar cables para un avión. En este momento, también empezaron a discutir las ventajas de la Realidad Aumentada frente a la Realidad Virtual, como por ejemplo el hecho de que requería menos energía ya que se necesitaban menos píxeles.

Ese mismo año, L.B Rosenberg desarrolló uno de los primeros sistemas de Realidad Aumentada en funcionamiento, llamado Virtual Fixtures,[17] y demostró su beneficio en el rendimiento humano, mientras que Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann presentaron el primer documento importante sobre un prototipo de sistema de Realidad Aumentada llamado KARMA[18]. El continuo de virtualidad de la realidad que se ve en la no se define hasta 1994 por Paul Milgram y Fumio Kishino como un continuo que abarca desde el entorno real al entorno virtual.

En 1997, Ronald Azuma escribió el primer estudio sobre Realidad Aumentada proporcionando una definición ampliamente reconocida de Realidad Aumentada al identificarla como la combinación de entorno real y virtual, siendo a la vez registrada en 3D e interactiva en tiempo real.

El primer juego móvil de Realidad Aumentada al aire libre, ARQuake[19], fue desarrollado por Bruce Thomas en el año 2000 y se demostró durante el International Symposium on Wearable Wearable Computers.

En los años siguientes, se desarrollaron cada vez más aplicaciones de Realidad Aumentada especialmente con aplicaciones móviles, como la guía de viajes Wikitude AR[20] lanzada en 2008, pero también con el desarrollo de aplicaciones médicas en 2007.

En 2010 sale a la venta Kinect, que es un controlador de juego desarrollado por Microsoft para la videoconsola Xbox 360, que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un controlador.

En 2012, Google se lanza al diseño de unas gafas que crearían la primera Realidad Aumentada comercializada, bautizando el proyecto como Glass y anunciando su beta abierta de Google Glass (Fig. 2.4) en 2013. El resultado, lleno de luces, sombras y críticas respecto a seguridad y privacidad, fue finalmente retirado de comercialización en 2015 con promesas de mejora para los usuarios.



Fig. 2.4 Google Glass. 2012

En 2013, Sony muestra la Realidad Aumentada en PS4 con The Playroom [E3 2013]. También en 2013, Niantic, en colaboración con Google, lanza Ingress, un juego para móviles de RA, el que mayor éxito ha tenido hasta ahora en este ámbito. Finalmente, en ese mismo año, Volkswagen usa la Realidad Aumentada en los manuales de sus vehículos a través de la aplicación de iPad MARTA. Esta aplicación permite que usuarios y mecánicos puedan visualizar el funcionamiento interno del

vehículo, junto con instrucciones para localizar y solucionar problemas mecánicos, en una proyección sobre el propio automóvil.

En 2015 Microsoft lanza sus gafas de Realidad Aumentada, HoloLens, gracias al trabajo de Alex Kipman en lo que fue llamado el proyecto Baraboo y que tomó como punto de partida Kinect de Xbox, desarrollado en 2010.

En 2016 Niantic crea el Pokémon Go, un juego de Realidad Aumentada para móviles que alcanza un éxito a nivel mundial sin precedentes en el género y cuya idea proviene de una broma para el “April's Fool's day” que el presidente de Nintendo ideó con Google para que aparecieran pokémon en Google maps.

En 2017 Apple y Google lanzan sus propios kit de desarrollo de Realidad Aumentada, ARKIT y ARCore. Y también en 2017 Google lanza Google Glass Enterprise Edition.

En 2018 Google crea Google Article, un visor de objetos 3D que irá integrado en el navegador. Además de juegos de radiocontrol para el móvil.

En 2019, Microsoft lanza un nuevo modelo mejorado: las HoloLens 2 (Fig. 2.5), el 24 de febrero del mismo año, y más tarde, en mayo, Google presenta su nuevo modelo: las Glasses Enterprise Edition 2 con características mejoradas de su modelo anterior.



Fig. 2.5 HoloLes. 2019

En la CES (Consumer Electronics Show) 2020, se expusieron nuevas incorporaciones como las gafas VR de Panasonic que cuentan con una resolución de alta definición que permite ver sin el efecto “malla metálica”, entre otras como las nuevas presentadas por Samsung. Éstas poseen un sistema llamado Gait Enhancing & Motivating System, que se trata de una plataforma de análisis de entrenamientos y ejercicios. En dicha presentación se empleó un exoesqueleto y unas gafas que son capaces de seleccionar una tabla de ejercicios.

2.2 Realidad Virtual

2.2.1 Introducción a la Realidad Virtual como concepto

El concepto de Realidad Virtual se remonta a mediados de 1960, cuando Ivan Sutherland, en un manuscrito fundamental [1], intentó describir la la Realidad Virtual como:

“una ventana a través de la cual el usuario percibe el mundo virtual como si se viera, sintiera y sonora real y en el que el usuario pudiera actuar de forma realista.”

Desde entonces, y de acuerdo con el ámbito de aplicación se han formulado varias definiciones; por ejemplo, Fuchs y Bishop (1992) definieron la Realidad Virtual como:

"gráficos interactivos en tiempo real con modelos 3D, combinados con una tecnología de visualización que proporciona al usuario la inmersión en el mundo del modelo y manipulación directa"

Mientras que Gigante (1993) describió la Realidad Virtual como:

"la ilusión de participar en un entorno sintético, en lugar de la observación externa de dicho entorno. La Realidad Virtual se basa en una pantalla 3D estereoscópica de seguimiento de la cabeza pantallas, seguimiento de la mano/del cuerpo y sonido binaural. La Realidad Virtual es una experiencia inmersiva y multisensorial"

Por último Cruz-Neira, 1993 introdujo que:

"La Realidad Virtual se refiere a una experiencia inmersiva, interactiva, multisensorial centrados en el espectador, generados por computadora en 3D y la combinación de tecnologías necesarias para construir entornos"

En la actualidad, podemos simplemente definir a La Realidad Virtual como un **sistema de simulación interactivo con combinación de información de múltiples fuentes. Mediante la simulación de información visual, táctil y auditiva, entre otras, los usuarios pueden interactuar con los objetos del mundo virtual en tiempo real.**

2.2.2 Características de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual posee determinados requisitos en cuanto a las prestaciones de los gráficos del hardware que se utilice para así poder conseguir un alto grado de realismo y rendimiento en tiempo real. En los últimos años, el desarrollo de los gráficos por computadora y del hardware han supuesto un gran avance en la tecnología de la Realidad Virtual.

El estado ideal de la Realidad Virtual es aquel en el que los usuarios pueden interactuar con los objetos del entorno virtual en tiempo real y obtener una respuesta real sin restricciones como si estuvieran inmersos. De esta forma podemos determinar las tres características que debe tener el sistema de Realidad Virtual: **concepción, inmersión e interacción** [1].

La **concepción** es el objetivo de la Realidad Virtual, la interactividad es el requisito de la Realidad Virtual, y la inmersión es el núcleo de la Realidad Virtual. En este sentido, un sistema de Realidad Virtual debe tener, en primer lugar, un buen sentido de la inmersión y la interacción, con el fin de permitir a los usuarios obtener una experiencia real, y así lograr el propósito de la concepción, es decir lograr la percepción de estar presente en un entorno.

La **interactividad** es la garantía para que los usuarios adquieran una sensación de inmersión. La interactividad significa que, con el apoyo de dispositivos interactivos, los usuarios pueden interactuar con los objetos del mundo virtual, generados por software, de forma sencilla y natural, lo que permite establecer un entorno hombre-máquina más natural y armonioso a través de la percepción bidireccional entre los usuarios y el entorno virtual.

Por último, la **inmersión** se refiere a la cantidad de sentidos que se estimulan, a las interacciones y a la similitud de la realidad de los estímulos utilizados para simular los entornos. Esta característica puede depender de las propiedades del sistema tecnológico utilizado para aislar al usuario de la realidad.

El mayor o menor grado de inmersión puede depender de tres tipos de sistemas de Realidad Virtual proporcionados al usuario:

- Los **sistemas no inmersivos** son el tipo más sencillo y barato de aplicaciones de Realidad Virtual, que utilizan computadoras de uso común para reproducir imágenes del mundo real.
- Los **sistemas inmersivos** proporcionan una experiencia simulada completa gracias al apoyo de varios dispositivos de salida sensorial, como las pantallas montadas en la cabeza (HMD) para mejorar la visión estereoscópica del entorno mediante el movimiento de la cabeza del usuario, así como dispositivos de audio y hápticos.
- Los **sistemas semi-inmersivos**, se ubican entre los dos anteriores. Proporcionan una imagen estereoscópica de una escena tridimensional (3D) vista en un monitor mediante una proyección en perspectiva acoplada a la posición de la cabeza del observador.

Los sistemas inmersivos de mayor tecnología han mostrado una experiencia más cercana a la realidad, dando al usuario la ilusión de no mediación tecnológica y brindando la sensación de "estar presente" en el entorno virtual. Además, los sistemas de mayor inmersión, que los otros sistemas, pueden dar la posibilidad de añadir varias salidas sensoriales que permitan que la interacción y las acciones se perciban como reales.

Por último, la experiencia de Realidad Virtual del usuario podría revelarse midiendo la presencia, el realismo y los niveles de realidad. La presencia es una compleja sensación psicológica de "estar ahí" en la Realidad Virtual que implica la sensación y la percepción de la presencia física, así como la posibilidad de interactuar y reaccionar como si el usuario estuviera en el mundo real. Del mismo modo, el nivel de realismo corresponde al grado de expectativa que el usuario tiene sobre los estímulos y la experiencia. Si los estímulos presentados son similares a la realidad, la expectativa del usuario de Realidad Virtual será congruente con la expectativa de la realidad, mejorando así la experiencia de Realidad Virtual. Del mismo modo, cuanto mayor sea el grado de realidad en la interacción con los virtual, mayor será el nivel de realismo de los comportamientos del usuario.

2.2.3 Tecnologías utilizadas por la Realidad Virtual

Desde el punto de vista tecnológico, los dispositivos utilizados en los entornos virtuales desempeñan un papel importante en la creación de experiencias virtuales satisfactorias.

En lo que respecta al hardware utilizado en dichas experiencias podemos distinguir dispositivos de entrada y de salida. Los dispositivos de entrada son los que permiten al usuario comunicarse con el entorno virtual, y pueden ir desde un simple joystick o teclado hasta un guante que permite capturar los movimientos de los dedos o un rastreador capaz de capturar posturas. Más en detalle, el teclado, el mouse, el trackball y el joystick representan los dispositivos de entrada fáciles de usar, que

permiten al usuario ingresar comandos o realizar movimientos continuos y discretos al entorno. Otros dispositivos de entrada pueden ser representados por dispositivos de seguimiento como los guantes de detección de flexión que capturan los movimientos de la mano, las posturas y los gestos, o los guantes de pellizco que detectan los movimientos de los dedos, y los rastreadores capaces de seguir los movimientos del usuario en el mundo físico y traducirlos en el entorno virtual.

Por el contrario, los dispositivos de salida permiten al usuario ver, oír, oler o tocar todo lo que ocurre en el entorno virtual. Como se ha mencionado anteriormente, entre los dispositivos visuales se puede encontrar un amplio abanico de posibilidades, desde los más sencillos o menos inmersivos (monitor de una computadora) hasta el más inmersivo como las gafas o cascos de Realidad Virtual o los sistemas HMD o CAVE. Además, los dispositivos de salida auditivos, de altavoces y hápticos de salida son capaces de estimular los sentidos del cuerpo proporcionando una experiencia virtual más real. Por ejemplo, los dispositivos hápticos pueden estimular la sensación táctil y los modelos de fuerza en el usuario.

2.2.4 Aplicaciones de la Realidad Virtual

Entre algunas de las distintas aplicaciones actuales de la tecnología de Realidad Virtual podemos encontrar las siguientes de forma resumida [21]:

- **Prevención de Riesgos Laborales (PRL)**

Existen cada vez más aplicaciones dentro de la PRL (Prevención de Riesgos Laborales) de la Realidad Virtual. Esto se debe a que es una potente herramienta de sensibilización, es decir, permite formar e informar a un usuario en primera persona poniéndole en situación de aparente riesgo de cara a evaluar y corregir sus reacciones.

- **Ingeniería**

La Realidad Virtual es un apoyo que se está volviendo fundamental en los diversos campos de la ingeniería ya que recrea proyectos, maquetas, diseños, edificaciones, autos, entre otros. Da la oportunidad de conocer los objetos o lugares sin que todavía estén creados, pudiendo realizar mejoras y cambios para que al crearlos la tasa de error sea 0.

- **Educación**

En el ámbito de la educación, la Realidad Virtual aporta todo tipo de ventajas a cualquier edad. Desde niños pequeños otorgándoles la capacidad de explorar cualquier parte del mundo sin moverse del aula hasta estudiantes universitarios a los cuales el uso de esta tecnología les permite profundizar en todo tipo de campos: desde el aprendizaje de la medicina hasta el turismo, la tecnología, la ciencia o la robótica, entre otros.

- **Medicina**

Utilizar la Realidad Virtual para enseñar medicina es uno de los usos más interesantes a nivel académico gracias a que los alumnos pueden conocer de la mejor forma posible el cuerpo humano sin necesidad de esperar a hacer prácticas. Además, gracias a la tecnología podrían simularse todo tipo de casos posibles, enfermedades, operaciones. Se reduciría así, la necesidad de utilizar cadáveres o animales, por ejemplo, y permitiría ensayar continuamente sin ningún coste extra.

- **Turismo**

Utilizar este tipo de tecnología en el turismo permite visitar cualquier parte del mundo como si se estuviese en ese lugar. Podemos encontrar algunos edificios emblemáticos, monumentos y museos los que ya cuentan con un tour virtual para poder disfrutar de las distintas obras con información explicada en formato audio, por ejemplo, existen actualmente aplicaciones para teléfonos móviles específicas para mostrar hoteles, ciudades completas... E incluso hay empresas dedicadas exclusivamente a “virtualizar” hoteles, cruceros y ciudades para darlas a conocer a potenciales clientes y visitantes

- **Información**

El New York Times, para contar la carrera electoral presidencial en la que se enfrentaron, al principio, Hillary Clinton, Donald Trump, Bernie Sanders y John Kasich, utilizó videos 360° de los cuatro candidatos presentando sus propuestas. La aplicación le permitía a los usuarios moverse a su alrededor, entrar en el espacio físico de la discusión, verlos de cerca. Dior, para presentar su colección para la temporada primavera-verano 2017 usó, como hizo también el año 2016, un vídeo 360° que llevaba a los usuarios al interior de una pasarela cubierta de césped. La utilización de la Realidad virtual en el mundo de la información permitirá entrar, sumergirse y participar en las noticias del día, ya sean debates parlamentarios, desfiles de moda o el desarrollo de una guerra.

2.3 Realidad Aumentada

2.3.1 Introducción a la Realidad aumentada como concepto

A lo largo del tiempo se han incluido distintas definiciones de la Realidad Aumentada [22] en diversos artículos científicos, principalmente, a partir de los años 90. Algunas de las definiciones de Realidad Aumentada que se pueden encontrar:

Un sistema tecnológico más reciente en el que los objetos virtuales se añaden al mundo real en tiempo real durante la experiencia del usuario.

La Realidad Aumentada puede ser pensada como un intermedio entre un entorno virtual y la telepresencia completamente real.

Según Azuma et al. 2001:

Una de las tecnologías emergentes más prometedora en educación es la Realidad Aumentada, considerada como una diversificación de entornos virtuales que incorpora objetos virtuales al mundo real

Un sistema de Realidad Aumentada debe (1) combinar objetos reales y virtuales en un entorno real; (2) funcionar de forma interactiva y en tiempo real; (3) registrar objetos reales y virtuales entre sí. Además, aunque las experiencias de Realidad Aumentada puedan parecer diferentes de las de Realidad Virtual, la calidad de la experiencia de Realidad Aumentada podría considerarse similar.

Johnson et al., 2016

La Realidad Aumentada permite el enriquecimiento de la realidad a través de la superposición de metadatos en formatos tales como texto, imagen, vídeo y otros como coordenadas geográficas, que pueden ser visualizados a través de dispositivos de uso generalizado como celulares, tabletas y computadores.

Fabregat, 2012

“La Realidad Aumentada se basa en metadatos multimediales, los cuales hacen referencia al enriquecimiento de la realidad aportando información pertinente para el usuario por medio de dispositivos de uso diario; esto puede ofrecer muchas oportunidades cognitivas que pueden ser aprovechadas ampliamente en el mundo educativo, como son por ejemplo la capacidad de visualizar conceptos abstractos y objetos tridimensionales. Aunque generalmente se realiza el vínculo entre imágenes o figuras tridimensionales, también puede utilizarse sonidos, generar aromas o sensaciones táctiles.”

Díaz 2016

“La Realidad Aumentada fortalece la atención, concentración, memoria inmediata (largo plazo) en sus formas visuales y auditivas, así como del razonamiento... activación de procesos cognitivos de aprendizaje”.

Cheng y Tsai, 2013

“la Realidad Aumentada promueve la curiosidad y motivación en los estudiantes lo cual ofrece dos aspectos para ser analizados desde el punto de vista educativo: una ventaja en la captación de la atención de los estudiantes o una forma de distracción.”

En la actualidad podemos definir a la realidad aumentada como **un entorno generado mediante tecnología informática, que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. Dicho entorno es contemplado por el usuario a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual. Este puede ir acompañado de otros dispositivos, como guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción con el entorno así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad**

2.3.2 Características de la Realidad Aumentada

La característica fundamental de la Realidad Aumentada es la capacidad de integrar información virtual dentro de una escena real de un modo realista e intuitivo, y en tiempo real. La aplicación práctica más extendida de la Realidad Aumentada consiste en la superposición de texto e imágenes sobre la imagen real capturada por una cámara [23].

Gracias a la Realidad Aumentada los objetos virtuales añadidos al entorno real muestran al usuario información que éste no puede detectar directamente con sus sentidos. La información transmitida por el objeto virtual puede ayudar al usuario a realizar tareas cotidianas, como guiar a los trabajadores a través de los cables eléctricos de un avión mostrando información digital a través de unos auriculares. La información también puede tener simplemente un propósito de entretenimiento.

En efecto, al igual que en la Realidad Virtual, la sensación de presencia, el nivel de realismo y el grado de realidad representan las principales características que pueden considerarse indicadores de la calidad de las experiencias de Realidad Aumentada. Cuanto más alta sea la experiencia, mientras más se perciba como realista, y si hay congruencia entre la expectativa del usuario y la interacción dentro de los entornos de Realidad Aumentada, mayor será la percepción de "estar allí" físicamente, y a nivel cognitivo y emocional. La sensación de presencia, tanto en entornos de Realidad Aumentada como de Realidad Virtual, es importante para la realización de comportamientos como los reales.

Existen diferentes niveles de Realidad Aumentada según su grado de complejidad o de fusión con la realidad [24]. Estos niveles son:

- Realidad Aumentada basada en geolocalización en exteriores

- Realidad Aumentada basada en posicionamiento en interiores
- Realidad Aumentada basada en marcadores
- Realidad Aumentada sin marcadores
- Realidad Aumentada basada en reconocimiento de objetos
- Realidad Aumentada basada en reconocimiento de cuerpo: body / face tracking

La Realidad Aumentada basada en geolocalización en exteriores

Este tipo de Realidad Aumentada genera una experiencia de Realidad Aumentada que está vinculada a un lugar concreto en el exterior, basándose en la geolocalización.

En exteriores se utiliza la información que proporcionan los acelerómetros y el GPS del dispositivo sobre el cual se ejecuta la Realidad Aumentada para detectar cuando se ha llegado a un punto concreto y así activar una experiencia de Realidad Aumentada geolocalizada que no se podrá obtener en ningún otro lugar.

La Realidad Aumentada basada en posicionamiento en interiores

En interiores el GPS no es una buena alternativa para obtener información de localización, por lo que se ha de recurrir a otros métodos. Por ejemplo, el uso de Beacons, éstos son pequeños emisores de baja potencia y alcance reducido, que envían señales a aquellos dispositivos inteligentes que se encuentren cerca.

De este modo es posible establecer con bastante precisión la posición del dispositivo en el interior de un edificio y por lo que permite ofrecer contenidos de Realidad Aumentada cambiantes en función de su localización. Basta detectar cuál es el beacon más próximo.

Otra alternativa es el SLAM, que se basa en un mapeo del entorno por escaneo, permite a la Realidad Aumentada integrarse con un total conocimiento del espacio y de sus elementos.

Así, al organizar un recorrido en un museo o una fábrica, se pueden activar en algún punto un contenido digital cuando se para el usuario.

La Realidad Aumentada basada en marcadores

Los marcadores son imágenes que la aplicación de Realidad Aumentada es capaz de reconocer (por eso también se conoce como Realidad Aumentada por reconocimiento de imágenes).

Los marcadores más básicos son imágenes formadas por patrones claramente diferenciados del entorno real y no demasiado complejos para que la cámara del smartphone pueda reconocerlos sin dificultad, por ejemplo, los conocidos códigos QR. Aunque hoy en día la tecnología permite ya utilizar imágenes bastante más complejas y naturales. Por ejemplo: logos de empresa, tarjetas de visita, etiquetas, la carta de un restaurante, un mapa turístico, etc.

Estos marcadores actúan de triggers para enlazar el contenido digital con el mundo real: se coloca el marcador en el lugar que interese añadir información, por ejemplo, junto a una pintura en un museo, y cuando la cámara del smartphone lo ha reconocido, el contenido de Realidad Aumentada aparece sobre él, por ejemplo, un texto con la biografía del pintor. El contenido de Realidad Aumentada queda anclado al marcador.

El marcador es el enlace entre el mundo real y el contenido digital aumentado.

La Realidad Aumentada sin marcadores

Cuando no se usan marcadores el contenido de Realidad Aumentada puede llegar a integrarse muy bien en el entorno real ya que se vincula a algún elemento del mismo. El trigger que desencadena la aparición de este contenido es la detección de una superficie vertical u horizontal con la cámara del dispositivo. Por ejemplo, el suelo, las paredes, una mesa, etc. Una vez detectada la superficie, el contenido digital se coloca sobre ésta y queda anclado a ella.

De este modo se podrá caminar a su alrededor para verlo desde diferentes ángulos, o alejarse para verlo en perspectiva. O incluso permite ingresar caminando en su interior si lo que hemos colocado es un objeto 3D lo suficientemente grande.

La Realidad Aumentada basada en reconocimiento de objetos

Una Realidad Aumentada dotada de inteligencia artificial es capaz de reconocer objetos del entorno real de tal forma que superpondrá el contenido adicional vinculándolo al objeto.

Por ejemplo en industria se puede reconocer una pieza de maquinaria simplemente apuntando con la cámara del móvil para desplegar información relacionada con ese equipo concreto, tales como:

- Instrucciones de uso
- Historial de mantenimiento de ese equipo concreto
- Información interna sobre el funcionamiento del equipo

La Realidad Aumentada basada en reconocimiento de cuerpo: body / face tracking

De la misma forma que puede reconocer objetos, la Realidad Aumentada avanzada reconoce también cuerpos y caras. Los contenidos de Realidad Aumentada se superponen perfectamente encima de la persona, acoplándose a su ergonomía e incluso siguen el movimiento de las diferentes partes de su cuerpo mediante body tracking.

Un ejemplo de uso podría ser una aplicación que permite al usuario ver cómo le quedaría un tatuaje colocado en su brazo antes de hacérselo. O que le permita probarse toda una colección de zapatos sin salir de casa.

2.3.3 Tecnologías por la Realidad Aumentada

El hardware y el software necesarios para la implementación de Realidad Aumentada pueden ser varios y dependen en gran medida de los casos de uso de la aplicación, la complejidad de la escena virtual a añadir, el dispositivo del cual disponga el usuario, y la tecnología utilizada para el desarrollo de la misma.

Sin embargo, el hardware mínimo necesario para ejecutar la aplicación de Realidad Aumentada viene dado por una cámara que capte el mundo real, una pantalla para proyectar los objetos virtuales y los recursos técnicos (procesador, memoria, etc...) necesarios para gestionar la grabación de vídeo, la detección del entorno y la superposición de los objetos virtuales con el entorno real.

Tecnológicamente, los sistemas de Realidad Aumentada, por muy variados que sean, presentan tres componentes comunes, como un dato geoespacial para el objeto virtual, como un marcador visual, una superficie para proyectar elementos virtual al usuario, y un componente de procesamiento adecuado para gráficos, la animación y la fusión de imágenes, como un computadora y un monitor.

2.3.4 Aplicaciones de la Realidad Aumentada

Entre las distintas aplicaciones actuales de la tecnología de Realidad Aumentada podemos encontrar las siguientes de forma resumida [25]:

- **Medicina**

Los médicos podrían utilizar la Realidad Aumentada como ayuda para la visualización y el entrenamiento en cirugía. Además podría ser posible recopilar conjuntos de datos tridimensionales de un paciente en tiempo real, utilizando sensores no invasivos como la Resonancia Magnética (RM), la Tomografía Computarizada (TAC), o imágenes por ultrasonidos.

Estos conjuntos de datos podrían representarse y combinarse en tiempo real con una vista del paciente real. En efecto, esto daría a un médico una "visión de rayos X" del interior del paciente. Esto sería muy útil durante la cirugía mínimamente invasiva, que reduce el traumatismo de una operación mediante pequeñas incisiones o sin incisiones. Un problema de las técnicas mínimamente invasivas es que reducen la capacidad del médico para ver el interior del paciente, lo que dificulta la cirugía. La tecnología de Realidad Aumentada podría proporcionar una visión interna sin necesidad de grandes incisiones.

La Realidad Aumentada también podría ser útil para las tareas de visualización médica general en el quirófano. Los cirujanos pueden detectar algunas características a simple vista que no pueden ver en las resonancias magnéticas o en los TAC, y viceversa. La Realidad Aumentada permitiría a los cirujanos acceder a ambos tipos de datos simultáneamente. Esto también podría guiar las tareas de precisión, como la visualización de dónde perforar un agujero en el cráneo para una cirugía cerebral o dónde realizar una biopsia con aguja de un tumor diminuto. La información de los sensores no invasivos se mostrará directamente en el paciente, indicando exactamente dónde realizar la operación.

La Realidad Aumentada también podría ser útil para la formación. Las instrucciones virtuales podrían recordar a un cirujano novato los pasos necesarios, sin necesidad de apartar la vista del paciente para consultar un manual. Los objetos virtuales también podrían identificar órganos y especificar para evitar molestias.

- **Fabricación y reparación**

Otra categoría en la cual se podría aplicar la Realidad Aumentada es el montaje, mantenimiento y reparación de maquinaria compleja. Las instrucciones podrían ser más fáciles si estuvieran disponibles, no como manuales con texto e imágenes, sino como gráficos en 3D superpuestos sobre el equipo real, mostrando paso a paso las tareas que hay que llevar a cabo y cómo realizarlas.

Estos gráficos tridimensionales superpuestos pueden ser animados, lo que hace que las instrucciones sean aún más explícitas.

Varios proyectos de investigación han mostrado prototipos en este ámbito. Por ejemplo, un grupo de Boeing está desarrollando tecnología de Realidad Aumentada para guiar a un técnico en construir un mazo de cables que forma parte del sistema eléctrico de un avión. Además, el almacenamiento de estas instrucciones en formato electrónico ahorrarán espacio y reducirán los costos.

- **Anotación y visualización**

La Realidad Aumentada podría utilizarse para anotar objetos y entornos con información pública o privada. Las aplicaciones que utilizan información pública suponen la disponibilidad de bases de

datos públicas a las que recurrir. Por ejemplo, una pantalla portátil podría proporcionar información sobre el contenido de las estanterías de la biblioteca mientras el usuario camina por ella.

La Realidad Aumentada también podría ayudar en las tareas de visualización general. Por ejemplo, un arquitecto con un HMD de visión directa podría mirar por una ventana y ver cómo un nuevo rascacielos propuesto cambiaría su vista.

Si se dispusiera de una base de datos con información sobre la estructura de un edificio, la Realidad Aumentada podría ofrecer a los arquitectos una "visión de rayos X" del interior de un edificio, mostrando dónde están las tuberías, la electricidad y el agua y los soportes estructurales dentro de las paredes.

Los investigadores de la Universidad de Toronto han creado un sistema de Realidad Aumentada mediante superposiciones gráficas en estéreo vídeo (ARGOS), que, entre otras cosas, se utiliza para facilitar la comprensión de las imágenes en condiciones de visualización difíciles.

Por ejemplo, la visualización de unas líneas de alambre dibujadas sobre el interior de la bahía del transbordador espacial, mientras está en órbita. Las líneas facilitan la visualización de la geometría de la bahía del transbordador. Del mismo modo, las líneas y objetos virtuales podrían ayudar a la navegación y a la comprensión de la escena en condiciones de poca visibilidad, como bajo el agua o con niebla.

- **Planificación de la trayectoria de un robot**

La teleoperación de un robot es a menudo un problema difícil, especialmente cuando el robot está lejos, con largos retrasos en el enlace de comunicación. En estas circunstancias, en lugar de controlar el robot directamente, puede ser preferible controlar una versión virtual del mismo. El usuario planifica y especifica las acciones del robot manipulando la versión virtual local, en tiempo real. Los resultados se muestran directamente en el mundo real. Una vez probado y determinado el plan, el usuario indica al robot real que ejecute el plan especificado. De este modo se evitan las oscilaciones inducidas por el piloto a causa de los largos retrasos.

Las versiones virtuales también pueden predecir los efectos de la manipulación del entorno, sirviendo así de herramienta de planificación y pre visualización para ayudar al usuario a realizar la tarea deseada. El sistema ARGOS ha demostrado que la Realidad Aumentada estereoscópica es una forma más fácil y precisa de realizar la planificación de la trayectoria del robot que las interfaces monoscópicas tradicionales.

- **Entretenimiento**

En SIGGRAPH '95, varios expositores mostraron "sets virtuales" que fusionan actores reales con fondos virtuales, en tiempo real y en 3D. Los actores se situaban frente a una gran pantalla azul, mientras una cámara de movimiento controlada por computadora graba la escena.

En estos set virtuales, dado que se sigue la ubicación de la cámara y los movimientos del actor están programados, es posible componer digitalmente al actor en un fondo virtual en 3D. Por ejemplo, el actor puede aparecer dentro de un gran anillo virtual que gira, en el que la parte delantera La parte delantera del anillo cubre al actor, mientras que la parte trasera del anillo está cubierta por el actor.

La industria del entretenimiento ve en esto una forma de reducir los costes de producción: crear y crear y almacenar los decorados virtualmente es potencialmente más barato que construir constantemente nuevos decorados físicos desde cero.

El proyecto ALIVE del MIT Media Lab va un paso más allá al poblar el entorno con criaturas virtuales inteligentes que responden a las acciones del usuario.

2.4 Realidad Aumentada en móviles. Procesos, mecanismos y métodos de implementación

2.4.1 Funcionamiento de la Realidad Aumentada móvil

La Realidad Aumentada es una tecnología visual entre la Realidad Virtual y la Realidad Real cuya aplicación va a permite superponer contenido virtual generado por la aplicación sobre el mundo real, de esta manera la Realidad Aumentada les permite a los usuarios a comprender mejor su entorno, brindando a partir de la misma la posibilidad de insertar contenido sobre dicho entorno.

En la Fig. 2.6 se muestra un proceso típico en la implementación de la Realidad Aumentada [26]. La cámara y otros tipos de sensores del dispositivo se utilizan para recopilar continuamente información del entorno del usuario. La percepción del entorno analiza la información capturada (por ejemplo, imagen/vídeo, ubicación y orientación) para el reconocimiento y la percepción del mundo real. Al mismo tiempo, los sensores también recogen la información de la interacción del usuario y la analiza para el seguimiento de los objetos. Tanto los resultados de la percepción del entorno como los de la interacción se utilizan para una integración perfecta de los contenidos virtuales con el mundo real, es decir, se realizará una operación de renderizado, tras la cual la Realidad Aumentada se presentará al usuario.

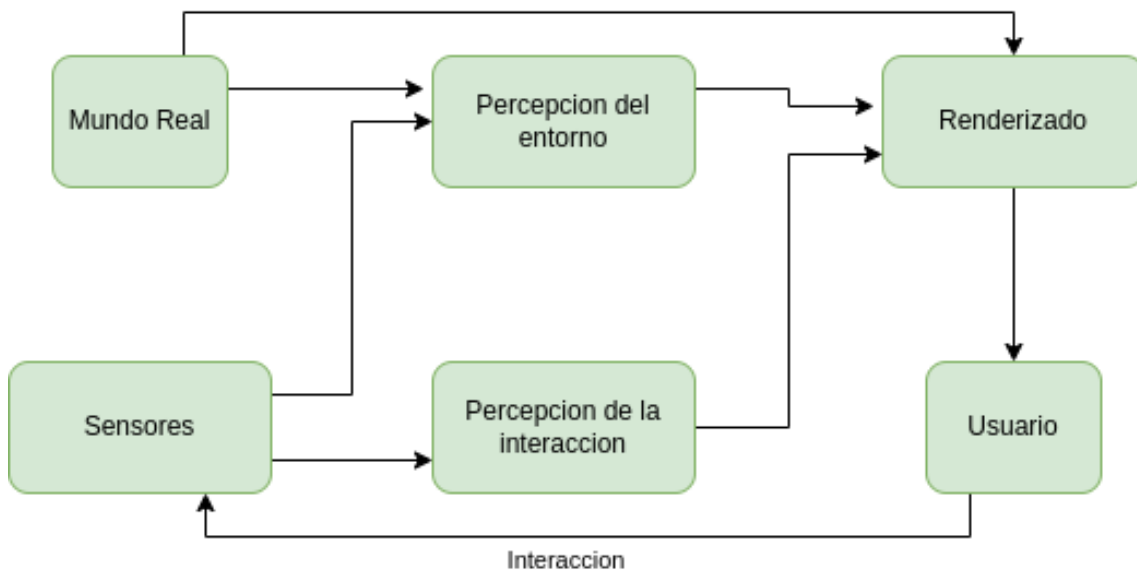


Fig. 2.6 Proceso típico de AR

2.4.2 Mecanismos típicos de aplicación de la Realidad Aumentada

Los avances en los dispositivos móviles, incluidas las plataformas de computación y visualización, ofrecen diversas opciones para la implementación de aplicaciones de Realidad Aumentada. De acuerdo con las tecnologías de seguimiento, se detallan los mecanismos típicos de implementación de Realidad Aumentada móvil en términos de tres aspectos:

- métodos de seguimiento basados en sensores
- métodos basados en la visión
 - método de seguimiento fotograma a fotograma
 - método basado en marcadores
 - método sin marcadores
- métodos híbridos.

Los diferentes mecanismos de implementación tienen, naturalmente, diferentes complejidades en cuanto a computación, redes y almacenamiento. El método basado en sensores es un enfoque de implementación de Realidad Aumentada móvil relativamente ligero, mientras que el método basado en el enfoque basado en la visión plantea grandes exigencias de la plataforma de ejecución, así como la capacidad de la red. El mecanismo de seguimiento híbrido es obviamente una solución de compromiso (Trade-off).

- **Mecanismos basados en sensores**

Los dispositivos móviles de hoy en día ya admiten una gran variedad de sensores, como acelerómetros, giroscopios, brújulas, magnetómetros y GPS, entre otros. Las aplicaciones basadas en este mecanismo proporcionan una experiencia de Realidad Aumentada aprovechando la tecnología de servicios basados en la localización. Hay que tener en cuenta que la cámara se puede habilitar para capturar el entorno circundante, pero sólo para la visualización del entorno como fondo. Además de los mecanismos de implementación de la Realidad Aumentada móvil basados en un único sensor, la combinación de diferentes sensores permite a muchas aplicaciones conseguir resultados de seguimiento más precisos. El aumento de la categoría de sensores, así como la mejora continua de la funcionalidad de los mismos, proporciona la base y las oportunidades para la diversificación de las aplicaciones de Realidad Aumentada en la web. Teniendo en cuenta la complejidad de la computación, el almacenamiento y la red, este mecanismo ligero de implementación de la Realidad Aumentada en la Web es actualmente la opción más simple para que los usuarios se inicien.

Sin embargo, este método funciona en bucle abierto, lo que dará lugar a un error acumulativo inevitable, ya que el error de seguimiento no puede ser evaluado y corregido en tiempo real.

- **Mecanismos basados en la visión**

Del mismo modo, la cámara del dispositivo capta el entorno circundante, pero además proporciona la base para el reconocimiento, la detección y el seguimiento de objetos basados en la visión. Este tipo de mecanismo utiliza las correspondencias de características para estimar la información de la postura y alinear el contenido virtual con los objetos del mundo real y es análogo a un sistema de bucle cerrado.

En función de las diferentes características, puede dividirse en dos métodos, como se explica a continuación.

El **método de seguimiento fotograma a fotograma** evita la mencionada acumulación de errores. Sin embargo, introduce una fuerte presión computacional en los dispositivos móviles, especialmente para los métodos de seguimiento de características naturales. Además de la mejora de la capacidad de los dispositivos, los avances en la red (por ejemplo, las redes 5G) aportan otro enfoque al problema del rendimiento ineficiente de las aplicaciones de Realidad Aumentada en la web, es decir, la externalización del cálculo.

El **método basado en marcadores** utiliza un marcador predefinido para cumplir el requisito de seguimiento, lo que incluye las siguiente dos formas:

- i. El **método fiducial** tiene forma, tamaño, color y propiedades predefinidas, como se muestra en la Fig. 2.7 Puede alcanzar una precisión superior y una solidez en condiciones ambientales cambiantes. Sus características de fácil identificación lo hicieron popular en las primeras etapas de desarrollo. Sin embargo, la dificultad de desplegar y mantener los fiduciales en un entorno desconocido o al aire libre ha limitado el alcance de su aplicación.
- ii. El **método de seguimiento** de características naturales evita las dificultades del método de seguimiento de fiduciales mencionado anteriormente y, por lo tanto, tiene una gama más amplia de aplicaciones.

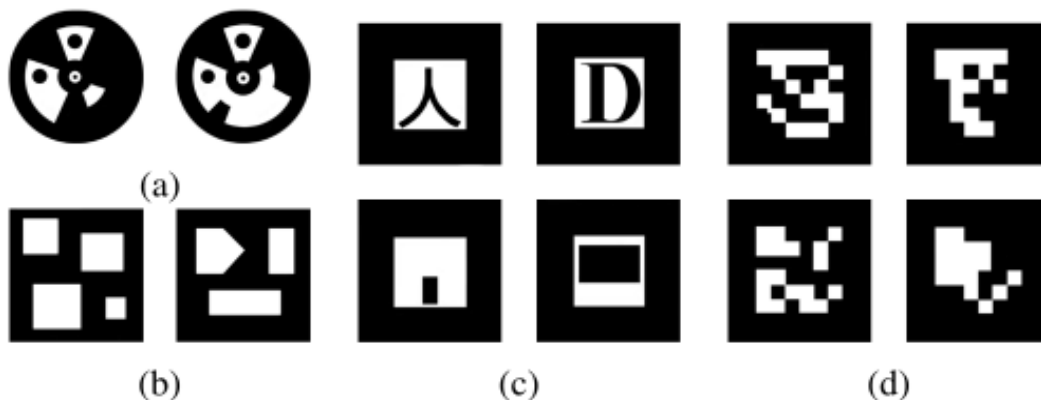


Fig. 2.7 Varios sistemas de marcadores de patrones planares [22] utilizados en la Realidad Aumentada. (a) Intersense. (b) ARStudio. (c) ARToolKit. (d) ARTag.

Los dos enfoques se enumeran a continuación.

- I. **Imagen bidimensional:** El método de la imagen del mundo real (por ejemplo, basado en una fotografía o un cartel) es una alternativa al método basado en fiduciales. Hay que tener en cuenta que este método requiere un algoritmo de detección y reconocimiento de objetos más potente; no todas las imágenes 2D pueden utilizarse para la estimación de la pose de la Realidad Aumentada, por ejemplo, una imagen de color sólido sin ningún patrón.
- II. **Objeto 3D:** Es natural extender el seguimiento de objetos de una imagen 2D a un objeto 3D. Ya existen muchos algoritmos para objetos específicos no regulares, como los rostros

humanos, pero esto sigue siendo un reto para el reconocimiento general. Aunque este tipo de método está en sus primeras etapas, su valor potencial sigue mereciendo atención.

El **método sin marcadores** detecta y comprende un entorno real desconocido o al aire libre (por ejemplo, las ubicaciones de las paredes), y no se requiere un conocimiento previo del entorno, lo que promoverá eficazmente la Realidad Aumentada móvil a gran escala. Sin embargo, es más difícil adoptar la localización y el mapeo simultáneos, la parte central de la percepción del entorno sin marcadores, a la Realidad Aumentada móvil, principalmente debido a la ineficiencia computacional y a las limitaciones de los recursos de los dispositivos móviles.

- **Mecanismo de seguimiento híbrido**

El mecanismo híbrido de implementación de la Realidad Aumentada móvil es un compromiso que tiene en cuenta la ineficacia computacional de los dispositivos móviles. Supera las debilidades y limitaciones de los métodos individuales mencionados anteriormente combinando diferentes métodos. Muchas aplicaciones han demostrado la idoneidad de este enfoque. No sólo proporciona a las aplicaciones de Realidad Aumentada móvil unos resultados precisos y robustos, sino que también reduce la complejidad computacional. Teniendo en cuenta la limitada capacidad de computación y el rendimiento de la red, este esquema híbrido desempeñará un papel importante en la promoción de la Realidad Aumentada móvil a gran escala en la actualidad.

2.4.3 Diferentes implementaciones de Realidad Aumentada en la web

Para explorar el potencial de la Realidad Aumentada en los dispositivos móviles, tanto el mundo académico como la industria se están buscando enfoques de implementación más eficientes para compensar la brecha entre la experiencia del usuario de la aplicación de Realidad Aumentada móvil y la capacidad limitada del navegador web. La Realidad Aumentada web, como rama de la Realidad Aumentada móvil, ha atraído recientemente una gran atención debido a sus características de ligereza y multiplataforma. En función de los diferentes paradigmas informáticos, podemos clasificar los enfoques de implementación de la Realidad Aumentada web en dos tipos

1. El **método autónomo** ejecuta todas las tareas en el dispositivo móvil de forma local (es decir, el enfoque offline). La ventaja de este método es que depende menos de las redes móviles, por lo que el rendimiento del seguimiento en tiempo real no se verá degradado por el retraso adicional de la comunicación. Sin embargo, la ineficiente capacidad de computación de ciertos dispositivos móviles se convierte en su principal defecto: algunos dispositivos móviles todavía no pueden llevar a cabo estas tareas, especialmente en la web.
2. El **método de externalización** de la computación aprovecha las capacidades de computación y almacenamiento de los servidores en la nube, y normalmente puede proporcionar una mejor experiencia de usuario que la mencionada antes mencionada. Sin embargo, este método depende en gran medida de las redes móviles y, por lo tanto, el rendimiento de las aplicaciones de Realidad Aumentada web se ve fácilmente afectado por las condiciones de la red.

- **Método autónomo**

Hay dos enfoques principales de implementación para el método autónomo. Uno es desarrollar bibliotecas o plug-ins basados en JavaScript para proporcionar servicios de Realidad Aumentada móvil en la Web. El otro consiste en ampliar el núcleo del navegador para conseguir un mejor rendimiento de la aplicación de Realidad Aumentada en la Web. A continuación se describen estos dos enfoques en detalle.

- I. **Biblioteca/Plugin de JavaScript puro:** Como se ha mencionado anteriormente, los métodos de implementación de la Realidad Aumentada móvil basados en el seguimiento fiduciario siempre pueden proporcionar un rendimiento de identificación y seguimiento preciso y robusto debido a su bajo nivel de exigencia debido a su baja complejidad computacional. Ya existen muchas bibliotecas/plug-ins de JavaScript dedicadas a soportar servicios de Realidad Aumentada en la web.

AR.js es una solución de Realidad Aumentada web basada en Three.js y JSARToolKit 5, que puede funcionar en todas las plataformas y cualquier navegador con WebRTC y WebGL; alcanza incluso 60 frames/s, estable en Nexus 6P. Sin embargo, actualmente, AR.js solo puede soportar el marcador fiduciario, ya que solo implica operaciones matriciales simples. Todavía es un reto para AR.js soportar objetos de características naturales.

Awe.js es otra implementación de Realidad Aumentada en la web, es decir, una basada en el seguimiento de características naturales (imagen bidimensional), y algunos intentos experimentales han demostrado su idoneidad. Sin embargo, la ineficiente capacidad de computación de la Web puede dar lugar a un importante error de seguimiento debido a los complejos requisitos computacionales de las aplicaciones de Realidad Aumentada en la Web, por no hablar de los métodos de implementación de la Realidad Aumentada en la Web con objetos en 3D y sin marcadores.

- II. **Ampliación del núcleo del navegador:** El navegador web es hoy en día una importante entrada para que los usuarios se conecten a Internet. Al ampliar el núcleo del navegador para que soporte la Realidad Aumentada, las aplicaciones de Realidad Aumentada de la web pueden obtener a menudo un rendimiento casi nativo en los dispositivos móviles y, por tanto, una mejor experiencia de usuario. El mundo académico y la industria ya han realizado algunos esfuerzos y de la industria para explorar el potencial de este enfoque de implementación de la Realidad Aumentada en la web, como RWWW, Wikitude, y el proyecto Argón. El estado del arte de Mozilla y Google es el proyecto WebXR Viewer, WebARonARKit y WebARonARCore. Estos esfuerzos tienen como objetivo proporcionar un entorno estándar para los desarrolladores de Realidad Aumentada en la Web. Sin embargo, todavía están en su fase inicial y no se han aplicado en la práctica a gran escala.

La solución de extensión browser-kernel del navegador presenta una prometedora y potente solución de implementación de Realidad Aumentada en la Web, comparada con el método puro de biblioteca/plugin de JavaScript. Sin embargo, antes de que finalice la estandarización de los navegadores compatibles con la Realidad Aumentada la diversidad de APIs propuestas por las diferentes soluciones de extensión del núcleo del navegador limitará, por el contrario, la promoción a gran escala de las aplicaciones web de Realidad Aumentada. Afortunadamente, ya se han iniciado algunos esfuerzos de estandarización.

- **Método de externalización del cálculo**

Aunque el método de extensión del núcleo del navegador logra una mejora de rendimiento del tipo de salto en comparación con otra solución de implementación de Realidad Aumentada web autónoma (es decir, una biblioteca/plug-in de JavaScript puro), sigue siendo un reto para la percepción de entornos complejos por parte de dispositivos debido a su limitada capacidad de cálculo.

Otro tipo de mecanismo de implementación de Realidad Aumentada en la Web es la externalización de los cálculos. Al externalizar las tareas de cálculo intensivo a servidores en la nube, los usuarios de la web pueden obtener una mejor experiencia de Realidad Aumentada, que se beneficia de la mayor capacidad de cálculo de los servidores. Al mismo tiempo, se reduce el requisito de capacidad de computación para el dispositivo móvil y, por tanto, el umbral de promoción de la Realidad Aumentada en la web. Sin embargo, el retraso adicional de la comunicación y el coste de despliegue son dos cuestiones importantes que merecen nuestra atención al mismo tiempo.

Los avances en la tecnología de redes hacen posible no sólo externalizar las tareas de cálculo intensivo a los servidores de la nube, sino también lograr la computación colaborativa para una mejor experiencia de Realidad Aumentada y el ahorro de energía. Las redes 5G pueden alcanzar incluso una velocidad de datos de 1 Gb/s, así como un retardo de un milisegundo de extremo a extremo, y además, la tecnología D2D admite la comunicación a corta distancia. Todas estas características ofrecen oportunidades a la Realidad Aumentada web para su promoción generalizada y también para la mejora del rendimiento. Otra cuestión importante es la estrategia de descarga del método de externalización de la computación. Teniendo en cuenta el alto coste monetario del despliegue de servidores en la nube, es necesario un método razonable de despliegue de servicios y de descarga de computación. En la actualidad, hay una gran variedad de marcos de descarga y enfoques (por ejemplo, la teoría de los juegos, la programación lineal entera, la teoría de la decisión multicriterio y el aprendizaje por refuerzo), que pueden utilizarse para el despliegue de la Realidad Aumentada en la web para cumplir con el paradigma de la computación adaptativa y optimizar así la utilización de los recursos en Internet.

2.5 Experiencia de Usuario (UX) en implementaciones de Realidad Aumentada

El término Experiencia de Usuario (UX) [27] surgió hace un par de décadas atrás en la comunidad de la Interacción Persona-Computadora (HCI). En general, la UX incluye varias disciplinas, como el diseño visual, los factores humanos, la entrega de información, el diseño de hologramas, el contenido, el diseño de sonido y el diseño de interacción, como se muestra en la Figura x.x. La experiencia del usuario fue definida por la ISO como

"las percepciones y respuestas de la persona resultantes del uso y/o del uso anticipado de un producto, sistema o servicio".

También observa las respuestas que van desde las emociones, percepciones y comportamientos hasta las respuestas físicas y psicológicas de los usuarios antes, durante y después de interactuar con la aplicación. Sin embargo, los investigadores y escritores han intentado definir la UX desde diferentes perspectivas.

Por ejemplo, Ellis define la UX como:

“la disciplina que instruye la forma de cambiar el producto para afectar a los sentimientos del usuario y a su comportamiento. Incluye toda la experiencia de uso del producto/sistema, como la realización de evaluaciones sobre las preferencias del usuario, e incluso la identificación de momentos de deleite o frustración.”

Sin embargo, Unger y Chandler definieron el diseño de la experiencia del usuario dentro de una definición más amplia, que es:

“la creación y sincronización de los elementos que afectan a la experiencia del usuario con una empresa concreta, con la intención de influir en sus percepciones y su comportamiento”.

Se trata de elementos que se manifiestan en los sentidos humanos, como el tacto (háptica), el oído y el olfato.

A los investigadores y diseñadores que trabajan en este campo les resultaba difícil decidir una definición definitiva hasta que Law et al. hicieron un estudio de 5 definiciones. Estas definiciones varían en función de la perspectiva del encuestado y de su naturaleza de trabajo, ya sea académico o industrial, y del ámbito de su trabajo. Teniendo en cuenta la capacidad y la naturaleza de este sistema, así como las disciplinas y la formación de los investigadores, se puede concluir que:

“La UX es una consecuencia del estado interno del usuario (predisposiciones, expectativas, necesidades, motivación, estado de ánimo, etc.), de las características del sistema diseñado (por ejemplo, la complejidad, el propósito, la usabilidad, la funcionalidad, etc.) y del contexto (o el entorno) en el que se produce la interacción (por ejemplo, el entorno organizativo/social, el significado de la actividad, la voluntariedad del uso, etc.)”.

En resumen, la UX supera la línea tradicional de la usabilidad y la consecución de los objetivos del producto mediante la creación de vínculos emocionales y de percepción entre el ser humano y el producto, ya sea un producto tangible o intangible.

La reciente tendencia de las aplicaciones móviles de Realidad Aumentada adopta muchas formas, como las pantallas montadas en la cabeza, los teléfonos inteligentes y las tablets. Uno de los objetivos importantes que persigue la aplicación a desarrollar es descubrir qué elementos de la experiencia del usuario deben incluirse en la aplicación de Realidad Aumentada con y sin marcadores, y construir un modelo de diseño UX que pueda utilizarse como flujo de trabajo para el usuario.

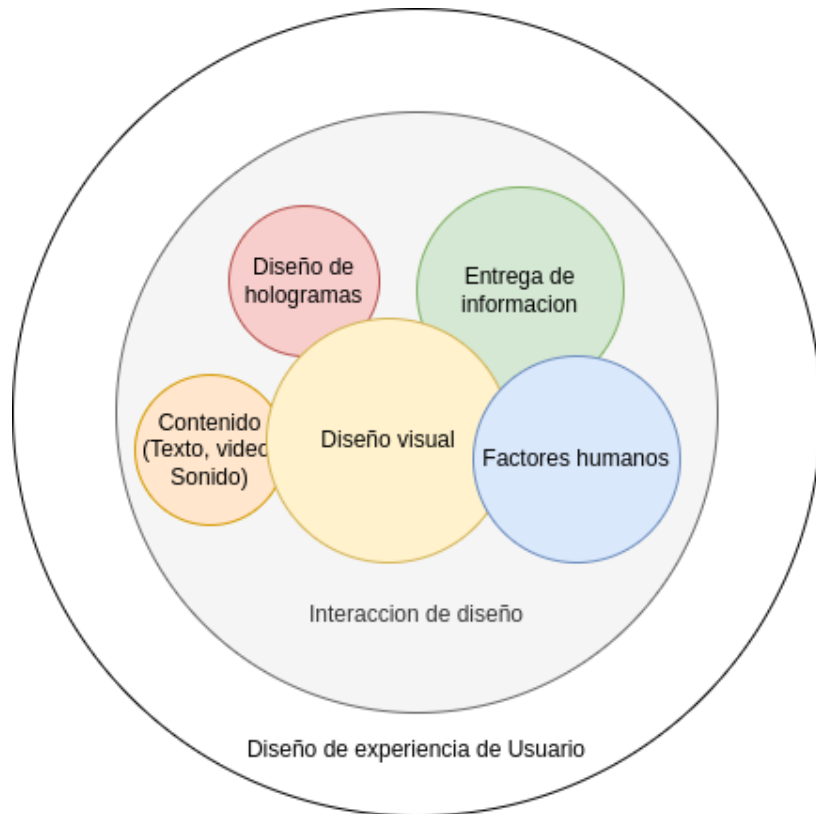


Fig. 2.8 Diseño de experiencia de usuario.

CAPÍTULO 3. Estado del Arte

3.1 Tecnologías para la implementación de Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

A continuación, se describen brevemente las características de las distintas herramientas y frameworks más populares que se encuentran disponibles al momento de la implementación [28].

Unity



Unity es famoso por el desarrollo de juegos, sin embargo, esta plataforma de desarrollo, ayuda a construir soluciones de Realidad Virtual para muchos otros sectores. Por ejemplo, Unity permite crear soluciones de Realidad Virtual para la automoción, el transporte, la fabricación de medios de comunicación y entretenimiento, ingeniería, construcción, etc. con Unity. Características:

- Unity es un motor de juegos multiplataforma lanzado inicialmente por Unity Technologies, en 2005.
- El enfoque de Unity es el desarrollo de juegos 2D y 3D y de contenido interactivo.
- En la actualidad, Unity es compatible con más de 20 plataformas de destino diferentes para su despliegue, mientras que sus plataformas más populares son los sistemas PC, Android e iOS.
- Unity ofrece un completo conjunto de herramientas para el diseño y la creación de juegos, que incluye interfaces para gráficos, audio y herramientas de creación de niveles, lo que requiere un uso mínimo de programas externos para trabajar en los proyectos

Amazon Sumerian



Amazon Sumerian

Amazon Sumerian es un conjunto de herramientas basadas en el navegador para crear aplicaciones de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y 3D de alta calidad de forma sencilla sin necesidad de tener conocimientos de programación o de gráficos 3D. Con Sumerian, se puede construir una escena 3D interactiva sin necesidad de poseer experiencia en programación, probarla en el navegador y publicarla como un sitio web que esté inmediatamente disponible para los usuarios. Características:

- Amazon Sumerian facilita la creación de atractivas experiencias frontales en 3D y se integra con los servicios de AWS para proporcionar un fácil acceso al aprendizaje automático, chatbots y ejecución de código.
- Amazon Web Services ofrece un amplio conjunto de productos globales basados en la nube incluyendo computación, almacenamiento, bases de datos, análisis, redes, móviles, herramientas para desarrolladores, herramientas de gestión, IoT, seguridad y aplicaciones empresariales.
- Los servicios que provee Amazon Sumerian ayudan a las organizaciones a moverse más rápido, a reducir los costes de TI y a escalar.
- Como plataforma basada en la web, las experiencias inmersivas son accesibles a través de una simple URL del navegador y son capaces de ejecutarse en el hardware popular para AR/VR.

Google Cardboard



Cardboard

Google Cardboard es una plataforma de Realidad Virtual desarrollada por Google. Características:

- Esta plataforma es llamada así por su visor de cartón desplegable en el que se inserta un Smartphone, la plataforma se concibió como un sistema de bajo coste para fomentar el interés y el desarrollo en aplicaciones de Realidad Virtual.
- Los usuarios pueden construir su propio visor a partir de componentes sencillos y de bajo coste utilizando las especificaciones publicadas por Google, o comprar uno prefabricado.
- Para utilizar la plataforma, los usuarios ejecutan aplicaciones móviles compatibles con Cardboard en su teléfono, lo colocan en la parte posterior del visor y ven el contenido a través de las lentes.
- En conjunto con esta plataforma, google lanzó un kit de desarrollo de software (SDK) de Cardboard para los sistemas operativos Android e iOS; - el visor VR del SDK permite a los desarrolladores incrustar contenidos de Realidad Virtual en la web así como en sus apps.
- Tras el éxito de Cardboard, Google desarrolló una plataforma de Realidad Virtual mejorada, Daydream, que se lanzó en 2016.
- Tras la disminución del interés en Cardboard, Google anunció en noviembre de 2019 que abriría el SDK de la plataforma.
- En marzo de 2021, la tienda de Google dejó de vender los visores Cardboard

CryEngine



CRYENGINE®

CryEngine es un motor de juegos diseñado por el desarrollador de juegos alemán Crytek. Características:

- Este motor es una opción sólida para una VR herramienta de desarrollo de software de Realidad Virtual.
- Permite crear aplicaciones de Realidad Virtual con él que funcionarán con las plataformas de Realidad Virtual más populares como Oculus Rift, PlayStation 4, Xbox One, etc.
- Permite incorporar excelentes efectos visuales en su aplicación.
- Posibilita crear aplicaciones de Realidad Virtual o un juegos de Realidad Virtual fácilmente ya que ofrece sandbox y otras herramientas relevantes.
- Posee soluciones de audio incorporadas.
- Permite construir una visualización e interacción en tiempo real, que proporciona una experiencia inmersiva a sus usuarios.

Unreal Engine



Unreal Engine es un motor de juegos desarrollado por Epic Games, desarrollado inicialmente para juegos de disparos en primera persona para PC, desde entonces se ha utilizado en una variedad de géneros de juegos tridimensionales (3D) y ha sido adoptado por otras industrias, sobre todo en la industria del cine y la televisión. Características:

- Escrito en C++, el motor Unreal se caracteriza por su gran portabilidad, ya que es compatible con una amplia gama de dispositivos de escritorio, móviles, consolas y plataformas de Realidad Virtual.
- Posee un conjunto completo de herramientas de creación para el desarrollo de juegos, visualización de arquitectura y automoción, creación de contenidos lineales para cine y televisión, producción de emisiones y eventos en directo, formación y simulación, y otras aplicaciones en tiempo real.
- Unreal Engine 4 (UE4) ofrece un potente conjunto de herramientas de desarrollo de Realidad Virtual.
- Con UE4, se pueden crear aplicaciones de Realidad Virtual que funcionen en diversas plataformas de Realidad Virtual, por ejemplo: Oculus, Sony, Samsung Gear VR, Android, iOS, Google VR, etc.
- La plataforma UE4 ofrece acceso a su código fuente en C++ y a sus scripts en Python, por lo que cualquier desarrollador de Realidad Virtual de su equipo puede estudiar el motor en detalle y aprender a utilizarlo.

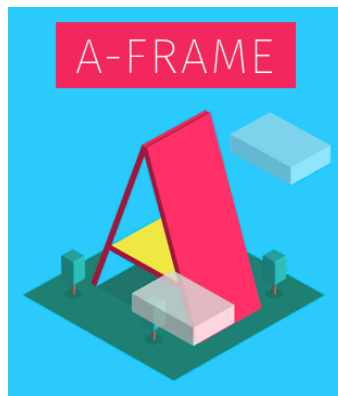
Three.js



Three.js es una biblioteca de JavaScript para varios navegadores y una interfaz de programación de aplicaciones (API) utilizada para crear y mostrar gráficos animados en 3D en un navegador web utilizando WebGL. Características:

- Three.js permite la creación de animaciones 3D aceleradas por unidades de procesamiento gráfico (GPU) aceleradas por la GPU utilizando el lenguaje JavaScript como parte de un sitio web.
- Esto es posible gracias a la aparición de WebGL.
- WebGL (Web Graphics Library) es una API de JavaScript para renderizar gráficos interactivos en 3D interactivos en 3D y 2D en cualquier navegador web compatible sin uso de plug-ins.

Aframe



A-Frame es un marco web de código abierto para construir experiencias de Realidad Virtual (Realidad Virtual). Características:

- A-Frame es un framework de sistema de componentes de entidad para Three.js donde los desarrolladores pueden crear escenas 3D y WebVR utilizando HTML.
- Originalmente desarrollado dentro del equipo de Mozilla VR durante mediados y finales de 2015.
- Creado con el fin de permitir a los desarrolladores y diseñadores web la autoría de experiencias 3D y VR con HTML sin tener que conocer WebGL.
- Todos los IDEs en línea soportan A-Frame como resultado de estar basado en HTML.

ReactVR



React VR es un framework de JavaScript desarrollado por Oculus, una división de Facebook con el objetivo de crear aplicaciones de Realidad Virtual basadas en la web. Características:

- Es un framework para la creación de aplicaciones de Realidad Virtual que se ejecutan en el navegador web.

- Combina APIs modernas como WebGL y WebVR con la potencia declarativa de React, produciendo experiencias que pueden ser consumidas a través de una variedad de dispositivos.
- El modelo declarativo que se utiliza en React puede adoptarse en el marco de React VR para crear contenido para experiencias de 360 grados.
- Los desarrolladores pueden acceder a los dispositivos de Realidad Virtual que están en la web utilizando la API de WebVR.
- Sin utilizar ningún plug-in, los desarrolladores pueden renderizar gráficos 3D en cualquier navegador compatible utilizando la API WebGL (Web Graphics Library API).
- Dado que React VR imita en su mayor parte a React JavaScript Framework, los desarrolladores que tengan experiencia previa en la creación de aplicaciones React no tendrán problemas para crear experiencias de Realidad Virtual utilizando React VR de Facebook.

Vuforia



Es un kit de desarrollo de software (SDK) de Realidad Aumentada para dispositivos móviles que permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada. Utiliza tecnología de visión por computadora para reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D en tiempo real. El SDK de Realidad Aumentada de Vuforia posee las siguientes características:

- Reconoce múltiples objetos, incluyendo cajas, cilindros y juguetes, así como imágenes.
- Admite el reconocimiento de texto, incluyendo unas 100.000 palabras o un vocabulario personalizado.
- Permite crear VuMarks personalizados, que se ven mejor que un típico código QR.
- Permite crear un mapa geométrico en 3D de cualquier entorno.
- Convierte las imágenes estáticas en vídeos de movimiento completo que pueden reproducirse directamente en una superficie.
- Proporciona un plugin de Unity.
- Admite tanto el almacenamiento en la nube como el local.
- Plataformas soportadas: iOS, Android, Universal Windows Platform, Unity.

ArToolkit



- ARToolkit es una herramienta de código abierto para crear aplicaciones de Realidad Aumentada.
- Aunque es una biblioteca gratuita, proporciona un conjunto bastante amplio de características para el seguimiento, incluyendo:
 - Soporte de Unity3D y OpenSceneGraph.
 - Soporta cámara simple y doble.
 - Soporte de GPS y brújulas para la creación de apps de Realidad Aumentada basadas en la localización.
 - Posibilidad de crear aplicaciones de Realidad Aumentada en tiempo real.
 - Integración con gafas inteligentes.
 - Soporte de múltiples idiomas.
 - Calibración automática de la cámara.
- Plataformas soportadas: Android, iOS, Linux, Windows, Mac OS y gafas inteligentes.

Google ARCore



Google ARCore ofrece a los desarrolladores la posibilidad de crear apps de Realidad Aumentada en el sistema operativo Android. Este kit de herramientas funciona con Java/OpenGL, Unity y Unreal. Proporciona características como:

- Seguimiento del movimiento: ARCore puede determinar la posición y la orientación del dispositivo mediante la cámara y detectar los puntos característicos de la habitación. Eso ayuda a colocar los objetos virtuales con precisión.
- Comprensión del entorno - Gracias a la posibilidad de detectar superficies horizontales, los objetos virtuales pueden colocarse sobre mesas o en el suelo. Esta función también puede utilizarse para el seguimiento del movimiento.
- Estimación de la luz - Esta tecnología permite a la aplicación adaptarse a la iluminación del entorno e iluminar los objetos virtuales para que parezcan naturales dentro del espacio circundante. Con la ayuda del seguimiento inteligente de la luz, los desarrolladores pueden crear objetos muy realistas.

Apple ARKit



ARKit se define como un tipo de tecnología enfocada en la realidad aumentada, que funciona como una librería para esta y que fue lanzada por los sistemas de Apple en el año de 2017. Características

- Odometría visual inercial (VIO) que permite rastrear el entorno con precisión sin ninguna calibración adicional.
- Seguimiento facial robusto para aplicar fácilmente efectos faciales o crear expresiones faciales de personajes 3D.
- Seguimiento del nivel de luz del entorno para aplicar la cantidad correcta de iluminación a los objetos virtuales.
- Detección de planos horizontales como mesas y suelos, superficies verticales y de forma irregular.
- Detección de objetos 2D y permite a los desarrolladores interactuar con ellos.
- Integración con herramientas de terceros como Unity y Unreal Engine.

Wikitude



Wikitude incluye soporte para localización y mapeo simultáneos. La herramienta ofrece actualmente las siguientes características:

- Reconocimiento y seguimiento 3D.
- Reconocimiento y seguimiento de imágenes.
- Reconocimiento en la nube (permite trabajar con miles de imágenes de destino alojadas en la nube).
- Servicios de localización.
- Integración con gafas inteligentes.
- Integración con plugins externos, incluyendo Unity.
- Plataformas soportadas: Android, iOS, Smart Glasses.

3.2 Tecnologías que permiten la Realidad Aumentada en la web

Hoy en día están surgiendo algunas tecnologías web avanzadas para satisfacer los requisitos básicos de la Realidad Aumentada web y, además, también proporcionan enfoques de mejora del rendimiento [27].

Enabling Web Technologies for Web AR		Desktop Browser						Mobile Browser					
		Edge	Firefox	Chrome	Safari	Opera	IE Mobile	Firefox for Android	Chrome for Android	iOS Safari	Opera Mobile	Samsung Internet	
Web Workers		12-14	47-51	4-50	3.1-10.1	10-37							
		15	52	51-56	11-11.1	38-43	10			3.2-10.3	12-12.1	4-6.2	
WebRTC		16-17	53-62	57-69	12	44-56	11	63	70	11-11.4	46	7.2	
		18	63	70	TP	57				12.1			
WebGL		64-65	64-65	71-73	TP								
			2-3.6	4-7	3.1-5	10-11.5	10	63	70	3.2-7.1	12-12.1	4-6.2	
WebAssembly		12-17	4-23	8-32	5.1-7.1	12.1-18	11			8-11.4	46	7.2	
		18	24-62	33-69	8-11.1	19-56				12.1			
Web Workers			63	70	12	57							
			64-65	71-73	TP								
WebRTC			2-21	4-22	3.1-10.1	10-17				3.2-10.3	12-12.1	4-6.2	
		12-14	22-43	23-55	11-11.1	18-42	10	63	70	11-11.4	46	7.2	
WebAssembly		15-17	44-62	56-69	12	43-56	11			12.1			
		18	63	70	TP	57							
Web Workers			64-65	71-73	TP								
			2-3	4-69	3.1-3.2	10.1				3.2-4.3	12-12.1	4-6.2	
WebRTC		12-17	3.5-62	4-69	4-11.1	11.5-56	10	63	70	5-11.4	46	7.2	
		18	63	70	12	57				12.1			
WebAssembly			64-65	71-73	TP								

 = Supported
  = Partial support
  = Not supported

La Fig. 3.1 muestra cuatro tecnologías web principales.

1. **WebRTC:** Esta tecnología proporciona a los navegadores comunicaciones en tiempo real y es una de las tecnologías más importantes y básicas para la Realidad Aumentada web. La cámara capta el entorno en forma de flujo de vídeo utilizando la tecnología WebRTC, que proporciona la base para la posterior percepción del entorno, la representación y otras operaciones en una aplicación de Realidad Aumentada web. En la actualidad, un gran número de navegadores ya soportan esta tecnología. Además de la captura de vídeo, la tecnología WebRTC también admite actualmente la codificación de vídeo, el cifrado, la representación, el procesamiento, etc. Sin embargo, teniendo en cuenta la limitada capacidad de las plataformas web móviles.
2. **WebAssembly:** Para simplificar el proceso de programación y lograr una velocidad nativa, el recientemente surgido WebAssembly está diseñado como un enfoque de aceleración computacional en la web mediante la codificación de procedimientos (por ejemplo, C, C++, Rust y Go) en un formato binario de tamaño y tiempo de carga eficiente, que puede ser ejecutado en la web directamente. Los principales navegadores (por ejemplo, Chrome, Firefox y Safari) también han empezado a soportar esta tecnología web. WebAssembly resuelve el problema del cuello de botella de JavaScript y, por tanto, ha suscitado un gran interés. No sólo mejora el rendimiento de las aplicaciones de Realidad Aumentada en la Web, sino que también facilita el proceso de desarrollo y lo pone en estrecha relación con el actual algoritmo de CV maduro, por ejemplo, OpenCV.js, la versión WebAssembly de OpenCV. La aparición de WebAssembly supondrá una revolución en la plataforma web.
3. **Web Workers:** Introduce la tecnología multihilo en JavaScript. Utiliza hilos de trabajo para lograr la computación paralela, el renderizado y la carga de recursos de forma asíncrona y, además, ya forma parte de la especificación de HTML5. Como otro enfoque de aceleración computacional, los Web Workers proporcionan un método sencillo para la paralelización de programas de aplicaciones de Realidad Aumentada en la web, como la predescarga de modelos 3D y la coincidencia paralela de puntos de características. Al programar y equilibrar las operaciones que consumen tiempo y recursos en las aplicaciones de Realidad Aumentada en la web, se puede ofrecer a los usuarios una mejor experiencia, especialmente en las redes móviles actuales.
4. **WebGL:** Proporciona un enfoque de aceleración de renderizado basado en hardware (GPU) en la Web. Dado que el procesamiento de imágenes tiene un estricto requisito de recursos informáticos, una plataforma de computación eficiente es, por tanto, importante para las aplicaciones de cálculo intensivo. En esta biblioteca hay un conjunto de APIs de JavaScript eficientes para la representación gráfica interactiva en 2D y 3D.

Esta biblioteca ofrece un conjunto de APIs de JavaScript eficientes para el renderizado interactivo de gráficos 2D y 3D. El uso de una GPU en el dispositivo móvil hace que la presentación de la Realidad Aumentada sea más suave y realista en la web. También merece la pena mencionar Three.js, una biblioteca JavaScript basada en WebGL, que ayuda a los desarrolladores a trabajar con gráficos 2D y 3D en un navegador utilizando WebGL de una forma más sencilla e intuitiva. La especificación de WebGL 2 finalizó en enero de 2017 y esta tecnología ha sido ampliamente soportada en los navegadores modernos.

3.3 Antecedentes de museos y exhibiciones en Realidad Aumentada y Realidad Virtual.

En la actualidad existen un número reducido proyectos alrededor del mundo que utilizan Realidad Aumentada exclusivamente para la construcción de museos virtuales. La utilización de estas tecnologías les permiten a estos proyectos tanto aportar algo nuevo a las colecciones existentes como atraer un público más amplio. A continuación se describen algunas de las características más importantes de los mismos [28].

El proyecto **SCULPTEUR** (Semantic and content-based multimedia exploitation for European benefit) desarrolló una solución para que los museos puedan crear y manipular representaciones digitales de objetos de museo. SCULPTEUR utiliza técnicas de multi estéreo y silueta para crear reconstrucciones 3D de objetos de museo almacenadas en una base de datos junto con otros datos multimedia. El proyecto también desarrolló una capa semántica que ofrece diversas posibilidades de búsqueda y análisis de contenidos. Además, el sistema permite a los usuarios acceder sin problemas a las bases de datos distribuidas de datos culturales ofreciendo un conjunto de herramientas que engloban productos de software educativo [SCULPTEUR 2003].

El proyecto **3D MURALE** (Medición 3D y Reconstrucción Virtual de los Antiguos Mundos Perdidos de Europa) tiene como objetivo desarrollar un sistema capaz de registrar las fases de excavación arqueológica mediante técnicas de Realidad Virtual. Además de los artefactos, también se pueden modelar las capas estratigráficas. Para ello es necesario utilizar diversas técnicas de captura 3D. Además, el proyecto ofrece la reconstrucción de restos excavados de cerámica, esculturas y edificios, así como su visualización de la forma en que posiblemente aspecto que tuvieron a lo largo de la historia [3D Murale 2003].

El proyecto **ARCHEOGUIDE** pretende desarrollar una guía turística de Realidad Aumentada usable en sitios del patrimonio cultural cultural [ARCHEOGUIDE 2003]. ARCHEOGUIDE permite a los visitantes ver reconstrucciones virtuales de edificios antiguos. El usuario está equipado con una pantalla transparente montada en la cabeza (HMD) y un equipo informático portátil. El equipo se encarga de la visualización de la información adecuada en el HMD en función de la posición y orientación del visitante en el sitio.

Similar a ARCHEOGUIDE en términos de tecnología aplicada es el proyecto **LIFEPLUS**. Una diferencia fundamental es la presentación contenidos que, en el caso de LIFEPLUS, abarcan además simulaciones en 3D en tiempo real de la fauna y la flora antiguas [LIFEPLUS 2003].

Otro ejemplo de solución al aire libre es el proyecto **ENAME 974**, cuyo objetivo es la reconstrucción virtual de un extenso yacimiento arqueológico situado en Ename, Bélgica [Ename 974 2003]. Se ofrece a los visitantes la reconstrucción virtual de edificios de la primera edad media en quioscos estacionarios de Realidad Aumentada. Los usuarios pueden ver visualizaciones de modelos virtuales superpuestos a los datos de vídeo captados por una cámara. Mediante pantallas táctiles pueden controlar la cámara y los datos visualizado

El sistema **VIRTUAL DIG** es una solución instalada en el Museo de Arte de Seattle [Virtual Dig 2003]. Gracias a las técnicas de Realidad Virtual y Realidad Aumentada, los visitantes, sobre todo los niños, pueden descubrir los artefactos por sí mismos. A los usuarios se les presentan no sólo los artefactos, sino también su contexto arqueológico. Se utilizan objetos reales, como pinceles y pequeñas palas, para la interacción con el usuario. El sitio web Virtual Dig se ha desarrollado a partir de los paquetes HI-SPACE y ARTToolKit.

El proyecto **VIRTUAL SHOWCASE** [Bimber et al. 2003; Virtual Showcases 2003] pretende eliminar la necesidad de utilizar métodos inusuales de presentación de objetos culturales, que es uno de los puntos débiles de la mayoría de los sistemas de Realidad Virtual y Realidad Aumentada. El proyecto

pretende integrar la tecnología de la Realidad Aumentada en un formato tradicional de vitrina de museo. Las imágenes virtuales pueden proyectarse en los laterales de una vitrina especialmente diseñada para permitir a los usuarios explorar tanto los objetos reales como sus representaciones virtuales.

El proyecto **GVAM** se dedica a realizar audioguías modernas que se apoyan en el uso de la Realidad Aumentada en museos, así como la Realidad Virtual o el diseño 3D. Además de poder utilizarse en visitas guiadas por museos, también se puede emplear en otras instituciones tales como la Alhambra de Granada, el Camp Nou o el Palacio Gaudí.

Las distintas guías se encuentran disponibles para ser descargadas desde la tienda de aplicaciones para los distintos dispositivos móviles. Las mismas pueden ser descargadas de forma gratuita y solo ofrecen parte del contenido que se expone en la aplicación. El resto del contenido disponible solo se puede acceder mediante una compra del mismo. GVAM es un proyecto AVANZA I+D del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio español llevado a cabo por Dos de Mayo, empresa que lidera el equipo integrado por el CESyA -Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción, Fundación CNSE, Fundación ONCE, en colaboración con el Ministerio de Cultura de España.

La herramienta **ARTIVIVE** fue creada por Sergiu Ardelean y Codin Popescu en enero de 2017 en Viena, Austria. Artivive es una herramienta AR que permite a los artistas crear nuevas dimensiones de arte al vincular el arte clásico con el digital. Para museos, exposiciones, galerías y otras instituciones de arte,

Los visitantes solo deben usar sus propios dispositivos móviles para experimentar la capa de Realidad Aumentada. Para el Museo Albertina de Viena, artivive ha creado contenido digital para la exposición "Film Stills" y han integrado experiencias de Realidad Aumentada en la colección permanente "Monet to Picasso - The Batliner Collection". Junto con el Museo Belvedere de Viena, En 2018, Artivive también se asoció con viennacontemporary y mumok, Museo de Arte Moderno, para el programa especial IMAGEN VIVA durante la feria internacional de arte viennacontemporary 2018. En 2019, la Bayerische Staatsoper utilizó Artivive para llevar experiencias de Realidad Aumentada a su programa de temporada y las promociones del festival Take Festival for Independent Fashion and Arts . En 2019, Artivive se utilizó en la exposición "100 Best Posters 18 – Germany Austria Switzerland" en el MAK – Museo Austriaco de Artes Aplicadas/Arte Contemporáneo de Viena. A nivel internacional, artivive trabaja con espacios como el Museo del Himalaya de Shanghái, el Centro de Arte Ying en Shanghái, el MIT – Instituto de Tecnología de Massachusetts , el Museo de Arte Ilmin en Seúl y la Galería Leica en Singapur.

La aplicación **ART GUIDE** se trata de un aplicación de Realidad Aumentada orientada para museos de Ciudad de México. Lo original de esta app es que las obras son explicadas a los visitantes por actores caracterizados como los personajes que aparecen en ellas.

Esta herramienta ofrece una experiencia de Realidad Aumentada (Realidad Aumentada) en los museos de la Ciudad de México. Los usuarios con teléfonos Android e Iphone pueden descargar la aplicación. Y sólo basta con acercar el dispositivo a las obras para acceder a la experiencia de Realidad Aumentada que ofrece la app Art Guide. Lo característico de la app Art Guide es que la Realidad Aumentada es recreada con actores profesionales caracterizados como los personajes de las obras; a diferencia de otras app de Realidad Aumentada, como en el Museo Nacional de Antropología y el Museo Histórico del Palacio Nacional, que han sido hechas con dibujos o muñecos tridimensionales.

Para utilizar el contenido de la app Art Guide los usuarios deben tener encendido el Bluetooth. Además podrán descargar los contenidos, video y audio, por medio de wifi o datos móviles, aunque después se borrarán del dispositivo por derechos de autor.

ARMUSEUM es una aplicación para celulares que permite exponer numerosos cuadros a través de la Realidad Aumentada. Dicha app permite acceder a información extra de obras pictóricas emblemáticas. Los cuadros y exposiciones disponibles se pueden ver en la página oficial de AR Soft. Entre los museos que se han unido a esta iniciativa está el Museo del Prado o el Museo Thyssen. Entre los cuadros que se pueden admirar a través de la Realidad Aumentada están 'El Guernica', 'La Sagrada Familia', 'Las señoritas de Avignon', 'El Grito' o la 'Mona Lisa', entre muchos otros.

Por otra parte, la Realidad Virtual se está utilizando para crear visitas online al museo tradicional, como es el caso del MUSEO METROPOLITANO DE ARTE DE NUEVA YORK que puede explorarse en 360 desde una nueva perspectiva que permite explorar su arte y arquitectura, desde los hogares.

Además, una colaboración entre el MUSEO LOUVRE y el programa HTC Vive Arts expone la obra Mona Lisa: Beyond the Glass que da vida a la pintura y su historia, permitiendo a los espectadores explorar detalles invisibles a simple vista y revelando más información sobre las técnicas del pintor y la identidad de su modelo.

Por último también es posible explorar museos virtualizados, es decir, cuyas obras han sido digitalizadas y capturadas para poderse explorar en Realidad Virtual con diferentes técnicas como la de la fotogrametría o el escaneado 3D. Este es el caso de THE VIRTUAL REALITY MUSEUM OF FINE ARTS. Esta aplicación gratuita recopila algunas de las obras de arte más famosas del mundo desde los inicios de la historia en un espacio totalmente inmersivo. En la entrada nos encontramos con La Estatua de David, para pasar después a visitar el Ejército de Terracota. Al contrario que en un museo real, podemos acercarnos cuanto queramos a los cuadros y esculturas, que son increíblemente detalladas.

También podemos encontrarnos con soluciones híbridas. Así en la experiencia Hold The World creada por el Museo de Historia Natural de Londres y Sky VR Studio, nos permite vivir una experiencia educativa interactiva en la que nos encontramos cara a cara con un holograma 3D de Sir David Attenborough, que fue creado utilizando la captura volumétrica de Microsoft en sus estudios de Seattle.

3.4 Usabilidad de la Realidad Aumentada en casos de uso diario

Realidad Aumentada para Ecommerce: ¿Ya es útil? (artículo de Nielsen Norman Group - Noviembre 2020) [30]

La Realidad Aumentada es una tecnología emocionante, pero la experiencia de usarla es decepcionante, lo que perjudica su percepción general de utilidad.

Las herramientas de Realidad Aumentada (Realidad Aumentada), que permiten a los usuarios "probarse" o ver un artículo en su habitación mediante la superposición de una imagen digital de un artículo sobre la vista de la cámara frontal o trasera de un dispositivo móvil, tienen el potencial de ser una función de compra que cambiará el juego, ya que permiten a los usuarios obtener una vista previa de ese artículo en su posible entorno. Sin embargo, a esta tecnología aún le queda un largo camino por recorrer antes de que sea realmente útil, y las experiencias pasadas de poca calidad restan valor a la percepción de la gente.

Para comprender mejor cómo las personas perciben e interactúan con las funciones de Realidad Aumentada mientras compran artículos físicos en línea, se ha realizado un estudio con 10 participantes. Si bien algunos sitios de escritorio tienen herramientas Realidad Aumentada, son más frecuentes en dispositivos móviles, por lo que este estudio se centró solo en las funciones Realidad Aumentada para dispositivos móviles. Además, debido a que algunas de las aplicaciones móviles probadas solo eran compatibles con iOS, se limitó el estudio a los usuarios con modelos de iPhone más nuevos compatibles con la tecnología Realidad Aumentada.

A los participantes se les asignaron amplias tareas de compra en sitios y aplicaciones específicas que eran de previo conocimiento que contenían una función de Realidad Aumentada, como la búsqueda de unas gafas de sol o una lámpara de escritorio, entre otras. En la medida de lo posible, las tareas asignadas a cada participante se ajustaron a sus intereses y necesidades de compra específicos, que se recogieron durante el proceso de selección. Se utilizó el método de las tareas escalonadas: empezando con una tarea amplia para observar si la función de Realidad Aumentada era descubrible y si los usuarios estaban interesados en interactuar con ella sin que se les pidiera. A continuación, si los usuarios no interactuaban con la función de Realidad Aumentada, se les preguntaba cómo podían saber si el objeto funcionaría bien en su espacio o les quedaría bien. Si seguían sin interactuar con él, se les incitaba con un "¿Qué es eso?" para dirigirles hacia la herramienta.

Aumento de la utilidad en la era COVID

El COVID-19 modificó, al momento de su aparición, el comportamiento de los usuarios, por lo que el uso de la Realidad Aumentada para previsualizar un artículo en su posible entorno es cada vez más útil debido a las restricciones de COVID-19 y a la inquietud generalizada por comprar en persona y tocar superficies compartidas.

Varios participantes comentaron esta mayor dependencia de las compras en línea. Pensaron que las herramientas de Realidad Aumentada parecían especialmente útiles para salvar la distancia que supone no ver un artículo en la vida real antes de tomar una decisión de compra. Esto es especialmente cierto en el caso de los productos que la mayoría de la gente quiere tocar o probar antes de comprarlos, acciones que, aunque visiten un negocio en persona, todavía no son realmente posibles. Por ejemplo, la mayoría de las tiendas de belleza ya no disponen de muestras de maquillaje para probar, ni alguien se sentiría cómodo poniéndose una barra de labios que mucha gente haya tocado. (Por no hablar de cómo podría hacerlo con la máscara puesta).

Por ejemplo, después de que una participante se probará el maquillaje con la aplicación móvil de Ulta, comentó: *"Hacia mucho tiempo que no iba a ningún sitio a comprar nada... Veo que, sobre todo ahora -ya sabes, que es difícil salir tanto con Covid y todo eso-, es una función muy buena". Más tarde añadió: "Me gusta esto. Porque así te puedes sentir más cómodo pidiéndolo en línea también, en lugar de ... tener ... que ver el color en persona".*

Productos que se benefician de la Realidad Aumentada

Las funciones de Realidad Aumentada son más útiles para los artículos en los que la estética u otros rasgos físicos, como el tamaño, son los principales factores que impulsan la decisión de compra. La decoración del hogar y los muebles son los principales candidatos a recibir el tratamiento de Realidad Aumentada, ya que la gente quiere asegurarse de que estos artículos encajen en su espacio y se ajusten a su estilo general. La posibilidad de previsualizar el artículo en la Realidad Aumentada elimina parte de la incertidumbre de las compras en línea, y varios participantes comentaron que se sentían más seguros de que no tendrían que pasar por la molestia de devolver su compra. Por ejemplo, un participante que buscaba una lámpara de escritorio en la aplicación móvil de Target

declaró: *"Es realmente útil porque me hago una idea de cómo queda en el espacio en el que quería que fuera, frente a llegar a casa y que no quede bien"*.

En el caso de los artículos personales para vestir, como por ejemplo los lentes, las herramientas de Realidad Aumentada pueden ser más útiles que las imágenes por sí solas. Aunque muchos sitios web se esfuerzan por incluir una diversidad de modelos en las imágenes de sus productos, esas personas nunca van a ser exactamente como el comprador. Como dijo un usuario al ver las imágenes de producto recortadas de un par de gafas de sol: *"Habría estado bien verlas en otro ser humano, ya sabes, una figura de modelo o lo que sea. Pero... esa no soy yo. Ese no es mi marido. Así que prefiero probarlas yo misma"*.

Del mismo modo, las herramientas de maquillaje virtual son muy útiles, ya que para elegir el mejor tono de un producto es necesario adaptarlo al tono de la piel (y a los subtonos) de la persona, además de a su estilo personal. Los participantes consideraron muy útiles las herramientas de combinación de bases de maquillaje y otras funciones de Realidad Aumentada que permitían a los usuarios ver los productos de maquillaje aplicados a su rostro. Estas herramientas les hicieron sentirse cómodas al comprar el maquillaje online y les permitieron salir de su zona de confort y probar una gama de productos más amplia de lo que podrían haber hecho de otro modo. La experiencia de la Realidad Aumentada fue más útil para los productos de belleza opacos que para los transparentes, ya que éstos eran más visibles. Como explicó una participante mientras miraba una barra de labios: *"Quiero decir que [la herramienta de Realidad Aumentada] sería quizá más útil para uno menos natural, ya sabes. Era tan parecido a mi color natural de labios que era difícil notar la diferencia. Así que tal vez si probara uno salvaje [...] Si estuviera buscando algo fuera de mi zona de confort, [la Realidad Aumentada] podría ser una característica que me diera el suficiente empuje para probarlo"*.

Aunque no todos los artículos físicos se benefician de la capacidad de la Realidad Aumentada, la presencia de una función de Realidad Aumentada no es perjudicial (a menos que sea difícil de usar). Los grandes electrodomésticos, como las heladeras o las lavadoras, no parecen beneficiarse mucho de la Realidad Aumentada, ya que se trata ante todo de productos funcionales en los que las características y las especificaciones técnicas son los principales factores de diferenciación. Sí, el tamaño es crítico, ya que deben encajar en un espacio definido en el hogar del usuario, pero eso es fácil de saber por la descripción escrita del producto, y en realidad sería difícil de calibrar sólo por la Realidad Aumentada, ya que la tecnología para calibrar y escalar con precisión el artículo al entorno del usuario no está todavía ahí. Sin embargo, dado que se trata de compras caras, cualquier información adicional se consideró útil y los usuarios apreciaron ver si los acabados se ajustaban a su espacio. Una de las participantes también mencionó que le hubiera gustado interactuar con el frigorífico, por ejemplo, abriendo las puertas para ver si chocaba con un armario cercano.

La precisión y el realismo determinan la utilidad

El grado de realismo de un objeto y su ubicación exacta en el entorno tuvieron un gran impacto en la percepción general de la utilidad de la herramienta. Las herramientas "caricaturescas" provocaron risas y no persuadieron a los usuarios a comprar los artículos. Por ejemplo, una participante que se probaba pendientes virtualmente en el sitio web para móviles de Kendra Scott se reía, experimentaba con algunos ángulos de su cabeza, cerraba la herramienta de Realidad Aumentada y afirmaba: *"Así no tendría más posibilidades de comprar el artículo. No sé cómo esperaba que se viera, pero cuando miré de frente [a la cámara] ni siquiera parecía que estuvieran en mis orejas.... Entonces lo incliné hacia un lado para ver sólo uno y entonces pude ponerlo en mi oreja. Y me pareció que se veía como una caricatura"*.

Sin embargo, afortunadamente, esta percepción negativa de la función de Realidad Aumentada no se extendió al artículo: los usuarios pudieron separar la (falta de) funcionalidad de la herramienta de su juicio sobre el producto. La participante en el sitio web de Kendra Scott continuó su comentario: "*Sin embargo, no me disuadirá de comprar el producto. En realidad, ... si me siguiera gustando, lo miraría en la otra persona [foto del producto modelo] para hacerme una idea del tamaño y de cómo sería realmente. Y pensaría algo así como, 'Oh, es un buen intento'. ... Pero tampoco me disuadirá. Simplemente no aumentaría las posibilidades de que lo comprara*".

La gente era consciente de que la Realidad Aumentada podría no representar el artículo exactamente como en la vida real, así que mientras la representación de la Realidad Aumentada fuera razonable, consideraban que la función era útil. Un participante que compraba arte de pared en la aplicación móvil de Etsy declaró: "*Creo que parece bastante realista. Sé que va a tener un aspecto un poco diferente, pero te da una idea para empezar, así que me gusta*".

Los problemas de proporción y escala no se pasaron por alto tan fácilmente, ya que calibrar el tamaño de un objeto es una de las principales razones para utilizar una herramienta de Realidad Aumentada. La calibración de las vistas de la cámara hacia el exterior fue difícil (una pared es más difícil de detectar con precisión que los contornos muy definidos de una cara), y muchas herramientas se esforzaron por equilibrar el equilibrio entre la calibración simple y la precisión.

Las funciones de Realidad Aumentada que no se calibraban en absoluto tendían a lanzar imágenes planas y no interactivas del objeto en la escena del usuario. Como no estaban a escala, no ayudaban a los usuarios a hacerse una idea del tamaño del objeto en relación con su espacio. En general, estas funciones de Vista en la habitación en 2D no eran muy efectivas y los usuarios no quedaban impresionados.

"Me gusta poder interactuar con el producto un poco más que ver la imagen plana del mismo, si estoy haciendo Realidad Aumentada. Por ejemplo, me gusta mucho cómo en Amazon... puedes hacer la vista de 360º en la que puedes ver la parte trasera del producto, puedes ver debajo del producto, y puedes hacer zoom. ... Te sientes como si estuvieras inspeccionando el producto en persona, puedes realmente investigar el producto. Así que, en lugar de superponer una imagen, resulta útil que sea más interactiva".

Por otro lado, las herramientas de Realidad Aumentada que evaluaban la vista de la cámara y pretendían mostrar los objetos a escala solían ser difíciles de calibrar, hasta el punto de que los usuarios se veían obligados a abandonar porque no conseguían que funcionara. Además, el hecho de no poder colocar el objeto en un lugar preciso, a escala, perjudicaba la percepción general de utilidad. Un participante que tuvo problemas para maniobrar un sofá en la aplicación móvil de Realidad Aumentada de Interior Define explicó: "*No me deja ponerlo en el suelo, no me da las proporciones [exactas]... Así que no me ayuda mucho*".

Otra participante tuvo problemas para colocar un televisor en la pared con la función de Realidad Aumentada de la aplicación móvil de Best Buy porque no conseguía que la herramienta se calibrara. Después de conseguir colocarlo parcialmente encima de su sofá, dijo: "*Esto no es realmente muy útil porque necesito verlo en la pared y no en el sofá, pero, quiero decir, te da una idea de que va a estar cerca de la longitud del sofá. Pero debería ser capaz de ponerlo en la pared. Quiero ver lo que realmente va a parecer. No, ya sabes, lo que tal vez podría parecer*".

Las experiencias pasadas impulsan las expectativas

Con el tiempo, las experiencias negativas con las funciones de Realidad Aumentada pueden perjudicar las expectativas futuras de esta tecnología. Antes de lanzar una herramienta de Realidad Aumentada, varios participantes comentaron que habían jugado con este tipo de funciones en el

pasado, pero que nunca las habían utilizado seriamente como parte de su decisión de compra porque eran difíciles de usar y daban resultados mediocres. Cada encuentro difícil con la tecnología de Realidad Aumentada aumenta esta percepción de que es demasiado trabajo para que merezca la pena. Así, las malas experiencias pueden impedir que la gente aproveche las funciones de la Realidad Aumentada. En palabras de un participante: *"Rara vez la he utilizado [la Realidad Aumentada] porque cuesta mucho hacerla funcionar, como has visto. Pero creo que son útiles cuando funcionan"*.

Otro participante aconsejó a los diseñadores que "solucionaran los errores". Creo que es una función muy buena si funciona bien; de lo contrario, puede ser muy frustrante porque pasamos varios minutos intentando que apareciera y, cuando apareció, fue un poco decepcionante".

Algunos participantes también se basaron en sus experiencias anteriores con la marca para juzgar la herramienta de Realidad Aumentada. Se esperaba que las marcas percibidas como de alta gama o de lujo tuvieran herramientas de Realidad Aumentada que funcionaran mejor en comparación con las empresas económicas. Por ejemplo, a una participante le decepcionó que la función "View in Room" de la aplicación móvil de Crate and Barrel se limitara a superponer una imagen 2D en la vista de la cámara. Afirmó: "Cuando pienso en Crate and Barrel, creo que son de gama más alta que Amazon y Target, por lo que deberían ser capaces de hacer las cosas que hacen ese tipo de lugares. ... su nueva tecnología debería ser al menos igual de buena".

Actualmente, lo tomaría o lo dejaría

Tal y como está, la tecnología de Realidad Aumentada no se ha perfeccionado hasta el punto de ser una fuente de información importante para tomar una decisión de compra. En el mejor de los casos, la gente la mira, pero no la tiene muy en cuenta a la hora de considerar el artículo. Un participante explicó: "Parece una forma de mejorar la experiencia de compra, en lugar de ser la única forma de tomar una decisión. Te da información adicional para que quieras comprarlo".

Varios participantes comentaron que las fotos de los productos eran más útiles que la función de Realidad Aumentada, ya que a menudo daban una visión más detallada de los artículos y ofrecían una gama más amplia de vistas. Para muchos, estas fotos eran suficientes:

"Estoy acostumbrado a ver siempre sólo las fotos de los productos. Probablemente sería feliz haciéndolo así... Si [la Realidad Aumentada] funcionara, estaría bien poder verla en la zona, pero no es algo que estemos acostumbrados a hacer. En el pasado, he ido a una tienda y lo he visto [el producto], o simplemente he utilizado mi imaginación."

"Para mí, la imagen vale más que mil palabras. El 'asistente virtual' [AR] - no tenía eso hace años".

"Quiero decir que tengo una mejor sensación visual cuando veo el sofá en la página web, porque hay más detalles. ... En el sitio web, tengo una mejor sensación de la tela, tengo una mejor sensación de los contornos. ... Utilizaría esta parte de Realidad Aumentada más tarde en el proceso que la página web, porque en ese momento estoy tratando de ver si el sofá que estoy viendo encajaría en mi espacio real".

Ilusión por el futuro

Dejando a un lado los problemas actuales de usabilidad, la gente seguía bastante emocionada al ver que cada vez más lugares ofrecían funciones de Realidad Aumentada y mostraban fe en el potencial de esta tecnología. Los participantes eran plenamente conscientes de que la Realidad Aumentada es bastante nueva, por lo que probablemente fueron bastante indulgentes cuando las cosas no funcionaban del todo como esperaban.

En el futuro, los participantes esperaban que la Realidad Aumentada fuera más interactiva y les permitiera no sólo ver diferentes ángulos de un objeto, sino también encender y apagar una lámpara, o abrir y cerrar los cajones de los muebles o las puertas de los electrodomésticos. Por ejemplo, después de ver un frigorífico en Realidad Aumentada en la aplicación de Home Depot, uno de los participantes dijo: *"No sé si es una opción, pero si... [se pudieran] abrir las puertas, ... [para ver] si choca demasiado con la encimera, para ver cuánto espacio ocupa... estaría bien poder ver cómo se abren las puertas"*.

Conclusión

La Realidad Aumentada tiene el potencial de ser mejor que la realidad, ya que permite a los usuarios previsualizar elementos de forma más rápida y sencilla que en la vida real. Por ejemplo, es mucho más rápido pasar por varios looks de maquillaje que lavarse la cara repetidamente para probar el siguiente color. Del mismo modo, la Realidad Aumentada permite a los consumidores ver los muebles en su ubicación final en lugar de verlos en una tienda y tener que depender de las medidas y la imaginación.

Sin embargo, esta tecnología todavía tiene un largo camino que recorrer tanto en términos de usabilidad como de utilidad. Hacer que estas herramientas sean menos engorrosas y que muestren el tamaño exacto mejoraría mucho su utilidad. Dado que las experiencias negativas tienden a tener un gran peso en la mente de la gente, es aconsejable esperar hasta que una función de Realidad Aumentada pueda ser totalmente refinada y probada en lugar de lanzar una experiencia deficiente demasiado pronto.

En palabras de un participante: *"Creo que la única forma de hacerlo bien es que parezca muy realista. [Cuando no parece realista,] es muy neutral y probablemente, cuando te gastas tanto dinero en que alguien lo cree, no merece la pena. Así que, ... Si yo fuera propietario de una empresa, no usaría esto [la Realidad Aumentada] ni lo pondría en mi sitio web hasta que realmente ayudara a los consumidores a ver lo que es el artículo en su espacio"*.

3.5 Inventario

A continuación se detallan los distintos objetos que se disponen actualmente en el museo, los mismos se agrupan en distintas categorías, las mismas se utilizarán en la aplicación final para lograr una mayor organización en la misma.

Categoría: Calculadoras

- Abaco[30]
 - Año: 1800
 - Descripción: El ábaco es considerado como el instrumento más antiguo de cálculo. Este Instrumento de cálculo utiliza cuentas que se deslizan a lo largo de una serie de alambres o barras de metal o madera fijadas a un marco para representar las unidades, decenas, centenas, unidades de millar, decenas de millar, centenas de millar, etcétera.

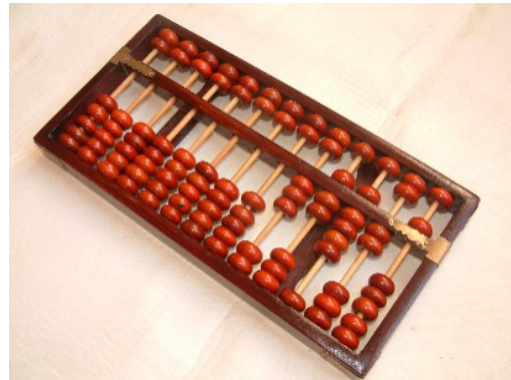


Fig. 3.1 Abaco

- Calculadora Sueca[31]
 - Año: 1957
 - Descripción: Este tipo de calculadoras de Contex eran una máquina de sumar accionada por teclas. La máquina era inusual en su momento ya que la mayoría de los componentes internos estaban hechos de tableros de fibra prensados en lugar de láminas de metal. A pesar de su construcción poco ortodoxa, estas máquinas eran simples y confiables.



Fig. 3.2 Calculadora Sueca

- Calculadora Japonesa[32]
 - Año: 1955
 - Descripción: Este dispositivo también conocido como calculadora Magic-Brain fue fabricada por Chadwick Company, esta primera calculadora funcionaba con un lápiz óptico y podía realizar cálculos de suma, resta y multiplicación. Dicho dispositivo posee seis columnas para ingresar números con un lápiz óptico y una séptima banda con muescas para registrar un séptimo dígito. Un conjunto de siete aberturas sobre las columnas en forma



de corchetes del sumador muestra el resultado. Una barra de puesta a cero está en la parte superior

Fig. 3.3 Magic-Brain

- Calculadora HP 48[33]
 - Año: 1990
 - Descripción: La HP 48 es una serie de calculadoras gráficas que utilizan la notación polaca inversa (RPN) y el lenguaje de programación RPL , diseñadas y producidas por Hewlett-Packard. La arquitectura de hardware desarrollada para la serie HP48 se convirtió en la base para la HP 38G , con una interfaz de usuario simplificada y un método de entrada infijo , y la HP 49G con varias mejoras de software.

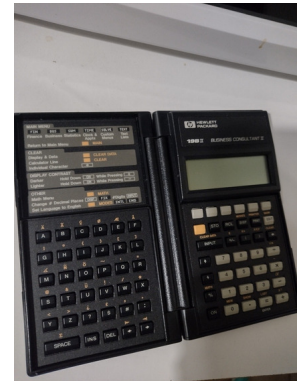


Fig. 3.4 HP 48

Categoría: Chips

- Valvula Vacio[34]
 - Año: 1965
 - Descripción: La válvula de vacío es un componente electrónico utilizado para amplificar, conmutar, o modificar una señal eléctrica mediante el control del movimiento de los electrones en un espacio vacío a muy baja presión, o en presencia de gases especialmente seleccionados.

Las válvulas de vacío eran los componentes electrónicos activos que había antes de los transistores y los circuitos integrados actuales, hechos con materiales semiconductores. Su capacidad de poder controlar el paso de una corriente de electrones a través del vacío permitía llevar a cabo las funciones requeridas en los equipos de comunicaciones, tales como amplificación, rectificación, oscilación, mezcla, detección, modulación, conmutación, etc. Un filamento elevaba la temperatura de un metal (electrodo de cátodo) que emitía electrones por efecto



Fig. 3.5 Valvula de vacio

termoiónico. Una tensión aplicada en el electrodo de ánodo o placa, hacía que estos electrones se desplazarán desde el cátodo hacia el ánodo, atravesando el vacío. Aplicando una tensión de control en el electrodo de rejilla, se regulaba el paso de los electrones en su camino hacia el ánodo. La tensión variable obtenida en los terminales de la carga era la versión amplificada de la tensión de control aplicada en la rejilla.

- Chip IBM 360[35]
 - Año: 1964
 - Descripción: La IBM S/360 (S/360) fue un sistema de computación de la familia mainframe. Fue la primera familia de computadoras que fue diseñada para cubrir las aplicaciones, independientemente de su tamaño o ambiente (científico o comercial). En el diseño se hizo una clara distinción entre la arquitectura y la implementación (estructura), permitiendo a IBM sacar una serie de modelos compatibles a precios diferenciales. Los modelos S/360 anunciados variaban en velocidad de 0,034 MIPS a 1,7 MIPS (50 veces la velocidad) y entre 8 Kb y 8MB de memoria principal, aunque esta última capacidad fue muy inusual.

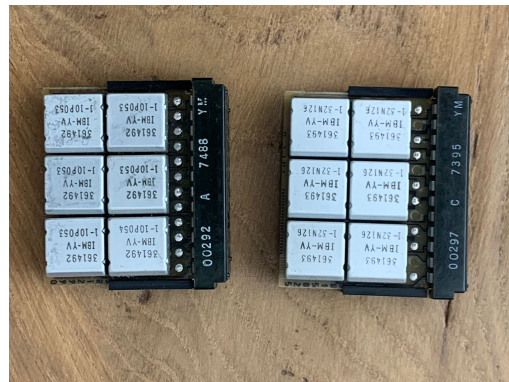


Fig. 3.6 Chip IBM 360

Categoría: Almacenamiento

- Cinta IBM [36]
 - Año: 1952
 - Descripción: Los primeros dispositivos de cinta magnética de IBM, utilizan lo que ahora se conoce generalmente como cinta de 7 pistas. La cinta magnética tiene 12,7 mm de ancho y hay seis pistas de datos más una pista de paridad para un total de siete pistas paralelas que abarcan toda la longitud de la cinta. Los datos se almacenan como caracteres de seis bits, con cada bit del carácter y el bit de paridad adicional almacenado en una pista diferente.



Fig. 3.7 Cinta IBM

- Tarjetas Perforadas [37]
 - Año: 1965
 - Descripción: La tarjeta perforada o simplemente tarjeta es una lámina hecha de cartulina que contiene información en forma de perforaciones según un código binario. Estos fueron los primeros medios utilizados para ingresar información e instrucciones a una computadora en los años 1960 y 1970. Las tarjetas perforadas fueron usadas con anterioridad por Joseph Marie Jacquard en los telares de su invención, de donde pasó a las primeras computadoras electrónicas. Con la misma lógica se utilizaron cintas perforadas.

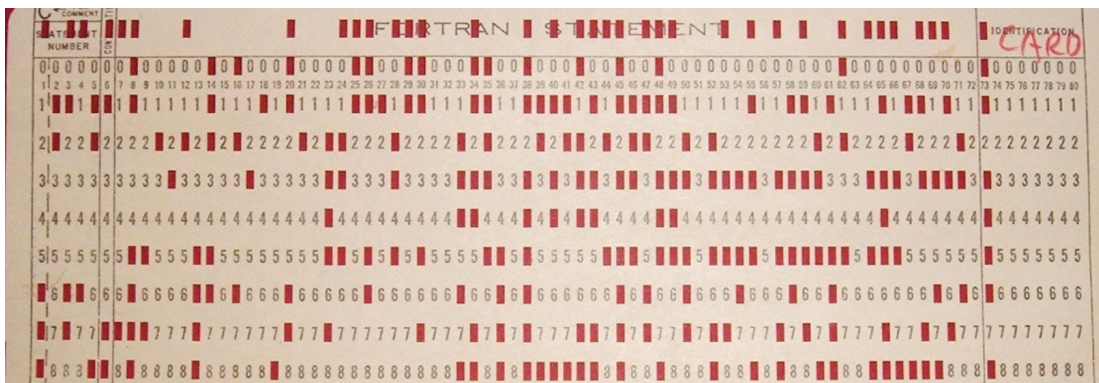


Fig. 3.8 Cinta Perforada

- Disquete 5 1/4 y Disquete 3 1/2 [38]
 - Año: 1976
 - Descripción: Los disquetes de 5 ¼ pulgadas fueron los primeros discos flexibles que lograron volverse masivos. Estos disquetes tenían una capacidad de almacenamiento de 1,2 MB.

Con el tiempo, surgieron los disquetes de 3 ½ pulgadas, más chicos en cuanto a su tamaño físico pero con mayor capacidad de almacenamiento: 1,44 MB.

Los disquetes cuentan con un mecanismo de seguridad que le permite al usuario proteger el contenido contra la reescritura o el borrado por accidente. No se trata de una técnica inviolable ni dependiente de una contraseña; por el contrario, en una de las caras del disco hay un pequeño pestillo que se puede mover en dos sentidos, uno para permitir la escritura y otro para prohibirla.



Fig. 3.9 Disquetes

- Disco IBM [39]
 - Año: 1973
 - Descripción: Esta unidad utiliza cartuchos sellados extraíbles IBM 3348 con tecnología Winchester. Cada cartucho del modelo 70 incluye 4 discos, 3 brazos y 12 cabezales (4 por brazo y 2 por superficie, para reducir a la mitad el tiempo de búsqueda). Estos discos ofrecen una densidad de 300 TPI, un tiempo medio de acceso de 25 ms y una tasa de transferencia de 885 KB/s.



Fig. 3.10 Disco IBM

- **Cassette [40]**
 - Año: 1980
 - Descripción: Es forma de almacenaje de audio en un estuche de plástico que contenía una cinta magnética, se popularizó en los 80'.

El cassette, era un estuche de plástico o carcasa plástica protectora que contenía dos carretes miniatura entre los cuales se pasaba una cinta magnética, que corría a una velocidad aproximada de 4,76 centímetros por segundo. En esta cinta magnética estaban disponibles dos pares de pistas estereofónicas, uno por cada cara: una cara se reproducía cuando el casete se insertaba con sus revestimientos laterales de cara A para arriba, y la otra cuando se le daba la vuelta, es decir, cuando se insertaba con su cara B para arriba.



Fig. 3.11 Cassette

- **Cartuchos [41]**
 - Año: 1994
 - Descripción: Recipiente que normalmente aloja un tipo de memoria externa rígida, que se conecta a un dispositivo electrónico como: un teléfono móvil, una PDA, una computadora, una videoconsola, una cámara digital, etc. A diferencia del formato disco óptico, el formato cartucho no tiene partes móviles. Los cartuchos permitían al usuario cargar y acceder rápidamente a los programas y datos sin la necesidad de una unidad de disco, que era un periférico caro durante la era de la computadora personal, y sin el uso de cassettes, que eran secuencial, lentos, y a menudo poco fiables. Una ventaja para el fabricante fue la relativa seguridad de la distribución de software en forma de cartucho, el cual era difícil de replicar para los usuarios finales. Fig. 3.12 Atari

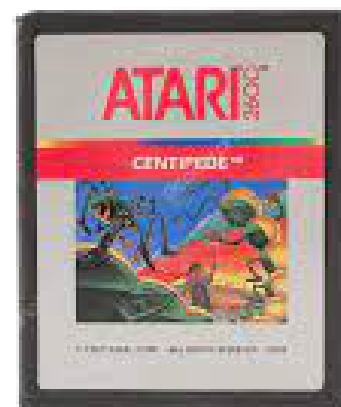


Fig. 3.12 Atari

- Disco 1GB [42]
 - Año: 1994
 - Descripción: Dispositivo de almacenamiento de datos que emplea un sistema de grabación magnética para almacenar y recuperar archivos digitales. Se compone de uno o más platos o discos rígidos, recubiertos con material magnético y unidos por un mismo eje que gira a gran velocidad dentro de una caja metálica sellada. Sobre cada plato, y en cada una de sus caras, se sitúa un cabezal de lectura/escritura que flota sobre una delgada lámina de aire generada por la rotación de los discos.1 Permite el acceso aleatorio a los datos, lo que significa que los bloques de datos se pueden almacenar o recuperar en cualquier orden y no solo de forma secuencial. Las unidades de disco duro son un tipo de memoria no volátil, que retienen los datos almacenados incluso cuando están apagados.



Fig. 3.13 Disco duro

- Zip [43]
 - Año: 1994
 - Descripción: Dispositivo o periférico de almacenamiento, que utiliza discos Zip como soporte de almacenamiento; dichos soportes son de tipo magnético, extraíbles o removibles de mediana capacidad. El disco Zip se basa en el mismo principio que el sistema Iomega Bernoulli Box, de la misma empresa Iomega; en ambos casos, un mecanismo de cabezales de lectura/escritura está montado en un actuador lineal que sobrevuela un disco de polímero, similar a un disquete, que gira rápidamente en el interior de un cartucho de plástico rígido. El actuador lineal utiliza la tecnología de la bobina móvil, relacionada con los modernos discos duros. El disco Zip tiene un tamaño de 9 centímetros, similar al tamaño de un disquete de 3½", y de menor medida que los discos de tamaño compacto de las Bernoulli.



Fig. 3.14 Zips

Categoría: Computadoras

- Mecanógrafo Táctil
 - Año: 1935
 - Descripción: Dispositivo que enseñaba a escribir a máquina en institutos y colegios.



Fig. 3.15 Mecanógrafo

- Apple II [44]
 - Año: 1977
 - Descripción: Las primeras computadoras Apple II estuvieron basadas en un microprocesador 6502 de MOS Technology funcionando a 1 MHz, con 4 KiB de RAM, 12 KB de ROM con el lenguaje de programación Integer BASIC, y una interfaz para grabadores de casetes de audio. El controlador de vídeo mostraba en la pantalla 24 líneas por 40 columnas de texto solamente en mayúsculas, con salida de vídeo compuesto NTSC para mostrarse en un monitor, o en un aparato de televisión por medio de un modulador de RF. Por parte de terceros, estaban disponibles tarjetas de expansión que mostraban 80 columnas y soportaban minúsculas. Los usuarios podían guardar y recuperar programas y datos en casetes de audio. Otros lenguajes de programación, juegos, aplicaciones y otros softwares estaban también disponibles en casetes. El precio al por menor original fue 1.298 dólares con 4 KB RAM y 2638 dólares con 48 KB RAM.



Fig. 3.16 Apple II

- Atari [45]
 - Año: 1980
 - Descripción: La Atari poseía un procesador MOS Technology que funcionaba a 1,19 MHz, una memoria RAM de 128 bytes, en VLSI y los cartuchos tenían una memoria ROM de 4KB por juego. En total existieron 3 modelos desde 1977 hasta 1983. El primero que era el Atari VCS CX2600 con 6 botones, el VCS 2600A que era idéntico al anterior pero que redujo la cantidad de botones a 4 y la 2600 'Junior' que hizo un lavado de cara al aspecto y los mandos.



Fig. 3.17 Atari

- Commodore 64 [46]
 - Año: 1982
 - Descripción: Computadora doméstica de 8 bits desarrollada por Commodore International. Sucede a la Commodore VIC-20 y a la Commodore MAX Machine, presentando 64 kilobytes (65.536 bytes) de RAM, con gráficos y sonido muy por encima de otros equipos contemporáneos.



Fig. 3.18 Commodore 64

Utilizaba una unidad de casete (Datasette) además de una disquetera de tipo 5 1/4 pulgadas (la Commodore 1541). Disponía de un teclado profesional muy robusto, distintas tomas de conexión y poseía infinidad de videojuegos, aplicaciones, gráficos y multimedia. Contaba con una paleta de 16 colores y un intérprete BASIC (el Commodore BASIC v2.0). Aceptaba la conexión directa de periféricos sin necesidad de una interfaz de conexión, incorporando dos puertos de conexión de mandos de juego (joysticks), puertos serie IEC, RS232 y C2N, salida a televisión, salidas de vídeo compuesto y audio mediante

conector DIN de alta fidelidad y un puerto de expansión para cartuchos. Algunos cartuchos incorporaban lenguajes de programación como COBOL, o un BASIC más avanzado, o expansión de RAM, más algunas utilidades para congelar los juegos y poder copiarlos. Su reloj funcionaba a menos de 1 Megahercio, pero sus excelentes capacidades gráficas y sonoras, hicieron de ella la computadora personal favorita de millones de usuarios caseros. Hoy en día existen programas que emulan su funcionamiento al completo, para GNU/Linux, Windows y otros sistemas operativos.

- CZ Spectrum [47]
 - Año: 1983
 - Descripción: El Sinclair ZX Spectrum es una computadora de 8 bits basada en el microprocesador Zilog Z80A, fabricado por la compañía británica Sinclair Research. Microprocesador Zilog Z80A a 3,5 MHz (bus de datos de 8 bits y bus de direcciones de 16 bits). Acompañando al procesador principal estaba la ULA (Uncommitted Logic Array), encargada de realizar funciones auxiliares.
 - Dos configuraciones de RAM con 16 kB o 48 kB. El límite del direccionamiento de 16 bits es de 64 kB.



Fig. 3.19 Spectrum

- Talent [48]
 - Año:
 - Descripción: La Talent DPC-200 es una computadora doméstica de la norma MSX, fabricada en Argentina por la firma Telemática S.A., a fines de los años 1980, y comercializada en este país además de Chile y Uruguay. El diseño está basado en la Daewoo DPC-200.
 - Memoria RAM 64K estándar + 16K de uso exclusivo del chip de video
 - Memoria ROM 32K estándar, admite cartuchos ROM en el conector superior
 - CPU Zilog Z80A a 3,58 MHz



CAPÍTULO 4. Alcance y casos de uso del producto final

4.1 Descripción del producto

Tal como ya se ha mencionado con anterioridad, se pretende implementar una aplicación web cuya funcionalidad se base en parte en la utilización de tecnologías de Realidad Aumentada. La aplicación permitirá mostrar diversos contenidos multimedia, ya sean, texto, imágenes y videos a partir del trackeo de una serie de marcadores. Cada marcador estará asociado a un objeto físico real, perteneciente al museo, y permitirá que la aplicación muestre información asociada a estos, al ser reconocidos por la tecnología de Realidad Aumentada.

Los objetos anteriormente mencionados pertenecen a la empresa Clarolab, la aplicación web a desarrollar permitirá que estos sean expuestos mediante una especie de museo virtual que sea fácilmente accesible por todas aquellas personas que deseen concurrir al museo físico para poder conocer e interactuar con estos objetos.

Por otro lado la aplicación poseerá un módulo de Realidad Virtual, que cuente con diferentes ejemplos que utilicen esta tecnología, cuyo propósito principal es el de demostrar el potencial de la misma en la construcción de entornos virtuales inmersivos.

Para lograr que la aplicación pueda ser accedida con facilidad, por los asistentes del museo, será alojada en un servidor por lo cual, la misma, será accesible a través de cualquier dispositivo móvil, cuyos únicos requisitos serán contar con acceso a internet y un navegador web, sin la necesidad de ningún tipo de configuración o descarga previa.

4.2 Requisitos funcionales del producto

Entre los objetivos que persigue la futura implementación podemos destacar las siguientes:

- **Compatibilidad**

Se busca que la aplicación a desarrollar sea compatible con la mayor cantidad de dispositivos posibles. El correcto funcionamiento de la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual depende en gran medida no solo del software que se ejecuta sino que también del hardware empleado. Esto implica que en determinados dispositivos más antiguos la aplicación pueda no ejecutarse de manera correcta. Por lo que se buscará mediante la construcción de diferentes prototipos analizar cuál de las librerías a utilizar presentan una mayor compatibilidad y así mismo se analizarán la mayor cantidad de alternativas posibles para poder desarrollar funcionalidades para ambas tecnologías sin la necesidad de un exceso en el consumo de recursos de las aplicaciones.

- **Disponibilidad**

La aplicación será ejecutada dentro de un servidor propio de la empresa Clarolab, con el cual se tendrán en cuenta todas aquellas acciones necesarias para poseer la disponibilidad del mismo las 24hs. Además el hecho de que la aplicación sea ejecutada dentro de un servidor permitirá que la misma sea accedida simplemente mediante el uso de un navegador web con acceso a internet.

- **Velocidad**

La aplicación deberá contar con ciertos requisitos de velocidad, si bien al ser una aplicación web, en cierta medida dependerá de la velocidad de internet que se disponga, se buscará a partir de la utilización de lenguajes livianos, para lograr la construcción de páginas dinámicas que contribuirán a la rápida velocidad de carga de la información.

- **Simplicidad**

Al estar destinada a ser una aplicación accesible y utilizable por un público general que no requiera de conocimientos previos la misma deberá ser de fácil uso y eso será posible gracias a un diseño de interfaz intuitivo y amigable.

- **Interactividad**

El aspecto fundamental de la aplicación será la interacción, ya su funcionalidad depende de que los usuarios podrán interactuar tanto con la virtualidad y el mundo exterior en tiempo real

4.3 Funcionalidad del producto

A partir del estudio de los diagramas de casos de uso y teniendo claros los objetivos a alcanzar por el sistema se pueden extraer los requisitos funcionales que se necesitarán cumplir. Entre los cuales podemos encontrar los siguientes.

- La aplicación a desarrollar debe ser capaz de reconocer un conjunto de marcadores ya predefinidos asociados a cada uno de los objetos pertenecientes al museo para poder proyectar contenido multimedia sobre ellos utilizando Realidad Aumentada.
- El reconocimiento de los marcadores se realizará a partir de la cámara del dispositivo en el cual se ejecute la aplicación.
- Sobre cada marcador que se reconozca se proyectará un contenido multimedia en particular, ya sea, texto, audio y video.
- La aplicación le permitirá al usuario navegar a través de los distintos objetos disponibles para proyectar la Realidad Aumentada asociada.
- Cada objeto por su parte contendrá una breve descripción a modo informativo, más allá del contenido mostrado por la Realidad Aumentada.
- Por último el usuario será capaz de interactuar con el contenido de la aplicación de forma que podrá registrarse en la misma, dar me gusta, comentar y compartir en redes sociales.
- La aplicación deberá contar con un “apartado” de ayuda donde se le indique al usuario cómo debe utilizar la aplicación
- El usuario contará con la habilidad tanto de registrarse como de loguearse.

Módulo de Realidad Virtual

- La aplicación contendrá un apartado con una serie de ejemplos que utilizarán emulaciones de realidad virtual
- El usuario podrá ingresar a cada una de las emulaciones y “desplazarse” dentro de las mismas.

4.4 Casos de uso del módulo de Realidad Aumentada

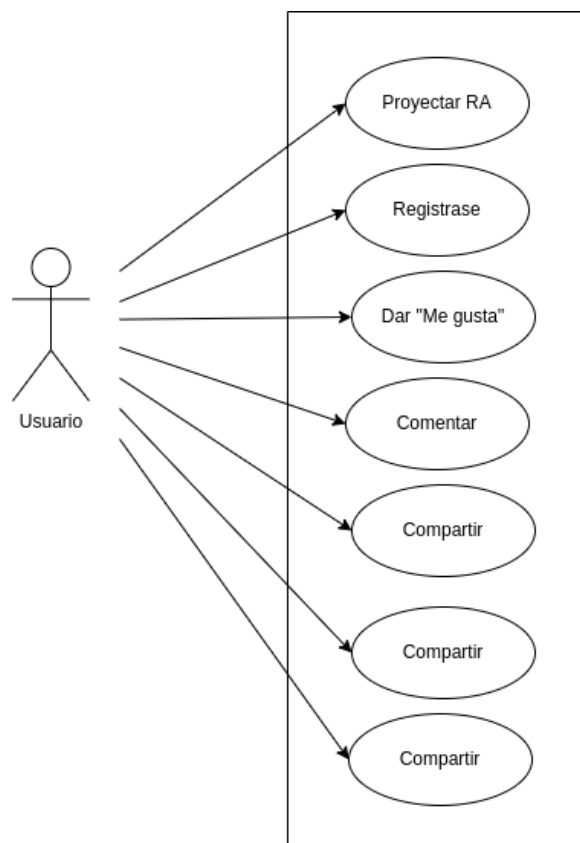


Diagrama de casos de uso

Especificación de los casos de uso

Caso de uso	Proyectar Realidad Aumentada	CU1
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	Cada objeto perteneciente al museo deberá poseer al menos un marcador asociado que sea reconocible por la aplicación y sobre el cual se genere la Realidad Aumentada mediante el trackeo por parte de la aplicación.	
Post condición	El contenido multimedia será proyectado mediante la Realidad Aumentada por encima del marcador anteriormente mencionado	
Autor	Lucas Napoli	
Fecha	22/01/2023	
Versión	1	

Propósito
Proyectar contenido multimedia asociado a cada objeto del museo utilizando la tecnología de Realidad Aumentada.

Resumen
El usuario se aproximara a cada uno de los objetos expuestos que contendrán un marcador, el mismo deberá buscar el correspondiente objeto en la aplicación, luego iniciara la funcionalidad de Realidad aumentada asociada a ese objeto, al enfocar con la cámara del dispositivo sobre el marcador y así se comenzará a proyectar el contenido multimedia.

Caso de uso	Registrarse	
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	El usuario ingresa a la aplicación en la sección de registrar usuario e ingresa	

	sus nuevas credenciales solicitadas.
Post condición	Las credenciales del usuario serán almacenadas y la sesión del mismo permanecerá iniciada, por lo que podrá realizar diferentes acciones que serán asociadas a esa sesión.
Autor	Lucas Napoli
Fecha	22/01/2023
Versión	1

Propósito
Permitir que los usuarios puedan registrarse para realizar diferentes acciones que serán asociadas a esa sesión de usuario.

Resumen
El usuario podrá ingresar credenciales que quedaron asociadas a su sesión y le permitirá realizar diferentes acciones

Caso de uso	Dar "Me gusta"	
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	El usuario debe estar logueado en la aplicación.	
Post condición	Cada objeto perteneciente al museo dentro de la aplicación tendrá un contador de Me gusta que será incrementado cada vez que se realice esta acción.	
Autor	Lucas Napoli	
Fecha	22/01/2023	
Versión	1	

Propósito

Poder determinar las impresiones de los usuarios sobre cada objeto a partir de la cantidad de Me gusta que obtienen.

Resumen

El usuario logueado podrá decidir aquellos objetos que más gustaron

—

Caso de uso	Comentar	
Actores	Usuario	
Tipo	Primario	
Precondición	El usuario debe estar logueado en la aplicación	
Post condición	Cada objeto dentro de la aplicación tendrá un input de texto que le permitirá al usuario dejar un comentario asociado a dicho objeto.	
Autor	Lucas Napoli	
Fecha	22/01/2023	
Versión	1	

Propósito

Que cada usuario pueda dejar uno o más comentarios en cada objeto, y ver comentarios de otros.

Resumen

Que cada usuario logueado podrá dejar su opinión en la sección de comentarios en cada objeto, y ver comentarios de otros.

—

Caso de uso	Compartir	
Actores	Usuario	

Tipo	Primario
Precondición	El usuario debe estar logueado en la aplicación
Post condición	El contenido de la aplicación podrá ser compartido en redes sociales
Autor	Lucas Napoli
Fecha	22/01/2023
Versión	1

Propósito
El contenido podrá ser compartido en redes sociales directamente desde la aplicación

Resumen
El usuario podrá compartir un objeto perteneciente a la aplicación en redes sociales directamente desde la misma

4.5 Resultados esperados

El trabajo asociado a la presente tesina busca la implementación de una aplicación web cuyo proceso de desarrollo se dividirá en diferentes iteraciones, de las cuales se espera obtener una serie de resultados previos a la solución final, a los que consideraremos como un prototipo de la aplicación.

Con la construcción de este prototipo, lo que se busca es llevar a cabo diferentes pruebas de concepto, a partir de las cuales se logre obtener un mayor conocimiento de las tecnologías utilizadas para la implementación, de la Realidad Aumentada y de la Realidad Virtual como conceptos en sí, y de las preferencias de los usuarios, en cuanto a estos tipos de desarrollo.

En función a este prototipo y en cuanto a la Realidad Aumentada específicamente se espera que el mismo sea capaz de reconocer un conjunto de marcadores ya predefinidos asociados a cada uno de los objetos para poder proyectar diferente contenido multimedia sobre ellos, utilizando la tecnología de Realidad Aumentada. El reconocimiento de los marcadores se realizará a partir de la cámara del dispositivo sobre la cual se ejecute la aplicación.

Sobre cada marcador, que se reconozca, se proyectará un contenido multimedia en particular, la aplicación deberá ser capaz de reproducir texto, imágenes, audios y videos. La proyección de contenido a través de la Realidad Aumentada implica ciertos requisitos que dependen de la complejidad de aquello que se desee exponer, por lo que se buscará la compatibilidad con la mayor cantidad de dispositivos posible. Todo esto de forma fluida con el entorno, para lograr la mejor experiencia de usuario.

Por otro lado, en cuanto al módulo de realidad virtual se compondrá de una serie de ejemplos a modo demostrativo de la capacidad de dicha tecnología, mediante los cuales el usuario podrá interactuar y conocer de una forma práctica cómo funciona la misma.

A partir de los diferentes avances se realizarán las correspondientes mejoras para poder así lograr obtener la aplicación final la cual se se espera cumpla con determinadas características una vez que sea dada por terminada, entre las cuales podemos determinar ciertos niveles de, compatibilidad, disponibilidad, velocidad, simplicidad e interactividad entre otros.

CAPÍTULO 5. Desarrollo

5.1 Participantes del proyecto

Si bien el equipo que llevará a cabo el desarrollo descrito en los apartados anteriores, en principio, no posee conocimientos previos en tecnologías asociadas a la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, ni de las librerías o frameworks que se utilizaran para la implementación de las mismas, sin embargo, si poseen conocimientos básicos en las tecnologías base que se utilizan para implementar estas librerías, y conocimientos y experiencias en el desarrollo de aplicaciones.

Dichos conocimientos serán complementados con diversos cursos explicativos disponibles en la Web, asociados a dichas tecnologías, documentación que se encuentra presente en diferentes sitios acerca de cada librería y proyectos, que se utilizarán a modo de ejemplo, que se disponen en repositorios públicos.

Durante el desarrollo de la aplicación fueron partícipes distintos profesionales que hicieron su aporte en distintos aspectos de la misma, los mismos serán nombrados a continuación

Francisco Vives: Desarrollador. Quien es propietario de la idea inicial del museo y de los objetos pertenecientes al mismo, encargado de la planificación del proyecto, y quien aportó a la funcionalidad inicial de los prototipos de aplicación, creando la estructura base en php encargada de la lógica de negocio de la misma.

Martina Garcia: Desarrolladora. Quien estuvo a cargo de la búsqueda, recolección y organización de información asociada a cada uno de los objetos pertenecientes al museo que se expondrán en la aplicación, la construcción de marcadores y de archivos multimedia y desarrollo de funcionalidades asociadas a la Realidad Aumentada .

Lucas Napoli: Desarrollador. Encargado del diseño y desarrollo de la funcionalidad de los diversos prototipos de la aplicación incluyendo la aplicación final y de funcionalidades de Realidad Aumentada y Realidad virtual y la interfaz de usuario.

Área de diseño gráfico de Clarolab: Quien fue el responsable de proveer de los distintos diseños de la interfaz que presenta la aplicación final.

5.2 Mecanismo seleccionado para la implementación del módulo de Realidad Aumentada

En base diferentes pruebas y los mecanismos previamente descritos en la [sección 2.4.2](#) y desde un punto de vista práctico se encontró que el mecanismo basado en la visión es aquel que más se

adecua al desarrollo que se pretende conseguir. Dentro de este mecanismo, tanto el método basado en marcadores como el método sin marcadores poseen un rendimiento que se ajusta a la implementación que se desea conseguir. Además, los mismos son de fácil implementación debido al amplio número de librerías disponibles hoy en día, para la creación de Realidad Aumentada basada en estos métodos. Los mismos permitirán mostrar contenido multimedia asociado a cada uno de los objetos pertenecientes al museo con gran facilidad para que los usuarios puedan interactuar con los mismos.

5.3 Detección y reconocimiento de los marcadores

Uno de los métodos seleccionados para la implementación del módulo de Realidad Aumentada es el método basado en marcadores, estos requieren una imagen estática, también denominada foto de activación, que el usuario deberá escanear con su dispositivo móvil a través de la aplicación.

El escaneo del dispositivo móvil activará el contenido multimedia adicional (imágenes, video, texto, audio y/o contenido 3D) seleccionado de antemano para que aparezca sobre el marcador que estará asociado a cada objeto del museo.

Los marcadores mayormente utilizados son los códigos QR de la Realidad Aumentada o los marcadores de patrones generados a partir de formas o imágenes. Las formas o imágenes deben ser distintivas y reconocibles para que la cámara las identifique correctamente en diversos entornos. En el desarrollo propuesto, se eligió generar patrones personalizados a partir de imágenes vinculadas a cada uno de los objetos del museo.

A medida que se comenzaron a realizar las primeras pruebas se pudo observar que la experiencia de la Realidad Aumentada basada en marcadores está ligada fuertemente al marcador. Por lo que se pudo determinar que la colocación de los diferentes contenidos multimedias dependerá de la ubicación del marcador. En todos los casos, la experiencia se mostrará encima del marcador y se moverá junto con éste cuando se gire o rote.

Para la utilización de este mecanismo fue necesario imprimir el marcador asociado a cada objeto del museo y colocarlo junto a cada uno de estos a modo de prueba, para que pueda ser reconocido por cámara a una distancia relativamente cercana, no más de 2 metros, para lograr un mejor trackeo del mismo. El algoritmo de detección es muy sencillo y se basará en la naturaleza del marcador:

- Aplicación de umbralización adaptativa para extraer los bordes;
- Extracción de contornos cerrados de la imagen binaria;
- Filtración de contornos;
- Aproximación de contornos y detección de contornos con forma de cuadrilátero.

Después de los pasos anteriores, los candidatos a marcador se almacenan para el posterior reconocimiento del marcador.

Cada candidato se deforma en la vista frontal y se divide en bloques. La tarea del algoritmo de reconocimiento consiste en extraer el código binario del candidato a marcador y compararlo con el código del verdadero marcador. El candidato más similar se considera un marcador coincidente.

5.4 Selección de marcadores para obtener el contenido mediante la Realidad Aumentada

Los marcadores de Realidad Aumentada seleccionados para la implementación propuesta serán fotos de activación creadas especialmente para nuestro uso. Por consiguiente cada imagen será única y distinguible. Para que la aplicación detecte el marcador de la mejor manera posible, es necesario utilizar el mayor número de elementos gráficos y contrastes en la foto de activación. La imagen del marcador no es algo que deba ser minimalista. El sistema de reconocimiento de imágenes se nutre de diferentes formas, sombras, etc.

Por último, se fijará el marcador en el lugar exacto donde se requiere mostrar la Realidad Aumentada asociada al objeto. Aunque se vea muy bien en las pruebas realizadas capturando la imagen desde la pantalla de la computadora, es necesario asegurarse de que funcione al imprimirla. Puntos que se tuvieron en cuenta:

- Elegir un acabado mate, ya que las fotos brillantes, debido a su reflejo con la luz, pueden ser difíciles de leer.
- Colocar los marcadores en superficies planas.
- Ubicar los marcadores mayormente en fondos claros.

5.5 Consideraciones sobre el entorno para las experiencias de Realidad Aumentada basadas en marcadores

Durante las primeras pruebas realizadas se pudo observar que aunque se elija el marcador perfecto por su diseño, hay otros aspectos que son clave para el éxito de la creación de una experiencia aumentada óptima. La ubicación del marcador de Realidad Aumentada será perjudicial, ya que la misma foto de activación puede no funcionar dependiendo de su ubicación.

Independientemente del lugar donde se ubique el marcador de Realidad Aumentada, hay que tener en cuenta que cuando el usuario lo escanee con su dispositivo móvil, debe ocupar al menos el 50% de la pantalla de la cámara, no menos. Por lo tanto hay que tener en cuenta a qué altura va a estar el marcador. Cuanto más alto sea, más grande tiene que ser. Si se va a colocar un marcador en una hoja de tamaño A4, hay que tener en cuenta a qué distancia va a poder llegar el usuario, porque para un A4 un metro es probablemente lo óptimo.

Si se considera la posibilidad de colocar un banner grande, hay que asegurarse de que el espacio para recuperar el contenido de la Realidad Aumentada no sea limitado. Es necesario tener en cuenta que el usuario necesita ser capaz de obtener la foto de activación dentro de la pantalla de su cámara. Por lo tanto, si está en un tamaño más grande se debe asegurar de que el entorno que lo rodea es lo suficientemente amplio como para que el usuario pueda desplazarse para poder escanear el marcador de la mejor manera

Otro punto a considerar cuando se coloca un marcador en el exterior es la luz del sol o la sombra. Ambos pueden afectar si la visión por computadora es capaz de detectar el marcador. Por lo tanto, debemos evitar colocar los marcadores AR en pancartas donde haya cambios drásticos de luz y sombra a lo largo del día.

Pros

- Si la imagen del marcador se prepara correctamente, el contenido de Realidad Aumentada basado en marcadores proporciona experiencias de calidad

- Las experiencias y el seguimiento son muy estables, el contenido de Realidad Aumentada no tiembla.
- Fácil de usar, no se requieren instrucciones detalladas para las personas que lo usan por primera vez.

Contras

- Cuando la cámara del móvil se aleja del marcador, la experiencia de Realidad Aumentada desaparece y hay que volver a escanear la foto de activación. Es posible utilizar el seguimiento extendido, pero en la mayoría de los casos, el seguimiento extendido empeora las cosas.
- El escaneo no funcionará si los marcadores reflejan la luz en determinadas situaciones.
- El marcador tiene que tener bordes fuertes/contraste entre los colores blanco y negro para hacer para que el seguimiento sea más estable.
- Una transición de color suave hará imposible el reconocimiento

5.6 Implementación seleccionada para el módulo de Realidad Aumentada

En base a las diferentes implementaciones anteriormente mencionadas en la [sección 2.4.3](#) se observa al método autónomo como aquel que más se adecua al desarrollo que se pretende lograr. La implementación de Realidad Aumentada en base a un método autónomo, más específicamente a partir de la utilización de librerías, se ajusta a los requisitos iniciales de la aplicación que se busca implementar. A partir del uso de estas librerías, que se encuentran ampliamente disponibles, es posible implementar soluciones de Realidad Aumentada de forma sencilla y rápida, que posean un buen rendimiento y que presenten un alto rango de compatibilidad con un gran número de dispositivos móviles.

El siguiente paso consistió en seleccionar concretamente qué librerías y frameworks se seleccionarán para la implementación, teniendo en cuenta los requisitos mínimos y el comportamiento esperado de la aplicación.

Luego de una búsqueda realizada sobre las librerías y frameworks disponibles en el mercado se determinó que, para poder llevar a cabo el desarrollo de la aplicación propuesta, se procederá a utilizar las librerías de Ar.js, Three.js y A-Frame en lo que respecta a la funcionalidad asociada a la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada. Ya que, considera que estas tecnologías anteriormente nombradas brindaran un alto grado de soporte y un rendimiento aceptable para todas aquellas funcionalidades que se pretenden desarrollar.

5.6.1 Librerías de Realidad Aumentada

5.6.1.1 AR.js

AR.js es una librería de JavaScript. Forma parte de un proyecto de código abierto que nos permitirá introducir características y funcionalidades de Realidad Aumentada utilizando unas pocas líneas de HTML, Javascript y algo de modelado 3D [49]. AR.js es una librería ligera, que incluye características como el trackeo de imágenes, la Realidad Aumentada basada en la localización y el trackeo de marcadores.

Entre sus características principales que resultaron fundamentales para su elección podemos encontrar:

- Rendimiento, ~60 FPS
- Compatibilidad, es multinavegador, funciona en todos los navegadores de teléfonos (y en computadoras de escritorio) compatibles con webgl y webrtc (por lo que, básicamente, todos los teléfonos Android y iPhones por encima de iOS 11).
- Simplicidad, es un contenedor de diferentes frameworks que hace que el desarrollo web de Realidad Aumentada sea más sencillo.
- Está construido sobre A-frame y Three.js.
- Puntos claves
 - Muy rápido: Se ejecuta eficientemente en un amplia gama de dispositivos móviles.
 - Basado en la web: Es una solución web pura, por lo que no requiere instalación. Totalmente basado en javascript, utilizando three.js + A-Frame + jsartoolkit5
 - Código abierto: Es completamente de código abierto y gratuito
 - Estándares: Funciona en cualquier teléfono con webgl y webrtc

Requisitos

Algunos requisitos y restricciones que encontramos al momento de utilizar Ar.js se enumeran a continuación [50]:

- Debe ser utilizado en dispositivos móviles que cuenten con webgl y webrtc .
- La funcionalidad de seguimiento basada en marcadores es muy liviana, mientras que el seguimiento de imágenes consume más CPU.
- En dispositivos con varias cámaras, Chrome puede tener problemas para detectar la correcta.
- Para trabajar con la función basada en la ubicación, el dispositivo debe tener sensores GPS.
- La función basada en ubicación solo está disponible en A-Frame.
- Debe implementarse siempre bajo https.
 - El acceso a la cámara del teléfono o a los sensores GPS de la cámara, debido a las restricciones de los principales navegadores, solo se puede realizar a través de sitios web https.
 - Todos los ejemplos y todas las aplicaciones web AR.js en general, deben ejecutarse en un servidor. Se puede usar un servidor local o implementar la aplicación web estática en la web.

Tipos de Realidad Aumentada en AR.js

AR.js soporta los siguientes tipos de Realidad Aumentada que fueron utilizados en la implementación [50]:

- **Seguimiento de imágenes**, cuando la cámara del dispositivo que ejecuta la aplicación encuentra una imagen 2D, es posible mostrar algún tipo de contenido encima o cerca de ella. El contenido puede ser una imagen 2D, un GIF, un modelo 3D (también animado) y también un video 2D.
- **Seguimiento de marcador** , cuando la cámara encuentra un marcador, es posible mostrar algún contenido (igual que Seguimiento de imagen). Los marcadores son muy estables pero limitados en forma, color y tamaño. Se sugiere para aquellas experiencias donde se requieren muchos marcadores diferentes con contenido diferente.

Marcadores de patrón en AR.js

Una característica importante de AR.js es la posibilidad de usar marcadores personalizados, que podemos determinarlos como marcadores de patrón. Estos tipos de marcadores fueron los más utilizados para llevar a cabo la implementación.

Los marcadores de patrón se componen por un archivo ".patt", en el que la imagen dada se describe con un conjunto de caracteres. Entonces, para obtener buenos resultados, es mejor utilizar imágenes diferentes para diferentes marcadores, evitar imágenes demasiado complejas o imágenes que contengan palabras.

Otro aspecto importante que se observó, es el hecho de tener un alto contraste entre el 'fondo' del marcador y el entorno circundante; por ejemplo, si el marcador tiene símbolos de color gris claro sobre fondo negro, la cámara tendrá dificultades para reconocer el marcador si está impreso y colocado en un escritorio negro o se muestra en una pantalla negra.

Restricciones encontradas al momento de generar marcadores de patrón.

- La resolución máxima de un marcador es de 16x16 píxeles.
- Deben tener forma cuadrada.
- No pueden tener áreas blancas/transparentes, solo gris claro (por ejemplo, #F0F0F0)
- No pueden contener colores, solo negro y gris claro.
- Deben contener texto simple, como una letra, un número o un símbolo.

Cómo utilizar la librería

AR.js viene en dos versiones diferentes. Ambas se mantienen. Son exclusivos.

El archivo que se debe importar depende de las funciones que desee utilizar y también de la librería de renderizado que desee usar, en nuestro caso A-Frame y Three.js.

AR.js usa jsartoolkit5 para el seguimiento y el contenido aumentado es posible observarlo mediante **Three.js** o **A-Frame**.

5.6.1.2 Three.js

Three.js es una librería JavaScript de código abierto, que permite crear y renderizar escenas 3D directamente en el navegador. Three.js proporciona una extensa API para ello con un gran conjunto de funciones [52].

Para el renderizado, de estas escenas 3D directamente en el navegador, Three.js utiliza WebGL. Las compilaciones actuales incluyen un renderizador WebGL (Biblioteca de gráficos web) y una API de JavaScript para renderizar gráficos 2D y 3D interactivos dentro de cualquier navegador web compatible sin complementos. Los navegadores modernos son ampliamente compatibles con WebGL.

¿Por qué Three.js?

WebGL es una API de bajo nivel que dibuja puntos, líneas y triángulos. Para hacer algo útil con WebGL, se requiere bastante código, y ahí es donde entra en juego Three.js. Esta librería maneja funciones avanzadas, como escenas, luces, sombras, materiales, texturas, matemáticas 3D, etc. En resumen, Three.js proporciona una API fácil de usar para crear y manipular objetos y escenas 3D sin la necesidad de tener que contar con demasiados conocimientos previos sobre WebGL o complejas fórmulas matemáticas.

Requisitos para Three.js

Three.js es una librería 100% JavaScript y no tiene ninguna dependencia de otras librerías, por lo que puede ejecutarse completamente de forma autónoma. Sin embargo, para poder aprovechar al máximo la funcionalidad de Three.js, es necesario un navegador que soporte el estándar WebGL. De todas formas, la mayoría de los navegadores modernos de escritorio y móviles soportan actualmente este estándar. A continuación, se proporciona una visión general de los navegadores soportados [52]:

- **Internet Explorer** es compatible con WebGL a partir de la versión 11. Para versiones anteriores, permite utilizar el plugin IEWebGL que añade soporte para WebGL a IE 9 e IE 10.
- **Mozilla Firefox** soporta WebGL desde la versión 4.
- **Google Chrome** soporta WebGL desde la versión 10.
- **Safari** es compatible con WebGL a partir de la versión 5.1 instalada en Mac OS X Mountain Lion, Lion, Snow Leopard y Maverick. Es posible que sea necesario activar explícitamente WebGL en Safari
- **Opera** soporta WebGL desde la versión 12.0 aunque es posible que sea necesario habilitarlo.

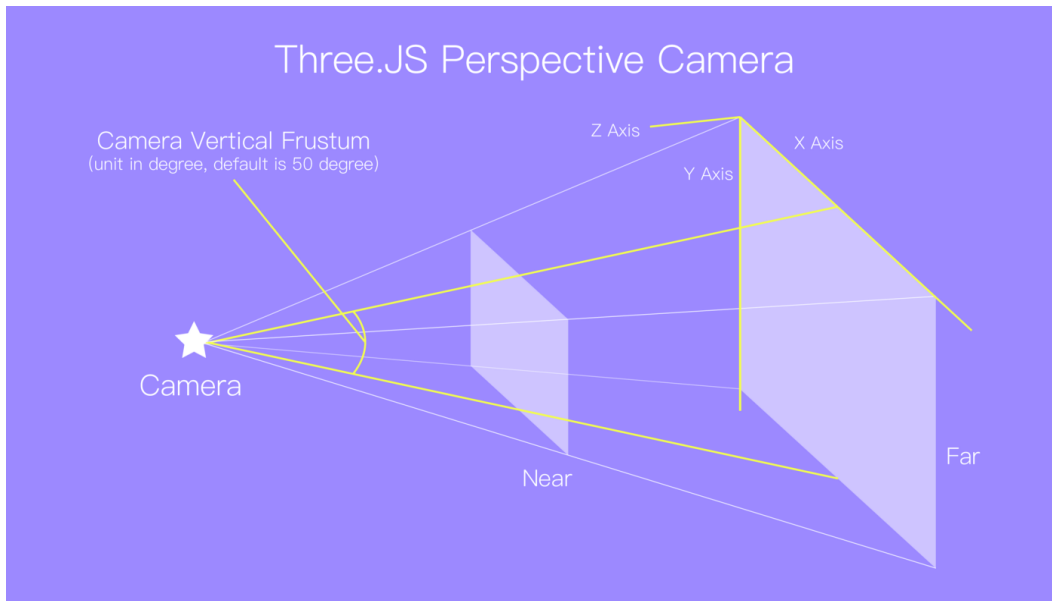
Como se puede observar, casi todos los navegadores modernos soportan WebGL. Sin embargo, la compatibilidad y, sobre todo, el rendimiento en los dispositivos móviles, es muy diverso. La siguiente lista muestra los navegadores que soportan WebGL y por tanto Three.js en dispositivos móviles:

- Mozilla Firefox para Android
- Google Chrome para Android
- Opera Mobile
- Blackberry Browser

Estructura de un proyecto típico en Three.js [53]

Escena (scene)

En el contexto de Three.js y muchas otras bibliotecas 3D, una escena representa el entorno 3D principal de la aplicación. Aquí es donde colocamos todos sus modelos, luces y cámaras y se los organiza juntos para una experiencia coherente.



Render

El render es la parte responsable de dibujar la escena en la pantalla. Para cualquier aplicación interactiva, normalmente se crea un render-loop , que es una función responsable de dibujar repetidamente nuestra escena en la pantalla con un intervalo determinado (por ejemplo, 60 veces por segundo). Esto es necesario, ya que cada vez que llamamos a la función de renderizado es como tomar una instantánea del estado actual de la escena. Luego podemos realizar actualizaciones en la escena y mover los modelos, cámaras y luces, y estos cambios se reflejarán en la siguiente llamada para renderizar.

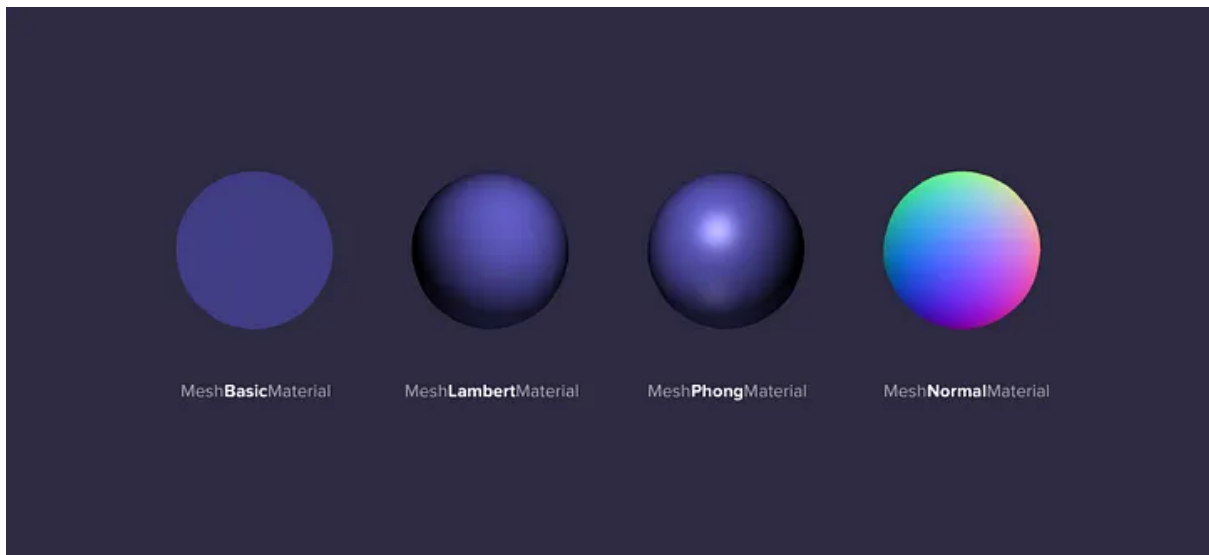


Cámara

La cámara representa la vista de los usuarios de la escena. Hay varios tipos de cámaras diferentes en Three.js, según el tipo de experiencia que se desee crear.

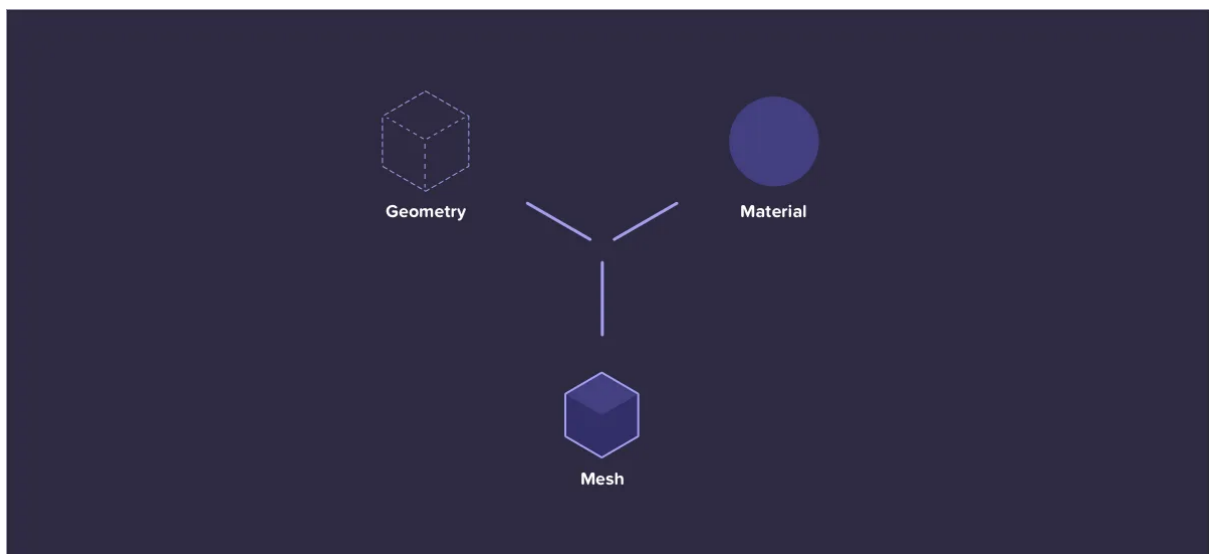
Luz

Otro componente clave en cualquier experiencia 3D es la luz . Sin una fuente de luz, la escena aparecerá como un vacío negro cuando se represente en la escena. Aunque en el contexto de la Realidad Aumentada, el mundo real es el que actual como entorno, la iluminación sigue siendo importante para brindar realismo a nuestra escena y hacer que nuestros modelos se vean lo mejor posible.



Modelos y Meshes

Three.js brinda la posibilidad de cargar modelos 3D prefabricados, así como crear objetos 3D desde cero. Con Three.js es totalmente posible crear sus propios objetos 3D en Three.js especificando la geometría de una forma y aplicando un material , y luego creando un mesh a partir de estas dos partes. Sin embargo, esto puede volverse un poco complicado rápidamente, y si está creando algo con un poco de complejidad, es mejor usar una herramienta de modelado 3D dedicada como Blender para crear su modelo, antes de importarlo a Three.js.



5.6.1.3 A-Frame

A-Frame es otro framework, basado en la web para crear experiencias inmersivas. Este incluye Realidad Aumentada, Realidad Virtual y aplicaciones, herramientas, juegos y experiencias inmersivas basadas en la web [54].

Este framework, de código abierto, presenta una estructura de sistema de componente de entidad para Three.js donde los desarrolladores pueden crear escenas 3D y WebVR usando HTML.

¿Por qué también A-Frame?

A-Frame también se basa en WebGL y proporciona componentes preconstruidos para usar en aplicaciones: modelos, reproductores de video, geometrías, controles, animaciones, cursores, etc. Como anteriormente se dijo, este se basa en el sistema de componentes de entidad, que está dirigido a desarrolladores web con una estructura de marcado familiar, manipulable con JavaScript. El resultado final son experiencias web en 3D, que están habilitadas para Realidad Virtual de manera predeterminada.

Arquitectura de A-Frame

Este framework usa la arquitectura ECS (Entity Component System) [55], usada en el desarrollo de juegos donde cada objeto es una entidad.

La ventaja de este framework es que los objetos ya no están fijos en una jerarquía, por lo que presentan una mayor cantidad de posibilidades, los objetos pueden tener un comportamiento ilimitado.

ECS se caracteriza por:

- **Entidades:** Son objetos contenedores donde los componentes son asociados para otorgarles propiedades.
- **Componentes:** Son las propiedades que hacen que una entidad sea diferente a otra. Las entidades heredan de los componentes características de comportamiento, apariencia y funcionalidad.
- **Sistemas:** Proviene del entorno donde se manejan y desarrollan los componentes. Los sistemas se utilizan para separar la funcionalidad de la información, donde los componentes son los contenedores de la información y el sistema se ocupa de la lógica del uso de estos.

Entidades

Como ya se ha dicho anteriormente A-Frame permite crear entidades y añadirles propiedades para diseñar el objeto que deseamos.

La sintaxis es la siguiente:

```
<a-entity ${componentName}="${propertyName1}: ${propertyValue1};  
${propertyName2}: ${propertyValue2}"></a-entity>
```

En un ejemplo práctico:

```
<a-entity geometry="primitive: sphere; radius: 1.5"  
  light="type: point; color: white; intensity: 2"  
  material="color: white; shader: flat; src: glow.jpg"  
  position="0 0 -5"></a-entity>
```

Aquí tenemos un objeto primitivo esfera, con un radio de 1.5, el cual tiene un punto de luz blanco con intensidad 2, sin sombras. La esfera tendrá una textura que se carga mediante la propiedad src de material.

Componentes

Los componentes tienen la capacidad de modificar las entidades a través de sus propiedades. Los componentes pueden tener propiedades simples o compuestas.

- Simples

```
<a-entity position="0 0 5"></a-entity>
```

- Compuestas

```
<a-entity light="type: point; color: white; intensity: 2"></a-entity>
```

Registrar un componente

El schema es donde definimos las propiedades, en el siguiente ejemplo, el componente caja tiene dos propiedades, **volumen** que es numérico y **color** que es un string.

```

AFRAME.registerComponent('caja', {
  schema: {
    volumen: {type: 'number'}
    color: {type: 'string'}
  },
  init: function() {},
  update: function() {},
  tick: function() {},
  remove: function() {},
  pause: function() {},
  play: function() {},
});

<html>
<head>
  <script src="aframe.min.js"></script>
  <script src="car-component.js"></script>
</head>
  <body>
    <a-scene>
      <entity car="power:230; color:blue"></a-entity>
    </a-scene>
  </body>
</html>

```

De esta manera cuando se utilice el componente en el DOM, podremos usar esas propiedades

```
<a-entity caja="volumen: 230; color: blue"></a-entity>
```

Especificación de una cámara

Se puede crear una entidad de cámara agregando un elemento `<a-camera>` a la escena. Es posible establecer la posición de la cámara explícitamente y moverla un poco hacia atrás desde el centro de la escena, para que podamos ver las formas.

```

<a-camera
  position="0 1 4"
  cursor-visible="true"
  cursor-scale="2"
  cursor-color="#0095DD"
  cursor-opacity="0.5">
</a-camera>

```

Ejemplos de componentes predefinidos

Agregar un cubo

Agregar el cubo a la escena se realiza agregando un elemento `<a-box>` dentro del elemento `<a-scene>`.

```
<a-box  
  color="#0095DD"  
  position="0 1 0"  
  rotation="20 40 0">  
</a-box>
```

Agregar luces

Los tipos básicos de luz en A-Frame son direccionales y ambientales. El primer tipo es una luz direccional colocada en algún lugar de la escena, mientras que el segundo refleja la luz del primer tipo, por lo que se ve más natural; esto se puede configurar globalmente. Esto puede realizarse mediante un elemento `<a-light>`

```
<a-light  
  type="directional"  
  color="#FFF"  
  intensity="0.5"  
  position="-1 1 2">  
</a-light>
```

```
<a-light  
  type="ambient"  
  color="#FFF">  
</a-light>
```

Agregar algo de geometría avanzada

A-Frame no se limita a permitir agregar entidades predeterminadas como `<a-cube>`: Mediante `<a-entity>` es posible crear formas avanzadas personalizadas. En este caso un toroide:

```
<a-entity  
  geometry="  
    primitive: torus;  
    radius: 1;  
    radiusTubular: 0.1;
```

```
    segmentsTubular: 12;"  
    rotation="10 0 0"  
    position="-3 1 0">  
</a-entity>
```

Text

Para poder insertar texto utilizamos entidades básicas y seteamos el atributo text

```
<a-entity text="value: Texto de ejemplo; color: #000000; align: center;"></a-entity>
```

Imágenes

En el caso de las imágenes el primitivo es `<a-image>`

```
<a-image src="./path-to-image" ></a-image>
```

5.7 Modelo de proceso de diseño UX para la aplicación final

En cuanto a la interfaz de usuario será desarrollada solamente utilizando las tecnologías de HTML, CSS y JavaScript ya que la misma no presenta altas complejidades ni requerimientos funcionales, por lo que se considera que el uso de un framework y/o una librería extra no es necesario para la presente implementación. Esto se debe a que el diseño de la UI busca principalmente ser sencilla y amigable para el usuario.

La implementación de una aplicación de Realidad Aumentada y Realidad Virtual implica un desarrollo novedoso por lo que resulta difícil identificar qué requieren los usuarios en estas aplicaciones y si son eficaces para mejorar la experiencia de visualización.

El paso inicial, por lo tanto, fue realizar una lluvia de ideas sobre un flujo de trabajo unificado que pudiera funcionar como modelo para el proceso de diseño de UX. Este modelo consta de tres fases que comienzan con el diseño requisitos para la UX y termina con la evaluación del producto final [59].

En la "fase de requisitos", se obtuvo cierta información, conocimientos y datos antes de empezar a diseñar y desarrollar el sistema. Teniendo en cuenta los objetivos del sistema junto con los aspectos prácticos de la construcción del sistema, como proporcionar orientación e información visual que acompañará a los distintos objetos pertenecientes del museo.

Junto con esto, es necesario adquirir el contenido informativo de los objetos con los que se utilizará la tecnología, como audio, las imágenes relevantes y el texto explicativo existente junto a los objetos expuestos.

Para poder obtener un diseño acorde a las expectativas de lo anteriormente mencionado se buscó responder positivamente la siguientes preguntas una vez desarrollado el prototipo de la información:

- ¿Es la aplicación intuitiva y fácil de usar?

- ¿La navegación responde a las expectativas? En otras palabras, ¿el siguiente movimiento es anticipado?
- ¿Los elementos visuales son compatibles y pueden alcanzar los objetivos fijados?
- ¿Es intuitiva la navegación en 3D?
- ¿La colocación de los artefactos 3D en el entorno físico es intuitiva o engorrosa para la experiencia del espectador y la comprensión de los objetos expuestos?
- ¿Construye la aplicación un vínculo emocional entre ella y el usuario para garantizar la continuidad de su uso?
- ¿Está el usuario satisfecho e interesado en seguir utilizando la aplicación junto con su visita?

El autor Würstl creía que la experiencia del usuario comprende generalmente tres áreas principales, "Usabilidad", "Aspecto" y "Sensación", y sugirió que la usabilidad es un tercio de estas divisiones. En el siguiente modelo se concluye que la UX es una mezcla de aspectos de usabilidad mezclados con los aspectos sensoriales y emocionales.

Respondiendo a las preguntas anteriores y a través de la investigación de primera mano, se pueden concebir los aspectos de la experiencia de usuario de las aplicaciones de Realidad Aumentada que se muestran en la Fig 5.1 En resumen dos categorías principales: los aspectos "utilitarios", que se centran en las principales funcionalidades del sistema, y los aspectos "visuales" que se refieren a la apariencia de la aplicación y las formas de influir en el aspecto del sistema para el usuario.

En cuanto al aspecto "utilitario", tiene dos secciones principales: funcionalidad e interacción. La sección "Funcionalidad" manifiesta el enfoque del sistema y el papel principal que éste desempeña.

La aplicación requiere una perfecta integración del contenido multimedia en los entornos físicos para que el usuario tenga la ilusión de estar inmerso en un entorno mixto. Es esencial que sea una aplicación ligera que no utilice demasiada RAM, y que no consuma excesivamente la energía de la batería del dispositivo.

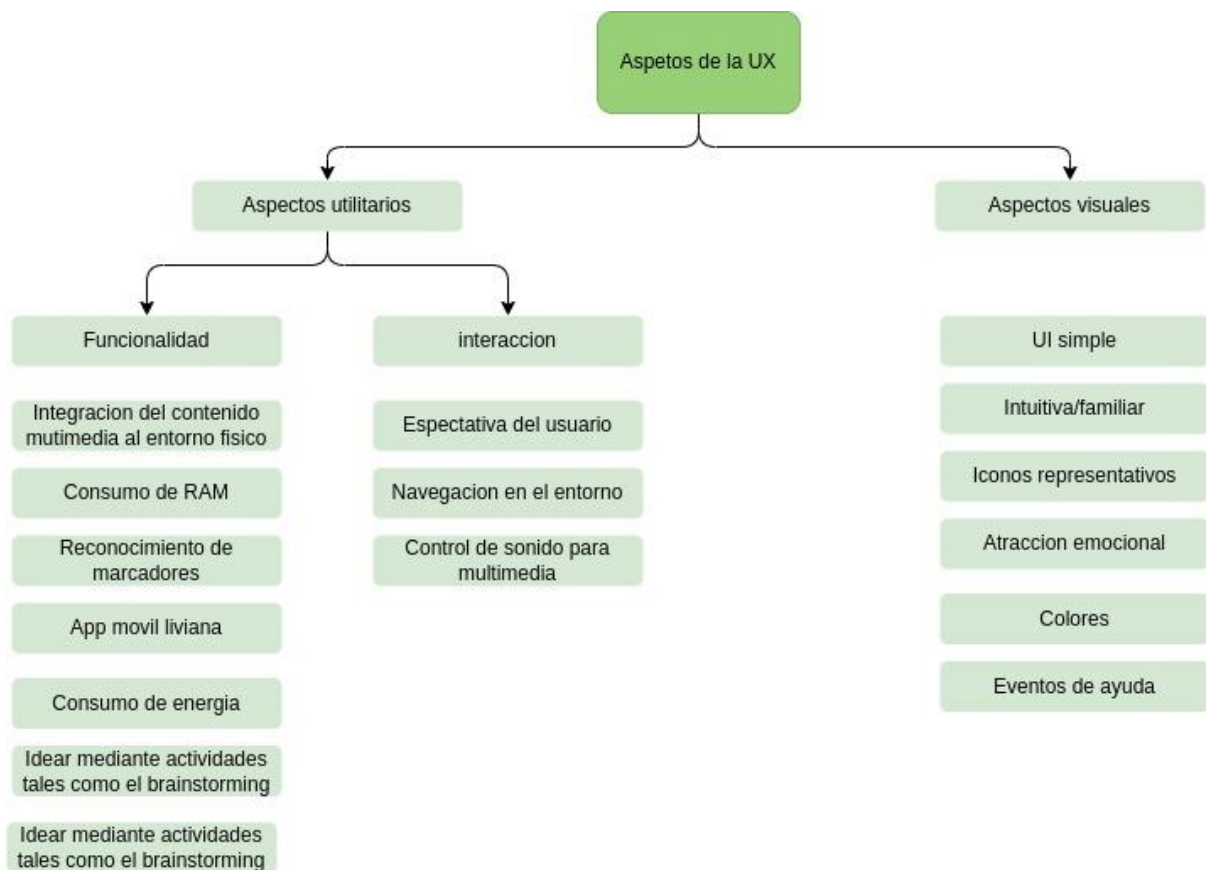


Fig. 5.1 Aspectos de la UX

La segunda sección incluye los elementos de "Interacción". Estos se refieren a la forma en que el usuario interactúa con el sistema y la respuesta al mismo. Asigna al usuario al centro del sistema y también lo considera la parte más integral del proceso de comunicación entre él/ella y el sistema.

Estos aspectos necesitan dar al usuario el privilegio de la libertad de navegar por el contenido multimedia en el entorno físico, ya que el usuario sostiene el objeto en la realidad.

Esta característica fue una razón fundamental para de la aplicación, debido a la fragilidad de muchos artefactos y a los beneficios para el espectador de poder acceder a ellos de forma cercana.

En cuanto a la segunda sección, los "Aspectos visuales", el objetivo principal es construir el vínculo emocional entre el sistema y los usuarios. Para lograr estos objetivos, es importante que la interfaz de usuario sea lo más sencilla posible, incluyendo todos los elementos de la interfaz de usuario, como botones, cabeceras, imágenes, etc. La familiaridad es uno de los aspectos clave para crear un vínculo emocional entre el usuario y la aplicación; para crear la sensación de que ya han utilizado la aplicación. La idea del icono gráfico abstracto era representar directamente su función sin confundir al espectador. Esto ayudará a ahorrar tiempo al utilizar el dispositivo y hacer que la aplicación sea más familiar e intuitiva para el nuevo usuario.

Algunos elementos de la aplicación requieren una consideración específica para cumplir su función con éxito, como el tamaño de la fuente y los colores, que pueden determinar la eficacia de la aplicación en cuanto a la entrega de información.

La segunda fase, "Diseño para la UX", llega directamente después de determinar los requisitos de la aplicación. Esta fase se basa en el proceso de pensamiento de diseño y se desarrolló para adaptar la integración de la experiencia del usuario a todo el proceso.

El diseño para la UX comienza con la obtención de una comprensión exhaustiva del contexto en el que se utilizará, es decir el museo, y la metodología consistió en construir un sistema específicamente dirigido a este contexto.

Este paso se lleva a cabo explorando los distintos objetos que formarán parte del museo. Por otro lado deben obtener más conocimientos consultando la bibliografía pertinente sobre el diseño de una interpretación eficaz en los museos, y se sigue con la investigación de la información técnica de la Realidad Aumentada

La fase de diseño es la etapa en la que se esboza y diseña la interfaz de usuario de la aplicación, incluidos los botones y los eventos de interacción. Durante esta fase, todos los aspectos de la UX de la experiencia del usuario. Esta fase debe culminar en un prototipo con plena funcionalidad y sin bugs o errores.

La última etapa es la de las pruebas, esta etapa suele llevarse a cabo de forma iterativa. Cuando surge un problema durante las pruebas, el sistema se lleva de nuevo a las etapas anteriores para obtener una comprensión completa de la situación, con el fin de determinar una solución.

5.7 Implementación

5.7.1 Como utilizar A-Frame

La estructura central de A-Frame es una API de JavaScript, que nos permitirá el uso de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la aplicación a desarrollar en dispositivos a través de navegadores de Internet tales como Mozilla Firefox, Google Chrome y Microsoft Edge.

A-Frame proporciona un conjunto de elementos nativos que permiten la creación de objetos geométricos primitivos, iluminación y la inserción de contenido multimedia. Es posible importar varios tipos y formatos de archivos multimedia, tales como imágenes, texturas, vídeos y modelos 3D. Todos estos elementos pueden controlarse mediante un lenguaje de etiquetas como HTML.

Para escribir el código, que implementa las funcionalidades de A-Frame, puede realizarse simplemente mediante un editor de texto; sin embargo, en nuestro caso utilizamos un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) que nos permitió configurar un servidor del lado del cliente para probar las implementaciones localmente y evitar tener que enviarlas a un servidor en línea. Más específicamente el IDE elegido fue PHPStorm.

Sin embargo, si se necesita probar el resultado online o compartir el código con otros desarrolladores, hay varias plataformas disponibles. En esta implementación utilizaremos GitHub para el control de versionado y para poder compartir el código con los demás participantes del proyecto.

A continuación, se presenta un archivo .html de ejemplo que utilizaremos como base para la creación de realidad aumentada de cada uno de los objetos que pertenecen al museo. Es decir cada uno de los objetos poseerá un html asociado similar para todos y que variará solo en el contenido multimedia que contendrá el cual será utilizado por la Realidad Aumentada.

```
<!DOCTYPE html>
<!-- include aframe -->
<script src="vendor/aframe/build/aframe.js"></script>
<!-- include aframe-ar.js -->
<script src="../build/aframe-ar.js"></script>
<body>
</body>
</html>
```

En primer lugar, importamos las dos librerías principales.

```
<!-- include aframe -->
<script src="vendor/aframe/build/aframe.js"></script>
<!-- include aframe-ar.js -->
<script src="../build/aframe-ar.js"></script>
```

Implementaciones básicas

Inicializar la escena

Una escena es el lugar donde “se ejecuta la Realidad Aumentada”. Al crear nuevos objetos, debemos agregar los mismos a la escena para hacerlos visibles en la pantalla. En A-Frame, la escena está representada por una entidad `a-scene`.

La escena se crea agregando un elemento `<a-scene>` dentro del elemento `<body>` del archivo `.html`:

```
<a-scene>
</a-scene>
```

Agregar Realidad Aumentada al proyecto A-Frame

Lo primero que se debe hacer es embeber `arjs` en la escena de la siguiente manera:

```
<a-scene embedded arjs>
```

Luego es necesario decirle a A-Frame que `ARjs` controle la cámara. Para esto agregamos un marcador predefinido para esta acción.

```
<a-marker-camera preset='hiro'></a-marker-camera>
```

Personalizar marcadores

En nuestro caso se utilizara marcadores personalizados, reemplazando a los predeterminados tal es como el caso el `hiro` mostrado en el ejemplo anterior, esto es posible siempre y cuando la imagen

que se desee utilizar este dentro de un borde negro. Actualmente existe una herramienta de terceros que permite hacer esto en 4 simples pasos, solo se debe.

1. Cargar la imagen
2. Descargar el marcador en formato .patt
3. Descarga la imagen de marcador
4. Agregar ambos al proyecto

La herramienta online utilizada para generar estos marcadores personalizados fue la siguiente <https://jeromeetienne.github.io/AR.js/three.js/examples/marker-training/examples/generator.html>

Lo integramos al código html de la siguiente manera

```
<a-marker-camera type='pattern' url='path/to/pattern-marker.patt'></a-marker-camera>
```

5.7.2 Templates

A continuación, se listan una serie de archivos que resultan fundamentales en la implementación que se llevó a cabo.

element.html

Como ya mencionamos con anterioridad, la implementación de Realidad Aumentada para cada objeto del museo es similar, por lo cual generé un template del cual se parte como base para todas las implementaciones. Este archivo permitirá representar la Realidad Aumentada de cada uno de los mencionados objetos, es decir que todos estos tendrán un archivo html asociado similar, que funcionará como un esqueleto, mientras que lo que variará es el contenido multimedia a mostrar.

Este archivo contiene las importaciones necesarias para utilizar las librerías de Aframe. Además de la inclusión del archivo registrevents.js, este archivo se creó con objetivo de que funcionara como un ayuda para poder detectar el funcionamiento de la aplicación, durante las etapas de desarrollo. El mismo se encarga de obtener información acerca del trackeo del marcador, si el mismo está siendo reconocido o no.

Por último, se agrega una escena, sobre la cual se inicializará la Realidad Aumentada. Y una entidad que engloba todo aquel contenido multimedia que se desea exponer. Dentro de la escena se definirá al menos un patrón, en nuestro caso y como ya mencionamos anteriormente, será un patrón personalizado.

A continuación, se expone el mencionado template.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <script
src="https://aframe.io/releases/1.0.4/aframe.min.js"></script>
  <!-- script de AR.JS con soporte de marker + location -->
  <script
src="https://jeromeetienne.github.io/AR.js/aframe/build/aframe-ar.js"></
script>
```

```

<script src="../../registerevents.js"></script>

<link rel="stylesheet" href="../../marker.css">

</head>
<body style="margin : 0px; overflow: hidden;">

<div class="marker-loader">
  <div id="marker-status"></div>
</div>

<a-scene camera>
  <a-marker type='pattern' url='{marker}.patt' registerevents>
    <a-entity position="2 0 2" scale="0.5 0.5 0.5">
      </a-entity>
    </a-marker>
  </a-scene>
</body>
</html>

```

item.json

Este archivo contendrá datos asociados a cada objeto perteneciente al museo, es decir cada uno de estos tendrá un archivo json asociado en el proyecto. Entre los datos contenidos por este json podemos encontrar los siguientes:

- id: identificador del objeto.
- title: nombre del objeto que será mostrado en la interfaz de usuario.
- summary: Breve descripción acerca del objeto.
- html: Ruta con la ubicación del archivo html asociado al objeto dentro del proyecto.
- year: Año de fabricación del objeto.
- type: Categoría a la cual pertenece el objeto.
- image: Rutas de las imágenes del objeto que se mostrarán en la interfaz de usuario.
- markers: Rutas de los marcadores de objetos que serán trackeados por la aplicación de Realidad Aumentada para mostrar el contenido asociado al objeto.
- original-markers: Rutas de las imágenes originales de cada marcador

```

{
  "id": "",
  "title": "",
  "summary": "",
  "html": "",
  "year": ,
  "type": "",
  "image": [
    { "name": "" }
  ],

```

```

    "markers": [
      {"url": ""}
    ],
    "original-markers": [
      {"url": ""}
    ]
  ]
}

```

registerevents.js

Este archivo fue creado con el objetivo de ser una ayuda al momento del desarrollo para poder testear la funcionalidad de las diferentes implementaciones de Realidad Aumentada de cada uno de los objetos. Su funciones principales son las de agregar un listener, que pueda detectar constantemente la inicialización de la cámara del dispositivo y los errores de la misma, todo esto a partir de la creación de un componente de A-FRAME custom, que será incluido dentro del html.

```

window.addEventListener('camera-init', (data) => {
  console.log('camera-init', data);
})

window.addEventListener('camera-error', (error) => {
  console.log('camera-error', error);
})

AFRAME.registerComponent('registerevents', {
  init: function () {
    var marker = this.el;

    marker.addEventListener('markerFound', function() {
      var markerId = marker.id;
      console.log('markerFound', markerId);
      document.getElementById("marker-status").innerHTML = "Marker Found!";
    });

    marker.addEventListener('markerLost', function() {
      var markerId = marker.id;
      console.log('markerLost', markerId);
      document.getElementById("marker-status").innerHTML = "Marker Lost!";
    });
  }
});

```

5.7.3 Implementación de prototipo inicial

En base a todos los archivos anteriormente descritos se procedió a desarrollar los primeros prototipos. Agregando cada uno de los marcadores correspondientes y el contenido multimedia que se desee proyectar sobre los mismos.

A continuación, se ejemplifica la implementación del objeto ÁBACO del museo.

abaco.html

```
!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <!-- script de A-Frame version1 1.0.0 -->
  <script src="https://aframe.io/releases/1.0.4/aframe.min.js"></script>
  <!-- script de AR.JS con soporte de marker + location -->
  <script src="https://jeromeetienne.github.io/AR.js/aframe/build/aframe-ar.js"></script>

  <script src="../registerevents.js"></script>

  <link rel="stylesheet" href="../marker.css">

</head>
<body style="margin : 0px; overflow: hidden;">

<div class="marker-loader">
  <div id="marker-status"></div>
</div>

<a-scene camera>
  <a-marker type='pattern' url='./pattern-abac3.patt' registerevents>
    <a-entity position="2 0 2" scale="0.5 0.5 0.5">
      <a-entity position="0 0 -4">
        <a-entity rotation="-90 0 0" position="-4.317 0.417 0.565" geometry="primitive: plane"
scale="18.95 12.85 1.52" material="opacity: 0.57; color: #FFFFFF"></a-entity>
        <a-entity geometry="primitive: plane" position="5.152 0.417 0.565" rotation="-90 0 0"
material="color: #FFFFFF" scale="0.14 12.85 1"></a-entity>
        <a-entity geometry="primitive: plane" position="-13.818 0.417 0.565" rotation="-90 0
0" material="color: #FFFFFF" scale="0.14 12.85 1"></a-entity>
        <a-entity geometry="primitive: plane" position="-4.338 0.417 6.935" rotation="-90 0 0"
material="color: #FFFFFF" scale="18.95 0.14 1"></a-entity>
        <a-entity geometry="primitive: plane" position="-4.328 0.417 -5.825" rotation="-90 0
0" material="color: #FFFFFF" scale="18.95 0.14 1"></a-entity>
        <a-entity rotation="-90 0 0" position="-4.49 0.6 2.44" text="value: El hombre usaba
pedras para representar números y hacer sumas sencillas en la época primitiva; color: #000000;
```

```

align: center; wrapCount: 20; width: 8.25" scale="2.2 2.2 1"></a-entity>
  <a-image src="/ab.jpg" position="-4.03 0.7 -7.27" rotation="-90 0 0" scale="8 6 5"
material="" geometry=""></a-image>
  </a-entity>
  <a-entity rotation="-90 0 0" position="-8.277 0.6 -7.1052" text="value: > Abaco; color:
#000000; align: center; wrapCount: 20; width: 8.25" scale="2.5 2.5 1"></a-entity>
  </a-entity>

</a-marker>
</a-scene>
</body>
</html>

```

item.json

```

{
  "id": "abaco",
  "title": "Abaco",
  "summary": "Primer mecanismo específico para sumar.",
  "html": "abaco.html",
  "year": 1800,
  "type": "calculadoras",
  "image": [
    {"name": "./ab.jpg"}
  ],
  "markers": [
    {"url": "../marcadores/pattern-abac3.png"}
  ],
  "original-markers": [
    {"url": "../marcadores/fotos-de-marcadores/abac3.jpeg"}
  ]
}

```

Los siguientes archivos son parte de la implementación de la lógica de negocio de la aplicación, de los mismos solo se listarán aquellas funciones que se consideran fundamentales para la implementación.

init.php

El archivo init.php posee la mayor parte de la lógica de negocio de la aplicación, aquí son declaradas todas las funciones que serán utilizadas para mostrar contenido en la interfaz. Algunas de las funciones más importantes que son implementadas en este archivo, son las siguientes

getItems()

Esta función se encargará de obtener todos los ítems, es decir la representación de cada objeto del museo, separado por categorías.

```
<?php
```

```
function getItems() {
    // READ THE FOLDERS INSIDE ROOT FOLDER
    $folders = array();
    // Open a directory, and read its contents
    if (is_dir(ROOT_FOLDER)){
        if ($dh = opendir(ROOT_FOLDER)){
            while (($file = readdir($dh)) !== false) {
                if (is_dir(ROOT_FOLDER . $file)) {
                    $folders[] = $file;
                } else {
                    if (strpos($file, 'types.json')) {
                    }
                }
            }
            closedir($dh);
        }
    } else {
        logit("Invalid Root Folder");
    }

    // READ THE JSON FILES INSIDE FOLDERS
    $items = array();
    foreach ($folders as $folder) {
        $itemFolder = ROOT_FOLDER . $folder . "/";
        if (is_dir($itemFolder)){
            if ($dh = opendir($itemFolder)){
                while (($file = readdir($dh)) !== false) {
                    if (!is_dir($file) && strpos($file, "json") && strpos($file,
"types.json") === false) {
                        $item_json = file_get_contents($itemFolder . $file);
                        $newItem = json_decode($item_json, false);
                        $newItem->folder=$folder;
                        $items[] = $newItem;
                    }
                }
            }
            closedir($dh);
        }
    }
}

// SORT THE ITEMS BY YEAR
usort($items, "sortItem");
```

```

        return $items;
    }

    ?>

```

getItem(\$item)

Mediante esta función se obtienen las propiedades de un objeto del museo, a partir de su nombre, desde el archivo json correspondiente

```

function getItem($item) {
    $item_json = file_get_contents(ROOT_FOLDER . $item . "/item.json");
    $item = json_decode($item_json, false);

    return $item;
}

```

getNextItemL(\$find)

Esta función se encarga de obtener las propiedades del siguiente ítem en una categoría a partir del nombre de ítem dado ítem.

```

function getNextItemL($find) {
    $items = getItem();
    $defaultNext = $items[0];
    $found = false;
    foreach ($items as $item) {
        if ($found) {
            return $item;
        }
        if ($item->title == $find->title) {
            $found = true;
        }
    }
    return $defaultNext;
}

```

getPrevItemL(\$find)

Similar al anterior, pero en este caso, se obtienen las propiedades del ítem anterior en una categoría a partir del nombre de ítem dado ítem.

```

function getPrevItemL($find) {
    $items = getItem();
    $previousItem = null;
    $defaultPrevious = $items[count($items) -1];
    foreach ($items as $item) {
        if ($item->title == $find->title) {
            break;
        }
    }
    return $previousItem;
}

```

```

        } else {
            $previousItem = $item;
        }
    }
    if (!is_null($previousItem)) {
        return $previousItem;
    }
    return $defaultPrevious;
}

```

getFirstFolder()

Esta función permite obtener las diferentes categorías de ítems

```

function getFirstFolder() {
    // READ THE FOLDERS INSIDE ROOT FOLDER
    $folders = array();
    // Open a directory, and read its contents
    if (is_dir(ROOT_FOLDER)){
        if ($dh = opendir(ROOT_FOLDER)){
            while (($file = readdir($dh)) !== false) {
                if (is_dir(ROOT_FOLDER . $file)) {
                    return $file;
                } else {
                    if (strpos($file, 'types.json')) {
                    }
                }
            }
            closedir($dh);
        }
    } else {
        logit("Invalid Root Folder");
    }
}

```

like.php

Este archivo contiene la lógica necesaria para poder dar “Me Gusta” a cada uno de los objetos del museo y guardar información asociada en un archivo

```

<?php
require "inc/init.php";
checkReferer();

$id = $_GET['id'];
$folder = $_GET['f'];
$user = $_GET['usr'];
$now = date("Y-m-d h:i:sa");

fileIt("Liked: $id by: $user at: $now", "like.log");

```

```
header("Location: ./item.php?id=$id&f=$folder");
?>
```

El caso similar para poder almacenar en un archivo comentarios y compartidos de cada uno de los objetos del museo

comment.php

```
<?php
require "inc/init.php";
checkReferer();

$id = $_GET['id'];
$folder = $_GET['f'];
$user = $_GET['usr'];
$comment = $_GET["comment"];
$now = date("Y-m-d h:i:sa");

if (empty($user)) {
    $user = 'unknown';
}

fileIt("Commented: $id by: $user comment: $comment comment at: $now",
"like.log");
header("Location: ./ar-item.php?id=$id&f=$folder");
?>
```

share.php

```
<?php
require "inc/init.php";
checkReferer();

$id = $_GET['id'];
$folder = $_GET['f'];
$user = $_GET['usr'];
$app = $_GET['app'];
$now = date("Y-m-d h:i:sa");

if (empty($user)) {
    $user = 'unknown';
}

fileIt("Shared: $id by: $user to: $app at: $now", "share.log");
header("Location: ./ar-item.php?id=$id&f=$folder");

?>
```

register.php

Este archivo contiene la lógica necesaria para poder registrar un nuevo usuario y guardar la información del mismo

```
<?php
require "inc/init.php";
checkReferer();

$text = "Usr";

// Form Default Values
$email = "@gmail.com";
$name = "";

// Init from Session
if (isset($_SESSION['user_email'])) {
    $email = $_SESSION['user_email'];
}
if (isset($_SESSION['user_name'])) {
    $name = $_SESSION['user_name'];
}

if (isset($_POST['user_email'])) {
    if (isset($_POST['user_email'])) {
        $text .= " email: " . $_POST['user_email'];
        $email = $_POST['user_email'];
        $_SESSION['user_email'] = $email;
    }
    if (isset($_POST['user_name'])) {
        $text .= " name: " . $_POST['user_name'];
        $name = $_POST['user_name'];
        $_SESSION['user_name'] = $name;
    }
    $now = date("Y-m-d h:i:sa");
    $text .= " at: " . $now;

    if (strlen($text) > 4) {
        fileIt($text, "users.log");
        header("Location: ./index.php");
    }
}
```

?>

share.js

Este archivo contiene la lógica necesaria para poder compartir enlaces de la aplicación en redes sociales (facebook, twitter, linkedin, reddit)

```
var pageLink = "http://Clarolab.com/";
var pageTitle = String(document.title).replace(/&/g, '%26');

function fbs_click(id, user, folder) {

window.open(`http://www.facebook.com/sharer.php?u=${pageLink}&quote=${pageTitle}`, 'sharer', 'toolbar=0,status=0,width=626,height=436');
    $.ajax({
        type : "POST",
        url  : "share.php?id=" + id + "&usr=" + user + "&f=" + folder +
"&app=facebook.com"
    });
    return false;
}

function tbs_click(id, user, folder) {

window.open(`https://twitter.com/intent/tweet?text=${pageTitle}&url=${pageLink}`, 'sharer', 'toolbar=0,status=0,width=626,height=436');
    $.ajax({
        type : "POST",
        url  : "share.php?id=" + id + "&usr=" + user + "&f=" + folder +
"&app=twitter.com"
    });
    return false;
}

function lbs_click(id, user, folder) {

window.open(`https://www.linkedin.com/sharing/share-offsite/?url=${pageLink}`, 'sharer', 'toolbar=0,status=0,width=626,height=436');
    $.ajax({
        type : "POST",
        url  : "share.php?id=" + id + "&usr=" + user + "&f=" + folder +
"&app=linkedin.com"
    });
}
```

```
    return false;
}

function rbs_click(id, user, folder) {
    window.open(`https://www.reddit.com/submit?url=${pageLink}`,
'sharer', 'toolbar=0,status=0,width=626,height=436');
    $.ajax({
        type : "POST",
        url  : "share.php?id=" + id + "&usr=" + user + "&f=" + folder +
"&app=reddit.com"
    });
    return false;
}
```

5.7.4 Interfaz del prototipo inicial de la aplicación

A continuación se presentan algunas capturas de pantalla del primer prototipo inicial de la aplicación. El mismo se utilizó, como ya mencionamos, para realizar distintas pruebas de concepto y de uso. Es decir, se descubrieron distintas fallas, mejoras en la funcionalidad y agregados potenciales.



Apple IIGS

Apple Computer

Septiembre de 1986

Ver en Realidad Aumentada

Menú principal: Esta es la vista que se podía observar al inicio de la aplicación, la misma estaba compuesta por diferentes “tarjetas” que representaban a cada uno de los objetos del museo, de esta forma en estas se agrupaba información de cada uno de los mismos, en las mismas se podían observar una imagen del objeto y una breve descripción que contiene, nombre del objeto, fabricante y año de fabricación. Por debajo de la descripción un botón, que dirige a la siguiente pantalla, mediante el cual se accedía a la funcionalidad de Realidad Aumentada.



Pantalla de detalles: Esta es la vista asociada a cada uno de los objetos del museo y es la que disponía de la funcionalidad de realidad aumentada, en esta vista era posible acceder a la cámara del dispositivo la cual si es habilitada, permitía apuntar al marcador asociado al objeto, el cual se indicaba en esta vista, y disparar diversos contenidos asociados mediante la tecnología de Realidad Aumentada.

Por otro lado en esta vista es posible asignar un "Me Gusta" al objeto en cuestión y/o dejar un comentario asociado al mismo.



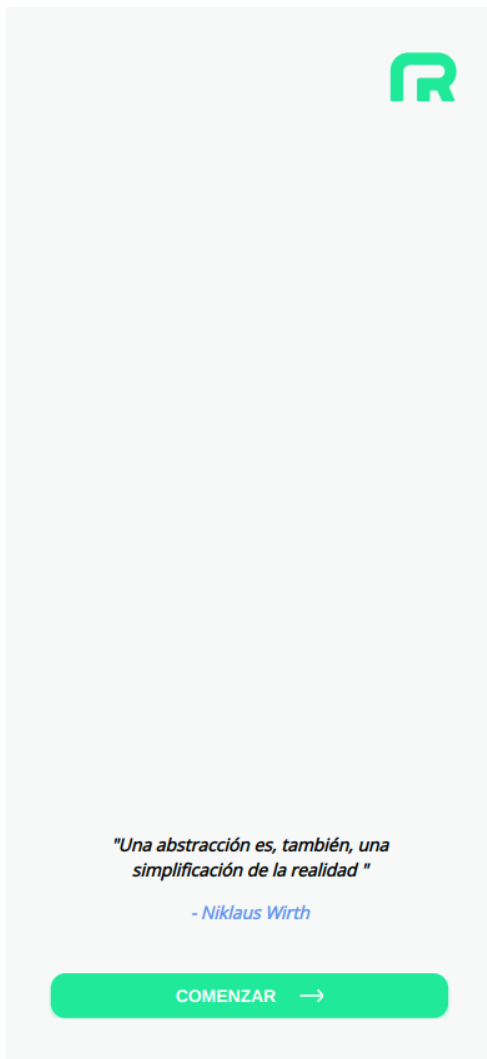
Busca y apuntá con la cámara del celular a:



ENVIAR

5.7.5 Interfaz de la aplicación final

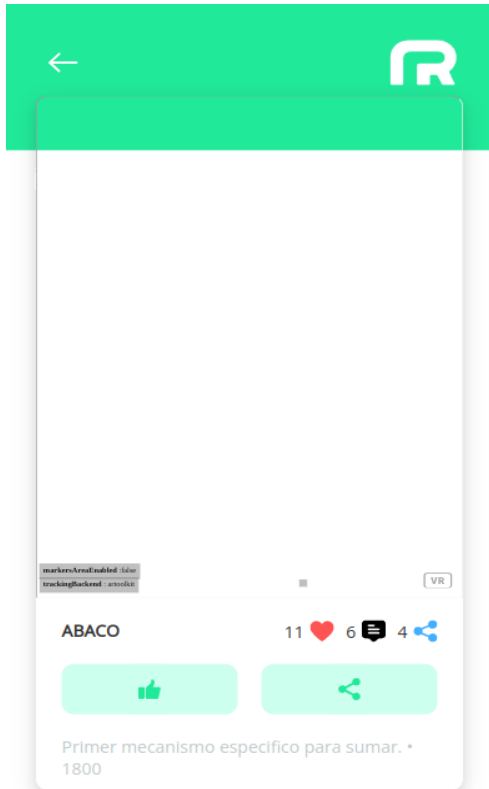
Las capturas del prototipo mostradas en el inciso anterior, fueron entregados a un diseñador web, que a partir de una análisis de las necesidades de la aplicación construyó una nueva interfaz de usuario para la misma, A continuación se dispone de una serie de capturas de pantallas de la vista de la interfaz de la aplicación final.



Pantalla de Inicio: Vista inicial de la aplicación. La misma solo se compone de una serie de frases a modo presentación, que se actualizan a una determinada cantidad de tiempo



Menú Principal: Esta es la nueva vista del menú principal, donde cada objeto del museo se encuentra separado por categorías, cada "tarjeta" dispone la información estructurada de forma similar a la del prototipo, los cambios aquí son mayormente visuales.



Pantalla de detalles: Aquí se mantienen las mismas funcionalidades incluidas en el prototipo, y se incluyen otras. Se agrega la funcionalidad de “Compartir” en redes sociales. Además, se permite visualizar el listado de aquellos usuarios que hayan dado “Me Gusta” y “Compartido” el contenido, y el listado de comentarios.

Busca y apunta
con la cámara del celular

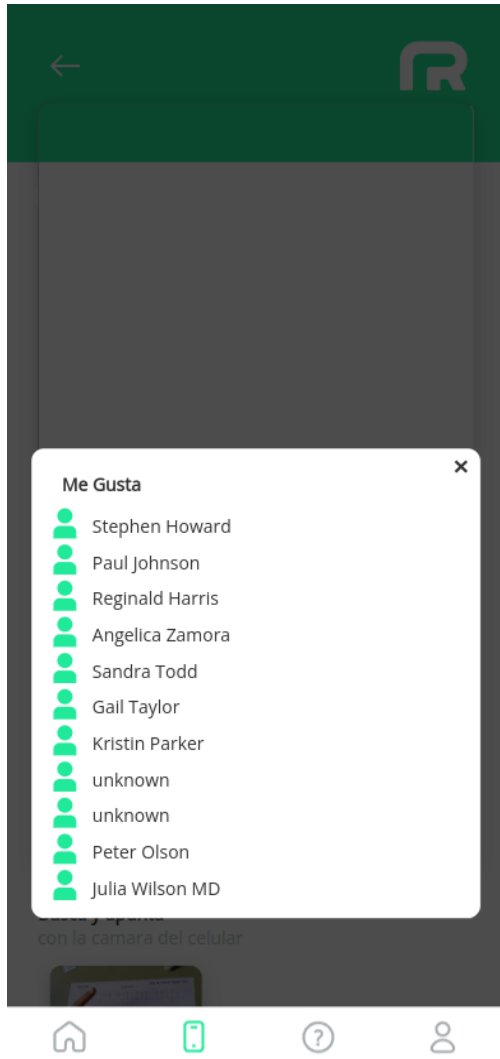


Comentar...

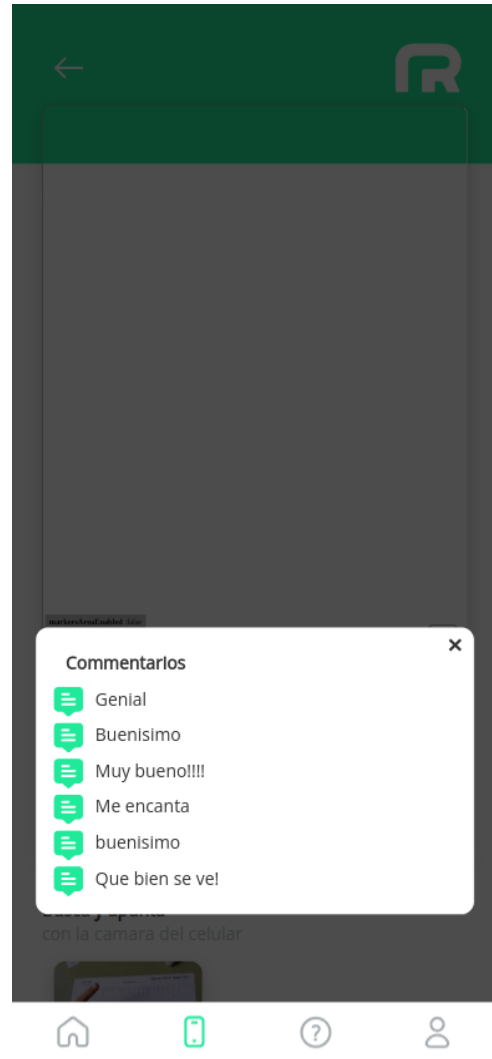
< CARTUCHOS

MECANOGRAFO TACTIL >

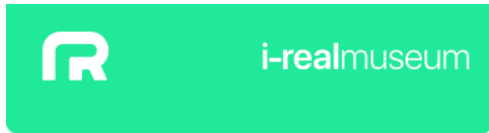




Vista de Me gusta



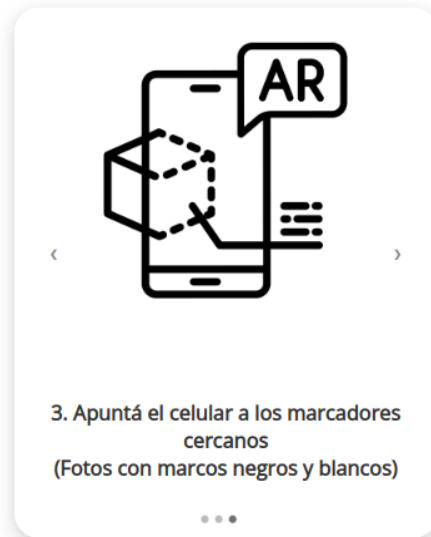
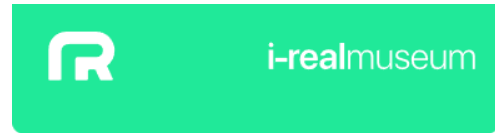
Vista de comentarios



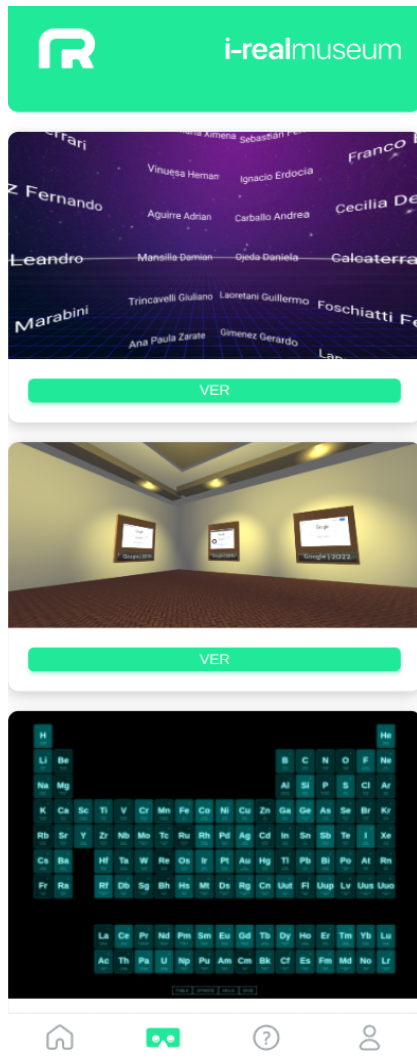
[Volver al Índice](#)



Pantalla de Registro: En esta pantalla se permite al usuario, crear un nuevo perfil para luego loguearse con las credenciales ingresadas



Vista de ayuda: En esta vista se disponen un conjunto de slides que brindan información de ayuda al usuario acerca del uso de la aplicación.



Ejemplos de realidad virtual: En esta vista se disponen de 3 ejemplos de implementaciones de realidad virtual en dispositivos móviles. (1) Nombres de integrantes de la empresa Clarolab a lo largo de su historia, (2) Museo virtual sobre la evolución del buscador Google, (3) Tabla periódica dinámica

CAPÍTULO 6. Conclusiones y trabajo futuro

Tanto durante el proceso de investigación como durante el proceso de desarrollo, desde el prototipo hasta la aplicación final, se pudieron observar distintas limitaciones y retos que se describen a continuación con respecto a la elección de la Realidad Aumentada y a la Realidad virtual como tecnologías para la construcción de un museo virtual interactivo.

Si bien en los últimos años, con el rápido desarrollo del hardware, la capacidad de computación de los dispositivos móviles ha mejorado mucho, lo que básicamente permite satisfacer los intensos requisitos informáticos de las aplicaciones de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, todavía hay varias limitaciones y retos que no se pueden ignorar a la hora de aplicar aplicaciones de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la Web en casos reales en dispositivos móviles. Entre estos podemos encontrar dos puntos principales

6.1 Limitaciones

1. Capacidad de computación limitada

El seguimiento y el registro son las dos actividades principales de la Realidad Aumentada y también las más intensivas en términos de computación. El método de seguimiento de marcadores y patrones proporciona un enfoque de seguimiento preciso y robusto para las aplicaciones de Realidad Aumentada en la web, ya que sólo se requieren operaciones simples, lo que permite una mayor eficiencia sin la necesidad de disponer de demasiados recursos.

Sin embargo, para el método de implementación de la Realidad Aumentada móvil sin marcadores, aunque ya se han realizado algunos esfuerzos para reducir la complejidad computacional, sigue siendo un reto obtener un óptimo rendimiento en la Web. La compatibilidad con dispositivos móviles es bastante escasa inclusive en dispositivos relativamente modernos.

Para el caso de los métodos de seguimientos por imágenes si bien se pudo determinar que la compatibilidad en diferentes dispositivos es bastante alta, en aquellos que contaban con menos recursos se pudo observar una mayor dificultad al momento de lograr reconocer la superficie en la cual se dispondrá el contenido a partir de la Realidad Aumentada, obteniendo como resultado un amplio número de microcortes durante el trackeo de la misma.

En el caso de las implementaciones de Realidad Virtual, al sobrecargar las mismas con un número considerable de modelos 3D se pudo observar que en dispositivos con de bajas prestaciones los mismos directamente no podían ser renderizados, por lo que presentaban una escena incompleta.

2. Capacidad limitada de la batería frente al consumo extremo de energía

La utilización de tecnologías como la Realidad Aumentada y Realidad Virtual consumen mucha energía. La necesidad de que los sensores cooperen durante un largo periodo de tiempo, el análisis de la información, la computación, la comunicación y la visualización, ejercen una enorme presión sobre la batería del dispositivo móvil. Por otro lado, y si bien el desarrollo de las baterías actuales avanza y hace que sean cada vez más robustas a medida que se producen nuevos lanzamientos de dispositivos móviles, las mismas sólo están diseñadas para funcionalidades comunes. El extremo consumo de energía al que se hace referencia dificultará considerablemente el despliegue de la Realidad Aumentada web en los dispositivos móviles comunes que no cuenten con amplios recursos.

6.2 Retos

El avance de la tecnología y la disponibilidad y mejoras de librerías específicas para el desarrollo de Realidad Aumentada y Realidad Virtual ayuda sin duda a la promoción de las aplicaciones móviles basadas en estas tecnologías a gran escala. Sin embargo, todavía hay varios obstáculos a la espera de que las tecnologías adecuadas estén disponibles y sean asequibles.

Algunas ideas que podrían contribuir a superar estos obstáculos se detallan a continuación

1. **Eficiencia computacional:** Teniendo en cuenta los enfoques de implementación de la Realidad Aumentada y Realidad Virtual antes mencionados, las capacidades de computación y renderización de los dispositivos móviles desempeñan un papel importante en la mejora del rendimiento de estas aplicaciones. A continuación se presentan algunas sugerencias para la mejora de su rendimiento.
 - a. En cuanto a las librerías tanto si se trata de AR.js, todavía hay debilidades obvias de rendimiento para los métodos de implementación de la Realidad Aumentada web basados en el seguimiento de características naturales y sin marcadores. Es decir, para mejorar el rendimiento de la aplicación de Realidad Aumentada, también tenemos que prestar atención a un paradigma de computación más eficiente.
 - b. La computación aproximada es otra forma que vale la pena probar. El rendimiento de las aplicaciones de Realidad Aumentada y Realidad Virtual pueden mejorarse reduciendo la complejidad de los algoritmos. Aunque algunos esfuerzos ya han demostrado la viabilidad de este paradigma informático, en el que la tolerancia de las operaciones imprecisas (por ejemplo, el reconocimiento de imágenes y la detección de movimiento) puede ayudar a mejorar la experiencia del usuario de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, todavía hay mucho espacio para seguir investigando la computación aproximada, especialmente en términos de aplicaciones en la Web.
 - c. Otra sugerencia es la aproximación a la implementación de la Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la Web mediante la externalización de la computación. Tanto las soluciones de back-end como las de colaboración pueden proporcionar una mejor experiencia al usuario.
2. **Eficiencia de renderizado:** La eficiencia de la renderización es otro aspecto que preocupa. Los contenidos virtuales (por ejemplo, un modelo 3D) generados por computadora sólo pueden soportar actualmente interacciones sencillas con los usuarios, como operaciones de rotación y escalado, en la web. En efecto, un modelo tridimensional complejo no sólo añade tiempo de descarga desde la nube/red, sino que también aumenta la carga computacional de los dispositivos móviles.

Además, el mayor tiempo de renderización incluso degradará la experiencia del usuario de las aplicaciones de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la Web. Se puede observar

que a medida que aumenta la complejidad del modelo 3D, la proporción de la parte de renderizado también aumentará.

La Realidad Aumentada y Realidad Virtual móvil, necesitan más modelos 3D ligeros o incluso un formato de modelo 3D ligero dedicado para la Realidad Aumentada web. Una tecnología de compresión de modelos sólo puede acortar el tiempo de descarga; las operaciones de renderizado en los dispositivos móviles siguen consumiendo una gran cantidad de recursos de CPU, memoria y batería. Además, las técnicas de renderizado optimizadas o los métodos de renderizado basados en la GPU también pueden mejorar la eficiencia del renderizado en la Web.

3. **Eficiencia de la comunicación en la red.** Otro problema fundamental para la Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la web son los requisitos de la red. Para lograr una mayor calidad de la experiencia del usuario, las tareas de cálculo intensivo suelen subcontratar a servidores en la nube o en el borde de la red para mejorar el rendimiento, teniendo en cuenta la limitada capacidad de cálculo y renderización de los dispositivos móviles.
4. **Eficiencia energética:** Las aplicaciones de Realidad Aumentada y Realidad Virtual requieren una cooperación prolongada de la percepción del entorno, la percepción de la interacción y la conexión a Internet. Todas estas tareas que consumen mucha energía ejercen una enorme presión sobre la batería de los dispositivos móviles.

Sin embargo, actualmente, la batería sólo está diseñada para las funcionalidades comunes. Para reducir el impacto adverso de las aplicaciones en los dispositivos móviles, la eficiencia energética es también una parte importante que no se puede ignorar. Las CPU multinúcleo consumen menos energía que las de un solo núcleo debido a la frecuencia y voltaje más bajos, y ya hay muchos procesadores de CPU multinúcleo disponibles para dispositivos móviles. Al paralelizar las tareas de una aplicación de Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la web a los multinúcleos, se puede reducir el consumo de energía. Además, las redes 5G también pueden ayudar a ahorrar energía de forma indirecta, ya que se puede optimizar tanto la latencia de la red como el coste de la transmisión de datos.

5. **Compatibilidad:** La Realidad Aumentada y Realidad Virtual web están diseñadas como una implementación ligera y multiplataforma para lograr la promoción generalizada de las aplicaciones de Realidad Aumentada. Sin embargo, la cuestión de la compatibilidad es también uno de los problemas más graves en este momento.
 - a. **Compatibilidad tecnológica:** Varios navegadores, incluidos los nativos (por ejemplo, Chrome, Firefox y Safari) presentan una gran diferencia en cuanto a su compatibilidad con todos los tipos de tecnologías habilitadoras de la Realidad Aumentada web, como WebAssembly, WebGL, WebRTC, etc. Esto no sólo obstaculiza la promoción a gran escala de las aplicaciones de Realidad Aumentada web, sino que también aumenta la dificultad del desarrollo del programa.

- b. Compatibilidad de los navegadores de Realidad Aumentada y Realidad Virtual web: La falta de estandarización de los navegadores para la Realidad Aumentada web provoca otro problema de compatibilidad. En la actualidad, todos los navegadores dedicados a la Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la Web están aislados entre sí; una aplicación de Realidad Aumentada y Realidad Virtual diseñada sobre la base de un navegador web específico no puede ser accedida en otras plataformas. El grupo W3C ha hecho algunos esfuerzos recientemente, y con el creciente entusiasmo de los usuarios por la Realidad Aumentada y Realidad Virtual en la Web, la estandarización también necesita atención, lo que requiere un esfuerzo conjunto tanto del mundo académico como de la industria.

6.3 Trabajo Futuro

A continuación se presentan algunas características que pueden añadirse a la aplicación web actual como parte de un trabajo futuro y que pueden desarrollarse como resultado de la investigación que se llevó a cabo en la presente tesis y que han quedado fuera del alcance de la misma.

En primer lugar, se podría profundizar sobre la aplicación de la Realidad Aumentada basada en métodos que no impliquen el seguimiento de marcadores. A partir de la utilización de estos métodos es posible buscar un mayor grado de amigabilidad y usabilidad entre el usuario y la aplicación, agregándole mayor nivel de interacción entre el usuario y el objeto expuesto.

Realizar lo anteriormente mencionado implicaría la búsqueda de librerías más eficientes que las implementadas en la actual aplicación o, de forma alternativa, mover el procesamiento fuera del navegador del dispositivo móvil.

En relación a lo anteriormente mencionado, para impulsar un mayor nivel de interactividad entre el usuario y la aplicación, es necesario la inclusión de una mayor cantidad de contenido multimedia, mayormente en formatos de audio y video.

En segundo lugar, es posible implementar mejoras en la funcionalidad asociada a la realidad virtual, ya sea en función de ejemplos más interactivos, con la inclusión de diseños 3D más elaborados y mejoras en el desplazamiento, y/o con un mayor número de disponibilidad de los mismos.

Esto implicaría ahondar en la búsqueda de un mejor renderizado de tanto de las figuras insertadas en la escena, las texturas, y las luces utilizadas.

Por otro lado, en lo que refiere a la funcionalidad propia de la aplicación es decir aquella que no está relacionada con las tecnologías de realidad aumentada y realidad virtual, más específicamente a la funcionalidad del registro de usuarios, actualmente, es sólo una implementación a modo representativo de cómo podría funcionar el registro real de usuarios, sin ningún tipo de almacenamiento seguro de claves ni de inicio de sesión en el navegador, por lo que otro de los futuros trabajos aquí podría ser la inclusión de un mecanismo de login y registracion más robusto.

CAPÍTULO 7. Bibliografía

- [1] P. Cipresso, I. A. C. Giglioli, M. A. Raya, and G. Riva, "The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature," *Front. Psychol.*, vol. 9, p. 2086, 2018.
- [2] D. Ruiz Torres, "Realidad Aumentada, educación y museos," *Rev. ICONO14*, vol. 9, no. 2, p. 212, 2011.
- [3] D. Moreno, "Realidad Virtual Y Experiencia De Usuario: Consideraciones Y Retos - AVANTGARDE IT : Servicios Desarrollo De Software," *AVANTGARDE IT : servicios desarrollo de software*, 18-Aug-2021. .
- [4] R. Wojciechowski, K. Walczak, M. White, and W. Cellary, "Building Virtual and Augmented Reality museum exhibitions," in *Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology - Web3D '04*, 2004.
- [5] Y. Fernández, "Diferencias entre realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta," *Xataka.com*, 06-Jul-2018. [Online]. Available: <https://www.xataka.com/basics/diferencias-entre-realidad-aumentada-realidad-virtual-y-realidad-mixta>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [6] P. Mealy, "The history of virtual and augmented reality," *dummies*, 11-Oct-2018. [Online]. Available: <https://www.dummies.com/article/technology/programming-web-design/general-programming-web-design/the-history-of-virtual-and-augmented-reality-256104/>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [7] "The project Gutenberg eBook of Pygmalion's spectacles, by Stanley G. weinbaum," *Gutenberg.org*. [Online]. Available: <https://www.gutenberg.org/files/22893/22893-h/22893-h.htm>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [8] Wikipedia contributors, "Morton Heilig," *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 25-Sep-2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Morton_Heilig&oldid=1112272632.
- [9] *Historyofinformation.com*. [Online]. Available: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2785>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [10] *Researchgate.net*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/319618259_360_vision_from_panoramas_to_VR. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [11] Wikipedia contributors, "Ivan Sutherland," *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ivan_Sutherland&oldid=144628362.
- [12] BBC News Mundo, "Ivan Sutherland, el 'padre de la computación gráfica' que revolucionó nuestra interacción con las máquinas," *BBC, BBC News Mundo*, 02-Mar-2019.
- [13] Wikipedia contributors, "Myron W. Krueger," *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 13-Dec-2020. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Myron_W._Krueger&oldid=994032793.
- [14] L. M. Surhone, M. T. Tennoe, and S. F. Henssonow, Eds., *Videoplacé*. Betascript Publishing, 2010.

- [15] Wikipedia contributors, "Boeing," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Boeing&oldid=147164134>.
- [16] Wikipedia contributors, "Virtual fixture," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 23-Jun-2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Virtual_fixture&oldid=1094680936.
- [17] "KARMA," Columbia.edu. [Online]. Available: <https://graphics.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [18] Wikipedia contributors, "ARQuake," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=ARQuake&oldid=138399103>.
- [19] Wikipedia contributors, "Wikitude," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 25-Oct-2022. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Wikitude&oldid=1118166786>.
- [20] A. Nayyar, B. Mahapatra, D. N. Le, and G. Suseendran, "Virtual Reality (VR) & Augmented Reality (AR) technologies for tourism and hospitality industry," *Int. j. eng. technol.*, vol. 7, no. 2.21, p. 156, 2020.
- [21] R. S. Gutiérrez, E. T. Duque, R. L. Chaparro, and N. R. Rojas, "Aprendizaje de los Conceptos Básicos de Realidad Aumentada por Medio del Juego Pokemon Go y sus Posibilidades como Herramienta de Mediación Educativa en Latinoamérica," *CIT Inform. Tecnol.*, vol. 29, no. 1, pp. 49–58, 2018.
- [22] "CARACTERÍSTICAS," REALIDAD AUMENTADA. [Online]. Available: <http://www.avancesdelcelular.weebly.com/caracteriacutesticas.html>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [23] V. Tolsan, "Realidad Aumentada: tipos y características," *2iXR - Experiencias Inmersivas de Realidad Aumentada, Virtual y Mixta*, 05-Aug-2020. [Online]. Available: <https://2ixr.com/blog/realidad-aumentada-tipos-y-caracteristicas/>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [24] "Aplicaciones de la realidad aumentada en la promoción y la edificación," *Docplayer.es*. [Online]. Available: <https://docplayer.es/72730793-Aplicaciones-de-la-realidad-aumentada-en-la-promocion-y-la-edificacion.html>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [25] *Researchgate.net*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/331205524_Web_AR_A_Promising_Future_for_Mobile_Augmented_Reality_-_State_of_the_Art_Challenges_and_Insights. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [26] R. Hammady, M. Ma, and A. Powell, "User experience of markerless augmented reality applications in cultural heritage museums: 'MuseumEye' as a case study," in *Lecture Notes in Computer Science*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 349–369.
- [27] *Sathyabama.ac.in*. [Online]. Available: https://sist.sathyabama.ac.in/sist_coursematerial/uploads/SCSA3019.pdf. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [28] *Researchgate.net*. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/221010858_Building_Virtual_and_Augmented_Reality_museum_exhibitions. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [29] "Augmented reality for ecommerce: Is it useful yet?," Nielsen Norman Group. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/augmented-reality-useful/>. [Accessed: 13-Nov-2022].

- [30] Wikipedia contributors, "Ábaco," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%81baco&oldid=146929747>.
- [31] "John Wolff's Web Museum - Contex Calculators," Johnwolff.id.au. [Online]. Available: <http://www.johnwolff.id.au/calculators/Contex/Contex.htm>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [32] "Magic-brain calculator," National Museum of American History. [Online]. Available: https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_690276. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [33] Wikipedia contributors, "HP 48 series," Wikipedia, The Free Encyclopedia, 27-Aug-2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HP_48_series&oldid=1106894664.
- [34] Wikipedia contributors, "Válvula termoiónica," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%A1lvula_termoi%C3%B3nica&oldid=147190717.
- [35] Wikipedia contributors, "IBM S/360," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=IBM_S/360&oldid=142337532.
- [36] Wikipedia contributors, "Cinta IBM de 7 pistas," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cinta_IBM_de_7_pistas&oldid=145284625.
- [37] Wikipedia contributors, "Tarjeta perforada," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tarjeta_perforada&oldid=146899740.
- [38] "Definición de disquete - Definicion.de," Definición.de. [Online]. Available: <https://definicion.de/disquete/>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [39] "Museo de Informática García Santesmases," Ucm.es. [Online]. Available: https://www.fdi.ucm.es/migs/catalogo/ibm_3348_70/. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [40] Wikipedia contributors, "Casete," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Casete&oldid=146497461>.
- [41] Wikipedia contributors, "Cartucho (informática)," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cartucho_\(inform%C3%A1tica\)&oldid=147246359](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cartucho_(inform%C3%A1tica)&oldid=147246359).
- [42] Wikipedia contributors, "Unidad de disco duro," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Unidad_de_disco_duro&oldid=146741006.
- [43] Wikipedia contributors, "Unidad Zip," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Unidad_Zip&oldid=145920340.
- [44] Wikipedia contributors, "Apple II," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Apple_II&oldid=146927081.
- [45] G. Gamarra, "Atari 2600: La primera consola de videojuegos que marcó una época," Profesional Review, 30-Oct-2016. [Online]. Available: <https://www.profesionalreview.com/2016/10/30/atari-2600-primera-consola-videojuegos/>. [Accessed: 13-Nov-2022].
- [46] Wikipedia contributors, "Commodore 64," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Commodore_64&oldid=147161698.

- [47] Wikipedia contributors, "Sinclair ZX Spectrum," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sinclair_ZX_Spectrum&oldid=146510400.
- [48] Wikipedia contributors, "Talent DPC-200," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Talent_DPC-200&oldid=129177086.
- [49] N. Carpignoli, "AR.js — the simplest way to get cross-browser augmented reality on the web," The Startup, 11-May-2019. [Online]. Available: <https://medium.com/swlh/ar-js-the-simplest-way-to-get-cross-browser-augmented-reality-on-the-web-10cbc721debc>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [50] "AR.js documentation," Github.io. [Online]. Available: <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [51] J. Fu, "Working with three.js: The popular 3D JavaScript library," Better Programming, 23-May-2022. [Online]. Available: <https://betterprogramming.pub/working-with-three-js-the-popular-3d-javascript-library-bd2e9b03c95a>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [52] Duke.edu. [Online]. Available: https://services.math.duke.edu/courses/math_everywhere/assets/techRefs/Threejs%20Essentials.pdf. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [53] A. Sandaker, "Get started with Augmented Reality on the web using Three.js and WebXR," Sopra Steria Norge, 09-Mar-2022. [Online]. Available: <https://medium.com/sopra-steria-norge/get-started-with-augmented-reality-on-the-web-using-three-js-and-webxr-part-1-8b07757fc23a>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [54] "Introduction —," A-Frame. [Online]. Available: <https://aframe.io/docs/1.3.0/introduction/>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [55] E. Rubio, "Aframe: bienvenido a WebVR," Adictos al trabajo, 28-Jun-2017. [Online]. Available: <https://www.adictosaltrabajo.com/2017/06/28/aframe-bienvenido-a-webvr/>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [56] Wikipedia contributors, "PHP," Wikipedia, The Free Encyclopedia. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=PHP&oldid=147263245>.
- [57] Southrivertech.com. [Online]. Available: https://southrivertech.com/wp-content/uploads/FTP_Explained1.pdf. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [58] I. Ramírez, "Filezilla: qué es, para que sirve y primeros pasos con este cliente de FTP," Xataka.com, 16-Sep-2019. [Online]. Available: <https://www.xataka.com/basics/filezilla-que-sirve-primeros-pasos-este-cliente-ftp>. [Accessed: 15-Nov-2022].
- [59] Researchgate.net. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/326374358_User_Experience_of_Markerless_Augmented_Reality_Applications_in_Cultural_Heritage_Museums_'MuseumEye'_as_a_Case_Study_5th_International_Conference_AVR_2018_Otranto_Italy_June_24-27_2018_Proceedings_Pa. [Accessed: 15-Nov-2022].

CAPÍTULO 8. Anexos

8.1 Anexo A. Otras tecnologías empleadas en la implementación de la aplicación

8.1.1 PHP

El lenguaje seleccionado para el desarrollo de la estructura funcional de la aplicación es PHP. PHP es un lenguaje "open source" interpretado de alto nivel embebido (introducido) en páginas HTML y ejecutado en el servidor. Lo que diferencia a PHP de la tecnología Javascript, la cual se ejecuta en la máquina cliente, es que el código PHP es ejecutado en el servidor. Por ejemplo al acceder a una página escrita en PHP, el cliente solamente recibirá el resultado de la ejecución de esta en el servidor, sin ninguna posibilidad de determinar qué código ha producido el resultado recibido [56].

¿Por qué PHP?

La elección de PHP como lenguaje para el desarrollo de la lógica de negocio se hace en primer lugar en función de los recursos disponibles, ya que por un lado se dispone de conocimientos previos sobre el lenguaje en sí y por otro lado en servidor que actualmente se dispone y que sería utilizado para el despliegue de la aplicación posee de antemano la configuración necesaria para poder ejecutar dicho lenguaje.

Gracias a que PHP se ejecuta en el servidor es posible acceder a los recursos que tenga el servidor como podría ser una base de datos, o un sistema de archivos.

En el caso del desarrollo propuesto se utilizará el sistema de archivos para almacenar todo aquel contenido multimedia que será asociado a los objetos del museo y puesto a disposición del usuario mediante la Realidad Aumentada.

Al ser PHP un lenguaje que se ejecuta en el servidor no es necesario que el navegador lo soporte, es decir es independiente del navegador, pero sin embargo para que las páginas PHP funcionen, el servidor donde están alojadas debe soportar PHP, en nuestro caso se dispone de antemano de un servidor FTP propiedad de la empresa Clarolab y donde previamente se encuentra instalado y configurado PHP listo para ser utilizado.

Sintaxis

El intérprete de PHP solo ejecuta el código que se encuentra entre sus delimitadores. Los delimitadores más comunes son `<?php` para abrir una sección PHP y `?>` para cerrarla. El propósito de estos delimitadores es separar el código PHP del resto de código, como por ejemplo el HTML. En los archivos que contienen solo código PHP, el delimitador `?>` se puede omitir.

Las variables se prefijan con el símbolo del dólar (\$) y no es necesario indicar su tipo. Las variables, a diferencia de las funciones, distinguen entre mayúsculas y minúsculas. Las cadenas de caracteres pueden ser encapsuladas tanto en dobles comillas como en comillas simples, aunque en el caso de las primeras, se pueden insertar variables en la cadena directamente, sin necesidad de concatenación.

Ejemplos de código en PHP Básico embebido dentro de código HTML:

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="es" dir="ltr">

<head>
  <meta charset="UTF-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"
/>
  <title>Ejemplo básico PHP</title>
</head>

<body>
  <?php
    echo 'Hola mundo';
  ?>
</body>

</html>

```

Características

- Orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una base de datos o un sistema de archivos.
- Es considerado un lenguaje fácil de usar, ya que en su desarrollo se simplificaron distintas especificaciones, como es el caso de la definición de las variables primitivas.
- El código fuente escrito en PHP es invisible al navegador web y al cliente, ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar su resultado HTML al navegador.
- Posee una amplia documentación en su sitio web oficial, entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.
- Permite aplicar técnicas de programación orientada a objetos.
- No requiere definición de tipos de variables aunque sus variables se pueden evaluar también por el tipo que estén manejando en tiempo de ejecución.

8.1.2 Recursos

Servidor FTP

El FTP es un estándar de Internet ampliamente aceptado, creado y puesto a disposición del público por el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF), una comunidad internacional abierta de diseñadores de redes, operadores, vendedores e investigadores preocupados por la evolución de la arquitectura de Internet y el buen funcionamiento de la red de Internet [57]

El FTP se inscribe en el modelo estándar cliente/servidor. Para utilizar FTP, es necesario que exista un programa cliente FTP y un programa servidor FTP. El servidor FTP almacenará o albergará los archivos a los que se accede durante la transferencia de archivos, y el cliente FTP se conectará al servidor FTP y enviará archivos al servidor o los recuperará.

Un servidor FTP tiene una dirección de protocolo de transferencia de archivos (FTP) y está dedicada a recibir una conexión FTP. FTP es un protocolo utilizado para transferir archivos a través de Internet entre un servidor (remitente) y un cliente (receptor) . Un servidor FTP ofrece archivos disponibles para descargar a través de un protocolo FTP, y es una solución común utilizada para facilitar el intercambio remoto de datos entre computadoras.

¿Por qué un FTP?

El servidor FTP ayudará a intercambiar archivos a través de Internet. Los archivos generalmente se cargan al servidor desde una computadora personal y luego se envían desde el servidor a un cliente remoto a través del protocolo FTP. Estos archivos estarán conformados por todos aquellos archivos multimedia que serán utilizados por la aplicación de Realidad Aumentada y Virtual propuesta.

El servidor FTP posee una red TCP/IP para funcionar y dependerá del uso de servidores dedicados con uno o más clientes FTP. Para garantizar que las conexiones se puedan establecer en todo momento desde los clientes, el servidor FTP estará encendido en funcionamiento 24/7.

Ventajas del FTP:

- Velocidad: Una de las mayores ventajas del FTP es la velocidad. El FTP es una de las formas más rápidas de transferir los archivos de una computadora a otra.
- Eficiencia: Es más eficiente ya que no necesitamos completar todas las operaciones para obtener el archivo completo.
- Seguridad: Para acceder al servidor FTP, necesitamos iniciar sesión con el nombre de usuario y contraseña. Por lo tanto, podemos decir que el FTP es más seguro.

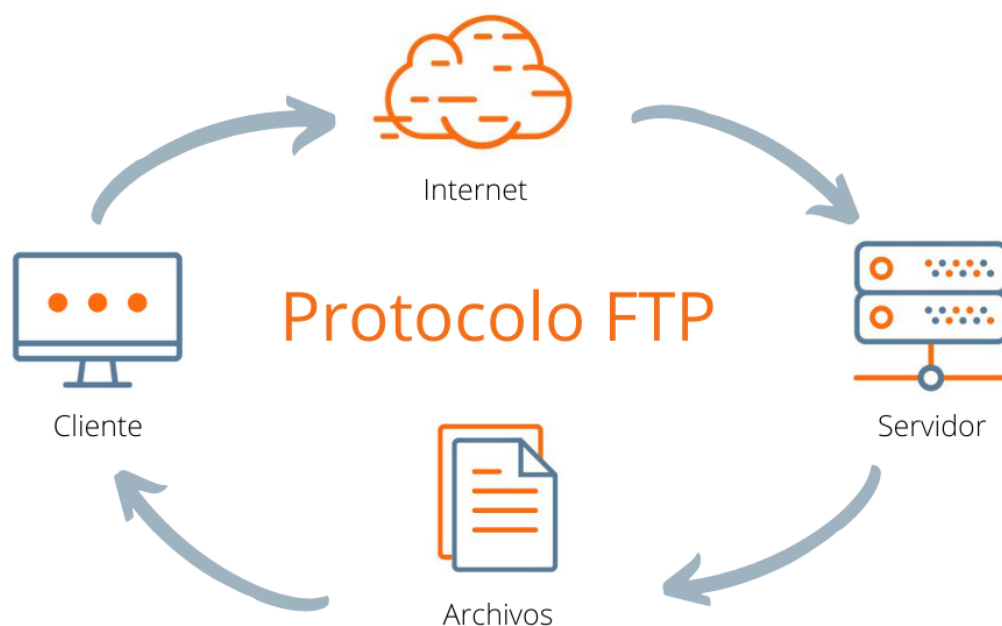


Fig. 8.1 Diagrama Protocolo FTP

Filezilla

FileZilla es una aplicación FTP libre y de código abierto que consta de un cliente y un servidor. FileZilla nos permite conectarnos al servidor FTP utilizando protocolos seguros como el SFTP, FTP, FTP sobre SSL / TLS [58].

Gracias a ello podremos manejar nuestros archivos multimedia allí donde estamos, descargando o subiendo desde imágenes o documentos de texto hasta vídeos o copias de seguridad.

FileZilla también incluye un gestor de conexiones que nos permitirá guardar todos los datos de diferentes servidores FTP fácilmente. También permite buscar archivos en remoto, reanudación de transferencias de archivos grandes, límites de velocidad configurables, comparación de directorios y un largo etcétera. Este cliente FTP gratuito para Windows también está disponible para MAC y para distribuciones GNU/Linux.