



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



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



Presentado por Saúl Martín Ibáñez  
en Universidad de Burgos — 12 de febrero  
de 2020

Tutor: Pedro Luis Sánchez Ortega  
Álvar Arnaiz González







UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



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

Expone:

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

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

En Burgos, 12 de febrero de 2020

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor





## Resumen

En este primer apartado se hace una **breve** presentación del tema que se aborda en el proyecto.

## Descriptores

Palabras separadas por comas que identifiquen el contenido del proyecto Ej: servidor web, buscador de vuelos, android ...

## **Abstract**

A **brief** presentation of the topic addressed in the project.

## **Keywords**

keywords separated by commas.



---

# Índice general

---

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
Conceptos teóricos	5
3.1. Realidad aumentada y virtual . . . . .	5
3.2. Herramientas AR . . . . .	5
3.3. Técnicas AR . . . . .	13
3.4. Secciones . . . . .	18
3.5. Referencias . . . . .	19
3.6. Imágenes . . . . .	19
3.7. Listas de items . . . . .	21
3.8. Tablas . . . . .	21
Técnicas y herramientas	23
4.1. Técnicas de desarrollo . . . . .	23
4.2. Herramientas de documentación . . . . .	23
4.3. Herramientas de gestión . . . . .	23
4.4. Herramientas de desarrollo . . . . .	23
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	25

<b>Trabajos relacionados</b>	<b>27</b>
<b>Conclusiones y Líneas de trabajo futuras</b>	<b>29</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>31</b>

---

# Índice de figuras

---

3.1. Plataforma de desarrollo de CoSpaces. . . . .	7
3.2. Imagen perteneciente a la aplicacion M.A.R.T.A, que funciona con Kudan . . . . .	10
3.3. Posibles marcadores de Vuforia . . . . .	11
3.4. Ejemplo un marcador sencillo [4] . . . . .	13
3.5. Ejemplo donde una carta de un tigre es un marcador [4]. . . . .	14
3.6. [8] . . . . .	15
3.7. [8] . . . . .	15
3.8. Vuforia Object Scanner[1]. . . . .	17
3.9. Mergecube [5]. . . . .	18
3.10. Autómata para una expresión vacía . . . . .	20

---

# Índice de tablas

---

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	22
---	----

---

# Introducción

---

Las tecnologías de realidad aumentada y virtual hoy en día están en gran auge. Se pueden encontrar aplicadas, tanto en la vida cotidiana en juegos y aplicaciones, como en el comercial e industrial o incluso en la medicina y el entorno educativo.

.....(Mejorar y completar)



---

## Objetivos del proyecto

---

El proyecto tiene por objetivo proponer entornos de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada y Virtual basados en herramientas libres, de código abierto. Se plantea conocer las diferentes herramientas disponibles en estos momentos, así como aquellas soluciones más apropiadas para cada caso, móvil, gafas de RV u otros.

Se espera de entre las herramientas propuestas...

Y proponer un ejemplo desarrollado con las herramientas estudiadas.





---

## Conceptos teóricos

---

### 3.1. Realidad aumentada y virtual

El concepto de realidad aumentada (AR Augmented Reality) se aplica a las tecnologías que permiten añadir información gráfica sobrepuesta al mundo real en pantalla. La realidad virtual(RV) se diferencia de la anterior, en que esta crea un entorno virtual completo en el que el usuario se sumerge.

origenes y evolucion...

### 3.2. Herramientas AR

Se han comparado diferentes herramientas de desarrollo para realidad aumentada. Algunas de ellas se tratan de herramientas ya desarrolladas y usadas con fines educativos o comerciales. Otras de las herramientas que se ven son los frameworks/api que muchas de las herramientas anteriores usan. nuevas online, poder la web..

#### ArCore

ArCore <sup>1</sup> es la plataforma de Google de desarrollo de realidad aumentada. Con el uso de diferentes API permite que los dispositivos detecten su entorno, lo comprendan e interactúen con la información.

Para conseguir integrar el contenido virtual en el mundo real, ArCore utiliza tres técnicas fundamentales.

---

<sup>1</sup><https://developers.google.com/ar/discover>

- Motion Tracking (seguimiento del movimiento): permite establecer la posición del móvil en relación con el mundo.
- La compresión ambiental: esta permite detectar la posición y tamaño de las superficies del entorno.
- Estimación de la luz: que permite estimar las condiciones de luz del ambiente.

Su funcionamiento se puede resumir en dos pasos principalmente, rastrear la posición del dispositivo a medida que se mueve y construir su propia comprensión del mundo real.

ArCore utiliza el motion Tracking para identificar los puntos clave, y rastrea cómo esos puntos se mueven. Combinado el movimiento de dichos puntos con las lecturas de los sensores de inercia del dispositivo, ArCore calcula la posición y orientación del dispositivo mientras se mueve [3].

Lamentablemente no es compatible con cualquier dispositivo. En el siguiente enlace se encuentra la lista de los dispositivos compatibles actualmente <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>.

## ArKit

ARKit <sup>2</sup> es la herramienta de realidad aumentada de Apple para sistemas iOS. ARKit consigue mostrar contenido virtual de forma natural en el mundo real, incluso pudiendo situarlo detrás o delante del usuario con People Occlusion, pudiendo reconocer hasta 3 rostros al mismo tiempo [6].

Funciones destacadas que posee Arkit actualmente.

- Oclusión de personas: es capaz de diferenciar a una persona del fondo del escenario, consiguiendo que el contenido virtual pueda pasar por delante o por detrás de la persona.
- Captura de movimiento: Tiene la capacidad de capturar los movimientos de una persona. Distinguiendo diferentes posiciones y movimientos al instante, de forma que es capaz de usarlo como referencias para experiencias de AR.
- Cámara frontal y trasera simultánea: Tiene la capacidad de usar ambas cámaras al mismo tiempo, pudiendo así por ejemplo interactuar con el entorno capturado por la cámara trasera, usando únicamente el rostro.

---

<sup>2</sup><https://developer.apple.com/augmented-reality/>

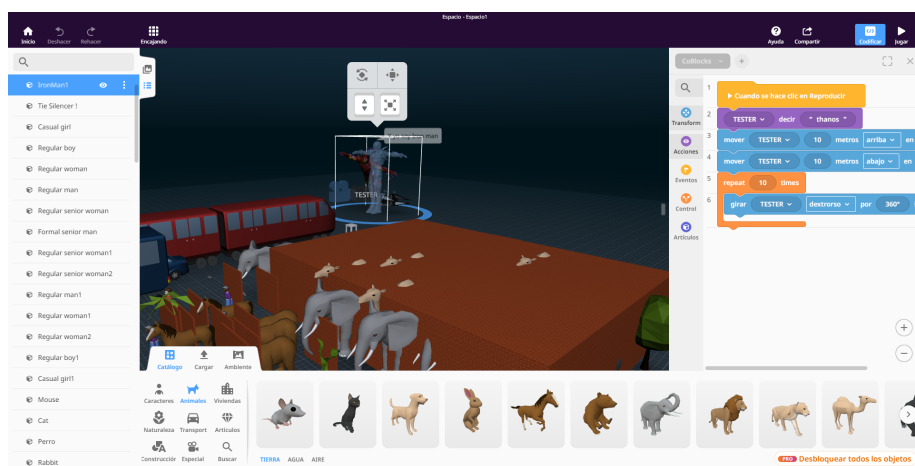


Figura 3.1: Plataforma de desarrollo de CoSpaces.

- Seguimiento de rostros múltiples: Es capaz de reconocer hasta 3 rostros al mismo tiempo usando la cámara TrueDepth.
- Sesiones colaborativas: Tiene la capacidad de crear un mapa mundial, entre múltiples usuarios conectados. Siendo así capaz de crear experiencias de realidad aumentada mas rápido, que pueden servir por ejemplo para juegos multijugador.

Solo esta disponible para sistemas iOS 11.0 o superior.

## CoSpaces

CoSpaces<sup>3</sup> es una plataforma de apoyo educativo. Se puede acceder a ella tanto por web, como desde la aplicación de móvil. Permite a los profesores crear salas para sus alumnos donde tendrían acceso a los diferentes ejemplos a usar para sus clases. También cuenta con una galería donde los usuarios pueden compartir sus ejemplos.

Para la creación de proyectos, se puede hacer desde la web mediante un entorno de desarrollo 3D donde puedes añadir paredes, objetos y mas tipos de modelos3D, para tu escenario. Con una licencia gratuita, permite guardar dos proyectos como máximo al mismo tiempo. En los proyectos también es posible codificar eventos, acciones mediante una programación de bloques o scripts, aunque hay que destacar, que la programación por

<sup>3</sup><https://cospaces.io/edu/>

scripts y algunas opciones de la programación de bloques únicamente están disponibles con una licencia premium. Para añadir un modelo 3D, que Cospace no ofrezca por defecto, se pueden subir desde un archivo local o desde la búsqueda integrada de CoSpace en Google Poly(biblioteca publica de google de modelos 3D<sup>4</sup>). CoSpace también cuenta con la opción de diseñar proyectos para el Mergecube, aunque este plugin se encuentra disponible para la versión premium.

...

## Metaverse

Metaverse<sup>5</sup> es otra aplicación enfocada bastante al entorno educativo. En este caso el entorno de desarrollo de los ejemplos es más sencillo. En la propia web, tendremos una estructura similar un modelo de diagrama de flujo. En cada paso se puede añadir un objeto 3D o una imagen que es la que estará flotando cuando estemos usando la realidad aumentada, posteriormente se pueden añadir botones y menús, para que te lleven a otra pantalla que tenga otro objeto asignado. Así, por ejemplo, se pueden hacer programas en los que se creen pequeños juegos de preguntas y, dependiendo de las respuestas, te llevan a diferentes pantallas. También da la posibilidad de importar tus propios modelos e imágenes. También incluye la posibilidad de reconocer expresiones faciales para poder usarlo como disparadores. También puede usar el Arcore y Arkit para permitir que los objetos puedan asentarse en una posición y poder girar alrededor suyo.

## Zapworks

ZapWorks<sup>6</sup> Esta aplicación se podría considerar que está más enfocada a lo comercial. Ofrece una prueba gratuita de 30 días, luego hay diferentes modelos de suscripción. Ofrece más posibilidades que las anteriores herramientas. Pero también es mas compleja ya que usa su propia aplicación para diseño y programación de ejemplos////REVISARR////. Para trabajar con los proyectos tiene su propia aplicación de escritorio, desde donde se pueden crear objetos, mecánicas que quieras incorporar, programar los scripts (javascript) a usar.

Algunos ejemplos que muestra son, por ejemplo, el reconocimiento de un folleto de publicidad que actúa de disparador y salta un modelo 3D del

---

<sup>4</sup><https://poly.google.com/>

<sup>5</sup><https://studio.gometa.io/discover/me>

<sup>6</sup><https://zap.works/>

anuncio interactivo. Otro ejemplo es reconociendo una imagen del Sistema Solar consigue que se ejecute un modelo 3D del Sistema Solar. Otros en los que reconoce la cara (facetracking) y es capaz de poner objetos en AR, por ejemplo, sombreros, gafas, cascos... Posee Word tracking, que en resumen es la capacidad de reconocer el entorno para poder colocar objetos de una manera mas realista sobre el terreno, por ejemplo, que de la sensación de que realmente esta sobre la mesa aunque vayamos moviendo el ángulo de la cámara.

## Kudan

Kudan<sup>7</sup> se trata de un SDK, con la capacidad de soportar AR con marcadores y sin la necesidad de marcadores. Posee soporte para APIs nativas, como ObjectiveC para iOS, Java para Android y Unity.

El motor de Kudan está escrito en C++ y optimizado con programación en ensamblador, dando un mayor rendimiento y más estable, con el menor impacto de memoria. Usa la tecnología SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) para el reconocimiento del escenario.

---

<sup>7</sup>kudan



Figura 3.2: Imagen perteneciente a la aplicación M.A.R.T.A, que funciona con Kudan

## Vuforia

Vuforia<sup>8</sup> es un kit de desarrollo( SDK) para aplicaciones de AR, para las plataformas de Android, iOS, Windows y HoloLens. Fue creado por Qualcomm Connected Experience en 2010, y en 2015 PTC inc lo compro [9].

Vuforia proporciona una API en C++, Java, Objective-C++ y los lenguajes de .NET mediante de Unity.

Vuforia soporta diferentes tipos marcadores, estos pueden ser 2D o 3D, también soporta múltiples marcadores simultáneamente, y reconocimiento del terreno sin marcadores.

---

<sup>8</sup><https://developer.vuforia.com/>

### Add Target

Type:

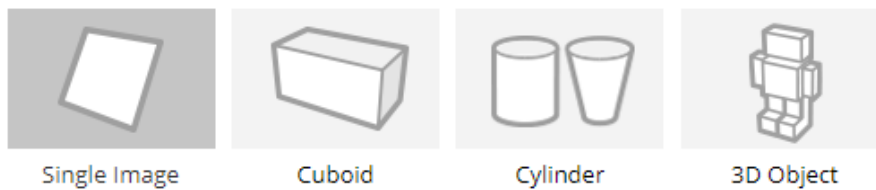


Figura 3.3: Posibles marcadores de Vuforia

Los marcadores se pueden crear desde la pagina web de developer vuforia, para ello deben escoger qué tipo de marcadores se quieren crear y adjuntarle las imágenes que formarán dicho marcador. La página dará una calificación de 5 estrellas según la calidad de la imagen para ser un marcador. Una vez completado, da la opción de descargarlos en un archivo configurable de Unity que incluirá los marcadores en nuestro proyecto.

Cuenta con una licencia gratuita por defecto, con la limitación de poder tener un máximo de 100 vumarks y 1000 cloud targets.

Actualmente Vuforia esta disponible para las versiones [2].

## Wikitude

## ArUco

## OpenCV

Es una librería de visión por computación y machine learning, de código abierto. Permite identificar objetos, caras, hacer tracking..

....., pero he visto casos que únicamente utilizan OpenCv, pero también otros en que lo combinan con Arkit, ArUco u otros para mejorar los resultados.

Device OS		Herramientas de Desarrollo		Fusion Provider	
Android	5.1.1+	NDK	r20+	ArCore 1.10+	
		Gradle	5.1.1+		
		Android SDK Build Tools	28.0.3		
		Android Studio	3.4.x		
		Unity Editor	2019.2.0+		
iOS	11+	XCode	10.1+	ArKit	
		Unity Editor	2019.2+		
Windows	10	Visual Studio	2017 v 15.9+		
		Unity Editor	2019.2.0+		
		Unity Editor(Hololens)	2018.4.11		
Lumin Os	10	Lumin SDK	0.22.0		
		Lumin OS	0.97+		





Figura 3.4: Ejemplo un marcador sencillo [4]

## 8thWall

Entorno de desarrollo, que se caracteriza porque da la posibilidad de ejecutar el proyecto desde el navegador web dándole permiso para usar la cámara del dispositivo, de forma que no haría falta instalarse ninguna aplicación.

## 3.3. Técnicas AR

### Detección de marcadores

La detección de marcadores, se trata de un técnica de realidad aumentada en el que los sistemas utilizan como referencia espacial, para situar elemento que queremos superponer, una figura o imagen concreta, que ha sido especificada previamente. Los marcadores mas comunes y simples son los códigos QR, pues se tratan de imágenes diseñadas para que puedan ser reconocidas fácilmente por las cámaras.

Con la mejora de las cámaras, también es posible utilizar como marcadores imágenes mas complejas, como por ejemplo un folleto publicitario o la foto de un planeta. También es posible que el marcador se trate de un objeto físico, como por ejemplo una lampara, o un coche.



Figura 3.5: Ejemplo donde una carta de un tigre es un marcador [4].

Aunque gracias al avance de la calidad de las cámaras y del software de reconocimiento, es posible utilizar marcadores mas complejos, esto también implicarán que será mas probable que falle, y por consecuencia se desencuandren las imágenes insertadas por AR, que los tiempos de detección sean mas largos.

Se pueden clasificar los marcadores en [8]:

- **Marcadores**

El marcador mas básico es uno con un borde ancho. Su ventaja es que minimizan los costes de procesamiento y las posibilidades de error al reconocerlo.



Figura 3.6: [8]

- **Marcadores Codificados**

Se trata de marcadores que poseen códigos de barra 2D, dentro del área de bordes patrones.



Figura 3.7: [8]

- **Imágenes**

El poder usar imágenes evita tener que crear marcadores personalizados. El reconocimiento de imágenes entra en la categoría de seguimiento de características naturales. Su calidad como marcador, dependerá de si tiene un borde que defina claramente esa imagen, del contraste de sus colores o la complejidad de su composición.

- **Multiples Marcadores**

Es el caso de usar mas de un marcador al mismo tiempo por la misma cámara. Permitiendo así tener distintos objetos en la misma escena simultáneamente. También es posible crearlos formado objetos geométricos, un ejemplo sería el Mergecube.

- **Reconocimiento de texto**

Algunos SDK de realidad aumentada cuentan con la capacidad de distinguir textos. La precisión estará influenciada dependiendo del tipo de fuente de las letra.

- **Formas Simples**

Algunas aplicaciones tienen la capacidad de distinguir diferentes formas simples, como son cubos, cilindros. También pueden distinguir las medidas de las formas, pudiendo así diferenciar si un cubo es mas grande que otro.

- **Reconocimiento de objetos**

Se trata del siguiente nivel, la capacidad de distinguir objetos. No solo reconocerá e identifica la forma y tamaño del objeto, también detalles característicos que le puedan diferenciar de otro. Vuforia por ejemplo cuenta con una funcionalidad llamada Vuforia Object Scanner, que permite escanear un objeto para una copia digital, que se podría usar como marcador.

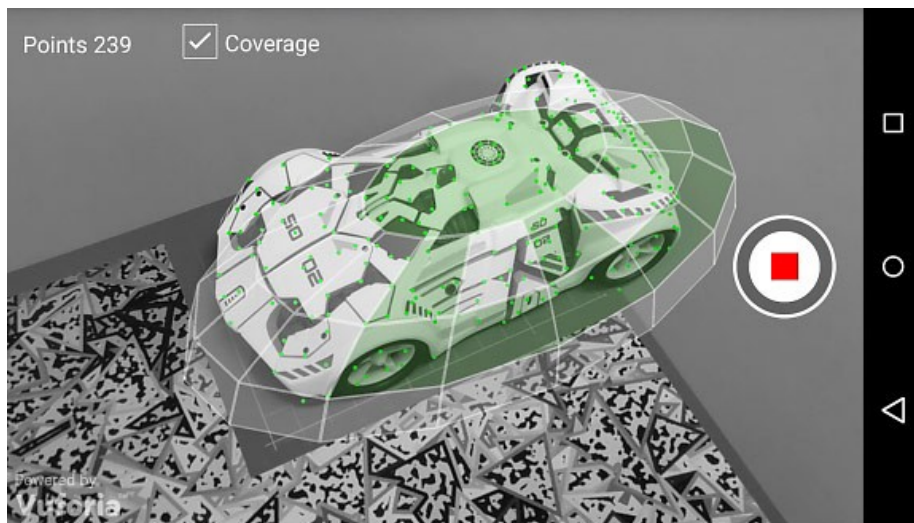


Figura 3.8: Vuforia Object Scanner[1].

### Mergecube

El Mergecube<sup>9</sup> se trata de un cubo diseñado por Merge , el cual tiene grabado unos dibujos por sus 6 caras, los dibujos actúan de marcadores. Es posible mover el cubo al mismo tiempo que se usa, de esa manera se consigue una experiencia mas interactiva. Es por eso que el mergecube es ideal para aplicarlo en experiencias educativas.

---

<sup>9</sup><https://mergeedu.com/>



Figura 3.9: Mergecube [5].

## Detección del entorno

La detección del entorno trata de poder reconocer el entorno que la cámara capta y ser capaz de, sin la ayuda de un marcador, poder ubicar los modelos en el escenario. Para esto hay diferentes técnicas, en resumen estas técnicas lo que hacen es detectar los cambios de profundidad de la imagen, y con esos datos evaluar qué objetos están mas o menos cerca, cuáles son planos, si se trata de un objeto que no tiene profundidad(una pared)...

## SLAM

Simultaneous Localization and Mapping, se trata de una técnica de reconocimiento del entorno que la cámara visualiza, puede reconocer dónde hay una superficie plana, dónde un pared.

## 3.4. Secciones

Las secciones se incluyen con el comando `section`.

## Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

**Subsubsecciones**

Y subsecciones.

**3.5. Referencias**

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [10]. Para citar webs, artículos o libros [7].

**3.6. Imágenes**

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 3.10: Autómata para una expresión vacía



## 3.7. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.
2. segundo item.

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

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

■

## 3.8. Tablas

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

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

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

---

## Técnicas y herramientas

---

### 4.1. Técnicas de desarrollo

### 4.2. Herramientas de documentación

#### LaTeX

Se trata de un sistema de composición de textos, con el objetivo de la creación de documentos de alta calidad tipográfica.

### 4.3. Herramientas de gestión

#### GitHub

Se trata de una plataforma donde se pueden guardar con un sistema de control de versiones los proyectos....

Link del repositorio: [https://github.com/smi0010/TFG\\_Herramientas\\_Realidad\\_Aumentada](https://github.com/smi0010/TFG_Herramientas_Realidad_Aumentada)

### 4.4. Herramientas de desarrollo

#### Unity

Unity<sup>10</sup>, es un motor gráfico de desarrollo de videojuegos creado por Unity technologies, disponible para Windows, Linux y Mac OS. En el, se

---

<sup>10</sup><https://unity.com/es>

pueden desarrollar aplicaciones para distintas plataformas como, Windows, MacOS, Linux, Android, iOS, videoconsolas, WebGL, tvOS y Facebook.

---

## Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

---

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



---

## Trabajos relacionados

---

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.





---

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

---

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



---

## Bibliografía

---

- [1]
- [2]
- [3] Arcore overview | google developers.
- [4] Realidad aumentada.
- [5] Phil Barker. Merge cube pone los hologramas en tu mano, Dec 2019.
- [6] Apple Inc. Arkit 3 - augmented reality.
- [7] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [8] Jonathan Linowes and Krystian Babilinski. *Augmented reality for developers build practical augmented reality applications with Unity, ARCore, ARKit, and Vuforia*. Packt, 2017.
- [9] Alexandro Simonetti Ibañez and Josep Paredes Figueras. Vuforia v1. 5 sdk: Analysis and evaluation of capabilities. Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2013.
- [10] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].