

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA EN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN



Desarrollo de una herramienta para la
detección de interacciones entre
medicamentos mediante Realidad
Aumentada

TRABAJO FIN DE GRADO
Junio - 2020

AUTOR: Enrique Martínez Parra

DIRECTOR: Manuel Quesada Martínez

Resumen

Para realizar este proyecto se ha tenido en cuenta toda la información aprendida en los años de carrera y se ha decidido enfocarlo en una rama que, si bien no es nueva, es en los últimos años cuando está convirtiéndose en tendencia en los ámbitos tanto tecnológico como social. Hablamos de la Realidad Aumentada (RA). Esta tecnología no solo está creada para usarse en el ámbito del entretenimiento, también se presenta como una posible solución para facilitarnos determinadas tareas de nuestro día a día. Por ello, este proyecto se ha querido contribuir a mejorar la desinformación en el ámbito de la salud, más concretamente, en el conocimiento de medicamentos y sus interacciones.

El objetivo de este trabajo es la creación de una herramienta para la mejora de la desinformación del paciente y el seguimiento de tratamientos a través del uso de RA sobre los embalajes de medicamentos. Además, la información capturada por el usuario será registrada y ofrecida a un tercero (por ejemplo, personal sanitario) a través de una aplicación web. Para ello, se ha realizado un estudio de las diferentes tecnologías de RA, centrándose en ARCore y Vuforia y se ha investigado cual podría adaptarse mejor al objetivo de este proyecto. Este estudio ha permitido seleccionar como tecnología de desarrollo Vuforia y Unity, que junto con las actuales tecnologías web nos han permitido implementar una versión funcional de ambas herramientas.

En conclusión, este proyecto ha resultado interesante por enfrentarnos al uso de una tecnología relativamente novedosa que se ha podido materializar en una única plataforma. Además, estas aplicaciones suponen un avance en cuanto al uso de la RA y seguimiento ofrecidas por otras aplicaciones relacionadas identificadas en el estado del arte, lo que ha permitido identificar diferentes vías de trabajo futuro.

Palabras clave: realidad aumentada, RA, medicamentos, interacción, salud, unity, vuforia

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1	DESINFORMACIÓN Y GESTIÓN DE LA SALUD	6
1.2	LA REALIDAD AUMENTADA (RA) Y SU POTENCIAL.....	8
1.3	OBJETIVOS.....	9
1.4	METODOLOGÍA	11
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
2.1	ESTADO DE LA CUESTIÓN	12
2.1.1	<i>Realidad Aumentada: definición, niveles y usos.....</i>	<i>12</i>
2.1.2	<i>Uso actual de la RA en el ámbito de la salud</i>	<i>14</i>
2.1.2.1	<i>Aplicaciones para el seguimiento personalizado del paciente.....</i>	<i>16</i>
2.1.3	<i>Tecnologías para el desarrollo con RA.....</i>	<i>20</i>
2.1.3.1	<i>Principales SDKs de RA: ARKit, ARCore y Vuforia.....</i>	<i>20</i>
2.1.3.2	<i>Estudio de imágenes para el reconocimiento de patrones</i>	<i>21</i>
2.1.4	<i>Tecnologías para el desarrollo con Unity</i>	<i>29</i>
2.1.5	<i>Tecnologías para el desarrollo web.....</i>	<i>29</i>
2.1.6	<i>Otras herramientas utilizadas.....</i>	<i>30</i>
2.2	PROPUESTA DE SOLUCIÓN	31
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1	ANÁLISIS DEL USO DE LOS EMBALAJES COMO PATRONES DE RA	32
3.2	DESARROLLO DE SOFTWARE	34
3.2.1	<i>Metodología de desarrollo: Scrum.....</i>	<i>34</i>
3.2.2	<i>Análisis y diseño del software</i>	<i>37</i>
3.2.2.1	<i>Requerimientos y casos de uso</i>	<i>37</i>
3.2.2.2	<i>Diagrama de secuencia</i>	<i>38</i>
3.2.2.3	<i>Diagrama Entidad / Relación</i>	<i>39</i>
3.2.3	<i>Gestión de datos en Vuforia.....</i>	<i>40</i>
3.2.4	<i>Implementación de la App de RA.....</i>	<i>42</i>
3.2.4.1	<i>Acceso a la BBDD de medicamentos a través de un Servicio Web</i>	<i>42</i>
3.2.4.2	<i>Acceso a la BBDD de patrones Vuforia desde Unity.....</i>	<i>43</i>
3.2.4.3	<i>Scripts C# para extender la detección del patrón.....</i>	<i>47</i>
3.2.4.4	<i>Interfaz de usuario con RA</i>	<i>51</i>
3.2.5	<i>Implementación de la web de seguimiento.....</i>	<i>55</i>
3.2.5.1	<i>Menú de navegación</i>	<i>55</i>

3.2.5.2	Gestión de usuarios.....	55
3.2.5.3	Seguimiento del paciente desde el cuadro de mando.....	58
3.2.6	<i>Ejemplo de uso de las herramientas</i>	60
3.2.6.1	Web de seguimiento: inicio de sesión del administrador.....	60
3.2.6.2	Web de seguimiento: gestión de usuarios de la app de RA	61
3.2.6.3	App móvil de RA: inicio de sesión.....	62
3.2.6.4	App móvil de RA: detección de embalajes mediante RA	63
3.2.6.5	App móvil de RA: detección de interacciones entre medicamentos	64
3.2.6.6	Web de seguimiento: listar interacciones de los usuarios	65
3.2.6.7	Web de seguimiento: consultar información sobre medicamentos	66
4	CONCLUSIONES.....	68
5	BIBLIOGRAFÍA.....	72
	ANEXO I. PATRONES DE EMBALAJES EN VUFORIA	76
	ANEXO LL. TABLAS DE CASOS DE USO	80



1 Introducción

En los últimos años, las soluciones basadas en Tecnologías de la Información son una práctica común en ámbitos como la Salud. Entre 1960 y 1970 se inició el uso de los computadores para la realización de registros, sustituyendo al papel. Este avance permitía acceder al historial completo del paciente, un progreso que en 2015 ya había adoptado el 96% de los hospitales, utilizando programas diseñados para la gestión de pacientes. En la actualidad estos programas están siendo migrados a la nube, lo que permite el acceso a los datos desde cualquier dispositivo, en cualquier sitio y a cualquier hora. De esta forma se reduce el coste de almacenamiento de datos y mejora la capacidad de compartirlos entre departamentos o con otras entidades (Tasnim et al., 2018).

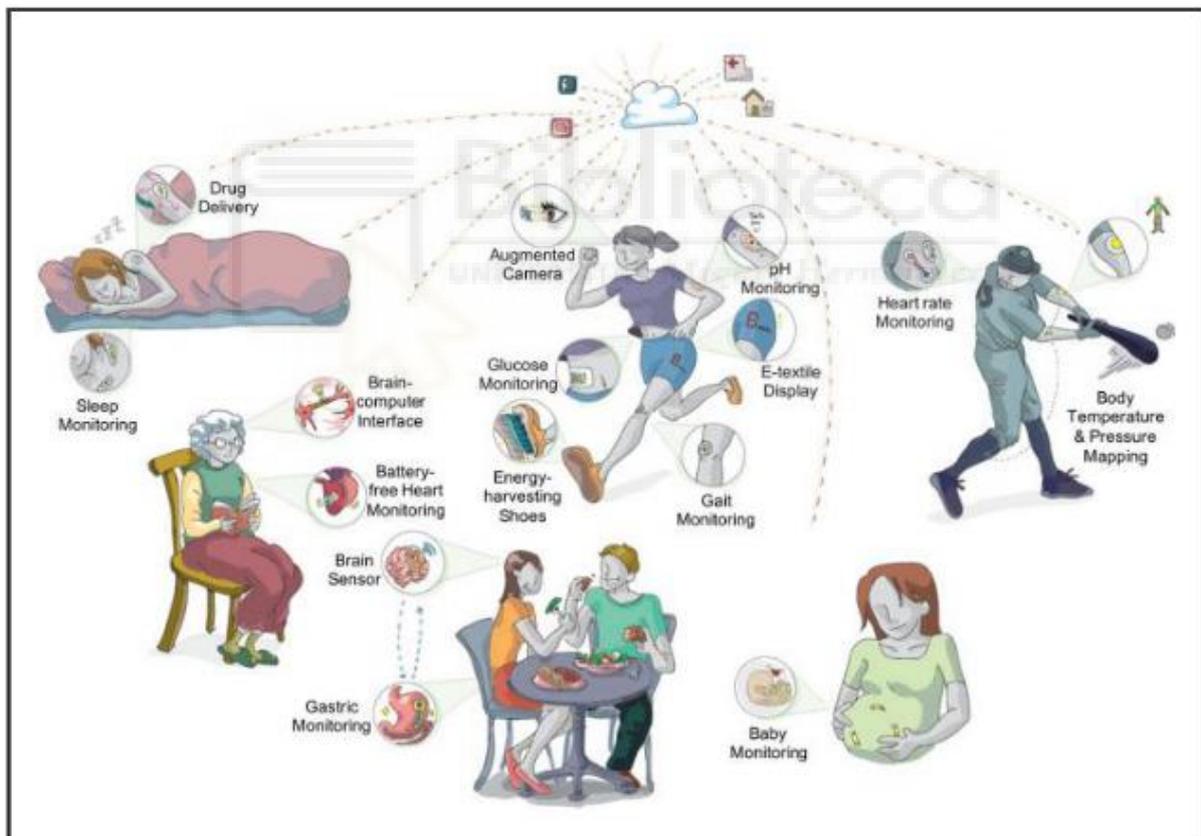


Figura 1 Ejemplo de la monitorización de la salud (Tasnim et al., 2018)

Actualmente, el uso de ordenadores es una práctica común en entornos médicos por lo que la innovación se está viendo representada por tecnologías más novedosas que involucran otro tipo de dispositivos. En la Figura 1, extraída de (Tasnim et al.,

2018), se muestra un ejemplo de diferentes iniciativas para la monitorización del cuerpo humano. Como se puede apreciar en la figura, los límites entre el mundo digital y el mundo físico han ido reduciéndose a lo largo de las últimas décadas dada la predisposición, cada vez más visible, que existe hacia el aumento del flujo de información en segundo plano y la conectividad (Miotto et al., 2018).

La tecnología de los primeros dispositivos de monitorización, en 1970, los convertían en aparatos rígidos e incómodos que perseguían el objetivo de “escuchar al cuerpo humano”. El avance tecnológico de los años posteriores fue permitiendo una mayor comodidad a la vez que se ofrecía información sobre el estado de salud del usuario, hasta lograr que la monitorización fuera en tiempo real. Este progreso ha conseguido acercarse más al control y entendimiento de la relación entre el comportamiento humano y la salud (VertitechIT, 2018). Un ejemplo diario y actual de este acercamiento tecnológico son las pulseras de actividad física, que son capaces de obtener las pulsaciones, número de pasos y otra serie de recopilaciones masivas de datos (Tasnim et al., 2018).

1.1 Desinformación y gestión de la salud

Pese a los avances anteriormente comentados y las facilidades ofrecidas por la tecnología, los ciudadanos se enfrentan cada día al reto de interpretar los datos de su entorno. Estos datos pueden ser abundantes como los recibidos por un sensor o sencillos como la prescripción médica de un tratamiento a seguir por un paciente. Cada día, millones de personas deben seguir tratamientos que implican el consumo de una serie de medicamentos prescritos por un médico. Según el estudio WIN World Survey (DYM, 2019), un 42% de españoles mayores de 18 años consume medicamentos prescritos por un médico con mucha o moderada frecuencia. En el caso de la población mayor de 65 años el porcentaje aumenta hasta un 62,6%.

Un dato curioso es que a pesar de que el porcentaje de consumidores es alto, el nivel de conocimiento de los usuarios sobre los medicamentos que ingieren es bajo. Solo un 45% de la población menor de 65 años conocía la prescripción de la medicación que se le había recetado, y un 21% desconocía cómo ingerirla (Vidal, 2000). Existen numerosas razones que justifican la falta de información sobre un

medicamento, como la pérdida o deterioro del prospecto o la dificultad de comprensión de este.

La dificultad para conocer los detalles de la medicación aumenta a medida que la medicación crece en tamaño o frecuencia. Por ejemplo, este problema se volvería aún más serio si tenemos en cuenta la posibilidad de que un paciente, por determinadas circunstancias, ya haya ingerido otra medicación, y no sepa el nivel de compatibilidad que existe entre ambos medicamentos.

- **Interacción farmacológica:** se produce cuando un fármaco, debido a la presencia de otro, altera su eficacia o toxicidad. Esta interacción es cuantitativa, es decir, aumenta o disminuye la intensidad del medicamento.

Debido el alto volumen de medicamentos que entran al mercado anualmente, las posibilidades de nuevas interacciones cada vez son mayores. Según los autores del trabajo (Ansari J.A., 2019), usar la memoria de los médicos no es un método efectivo para evitar la detección de posibles interacciones farmacológicas. Además, los fármacos más frecuentes en las interacciones potenciales más importantes son los utilizados en el manejo clínico diario de pacientes de edad avanzada con enfermedades crónicas (Seymour & Routledge, 2012). Además, estas interacciones farmacológicas son una causa importante de ingresos hospitalarios y visitas al hospital (Shetty et al., 2018).

Una vez expuestas las dificultades a la hora de realizar el seguimiento de un tratamiento vamos a abordar el análisis de herramientas informáticas que ayuden a los pacientes para tal fin. En la última década han surgido diferentes tecnologías que buscan mejorar el control de los medicamentos. Algunas de ellas, como Medisafe (Medisafe, 2020) o MedControl (S & S Develoment, 2012), funcionan como recordatorios para la toma de las pastillas. Otras, como Vademecum (Vademecum, 2020), se encargan de ofrecer información sobre los medicamentos. Pero estas aplicaciones, aunque sean de utilidad, no consiguen explotar todo el potencial de los dispositivos móviles actuales que pueden convertirse fácilmente en sensores que utilicen tecnologías incipientes como la inteligencia artificial, el reconocimiento de imágenes o tecnologías de realidad virtual o aumentada.

1.2 La Realidad Aumentada (RA) y su potencial

En este trabajo vamos a centrarnos en analizar y explotar las posibilidades de la Realidad Aumentada (RA) para reducir la desinformación. La forma en la que vemos y percibimos el mundo ha sido transformada por las nuevas tecnologías. Intentado ahondar más en el potencial de los dispositivos móviles, algunas compañías utilizan la Realidad Virtual (RV) para mejorar el tratamiento del paciente. La RV permite crear un mundo virtual que simule la realidad mediante el uso de objetos virtuales permite sumergirse de forma inmersiva en la experiencia, lo que brinda de una gran capacidad para su uso para tratar fobias o relajarse de forma interactiva, entre otras cosas (Infosalus, 2019).



Figura 2 Ejemplo de uso sencillo de la RA (Jesse, 2020)

A diferencia de la RV, la RA permite observar el mundo y conectarnos con él de una forma única y revolucionaria donde el mundo real se ve superpuesto por el virtual, engrandeciendo este. Por ejemplo, en la Figura 2 se muestra como una mujer, sin perder el contacto con la realidad, puede interactuar con ésta mediante información virtual y objetos 3D a través de la *tablet*. En los últimos años, el alcance de la RV/RA a través de dispositivos móviles cotidianos las ha hecho muy populares, y parte de la culpa de esta revolución la tiene la RA que no necesita de ningún otro tipo de dispositivo o accesorio auxiliar.

En el trabajo (Basogain et al., 2010) sus autores nos ofrece una visión más completa de la RA, afirmando lo siguiente «la realidad aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta».

Desde el punto de vista del potencial que tienen estas tecnologías, en la Figura 3 se muestra un análisis reciente. Se estima que el tamaño de la inversión en el mercado de la RA aumentará de 2017 a 2025 de 3.5 a 198 mil millones de dólares en el mundo (Garibay, 2019). Para el año 2023, el uso industrial de RV/RA triplicará el de los consumidores, desmitificando la asociación que tienen de estas tecnologías con el entretenimiento. Solo en 2016 las inversiones aumentaron un 236%.

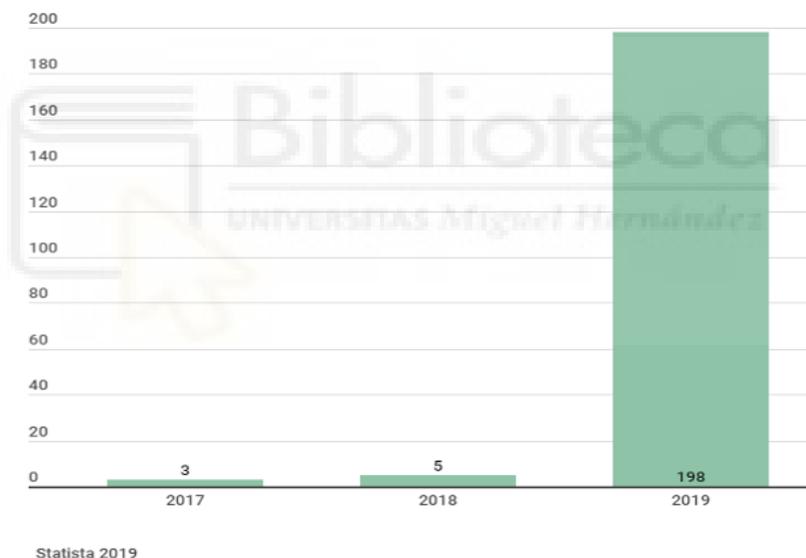


Figura 3 Tamaño del mercado mundial de RA (Garibay, 2019)

1.3 Objetivos

A través de la RA se puede mejorar la experiencia de los consumidores desarrollando una experiencia de mayor calidad. Esto convierte a la RA en una fuente inagotable de posibilidades en ámbitos tan diferentes como el entretenimiento, la productividad, la salud... procesando y ofreciendo información en tiempo real y de forma interactiva.

Creemos que integrar esta tecnología en una herramienta para realizar seguimiento de tratamientos a los pacientes (ej, ofrecer información sobre los fármacos y sus interacciones/contraindicaciones minimizando el riesgo en pacientes de edad avanzada) es una contribución interesante, contribuyendo además a mejorar uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por las Naciones Unidas (“Naciones Unidas,” 2020); concretamente el objetivo número tres (“Salud y Bienestar”) que pretende garantizar una vida sana y promover el bienestar para todas las edades.

Por tanto, en este proyecto se pretende utilizar la RA como una herramienta orientada a la Farmacología y a la gestión de medicamentos, siendo nuestro principal objetivo:

- **Crear una aplicación de RA** para combatir la desinformación en la ingesta de medicamentos, asistiendo al usuario y a un tercero (ej, personal sanitario) en el seguimiento personalizado de sus tratamientos.

Además, el objetivo anterior va a requerir la investigación y el trabajo de los siguientes objetivos secundarios:

- **Realizar un estudio** de soluciones que actualmente existan, así como el análisis de diferentes tipos de tecnologías y dispositivos que puedan ser utilizados para tal fin. Este análisis nos debe permitir **definir un marco de trabajo adecuado** y realista para poder ir más allá de un marco teórico e implementar la aplicación en un dispositivo móvil.
 - Investigar sobre los principales SDKs y *frameworks* de RA existentes y sus posibles aplicaciones.
- **Analizar** las principales causas de la desinformación y las **soluciones actuales para el seguimiento personalizado** del paciente, así como la participación de otros agentes implicados en este proceso como el personal sanitario, los cuidadores, los familiares...
 - **Analizar las herramientas** actualmente disponibles y orientadas al **seguimiento del tratamiento**.

- **Analizar las herramientas** actualmente disponibles y orientadas a la **detección de interacciones**.

Personalmente, este proyecto ha supuesto un reto ya que, aunque dispongo de conocimientos previos en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, nunca había trabajado con RA ni sus tecnologías relacionadas (ej. la plataforma de Unity).

1.4 Metodología

En este trabajo se ha llevado a cabo la siguiente metodología, cuyo resultado se describirá a lo largo de los siguientes capítulos:

1. Analizar el estado del arte sobre:
 - Los datos que existen acerca de la desinformación y las posibilidades actuales del seguimiento de paciente usando herramientas TICs.
 - Las diferentes herramientas de realidad aumentada que existen hasta el momento.
2. A partir del estado del arte, se seleccionarán un conjunto de tecnologías que podrían valer para implementar la solución anteriormente descrita.
 - Este análisis incluiría la puesta en práctica de ejemplos extraídos de la documentación oficial que permitirán familiarizarse con los diferentes SDKs y detectar sus ventajas e inconvenientes en nuestro contexto.
 - Se documentarán los resultados obtenidos para cada una de las tecnologías ya que serán parte de la causa de elección de una de ellas.
3. Desarrollo de una aplicación funcional que esté disponible para dispositivos tanto Android como IOS.

2 Materiales y métodos

En este capítulo se van a estudiar aplicaciones relacionadas, así como las diferentes alternativas que existen actualmente para implementar soluciones de RA. Se finalizará este capítulo mostrando un diagrama de la arquitectura propuesta.

2.1 Estado de la cuestión

A continuación se resumen diferentes aspectos relacionados con el estado del arte relacionado con el seguimiento de tratamientos de pacientes y el uso de tecnologías de RA.

2.1.1 Realidad Aumentada: definición, niveles y usos

Como se ha comentado anteriormente, la RA consiste en la inclusión de elementos virtuales dentro de un marco del mundo real, creando una realidad mixta que combina el mundo físico y el virtual. Aunque esta tecnología ha empezado a explotar su potencial de forma reciente, no es nueva en absoluto. En 1968 fueron creados los primeros conceptos de lentes que permitían el visionado de imágenes generadas por ordenador unidas a la realidad, pero, tal concepto no sería bautizado como Realidad Aumentada hasta 1990 por un ingeniero de Boeing. Esta tecnología necesita de un dispositivo que permita su implementación, como unas gafas, un ordenador o un dispositivo móvil (Pérez, J., & Merino, M., 2013).

Existen 4 niveles de RA, clasificados de 0 a 3 según su grado de complejidad, siendo sus funcionalidades más avanzadas cuanto mayor sea el nivel (Melchor, S., 2015):

- **Nivel 0 (ej, códigos de barras, QR...):** corresponde a la versión más básica de la RA y solo sirve como hiperenlaces a otros contenidos. No existe seguimiento de marcadores ni superposición de objetos 3D. Sus implementaciones consisten en el hiper enlazamiento del mundo físico con el uso de códigos de barras y códigos QR.

- **Nivel 1 (ej, marcadores de posición):** se utilizan marcadores y se usa para el reconocimiento de patrones en dos dimensiones. Habitualmente se utilizan como marcadores imágenes cuadrangulares, aunque en su forma más avanzada permite el uso de reconocimiento de objetos en tres dimensiones.
- **Nivel 2 (ej, geolocalización):** no se requiere el uso de marcadores, son sustituidos por la brújula de los dispositivos móviles, determinando de esta forma la orientación y localización del usuario. Suele utilizarse para la inclusión de puntos de interés sobre el mundo físico.
- **Nivel 3 (ej, visión aumentada):** se hace uso de la alta tecnología para ofrecer de forma inmersiva y personal la RA. Requiere el uso de dispositivos *hardware* específicos, habitualmente creados para explotar este tipo de tecnologías.

<p>Nivel 0:</p>		<p>Nivel 1:</p>	
<p>Nivel 2:</p>		<p>Nivel 3:</p>	

Tabla 1 Ejemplos de los diferentes niveles de RA (Ascensores y montacargas, 2020; Business school, 2018; Google Developers, 2020b)

En la Tabla 1 se muestran visualmente ejemplos de los distintos niveles. Merece la pena comentar que mientras que los niveles inferiores (0-2) permiten ser explotados

con dispositivos móviles, el uso del nivel 3 requiere de equipos específicos como las Google Glass (Google Developers, 2020a) que pese a estar descatalogadas siguen siendo un referente por ser uno de los primeros dispositivos de este tipo, u otros dispositivos más modernos como Microsoft HoloLens v.2 (Microsoft, 2015).

En cuanto a los usos de esta tecnología podemos encontrarla en diferentes ámbitos como la educación, la telemedicina o el teletrabajo. Como se ha comentado, un ejemplo del uso de la RA en estos ámbitos podrían ser las lentes de realidad mixta de Microsoft, HoloLens, cuya tecnología ha revolucionado la industria de la educación médica. Por ejemplo, el uso de aplicaciones de anatomía mediante las HoloLens podría disminuir el tiempo quirúrgico y mejorar la comprensión de las relaciones anatómicas. A través de las aplicaciones médicas de HoloLens, los usuarios tienen la posibilidad de ver un cuerpo humano en 3D o simular un cuerpo enfermo para su visualización. Lo que supone un gran avance en el campo de la educación para la medicina. Por otro lado, la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA), al ver el potencial de la RA, ha estado aprobando el uso de la RA para la planificación quirúrgica preoperatoria (3dforscience, 2020).

Otras grandes empresas como Philips con el desarrollo de Azurion (Philips, 2020), también se han subido al carro de la RA en el ámbito de la educación médica y han desarrollado sus propias tecnologías que siguen el mismo concepto que las HoloLens. Este tipo de tecnología se está empezando a implementar en el sector farmacéutico, como, por ejemplo, el gigante Merck incorpora las HoloLens para su control de calidad (Microsoft, 2015); cómo podemos ver esta tecnología está más cerca del presente que del futuro. El siguiente paso será el uso de esta en el usuario final (3dforscience, 2020).

2.1.2 Uso actual de la RA en el ámbito de la salud

Una vez analizadas algunas de las posibilidades ofrecidas por la RA, vamos a continuar el trabajo analizando la presencia de este tipo de elementos en el ámbito sanitario en general, y su uso más específico en aplicaciones relacionadas con el seguimiento de un paciente. Por ejemplo, en el artículo "*QR Codes in Healthcare: Why it Makes a Difference?*" (Hegde, 2020), se analizan los motivos que hacen a los códigos QR (RA de nivel 0) marcar la diferencia en el ámbito de la salud. Según el

artículo, los códigos QR han sido un gran aliado para el trabajo diario en los hospitales, siendo utilizados para obtener el acceso a miles de documentos relacionados con la investigación, medicamentos, registros hospitalarios, etc. Resumidamente, los principales casos de uso en los que se puede encontrar la utilización de códigos QR según el artículo anterior son:

- **Identificación de pacientes:** resulta muy útil en la ayuda a los proveedores de atención médica para mantener el seguimiento del paciente en administración, integrándose también en el brazalete del paciente para su identificación.
- **Marketing:** pueden aprovechar los QR para promover sus negocios y aumentar la conciencia al mismo tiempo. Un ejemplo podría ser la redirección hacia una página que muestre la infraestructura del hospital, historias de éxito etc.
- **Falsificación de medicamentos:** los embalajes de medicamentos en los últimos años traen códigos QR para ser más transparentes sobre el proceso de fabricación, la caducidad y el contenido de los medicamentos. Pueden alertar a los médicos sobre que dosis se deben tomar, y qué patrones se debe seguir en su toma.
- **Codificación información asociada a equipamiento médico:** los trabajadores de los hospitales pueden escanear el código QR para obtener acceso a manuales, instrucciones de operación, configurar un equipo o alertar sobre su mal funcionamiento.
- **Mantener la autenticidad:** obtener el historial de un paciente para mantener la autenticidad mediante el uso de pulseras médicas, etiquetas en las carpetas con sus respectivos códigos QR...
- **Seguimiento de la salud:** rastrear al paciente en los casos en los que no sea aconsejable que el paciente salga de su casa por ser una amenaza para la comunidad.
- **Seguimiento activo:** cualquier mala gestión puede conllevar graves consecuencias cuando se trata con grandes activos como herramientas

o muestras médicas. Los códigos QR permiten el rastreamiento en tiempo real o el aviso a los operadores en cualquier emergencia.

- **Proporcionar información de procedimientos para el paciente:** es importante para ayudar a los pacientes y cuidadores para entender la atención que tienen dada su condición, así como prepararlos para su alta.

Como vemos, el nivel 0 de la RA, pese a no ser una práctica globalmente extendida sí que se puede encontrar en diferentes instituciones clínicas. Sin embargo, el uso de los niveles superiores de RA podría considerarse una práctica más restringida a ámbitos de I+D a través de proyectos piloto o con fines educativos de simulación. Por ejemplo, en el proyecto HoloSurg de la Universidad Gregorio Marañón, están introduciendo HoloLens para su uso en la cirugía real, concretamente en un tumor muscular masculino. En este proyecto se ha implementado un sistema de paneles interactivos que permiten consultar acceder y manipular toda la información del paciente (SaludDigital, 2017).

2.1.2.1 Aplicaciones para el seguimiento personalizado del paciente

Centrando el análisis en aquellas áreas relacionadas con este trabajo, queremos dirigir nuestra búsqueda al seguimiento de la salud, el seguimiento activo y también a proporcionar información de procedimientos para el paciente. En los últimos años se han creado bancos de información y diversas aplicaciones que pretenden resolver la desinformación existente en las personas a la hora de la toma de medicamentos.

En este proceso de seguimiento del paciente cobra importancia los diferentes usuarios que participan en el mismo. Se han identificado diferentes roles que podrían intervenir en el cuidado de un paciente y que, por tanto, han sido contemplados en este proyecto.

- **El personal sanitario:** será el encargado de administrar y supervisar todo lo referido al tratamiento del paciente. Desde la creación del tratamiento, incluida la expedición de la receta hasta la posible supervisión de la correcta toma de este.

- **El paciente:** es el usuario final sobre el que recae la responsabilidad de cumplir las indicaciones que son ofrecidas por el personal sanitario. Habitualmente será el encargado de su propia supervisión, aunque podría requerir la ayuda de otros usuarios.
- **El cuidador o supervisor:** será necesario en el caso de que el paciente deba delegar ciertos cuidados a una tercera persona y, por tanto, no pueda hacerse responsable de su propio seguimiento.

Una vez identificados estos tres roles, proseguimos nuestro análisis sobre diferentes aplicaciones que permiten realizar el seguimiento de un paciente, así como proporcionar información sobre medicamentos y sus interacciones. Hemos realizado una búsqueda de aplicaciones relacionadas en la biblioteca de aplicaciones de Google Play. Estas apps fueron identificadas mediante la búsqueda filtrada por la palabra “medicamentos”, que nos ofreció una amplia lista de resultados, la mayoría destinados a las alertas para la toma de medicamentos, de la que recogimos un muestrario de aplicaciones que incluyera esta opción, asumiendo que eran las más completas y funcionales, dado su alto índice de descarga y puntuación obtenida.

El resultado de esta búsqueda nos ha permitido seleccionar un total de cinco aplicaciones cuya comparación se especifica en la Tabla 2 y que se describen a continuación. *Vademecum* (*Vademecum*, 2020), es la primera aplicación incluida en la Tabla 1, ofrece una guía farmacológica que es la más consultada en España según afirman sus creadores. El usuario suscrito a *Vademecum* recibe actualizaciones de nuevos medicamentos en la aplicación de forma semanal. Otro tipo de aplicaciones encontradas como *Medisafe* (*Medisafe*, 2020) o *MedControl* (*S & S Develoment*, 2012) permiten a sus usuarios controlar la toma de pastillas mediante recordatorios. Por otro lado, para gestionar la información sobre los suministros de los medicamentos se debe acceder a aplicaciones como *Medicamentos 365* (*Francisco José Perabá Pérez*, 2020). Por último, aplicaciones como *Medicamentos* (*Adrián Morales Padrón*, 2018) ofrecen también información sobre los fármacos, incluyendo información sobre el stock disponible en las farmacias.

Aplicación	¿De pago?	Información del medicamento	Utiliza RA	Objetivo
Vademecum	Si. Con alguna característica gratuita	Si	No	Información sobre medicamentos y detección de interacciones
Medisafe	Si. Con alguna característica gratuita	No	No	Recordatorio de toma de medicamentos
MedControl	No. Contiene anuncios	No	No	Recordatorio de toma de medicamentos
Medicamentos 365	No	Si	Código de barras	Informar sobre suministro de medicamentos
Medicamentos	Si. Opción gratuita con anuncios	Si	No	Informar sobre la disponibilidad de un medicamento en la farmacia

Tabla 2 Comparativa de aplicaciones

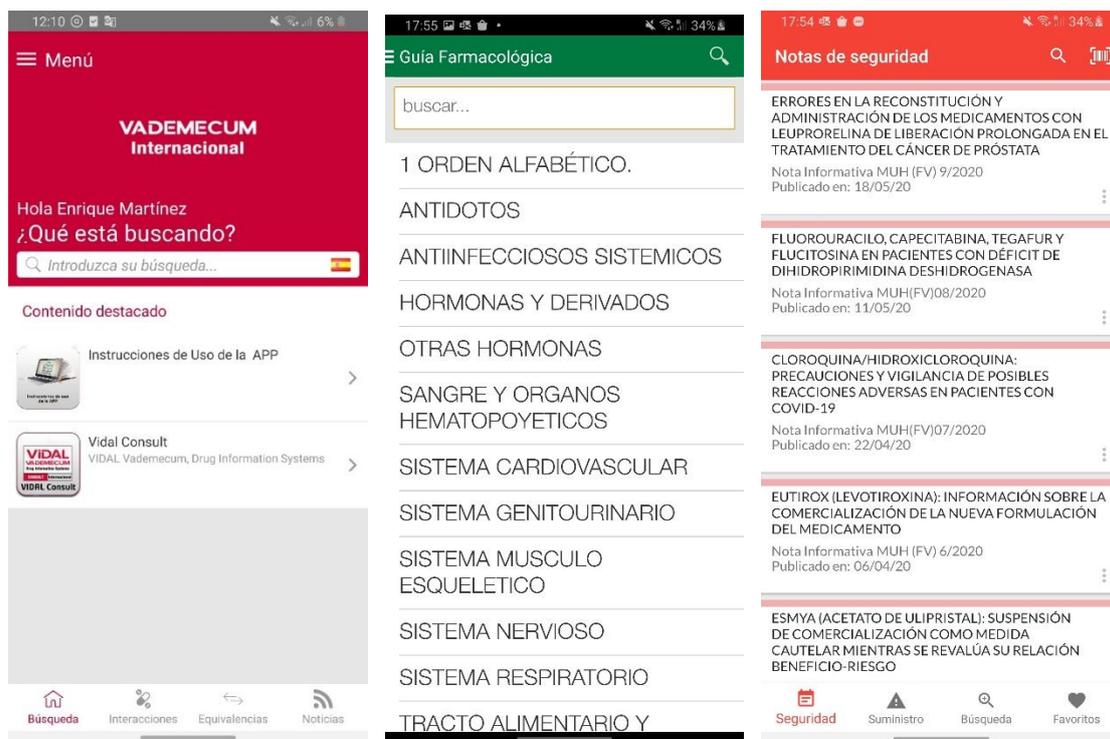


Figura 4 Pantalla principal de Vademecum, Medicamentos365 y Medcontrol

En la Figura 4 se muestra como ejemplo capturas de pantalla de las aplicaciones anteriormente comentadas. La aplicación Vademecum es la única aplicación del listado que ofrece toda la información sobre el medicamento y sus interacciones; en la imagen se ve como ofrece la posibilidad de utilizar un buscador y consultar información sobre los medicamentos de forma muy detallada y completa. Las demás son concebidas, o bien para utilizarlas como calendario y alarma para la toma de medicamentos, o creadas para ofrecer información sobre la disponibilidad de estos.

En cuanto al uso de RA en estas aplicaciones, en la columna cuatro de la Tabla 2 se puede observar que solo una de ellas incluye técnicas de RA de nivel 0 a través del uso de códigos de barras. Desde el punto de vista del tipo de usuarios a las que están destinadas, en el caso de las alertas para la toma de medicamentos su público objetivo serían pacientes o usuarios finales. Vademecum también está pensada para personal sanitario o, en cualquier caso, profesionales de la salud y, Medicamentos365 está pensada para personal farmacéutico, puesto que su función es la de controlar el suministro de medicinas. Aunque previamente se han identificado tres perfiles de usuarios, podrían resumirse en dos: (1) el que administra la toma de medicamentos y

realiza el seguimiento (personal sanitario), y (2) el encargado de realizar o registrar esa toma (el paciente o cuidador).

2.1.3 Tecnologías para el desarrollo con RA

Nos gustaría volver a resaltar que en este trabajo deseamos desarrollar una solución que pueda ser ofrecida tanto al personal sanitarios como a los pacientes/cuidadores. Por un lado, el personal sanitario ofrecerá a los pacientes/cuidadores el uso de una herramienta de RA para explorar los medicamentos que está tomando y registrar posibles interacciones entre ellos, que posteriormente serán consultadas por el personal sanitario a través de otra herramienta donde se centralizará toda la información procesada. El uso de RA tendría diversos beneficios, por ejemplo, actualmente las búsquedas que se realizan en Vademecum deben ser escritas a mano, y esto podría dar lugar a fallos generados por una mala escritura, por lo que la RA minimizaría este margen de error.

2.1.3.1 Principales SDKs de RA: ARKit, ARCore y Vuforia

Tras analizar las distintas alternativas disponibles en el mercado, se van a estudiar las 3 principales tecnologías de RA para desarrolladores actualmente vigentes: ARKit, ARCore y Vuforia.

- **ARKit** (Documentación oficial de Apple developer, 2020): creada por Apple en 2017, combina el seguimiento de movimiento del dispositivo, la captura de escenas de la cámara, el procesamiento avanzado de escenas y las comodidades de visualización para simplificar la tarea de crear una experiencia de RA utilizando la cámara frontal o posterior de un dispositivo iOS. Su uso se ve limitado a dispositivos de Apple con la versión 11.0 de IOS como mínimo.
- **ARCore** (Página oficial de Google Developers, Última actualización 2019-02-28): desarrollado por Google en 2018. Sus principales características son: (1) seguimiento de movimiento a través del rastreo de los desplazamientos en relación con el mundo, (2) comprensión ambiental para detectar las distancias y dimensiones de las superficies, y (3) estimación de la luz recogiendo información de la iluminación del entorno. Disponible para

Android e IOS, pero no con todo el catálogo; en el caso de Android abarca los teléfonos desde las versiones 7 y 11 en Android e IOS respectivamente.

- **Vuforia Engine SDK** (PTC, 2015a): adquirida por PTC Inc en 2015, es un paquete de desarrollo orientado a la RA, y habitualmente utilizado junto al motor de videojuegos multiplataforma Unity. Es la solución líder en las plataformas de desarrollo de RA orientada hacia la creación de aplicaciones que utilicen visión computacional en experiencias de RA.

Desde el punto de vista de su interés para implementar aplicaciones multiplataforma, Vuforia Engine SDK es una herramienta ideal para crear soluciones y hasta ahora es más versátil en su ámbito. Vuforia Engine lidera esta nueva tecnología para conducir mejores experiencias (Mainelli, 2018), ya que PTC Inc la llevó a comenzar a integrar en desarrollos para móviles y tabletas con Android o IOS mucho antes de que se introdujera ARKit o ARCore.

2.1.3.2 Estudio de imágenes para el reconocimiento de patrones

Además de la compatibilidad de las plataformas con los diferentes smartphones, es importante tener en cuenta otras características relacionadas con la capacidad de la solución para reconocer elementos de los diferentes niveles de RA descritos anteriormente. Por ejemplo, la utilización del nivel 0 va a exigir a este tipo de entornos que sean capaces de reconocer los distintos patrones QR de una forma rápida y precisa.

A medida que subimos de nivel de RA, aparecen nuevos marcadores que a menudo son ofrecidos como herramientas por los distintos SDKs comentados en el apartado anterior. Por ejemplo, Vuforia ofrece objetos como "*Image Targets*" que permiten definir una imagen que será reconocida a modo de patrón por dicha API; también existen otros patrones como los basados en la localización GPS. En nuestro contexto, deseamos utilizar como patrones los embalajes de los distintos fármacos, por lo que vamos a explorar las posibilidades de la tecnología actual en su reconocimiento.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo de un sistema de reconocimiento de múltiples etiquetas representadas con un tipo específico de patrones denominado “April tags”. Merece la pena destacar que al pasar del nivel 0 al nivel 1, esta fase de reconocimiento se vuelve incluso más compleja, ya que los códigos QR serán remplazados por patrones de cualquier tipo por lo que su identificación podría ser más compleja.

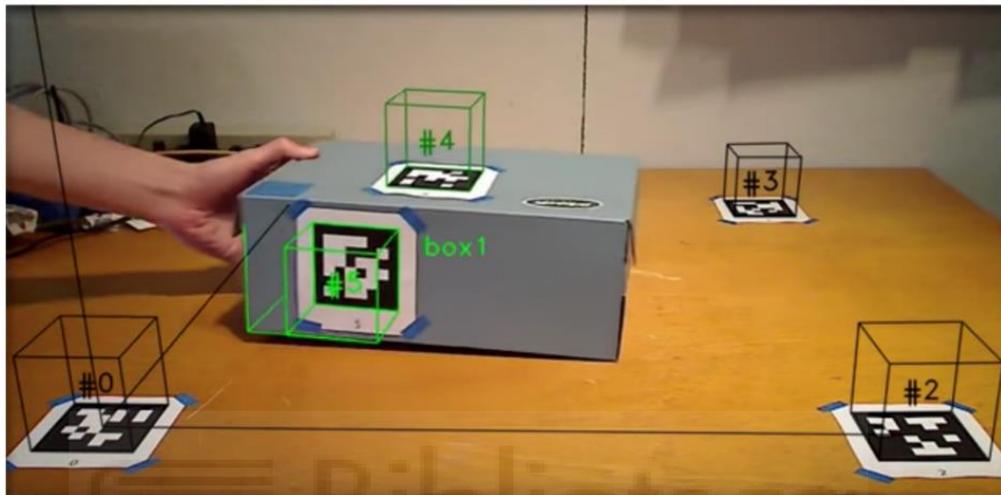


Figura 5 Ejemplo de localización de etiquetas (Musk, 2011)

Un punto fundamental para el uso de la tecnología de RA es ser capaz de mapear correctamente el entorno que se desea aumentar. Para ello hemos investigado en la documentación de ARCore y Vuforia (descartamos ARKit por no ser multiplataforma) características deseables de los patrones, accediendo a los consejos y la información sus páginas de ayuda. Por ejemplo, en el siguiente enlace (Vuforia, 2020) se dan una serie de pautas para elaborar buenos “*Image-Based Targets*”.

2.1.3.2.1 Patrones de imágenes en Vuforia: características deseables

En Vuforia, los principales patrones ofrecidos para detectar imágenes que se pueden consultar en su documentación oficial (PTC, 2015b) son:

- **ImageTarget:** el objetivo a identificar es una imagen de 2D dimensiones.
- **MultiTargets:** el concepto es el mismo que el de *ImageTarget* pero en este caso se trata de una figura compuesta por las seis caras.

- **Enviroments:** lo que se detecta es el entorno en el que te encuentras, y los objetos se superponen en base a él.

Las imágenes asociadas con los *targets* anteriores pueden estar almacenadas en el dispositivo o en la nube, dependiendo de la opción de licencia de Vuforia utilizada. En este sentido, Vuforia ofrece los siguientes planes de licenciamiento existe una versión gratuita que puedes almacenar los ImageTargets en el dispositivo, y luego existen planes a los que suscribirte mediante un pago mensual.

Como podemos ver en la Figura 6, en Vuforia, existe una versión gratuita que puedes almacenar los *ImageTargets* en el dispositivo. Además, existen otros tres planes a los que suscribirte mediante un pago mensual: el plan básico, el básico con *Cloud Recognition* y el PRO. En lo que a ARCore se refiere, no existe documentación oficial que incluya planes de precios relacionados con la tecnología de RA, sin embargo, el propio Google dispone de planes de precios para almacenar documentos en la nube.

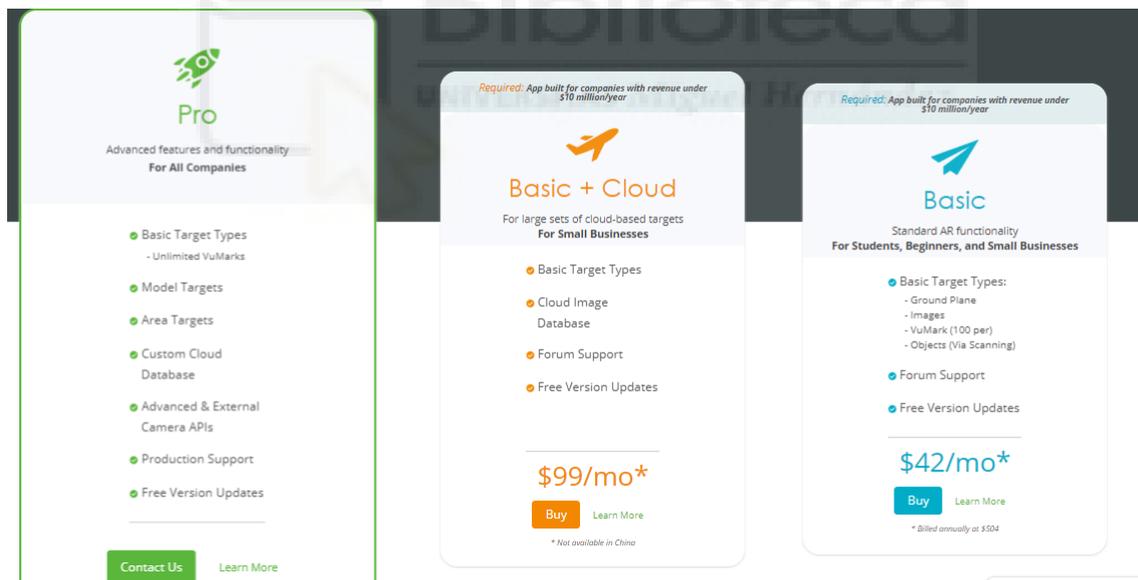


Figura 6 Tarifas de Vuforia

Volviendo a las características de los patrones, cuando hablamos de targets basados en imágenes existen una serie de agentes que favorecen su rastreabilidad. En primer lugar, hay una serie de características naturales de las imágenes que las harán más o menos fáciles de identificar. Una de estas características son las

esquinas de las imágenes que estarán presentes en los objetos con textura. Por ejemplo, en la Figura 7 se muestran dos ejemplos de patrones donde se resaltan en amarillo las diferentes características identificadas. Mientras que la Figura 7 a) se muestra como ejemplo una textura difícil de reconocer, en la Figura 7 b) el patrón es más adecuado pese a que el número de características detectadas es menor (User of Stackoverflow, 2018).

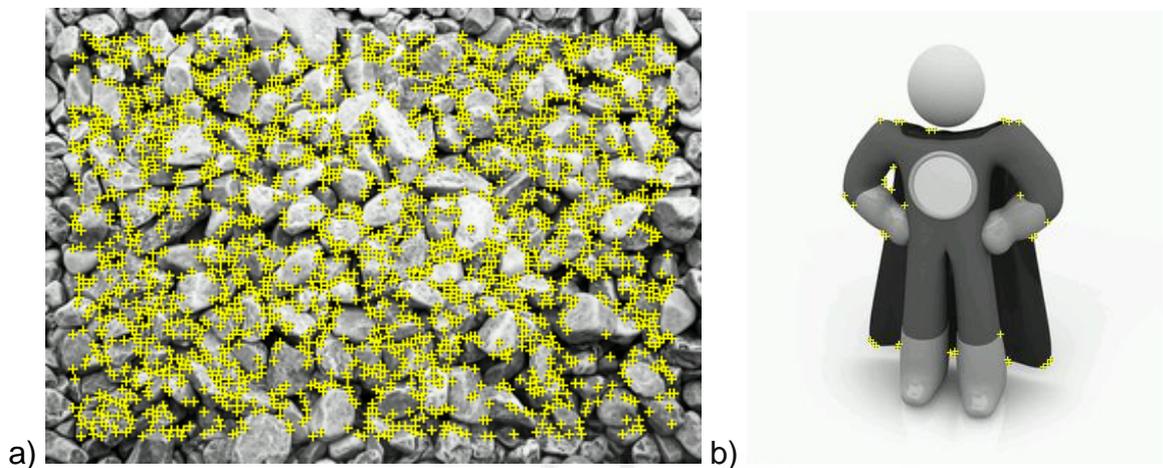


Figura 7 Ejemplo de patrones (Vuforia, 2020)

El analizador de imágenes representa características como pequeñas cruces amarillas (ver la Figura 7). En la Tabla 3 se analizan estos elementos utilizando como patrones de ejemplo tres figuras geométricas más concretas.

	<p>Un cuadrado contiene cuatro características para cada una de sus esquinas.</p>
	<p>Un círculo no contiene características, ya que no contiene detalles afilados o cincelados.</p>
	<p>Este objeto contiene solo dos características para cada esquina afilada.</p>

Tabla 3 Análisis de las características mediante esquinas

Teniendo en cuenta estos aspectos, a la hora de definir patrones es recomendable utilizar imágenes que enseñen una gran cantidad de puntos. Además, es importante una buena distribución de estos puntos dado que mejora el seguimiento y la solidez de las incrustaciones de objetos virtuales. El objeto aumentado es más sólido cuando están encima de una imagen rica en características. Además de esto, otros aspectos deseables son:

- **Contraste:** es deseable encontrar un alto contraste entre cada capa ya que ayudaría a una mejor detección del objeto superpuesto si el color de fondo de una imagen fuese blanco.
- **Distribución de las imágenes:** se debe verificar que los puntos detectados en la imagen estén bien repartidos por ella mejorando su rastreabilidad.
- **Formas orgánicas:** aquellas con detalles suaves o redondeados que contienen rasgos borrosos o comprimidos no dan los detalles necesarios para su adecuado rastreamiento.
- **Patrones repetitivos:** no importa lo alto que se encuentre el contraste o lo buenas que resulten las características de la imagen si existe un patrón de repetición claro.
- **Objetivos de imagen no rectangulares:** no es necesario que la imagen a detectar sea rectangular siempre y cuando se utilicen formas 2D colocando la imagen con un contorno visible y un fondo claro.

Además de todas estas características, se deben tener en cuenta otros factores como el buffer de exclusión de funciones. Se trata de un área de 8% de ancho y no recoge ninguna característica de la imagen a detectar, por eso es aconsejable que la propia imagen guarde ese mismo recuadro.

2.1.3.2.2 Patrones de imágenes en ARCore: características deseables

Al igual que Vuforia, ARCore implementa sus propios algoritmos de detección de patrones basados en imágenes. Al indagar sobre las características deseables de las imágenes, nos damos cuenta de que la información ofrecida por ARCore es de mucho menor detalle que la ofrecida por Vuforia, lo que vuelve a ser un punto a favor

que muestra la mayor madurez de esta segunda tecnología. A continuación, resumimos los aspectos destacados por ARCore:

- Ocupar al menos un 25% de la pantalla cuando se le apunta con el dispositivo que debe detectar el patrón.
- Estar en una buena condición, es decir, no debe verse modificada emborronada o arrugada.
- Debe estar en un ángulo que sea propicio para su observación, y estar en un primer plano.
- Una imagen con una resolución muy alta no aumenta el rendimiento.
- Evitar características dispersas o repetitivas.
- Son admisibles los formatos en PNG y JPG.

En este caso, se puntualiza que para archivos JPEG se debe evitar la compresión pesada para obtener el mejor rendimiento. Solo se tiene en cuenta el contraste a la hora de detectar una imagen, independientemente de su color. Debe tener una resolución de al menos 300x300 píxeles.

2.1.3.2.3 ¿El embalaje de un medicamento sería un buen patrón?

Una vez conocemos las propiedades que debe tener una imagen para poder ser utilizada como patrón en las tecnologías Vuforia y ARCore, nos preguntamos si existe algún tipo de herramienta para medir de forma automática si una imagen es o no apropiada para su uso como patrón. La respuesta es sí en ambos casos como se describe a continuación.

En el caso de Vuforia existe una herramienta para cuantificar cómo de “aumentable” es una imagen que se le pasa como parámetro. Esta herramienta analiza las imágenes en función de sus particularidades naturales y se comparan en tiempo de ejecución con las características de la imagen de la cámara en vivo. La puntuación por estrellas de una imagen varía entre 1 y 5, es necesario que la puntuación no baje de 4 para su correcto funcionamiento. En ARCore se propone una aproximación similar. Este entorno ofrece una herramienta que calcula una

puntuación basada en porcentajes de calidad de imagen a la hora de ser detectada, siendo 0% la más baja y 100% la más alta. Es aconsejable un mínimo del 75%. En la Figura 8 (extraída de los resultados) se muestra como ejemplo, que una caja de Gelocatil ha obtenido una calificación de 5 estrellas al ser analizada para su uso con Vuforia.

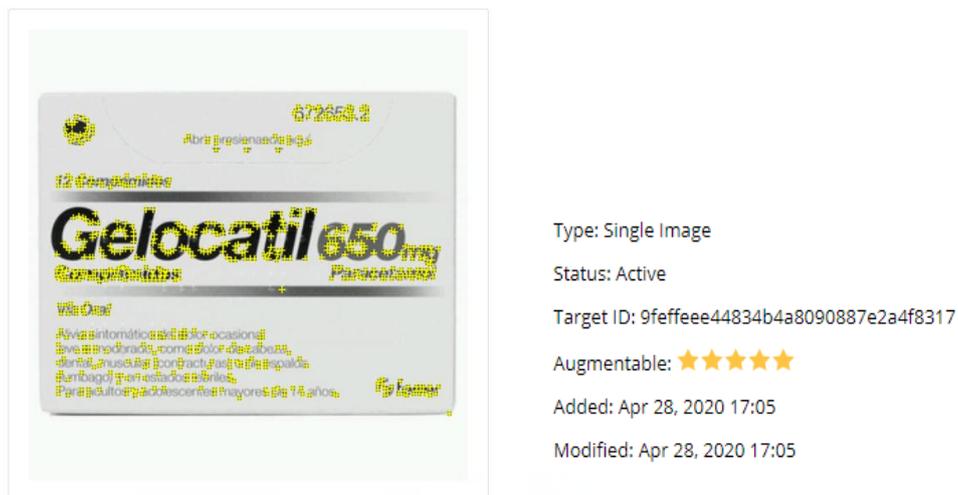


Figura 8 Información obtenida sobre el uso de Gelocatil como patrón en Vuforia

2.1.3.2.4 Prueba de Vuforia y ARCore: ventajas e inconvenientes

Para terminar de profundizar sobre las posibilidades de cada herramienta, se ha llevado a cabo un estudio basado en el despliegue de pequeños ejemplos extraídos de la documentación oficial. Estos ejemplos corresponden a las aplicaciones *Quickstart* que ofrece Google para la iniciación con ARCore (Google Developers, 2020c) y el manual “Getting Started with Vuforia Engine in Unity” (PTC, 2019) en el caso de Vuforia.

Merece la pena destacar, que, debido al grado de novedad, sobre todo de la tecnología ARCore, hemos decidido realizar estas pruebas previas para poder seleccionar un entorno que nos permita crear una aplicación realmente funcional. A continuación, describimos los aspectos más importantes de nuestra experiencia.

- **Vuforia:** corre principalmente bajo Unity. El lenguaje de programación usado en Unity es C#. Se ha comprobado la existencia de una amplia

compatibilidad entre Unity y Vuforia, notándose así la madurez de ambas tras varios años de existencia. La curva de aprendizaje a la hora de usar los *targets* (objetivos de imagen) podría considerarse relativamente sencilla. Sin embargo, Unity es una plataforma dedicada a la realización de videojuegos, por lo tanto, no está pensada para crear interfaces similares a las que se podrían conseguir con tecnología nativas de dispositivos móviles.

- **ARCore:** es un SDK que corre, entre otras plataformas, bajo Android Studio. El lenguaje de programación usado en Android Studio es Java/Kotlin. En las pruebas realizadas hemos comprobado que existe una gran compatibilidad entre Android Studio y ARCore siendo la primera toma de contacto sencilla. El problema ha sido que existen apartados de este SDK que no funcionan del todo bien dependiendo de las versiones que utilices tanto de ARCore como de Android Studio (más concretamente el Gradle y el IDE de la plataforma y la versión del SDK de ARCore usada). Además, el visualizador de contenidos 3D (SceneForm) de Android Studio nos ha dado error en todas las pruebas realizadas usando todas las versiones que teníamos a nuestra disposición (IDE 3.4/ 3.5/ 3.6/ 3.6.1 /4.0). A priori estas versiones eran compatibles con este software, pero durante las pruebas han sido una constante los cierres del programa en el peor de los casos, y la imposibilidad de ver el objeto en el mejor de ellos.

En cuanto a la documentación disponible, merece la pena destacar lo siguiente. La documentación y ayuda disponible ha sido uno de los puntos donde más se ha podido apreciar la madurez de Vuforia. El hecho de llevar tantos años en esto le hace disponer detrás de sí una gran comunidad de desarrolladores, lo que siempre se traduce en una documentación muy rica, y eso es un aspecto muy importante a la hora de realizar un desarrollo. Por el contrario, dada la novedad de ARCore, no existe mucha documentación y no hay una comunidad muy grande de desarrolladores que la respalden; no obstante, cada vez son más los desarrolladores que están empezando con ella por lo que no sería de extrañar que esto deje de ser un inconveniente pronto.

A los aspectos mencionados me gustaría añadir que, personalmente disponía de conocimientos previos sobre Android Studio, pero ningún conocimiento previo de la plataforma Unity. Por ello, aunque se considere un punto subjetivo, ha influido notablemente en que la curva de aprendizaje de ARCore ha resultado bastante más plana. En base a la experiencia obtenida, nos inclinamos más por el uso de Vuforia, que además será reforzado por su mejor capacidad para detectar como patrones los embalajes de los medicamentos (en el siguiente capítulo se comentará el resultado del experimento realizado para tal fin).

2.1.4 Tecnologías para el desarrollo con Unity

Como se ha comentado antes, el uso de Vuforia suele combinarse con la programación en Unity que permite crear aplicaciones de RA a medida. Unity es una plataforma destinada al desarrollo de videojuegos en 2D y 3D, fue creado por Unity Technologies. Unity es la plataforma más usada por los desarrolladores de videojuegos debido a su amplia compatibilidad con la mayoría de las plataformas. Dispone de una documentación muy completa y extensa que aplanan la curva de aprendizaje (PTC, 2019).

El modelo de programación propuesto por Unity se basa principalmente en el uso de scripts. Un script es un pequeño programa que puede estar asociado a un *GameObject* (un objeto de la interfaz de la aplicación) proporcionándole una funcionalidad concreta que es definida por el usuario. Estos scripts pueden ser implementados en los lenguajes C#, Unity Script y Boo, aunque el más usado y recomendado es C# (SL, n.d.). Como se describirá posteriormente, en este proyecto se realizará la aplicación de RA combinando Vuforia, Unity y scripts en C#.

2.1.5 Tecnologías para el desarrollo web

Además, de la aplicación de RA, se desea implementar un portal web que sirva como herramienta para que el personal sanitario pueda realizar un seguimiento de las interacciones detectadas por un paciente/cuidador a través de la aplicación móvil. Además, debido a las limitaciones comentadas para el desarrollo de interfaces gráficas en Unity, creemos interesante realizar en la parte web aquella funcionalidad destinada a tareas de administración como la creación y gestión de usuarios.

Se propone utilizar en el lado del *frontend* las siguientes tecnologías web: HTML5 para la maquetación de la estructura de la aplicación, y CSS para otorgarle el estilo a esta. Para lograr un diseño más pulido se ha hecho uso del framework dedicado al diseño llamado Bootstrap v.4. En cuanto al lado del servidor, el *backend*, se ha utilizado PHP en su versión 7.2 para programación con el servidor y la conexión con la base de datos y su posterior listado en la web. En cuanto al gestor de base de datos, se ha usado MySQL, dado que es un gestor seguro, uno de los más usados y muy ligero en su uso.

Merece la pena destacar que, si bien la página web es una parte fundamental dentro del circuito de la plataforma para el seguimiento por parte del personal sanitario al paciente, no en la versión actual de este proyecto no ha requerido del uso de herramientas avanzadas, que podrían ser necesarias como trabajo futuro si la aplicación sigue evolucionando. Debido a ello, tecnologías como JavaScript, JQuery, o el uso de *frameworks* como Node.js se han descartado.

2.1.6 Otras herramientas utilizadas

Para la realización de este proyecto, además de las ya mencionadas para las partes fundamentales como son Unity y Vuforia, se han utilizado otras herramientas que han reducido los tiempos de desarrollo y realización de este trabajo.

En cuanto al uso de IDEs de desarrollo, se ha utilizado el editor de texto Atom para el desarrollo de PHP y Visual Studio para la escritura en C#. Para la parte de análisis y diseño de software se ha utilizado Gliffy Diagrams para la creación de los diagramas. La base de datos usada es MySQL, la herramienta usada para poder mostrar la base de datos es Heidi y MySQL Workbench para la creación del diagrama E/R y gestión de la BBDD. Para el despliegue del proyecto se han utilizado, para la aplicación de RA, un Samsung Galaxy S9+ y XAMPP para el uso de un servidor web Tomcat (Apache).

En cuanto al diseño, hemos utilizado Adobe Illustrator para la realización de algunas ilustraciones. Por último, la gestión de citas se ha realizado a través de la plataforma Mendeley que ha permitido una rápida gestión de bibliografía y las citas de este documento.

2.2 Propuesta de solución

Una vez finalizado este capítulo y descritas las diferentes opciones analizadas, se ha creado la Figura 9 para mostrar un resumen de las tecnologías seleccionadas para desarrollar nuestra plataforma que estará compuesta principalmente por dos artefactos software: (1) la aplicación móvil de RA y (2) el portal web de seguimiento y gestión de usuarios. Como se puede observar en la Figura 9, ambas aplicaciones utilizan una misma BBDD por lo que estarían conectadas a través de ella. En el siguiente capítulo se comentarán los principales aspectos relacionados con su diseño e implementación.

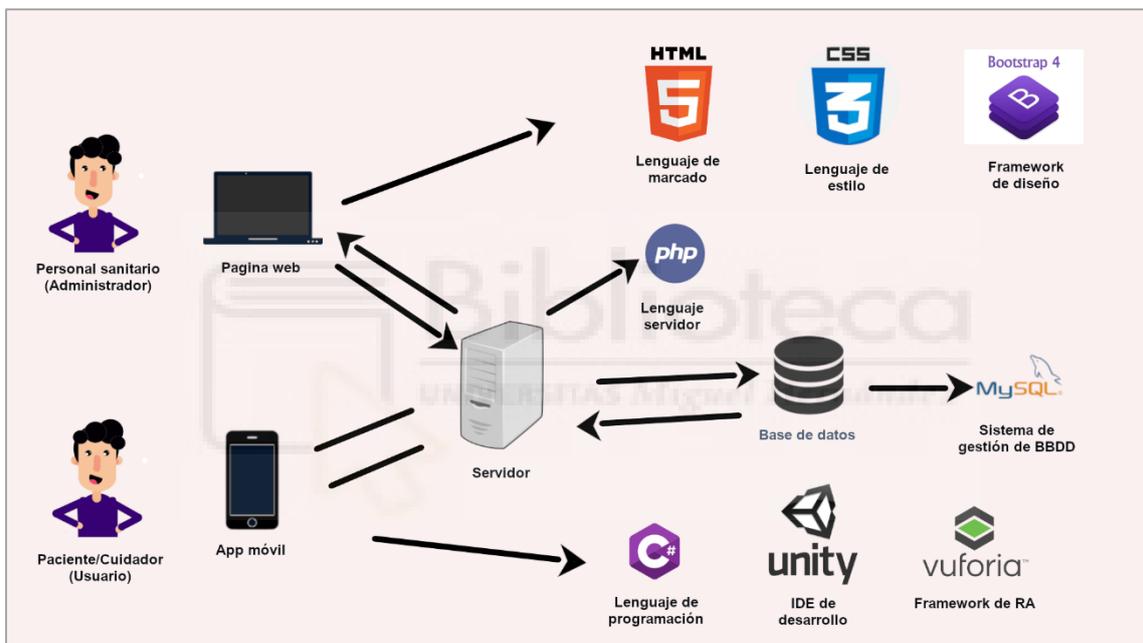


Figura 9 Diagrama de propuesta de solución

3 Resultados y discusión

En este capítulo se describirán los resultados obtenidos que han permitido, por un lado, realizar un experimento para valorar cómo se comportan los algoritmos de detección de patrones de Vuforia y ARCore al utilizar como patrones cajas de medicamentos. Por otro lado, se describirá la metodología de desarrollo software seguida para implementar herramientas mencionadas, finalizando este capítulo con un ejemplo de uso de las mismas.

3.1 Análisis del uso de los embalajes como patrones de RA

En el capítulo anterior se han descrito las técnicas que utilizan las plataformas Vuforia y ARCore en el proceso de identificación de patrones basados en imágenes, y aquí continuamos la descripción de las herramientas que pueden utilizarse para obtener dicho *feedback*.

En Vuforia, al crear el patrón desde su herramienta proporciona su puntuación asociada. Esta puntuación puede consultarse cuando creas la base de datos de targets (objetivos de imagen) en la propia web de Vuforia. El funcionamiento consiste en subir las imágenes, y ahí se encargan del escaneado de esta para la detección de sus características y valoración (PTC, 2020). En ARCore, la puntuación se obtiene mediante el uso del ejecutable `arcoring.exe` manejado mediante la consola de comandos. Su funcionamiento se basa en escribir la ruta de la imagen mediante el comando `"arcoring.exe eval-img --input_image_path= "`+ la ruta de la imagen, y la devolución es una puntuación de 0 a 100 (Google Developers, 2019).

Una vez conocidas las herramientas y familiarizados con la plataforma se propone a realizar un experimento sobre una muestra embalajes de algunos de los medicamentos más utilizados actualmente. Para ello, hemos podido aprovechar la funcionalidad gratuita ofrecida por ambas herramientas. El experimento ha consistido en seleccionar cinco medicamentos populares cuyos resultados se muestran en la Tabla 4. En dicha tabla podemos observar la puntuación que recibe un mismo embalaje de medicamento en ambas tecnologías. En la columna tres de la Tabla 4 se muestra la puntuación original y en la cuatro sus valores normalizados en el rango [0, 10] para su mejor comparación.

Los resultados de la Tabla 4 permiten observar como las puntuaciones obtenidas por Vuforia se mantiene dentro de los márgenes de recomendación de su documentación para cuatro de las cinco pruebas. En el caso de ARCore, la puntuación no supera el 70 aconsejado en ninguna de las imágenes, siendo esta una puntuación muy baja para considerarlo como herramienta actualmente útil en nuestro contexto.

Medicamentos	Herramienta	Puntuación (Min, 4 y 75%)	Puntuación normalizada
	Arcoreimg	30	3
	Vuforia database	2	4
	Arcoreimg	20	2
	Vuforia database	5	10
	Arcoreimg	0	0
	Vuforia database	4	8
	Arcoreimg	65	6'5
	Vuforia database	5	10
	Arcoreimg	0	0
	Vuforia database	5	10

Tabla 4 Tabla de puntuaciones

A partir de los resultados de nuestra muestra, podemos considerar que Vuforia es una tecnología aconsejable para la detección del tipo de imágenes que vamos a utilizar pese a las limitaciones que podría tener el tamaño de la muestra descrita, dado que las muestras deben de introducirse de forma manual. Por tanto, y como se indicó anteriormente, Vuforia es la tecnología de RA seleccionada para este desarrollo.

3.2 Desarrollo de software

En este apartado se describirán algunos aspectos relacionados con el análisis, diseño e implementación de los artefactos software de este trabajo.

3.2.1 Metodología de desarrollo: Scrum

La implementación de las herramientas se ha llevado a cabo mediante Scrum (Proyectos agiles.org). Scrum es una metodología ágil que permite priorizar las interacciones mediante entregas parciales, proporcionando total flexibilidad frente a los posibles cambios de requisitos a medida que avanza el proyecto. Esta metodología aporta una serie de beneficios como la obtención de un producto funcional desde una fase inicial, el conocimiento en tiempo real del progreso del proyecto o la flexible gestión de posibles cambios. Scrum propone la aplicación de manera regular de un conjunto de buenas prácticas aplicadas por equipos altamente productivos.

Se recomienda el uso de Scrum en proyectos donde se necesitan resultados pronto, los requisitos son cambiantes o poco definidos y la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales. Aunque en este proyecto no hay grandes equipos de desarrollo nos hemos decantado por Scrum por encima de Kanban por su especialización en el desarrollo del software ya que Kanban es más genérico. Otro punto a su favor ha sido su eficacia mediante el uso de sprints (iteraciones), y por la flexibilidad a la hora de adaptarse a cambios. Un sprint consiste en la realización de entregas parciales y regulares en bloques cortos, que es susceptible de ser entregado. El flujo de actividades propuesto por Scrum puede verse representado en la Figura 10.

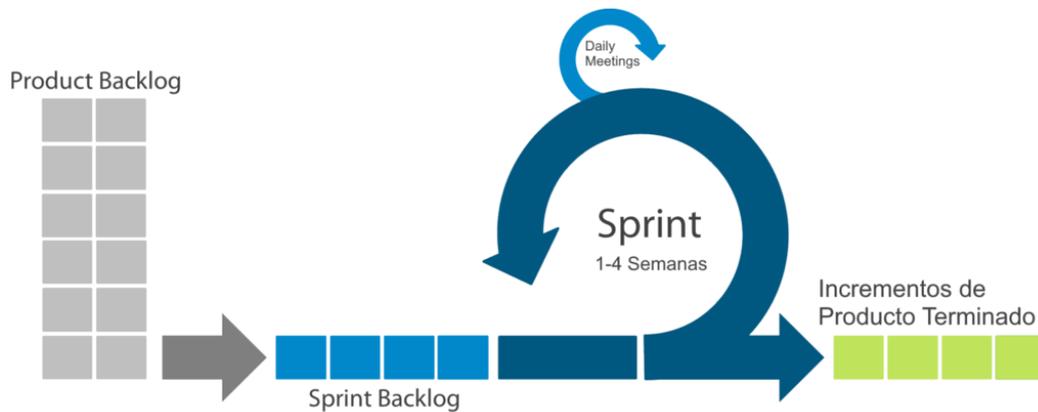


Figura 10 Funcionamiento de un sprint

Como se ha comentado, la definición de los requisitos ha sido uno de los motivos que han llevado a utilizar este tipo de metodologías al tratarse de un problema abierto. Así, es posible realizarlo de varias formas y se pretende experimentar hasta llegar a usar la forma más eficaz y la de mayor calidad posible; todo esto hace necesaria la flexibilidad ya que no se trata de un proyecto con requisitos concretos desde el inicio.

En cada iteración se han identificado nuevos requisitos que han sido llevados a cabo durante su desarrollo. El último día de cada iteración se ha realizado una reunión de revisión de la iteración que tiene dos partes:

- **Revisión:** se analiza el grado de consecución de los requisitos y en función de los resultados obtenidos se va replanificando el proyecto.
- **Retrospectiva:** se analiza la forma de trabajar y los problemas que podrían impedir progresar, mejorando así la productividad.

Desde el inicio del proyecto hasta su consecución se han definido un total de seis sprints que se describen brevemente a continuación:

- **Realizar un estudio de las principales tecnologías** que existen de RA y determinar cuáles son las más adaptables a este proyecto.
 - Prioridad: Alta. Conseguido. Duración aprox.: 3 semanas.
- **Desarrollar una aplicación de prueba** en cada tecnología que nos ofrezca la información suficiente sobre la capacidad de detección de esta, su entorno y las características de esta.

- Prioridad: Alta. Conseguido. Duración aprox.: 2 semanas.
- **Priorizar ARCore** por los conocimientos previos de las tecnologías de Google como Android Studio.
 - Prioridad: Media. No conseguido. Duración aprox.: 2 semanas.
- **Realizar el experimento** para comprobar la eficacia de estas tecnologías en detecciones de medicamentos a través de sus embalajes.
 - Prioridad: Alta. Conseguido. Duración aprox.: 1 semana.
- **Implementación fase 1:** conseguir una aplicación de RA con Vuforia y Unity que detecte el embalaje y ofrezca información sobre este.
 - Prioridad: Alta. Conseguido. Duración aprox.: 2 semanas.
- **Implementación fase 2:** conseguir extender la aplicación de RA para que detecte interacciones entre medicamentos, lo que requiere, por ejemplo, la detección simultánea de dos patrones.
 - Prioridad: Alta. Conseguido. Duración aprox.: 1 semana.
- **Implementación fase 3:** conseguir una aplicación web de seguimiento con la funcionalidad de login. Gestión del login también desde el dispositivo de RA a través de la app móvil.
 - Prioridad: Media. Conseguido. Duración aprox.: 1/2 semana.
- **Implementación fase 4:** implementar la funcionalidad de la aplicación de seguimiento relacionada con el registro de eventos desde el dispositivo de RA y su visualización en la web.
 - Prioridad: Media. Conseguido. Duración aprox.: 1/2 semana.
- **Realización de pruebas y elaboración de documentación** relacionada con el proyecto (ej, manual de uso, demostraciones...)
 - Prioridad: Alta. Conseguido. Duración aprox.: 3 semanas.

3.2.2 Análisis y diseño del software

3.2.2.1 Requerimientos y casos de uso

Con el fin de representar visualmente las necesidades de la aplicación, se muestran en la Figura 11 un diagrama de casos de uso que resumen los requerimientos identificados durante la realización de este proyecto.

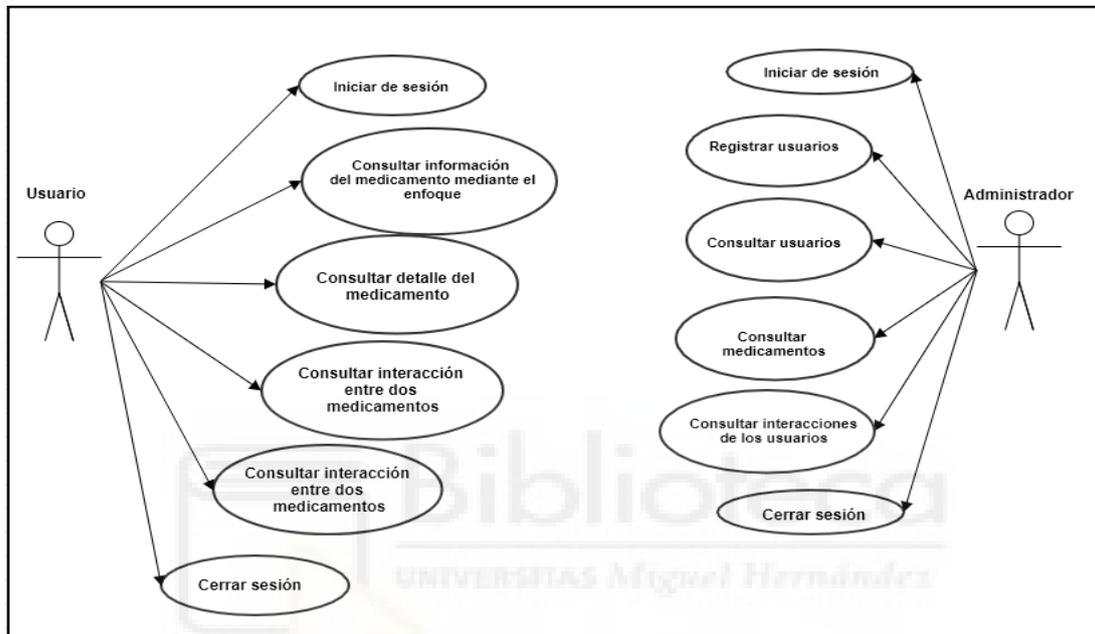


Figura 11 Diagrama de casos de uso

Como se muestra en la Figura 11 se va a distinguir entre dos tipos de usuarios relacionados con los roles descritos anteriormente. El "Usuario" lo jugará cualquier persona que utilice la aplicación de RA a través del dispositivo móvil. El "Usuario" solo podrá acceder a la aplicación una vez haya sido registrado por un "Administrador", para lo que deberá iniciar sesión en una pantalla de inicio de la aplicación móvil de RA. En caso de éxito, el "Usuario" podrá realizar la detección de embalajes de medicamentos, a través de la pantalla principal sobre la que se aumentará el embalaje con la información básica relativa al medicamento (nombre y descripción). Además, la aplicación también permite detectar interacciones entre medicamentos a partir de sus embalajes, y se ofrecerá al "Usuario" una segunda pantalla para tal fin; si una interacción es detectada quedará registrada en una base de datos que podrá ser posteriormente consultada por el "Administrador" a través de la web de seguimiento.

El rol “Administrador” lo jugarán por tanto usuarios que supervisen el seguimiento realizado por el “Usuario”, por ejemplo, personal sanitario encargados del paciente quienes serán los encargados de gestionar el registro de “Usuarios” y sus datos. También dispondrán de un listado de medicamentos, y de las interacciones que los usuarios han visualizado mediante la aplicación de RA para su supervisión. Todo esto se podrá realizar mediante una página web que será de uso exclusivo para administradores. En el Anexo I se encuentra desarrollados los diferentes requisitos mostrados en la Figura 11 y que han sido resumidos en los párrafos anteriores.

3.2.2.2 Diagrama de secuencia

En la Figura 12 se muestra un diagrama de secuencia que describe la relación entre los diferentes elementos de la plataforma.

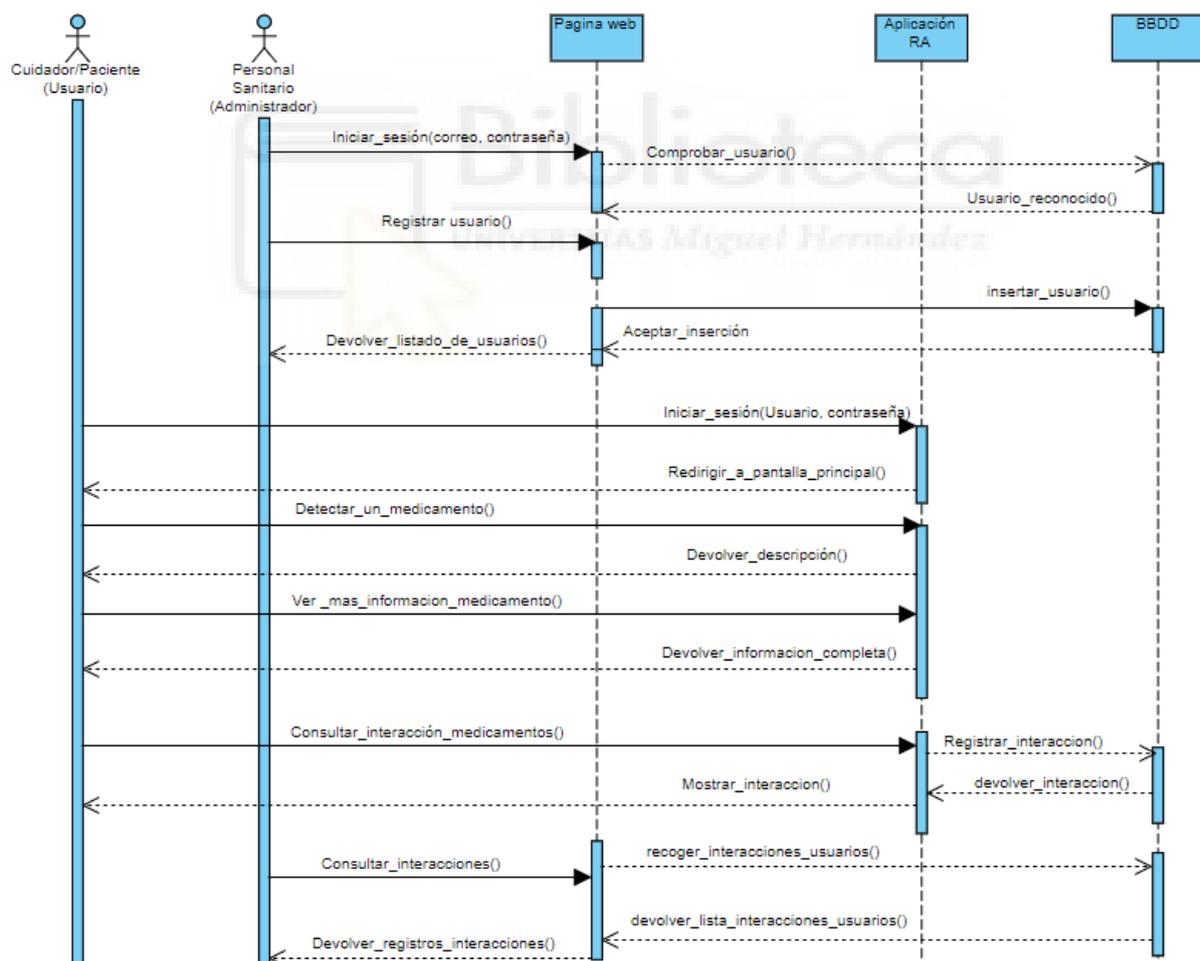


Figura 12 Diagrama de secuencia

3.2.2.3 Diagrama Entidad / Relación

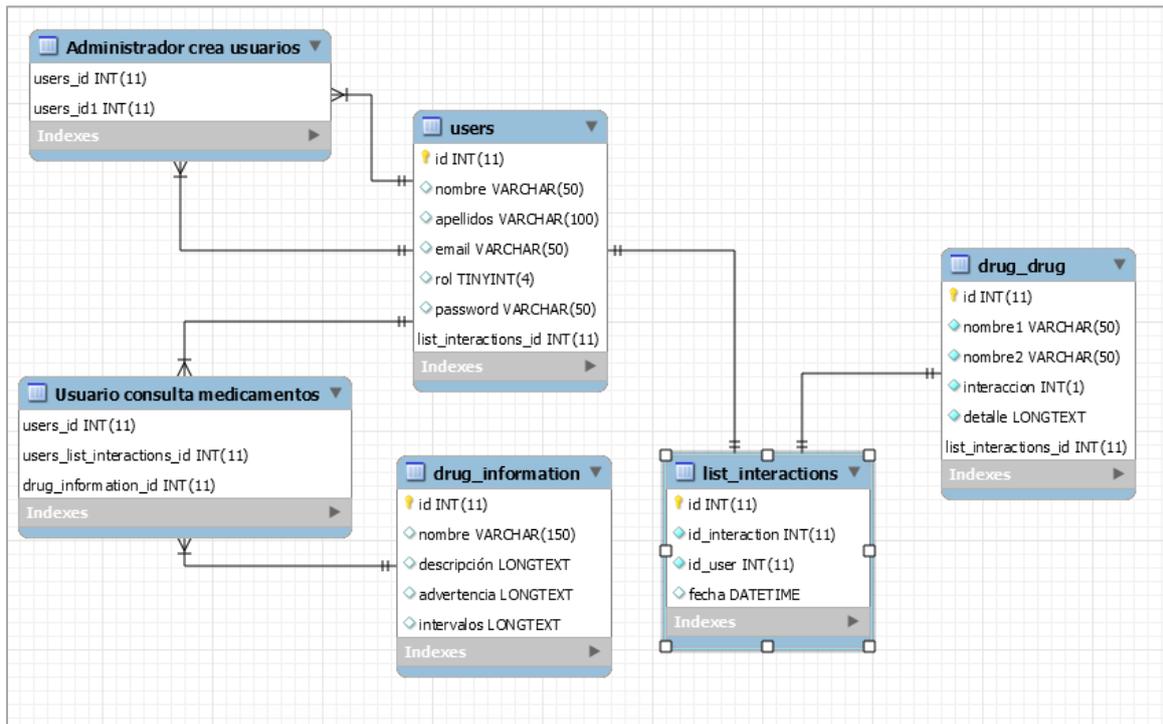


Figura 13 Diagrama Entidad / Relación

La tabla “drug_information” de la Figura 13 está formada por un id, un nombre, la descripción del medicamento, la advertencia asociada a él, y los intervalos de toma recomendados para su uso. La tabla “list_interactions” guarda la información sobre las interacciones entre medicamentos y está formada por cinco columnas en las que aparece el nombre de cada medicamento, si existe una interacción entre ellos, y un detalle aclaratorio.

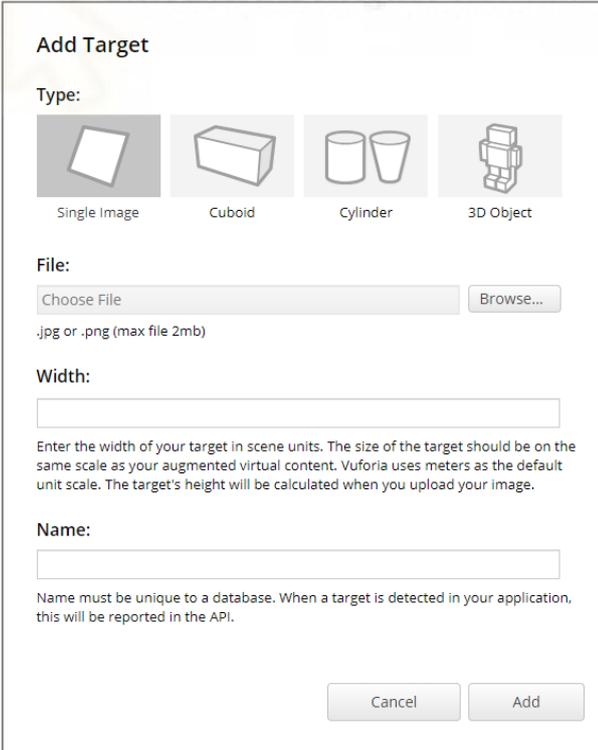
Merece la pena destacar que aunque la información sobre las interacciones detectadas a través de la aplicación de RA se irá gestionando dinámicamente, las tablas con información sobre Medicamentos y sus interacciones son estáticas y han sido completada a modo de ejemplo con datos extraídos manualmente de la web (Shetty et al., 2018) (Drugs.com, 2020) ya que, como se describe en el siguiente capítulo, pese a encontrar empresas como (*Vademecum*, 2020) que disponen de los datos que podrían servirnos para utilizarlos para automatizar el proceso su servicio es de pago por lo que se ha tenido que descartar su uso.

3.2.3 Gestión de datos en Vuforia

Es importante destacar que en el diseño de la BBDD de la sección anterior no se encuentra la información relativa a la imagen del medicamento que va a actuar como patrón de RA. Continuamos este apartado describiendo la propuesta de Vuforia para definir los patrones ya que nos deberemos integrar con ella como parte de nuestro diseño software. Implementar patrones con imágenes en Vuforia requiere el uso del elemento *ImageTarget* (RA de nivel 1):

- ***ImageTarget* (Vuforia)**: representa una imagen que Vuforia puede detectar rastrear.

Para crear un *ImageTarget* se debe crear una base de datos Vuforia donde se almacenarán todas las imágenes que serán utilizadas posteriormente como patrones, y que por tanto queremos que sean detectadas. Esta base de datos se gestionará a través de la herramienta web proporcionada por ellos. Además, como se explicará posteriormente, estos patrones serían invocados en nuestro proyecto desde Unity como parte de la aplicación de RA.



Add Target

Type:

Single Image Cuboid Cylinder 3D Object

File:

Choose File Browse...

.jpg or .png (max file 2mb)

Width:

Enter the width of your target in scene units. The size of the target should be on the same scale as your augmented virtual content. Vuforia uses meters as the default unit scale. The target's height will be calculated when you upload your image.

Name:

Name must be unique to a database. When a target is detected in your application, this will be reported in the API.

Cancel Add

Figura 14 Añadir un nuevo *ImageTarget* a la BBDD de Vuforia

En la Figura 14 se muestra un ejemplo del formulario mediante el que se registra una imagen como patrón en la BBDD de Vuforia. En la parte superior se puede observar que permiten diferentes patrones dependiendo del nivel de RA que se desee implementar. En nuestro caso se utilizará el primer elemento “*Single image*” que posteriormente se utilizará en Unity para detectar varios a la vez. Una vez seleccionada la imagen que queremos añadir a la BBDD Vuforia, añadimos su tamaño y el nombre que tendrá. Este proceso deberá repetirse para cada una de las imágenes.

En la Figura 15 se muestra la BBDD que se ha creado con un total de siete imágenes de medicamentos obtenidas tanto de medicamentos que se tenían a mano como embalajes encontrados por Internet. Como se puede apreciar, cada imagen dispone de un detalle donde te aparecen detallados todos los datos que Vuforia tiene de la imagen, tanto su puntuación, como las fechas en las que se añadieron o modificaron, y si se encuentra activa.

The screenshot shows the Vuforia database interface for a device named 'prueba_vuforia'. It displays a list of 7 targets, each with a checkbox, a small image icon, the target name, type, rating (stars), status, and date modified. The interface includes buttons for 'Add Target', 'Download Database (All)', and 'Refresh'.

<input type="checkbox"/>	Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/>	valium	Single Image	★★★★★	Active	May 28, 2020 12:46
<input type="checkbox"/>	frenadol	Single Image	★★★★★	Active	May 28, 2020 12:34
<input type="checkbox"/>	duspatalin	Single Image	★★★★★	Active	May 28, 2020 12:00
<input type="checkbox"/>	ibuprofeno	Single Image	★★★★☆	Active	May 28, 2020 11:58
<input type="checkbox"/>	fluimucil	Single Image	★★★☆☆	Active	May 28, 2020 11:57
<input type="checkbox"/>	gelocatil	Single Image	★★★★★	Active	Apr 28, 2020 17:05
<input type="checkbox"/>	progevera	Single Image	★★★★★	Active	Apr 28, 2020 17:00

Last updated: Today 06:07 PM Refresh

Figura 15 Captura de la BBDD de Vuforia

Una vez almacenada la imagen en la BBDD existe la posibilidad de: “Actualizar objetivo” y “Mostrar las características”. Una vez subidas todas las imágenes se podrá descargar la BBDD para ser indexada en Unity como es describe en los siguientes

apartados. He de recordar que Vuforia ofrece diferentes modos de suscripción, en el caso de su versión gratuita la indexación de la BBDD con Unity deberá hacerse manualmente y cada vez que se produzca un cambio en la BBDD de Vuforia (este proceso es automático si se utiliza la opción de pago Cloud Recognition).

3.2.4 Implementación de la App de RA

3.2.4.1 Acceso a la BBDD de medicamentos a través de un Servicio Web

El acceso a la BBDD se va a encapsular en un Servicio Web implementado en PHP. Como se puede ver en la su implementación ha sido realizada en un fichero .php (usando el editor de texto Atom). En el ejemplo de la Figura 16 se puede ver la implementación de la funcionalidad que, a partir del identificador del medicamento (codificado con GET) consulta en la BBDD si existe algún medicamento con ese nombre para devolver su información. De forma análoga la Figura 16 muestra la llamada con los nombres de los dos medicamentos implicados, y devuelve el riesgo de interacción que existe entre ellos junto a una breve descripción en caso de que la hubiera. El Servicio Web nos devuelve los datos almacenados en nuestra tabla drug_drug y en formato JSON.

```
<?php
require_once 'config/DbConnect.php';
$db= new DbConnect();
$conexion=$db->connect();
$json=array();

$nombre=$_GET['nombre'];

$consulta = "SELECT * FROM drug_information where nombre='".$nombre."' ";

$resultado = mysqli_query($conexion, $consulta) or die ("Algo ha ido mal en la consulta a la base de datos");
while ($columna = mysqli_fetch_array($resultado))
{
    $json=$columna;
}

mysqli_close($conexion);
echo json_encode($json, JSON_UNESCAPED_UNICODE);
```

Figura 16 Recogiendo la información de los medicamentos

```

{?php
require_once 'config/DbConnect.php';
$db= new DbConnect();
$conexion=$db->connect();
$json=array();

$nombre1=$_GET['nombre1'];
$nombre2=$_GET['nombre2'];

$consulta = "SELECT * FROM drug_drug where (nombre1='".$nombre1."' OR nombre1='".$nombre2."' ) AND (nombre2='".$nombre1."' OR nombre2='".$nombre2."' ) ";
$resultado = mysqli_query($conexion, $consulta) or die ("Algo ha ido mal en la consulta a la base de datos");

while ($columna = mysqli_fetch_array($resultado))
{
    $json=$columna;
}

mysqli_close($conexion);
echo json_encode($json, JSON_UNESCAPED_UNICODE);

```

Figura 17 Recogiendo las interacciones de la BBDD

3.2.4.2 Acceso a la BBDD de patrones Vuforia desde Unity

Desde el punto de vista del desarrollador, el uso de Vuforia permite un elevado grado de abstracción ya que los programadores no deben de profundizar en las complejidades de algoritmos de detección de imágenes o patrones. Como se ha comentado en las secciones previas, el desarrollador debe elegir patrones apropiados utilizando las herramientas de alto nivel ofrecidas por las diferentes tecnologías. Una vez definida la BBDD Vuforia, el SDK ofrece al desarrollador mecanismos para integrarlos en sus desarrollos software, por ejemplo, con Unity de forma satisfactoria.

Para poder utilizar Vuforia en los desarrollos propios, es necesaria la creación de una cuenta de desarrolladores en su portal, que permite obtener una “*App License Key*” a incluir en la configuración del proyecto Unity como se muestra en la Figura 18. Esta licencia nos permitirá usar Vuforia, con todas las opciones que esté disponibles en su versión gratuita. Una vez obtenida la licencia ya podremos pasar a la creación de los “*ImageTarget*” para lo que será necesario que la BBDD Vuforia se encuentre indexada. El modelo de programación de Unity se basa en el uso de escenas. En Unity cada una de las pantallas de la aplicación es representada por una escena. En nuestra aplicación se han definido un total de tres escenas: la escena principal de login, la escena de información de los medicamentos y la escena de detección de interacciones. En la Figura 19 se muestra un ejemplo de la escena de información.

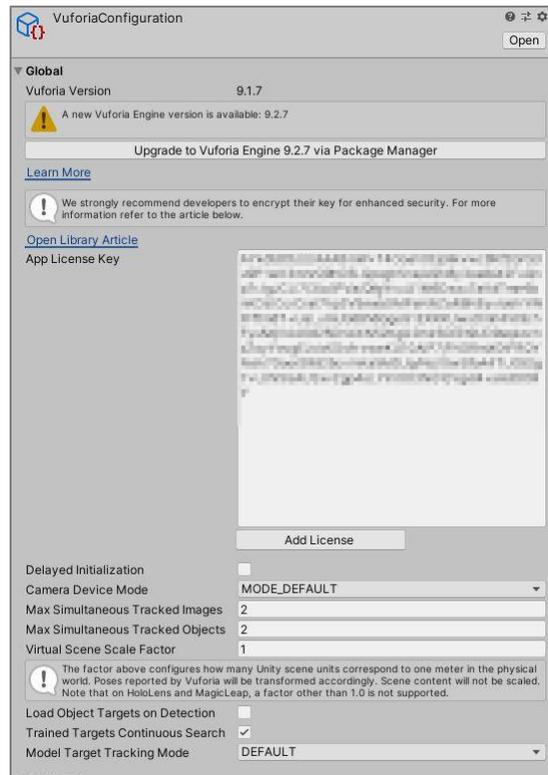


Figura 18 Panel de configuración de Vuforia en Unity

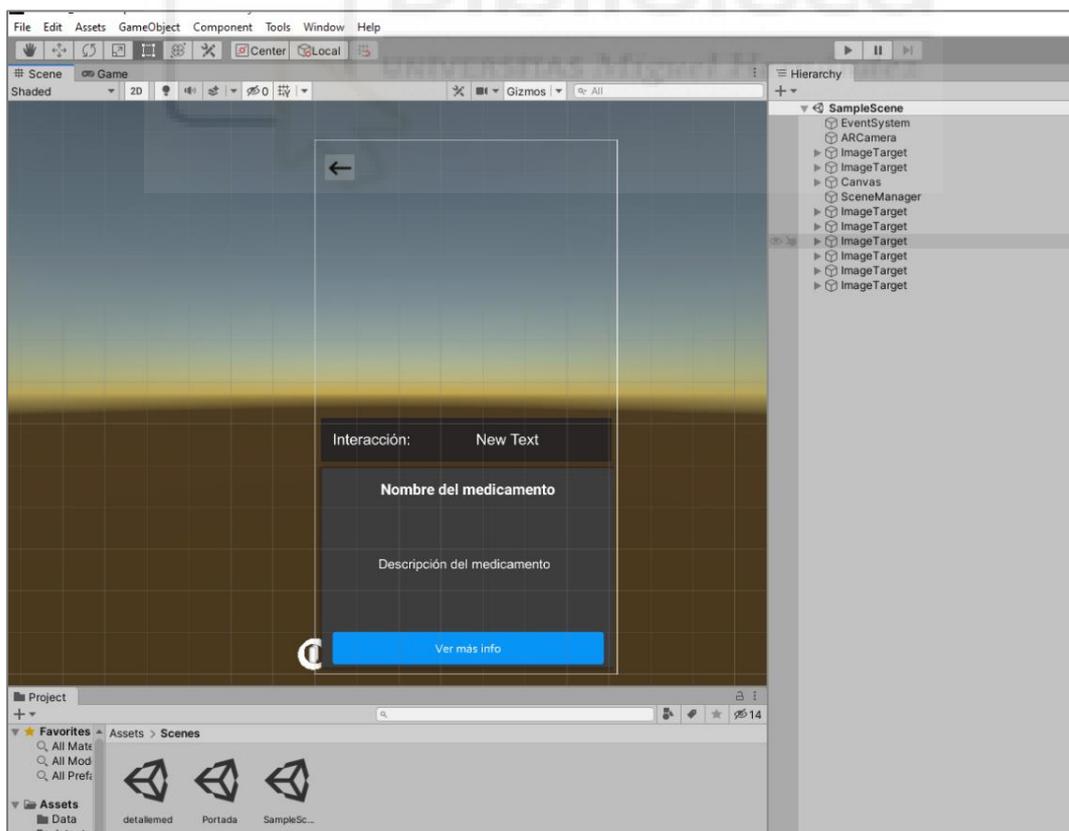


Figura 19 Primera pantalla cuando creas una nueva escena

Un aspecto importante a la hora de dotar a una aplicación de Unity de las características de la RA es la gestión de las cámaras presentes en una escena. Existen diferentes tipos de cámara, pero en este proyecto deberemos interactuar principalmente con las siguientes:

- **MainCamera:** una escena en Unity se crea mediante el posicionamiento y movimiento de objetos en un espacio tridimensional. La cámara principal es un objeto que define una vista en una escena. La posición del objeto define el punto de vista, mientras que sus ejes Z e Y definen la dirección de la vista y la parte superior de la pantalla respectivamente (Technologies, 2016).
- **ArCamera:** a diferencia de la cámara principal, la cámara de RA será la encargada de visualizar el mundo físico mediante la cámara de un dispositivo externo que será el nexo de conexión entre el mundo real y el mundo virtual: en nuestro caso, el teléfono móvil.

En un proyecto de RA la MainCamera perderá parte de su sentido, que cobra protagonismo cuando se utiliza Unity sin las características de RA y por tanto se interactúa con el mundo virtual creado en él a través de dispositivos tradicionales como pantalla y teclado. Por tanto, en un proyecto de RA se debe eliminar la MainCamera que aparece por defecto al crear una escena, y seguidamente añadimos la ARCamera que deberá ser configurada para que quede enlazada con patrones de medicamentos almacenados en la BBDD de Vuforia.

En la Figura 20 se muestran las opciones ofrecidas para realizar la configuración de la ARCamera. Se puede observar la posibilidad de enlazar diferentes formas de detección como: *“Image Target”*, *“Multi target”* o *“Cylinder target”*. Si bien *“Multi target”* hubiera sido una buena opción para detectar el medicamento por todas las caras que componen el embalaje de este, se ha decidido usar simplemente *“ImageTarget”* porque la mayor parte de la información del medicamento estará en la cara frontal del mismo.

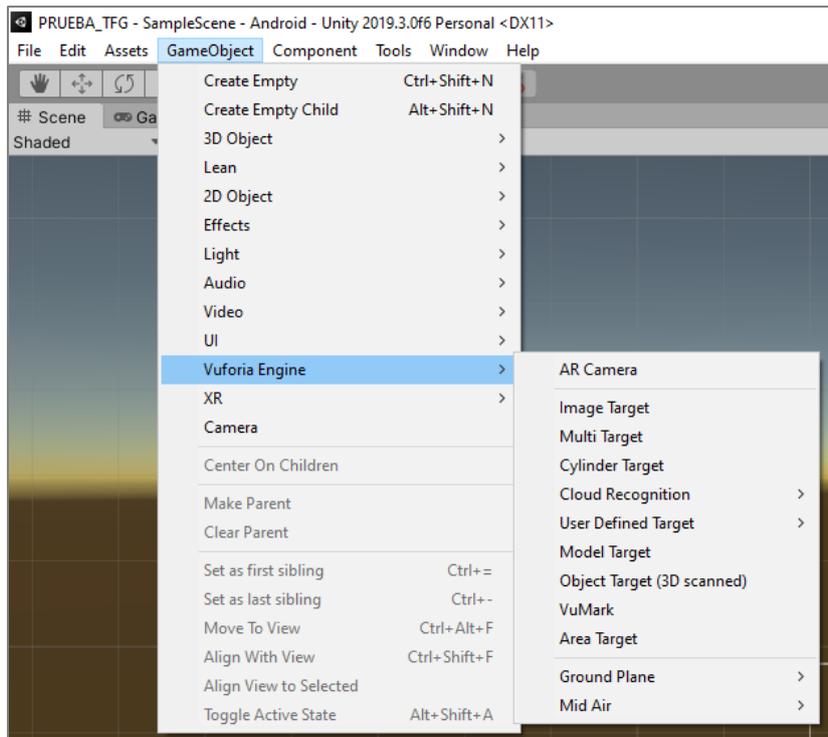


Figura 20 Listado de elementos GameObject

Una vez configurada la ARCamera, para cada uno de los patrones será necesario definir un “*ImageTarget*” y esto permitirá distinguir entre las acciones a realizar al ser detectado, por ejemplo, añadir un objeto virtual encima del objeto detectado como patrón. En la Figura 21 se muestra como ejemplo la definición del “*ImageTarget*” del embalaje del medicamento *Fluimucil Forte*.



Figura 21 Ejemplo de “*ImageTarget*” con un objeto superpuesto

Además, se puede observar en la Figura 21 que se ha definido un objeto (utilizando Cinema 4D (Maxon, 2020)) que aumentará el embalaje del medicamento cuando es detectado a través de la cámara del móvil; es decir, aparecerá el objeto 4D sobre él aumentando así su realidad. En cuanto al objeto 3D utilizado (ver Figura 22), merece la pena destacar que debe tratarse de algo sencillo para no llamar la atención; se decidió crear un círculo, y en el interior de este añadir una píldora que sirva como indicador de detección. Este objeto será utilizado para todos los *“ImageTargets”* ya que será el encargado de hacerle saber al usuario que embalaje ha sido detectado.



Figura 22 Objeto creado

3.2.4.3 Scripts C# para extender la detección del patrón

La ARCamera es el GameObject que recibe información cuando ocurre una detección de un patrón de RA. Así, en el momento en el que ocurre alguna novedad, se lanzará un evento que gestionamos a través de un script C# enlazado con la ARCamera correspondiente (ver Figura 23). Es destacable que se deben generar tantas ARCameras como patrones se deseen permitir, aunque, esta limitación solo está visible en el plan gratuito debido a que con CloudRecognition, que puedes almacenar los *ImagesTargets* en la nube, desaparece tal limitación.

Cada vez que una ARCamera identifique un patrón, lanzará un evento que será recibido por el método `Update` de la clase `DefaultTrackableEventHandler`. Además, este evento proporcionará información sobre el estado de la detección: objeto detectado, se acaba de detectar, se ha dejado de detectar... En la Figura 24 se muestra la implementación propuesta del método `Update`. El objeto `StateManager` es el encargado de recoger el estado de la detección.

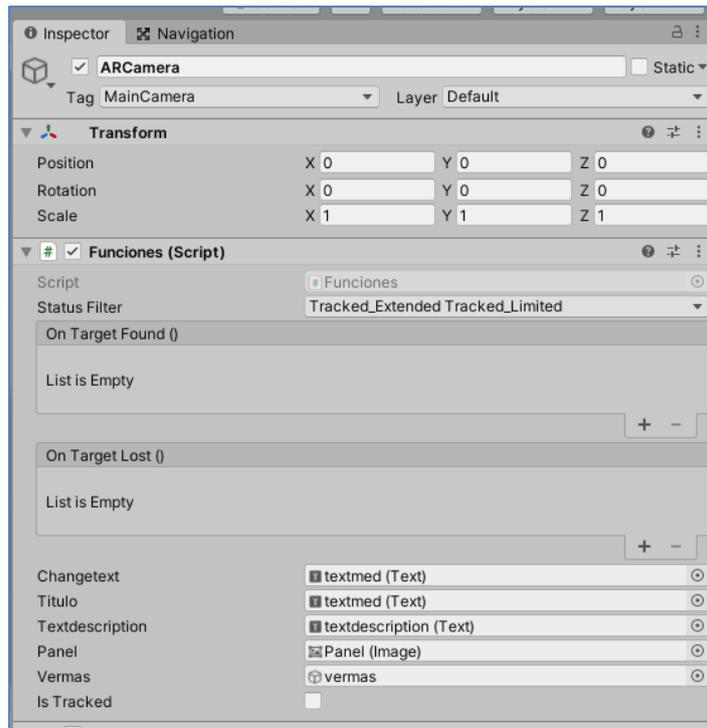


Figura 23 GameObjects de scripts que se enlazan en las escenas

```

void Update()
{
    StateManager sm = TrackerManager.Instance.GetStateManager();

    IList<TrackableBehaviour> activeTrackables = (IList<TrackableBehaviour>)sm.GetActiveTrackableBehaviours();
    Color color;
    if (cont == activeTrackables.Count)...
    else
    {
        if (activeTrackables.Count == 0)...
    }
    else
    {
        //CURRENTLY IN TRACKING
        foreach (TrackableBehaviour tb in activeTrackables)
        {
            // textdescription.text = tb.CurrentStatus.ToString();

            if (name != null)
            {
                Antname = name;
            }
            name = tb.TrackableName;
            PlayerPrefs.SetString("nombre", name);
            if (activeTrackables.Count == 1)
            {
                panel_inter.gameObject.SetActive(false);

                cont = 1;
                llamada(name);
            }
            else if (activeTrackables.Count == 2)
            {
                // changertext.text = id_user;
                llamada_drug_drug(name, Antname, id_user);
                cont = 2;
            }
        }
    }
}

```

Figura 24 Código para identificar el número de elementos detectados

Hasta ahora se han explicado los pasos necesarios para poder detectar patrones independientes a través de las diferentes cámaras, pero ¿es posible detectar más de un patrón a la vez en una misma escena? Esta funcionalidad sería necesaria para poder programar la rutina de interacción que informe al usuario del peligro de consumir esos dos fármacos y registre en la BBDD dicho suceso que será visualizado a través de la página web de seguimiento.

Esta detección múltiple ha sido posible gestionarla a través del objeto `IEnumerable` del tipo `TrackableBehaviour` (ver Figura 24). Donde `tb` es el objeto que engloba todos los objetos que han sido detectados, y mediante el bucle vamos recorriendo todos ellos. Realizaremos distinción entre el hecho de que haya o no un objeto rastreable detectado mediante la variable `cont` y si lo hay, si hay más de uno.

Llegado a este punto, la aplicación se comportará de diferentes maneras en función del número de objetos que son detectados al mismo tiempo:

- **Información básica:** en el caso de que sea un solo *ImageTarget* el que sea detectado lo que haremos será realizar una llamada a la base de datos pidiéndole información sobre el medicamento en cuestión.
- **Interacción:** en otro caso se ofrecerla si hay interacción entre ellos. Actualmente esta funcionalidad se encuentra limitada a dos medicamentos en pantalla.

Por cada detección de un embalaje se guarda el nombre del medicamento en una variable, este nombre se obtendrá a partir del identificador del *ImageTarget*. Estas variables persisten cuando cambiamos de escena. En ese punto podemos coger la variable y realizar una llamada de nuevo que nos devuelva toda la información del medicamento. La consulta va a hacer uso del Servicio Web (usando la función `GetRequest`) que recibirá los parámetros por `GET`. En la Figura 25 se muestra como ejemplo las `Coroutine` ejecutadas al detectarse la presencia de uno o dos patrones descrita en la Figura 25.

```

void llamada(string nombre)
{
    // A correct website page.
    StartCoroutine(GetRequest("https://qdsoft.es/tfg/getDrugInformation.php?nombre="+nombre));
}

```

```

1 referencia
void llamada_drug_drug(string nombre1, string nombre2)
{
    // A correct website page.
    StartCoroutine(GetRequestInteraction("https://qdsoft.es/tfg/getdrug_drug.php?nombre1=" + nombre1+"&nombre2="+nombre2));
}

```

Figura 25 Función encargada de montar el Servicio Web

```

IEnumerator GetRequestInteraction(string uri)
{
    using (UnityWebRequest webRequest = UnityWebRequest.Get(uri))
    {
        Color color;

        // Request and wait for the desired page.
        yield return webRequest.SendWebRequest();

        string[] pages = uri.Split('/');
        int page = pages.Length - 1;
        if (webRequest.isNetworkError)
        {
            Debug.LogError(pages[page] + ": Error: " + webRequest.error);
        }
        else
        {
            changetext.text = webRequest.downloadHandler.text;
            if (ColorUtility.TryParseHtmlString("#ff0077", out color))
            {
                changetext.color = color;
                panel.color = color;
            }
            var json = JsonConvert.DeserializeObject<Interaccion>(webRequest.downloadHandler.text);
            string descripcion = json.detalle;
            string nombre = json.nombre1+ " y "+json.nombre2;

            titulo.text = nombre;
            escena = nombre;
            textdescripcion.text = descripcion;
            changetext.color = UnityEngine.Color.white;
            vermas.SetActive(false);

            if (ColorUtility.TryParseHtmlString("#5A5A5A", out color))
            {
                panel.color = color;
            }

            ////////////////
            ///
            if (json.interaccion.Equals("0"))
            {
                panel.color = UnityEngine.Color.green;
            }
            else {
                if (ColorUtility.TryParseHtmlString("#ff0077", out color))
                {
                    changetext.color = color;
                    panel.color = color;
                }
            }
        }
    }
}

```

Figura 26 Implementación del Servicio Web

Una vez finalizada la llamada al Servicio Web, se recibe la respuesta que deberá ser procesada para producir los cambios pertinentes en la aplicación de RA. En la Figura 26 se muestra un ejemplo de la respuesta informando si hay o no interacción entre dos medicamentos detectados a través de los patrones. Dado que el Servicio Web devuelve un JSON como respuesta, se ha utilizado una librería muy documentada de Unity (`Newtonsoft.Json`) y un deserializador (`SimpleJSON`) para convertir el JSON en un objeto C# llamado `Interaccion` del que se extraerán los datos que deberemos representar en la interfaz gráfica.

3.2.4.4 Interfaz de usuario con RA

Una vez obtenidas las respuestas del Servicio Web, debemos representar los cambios en la pantalla del dispositivo ya que será la forma en la que el usuario verá que se está aumentando su realidad. Por ello, llegados a este punto, debemos explicar en qué consiste la interfaz de usuario (UI), que, aunque deberá ser intuitiva y sencilla, es necesario que los datos aumentados estén bien ubicados para la correcta visualización tanto de la información que va a ver el usuario del medicamento como del propio medicamento al que se le está apuntando.

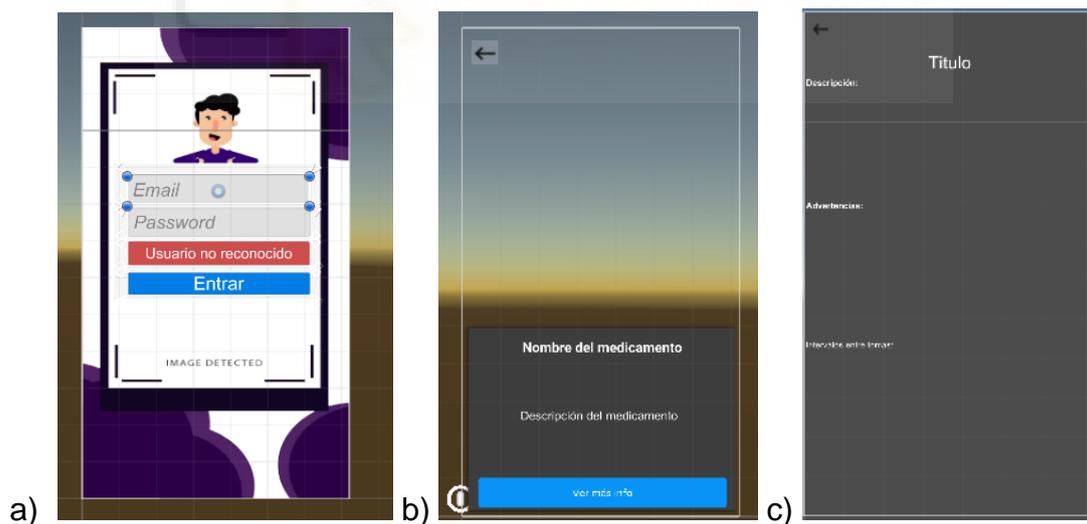


Figura 27 Pantallas App

Para establecer la UI es necesario añadir un objeto `Canvas`, que será el encargado de agrupar todas las opciones de UI que necesitemos. La UI es también un tipo de `GameObject` al que se puede acceder a través del menú "GameObject ->

UI -> Canvas". Inicialmente se crea un Canvas vacío y a partir de él se ha escogido un formato con una relación de aspecto similar a la pantalla de un dispositivo móvil que se pueden ver representadas en la Figura 27. Se ha utilizado la librería de terceros LeanUI (Wilkes, 2019) para aportar más estilo a los botones y paneles, ya que el principal objetivo de Unity no la creación de interfaces de usuario.

Como se puede observar en la Figura 27, se han utilizado 3 pantallas:

- **Pantalla de bienvenida** (Figura 27 a): consta de una imagen realizada con la aplicación de Adobe Illustrator a modo decoración y dos campos de texto para escribir el usuario y contraseña.

La gestión de las credenciales se realizará utilizando el Servicio Web. La gestión de usuario se realizará a través de la función `llamada()` ubicada en el script `inicio_sesion.cs`.

En el caso de que el usuario sea correcto, guardaremos el id de usuario y se llamará a la función `cambiar_escena` que nos llevará a la siguiente pantalla.

- **Pantalla principal** (Figura 27 b): es la pantalla principal de la aplicación, donde van a transcurrir la mayoría de las acciones. Aquí se encontrará la `ARCamera` que, como se ha comentado antes, encapsulará la lógica relacionada con de la detección de los medicamentos.

Esta pantalla está compuesta por un `Canvas`, donde se engloban todos los `GameObjects` de tipo UI, y dentro se encuentra un botón para volver a la pantalla anterior y un panel que engloba el resto de los elementos. Dentro del panel se encuentra un título en la parte superior, un cuadro de texto para la descripción y un botón que será el encargado de llevarnos a la pantalla del detalle del medicamento en caso de que sea pulsado.

Si no hay ningún medicamento detectado el panel será puesto en modo oculto para despejar la cámara y tener plena visualización. Si se detecta un medicamento y es pulsado el botón de ver más información nos llevará a la siguiente pantalla. En cuanto a la detección de dos medicamentos al mismo tiempo, se mostrará la interacción que existe entre ellos.

Como se muestra en la Figura 28 y Figura 29 para hacerlo más intuitivo, se ha decidido tintar el panel donde aparecen los datos de un color verde cuando la interacción es nula y un color rojo cuando existe una interacción entre ellos. La interfaz consta de un título “changetext” que será la combinación entre ambos nombres de medicamentos y un texto aclaratorio junto al color que representa la posibilidad o no de riesgo

- **Pantalla detalle del medicamento (Figura 27 c):** encontramos la descripción del medicamento, las advertencias que hayan datadas sobre él, y las recomendaciones que existen a la hora de los intervalos de uso.

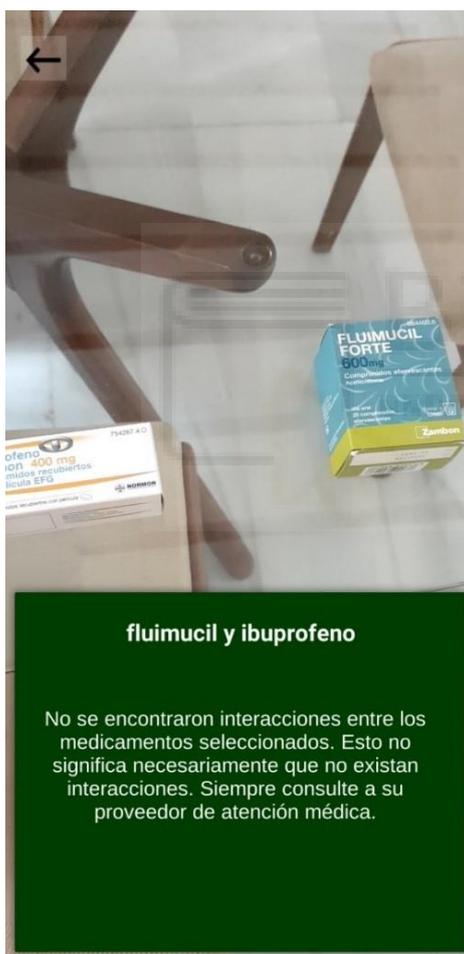


Figura 28 Sin interacción

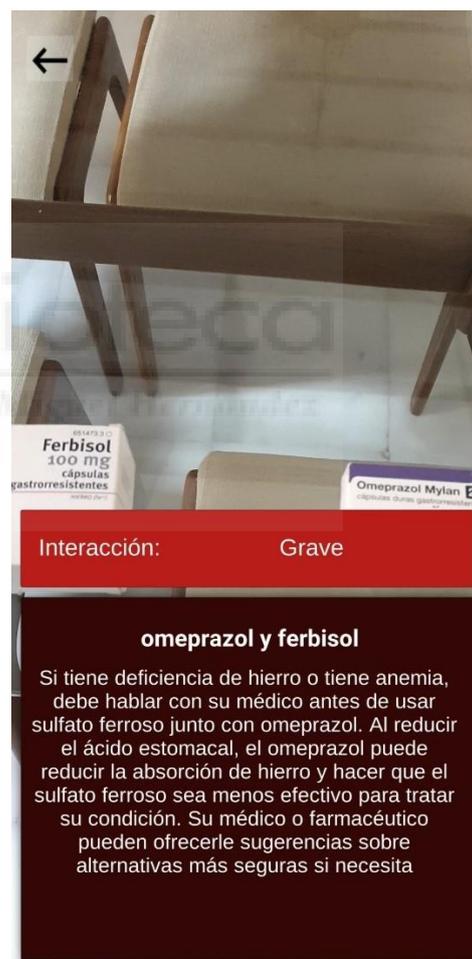


Figura 29 Con interacción

En nuestra aplicación de RA, el usuario permanecerá la mayor parte del tiempo en la pantalla principal, donde estará ejecutándose la cámara en segundo plano a la

espera de detectar los patrones. Cuando no existe ningún *ImageTarget* identificado, ocultaremos todos los elementos que hay en pantalla para que el usuario visualice la totalidad del campo capturado por su cámara como se muestra en la Figura 30. Cuando la cámara del dispositivo apunte a un embalaje definido como un patrón, se realizará la consulta al Servicio Web como se ha explicado anteriormente y una vez obtenida la respuesta se actualizarán los componentes de la UI con la información recuperada y se mostrará el panel de la UI mientras el medicamento se encuentre capturado por la cámara.

```
if (cont == 0)
{
    vermas.SetActive(false);

    name = "nada";
    changetext.text = "Ningun elemento encontrado";

    textdescription.text = "";
    if (ColorUtility.TryParseHtmlString("#00000000", out color))
    {
        changetext.color = color;
        panel.color = color;
    }
}
```

Figura 30 Función sin interacciones

Como se comentó anteriormente, las transiciones entre pantallas se gestionarán a través de las escenas que serán gestionadas por el *SceneManager*. Por ejemplo, en la Figura 31 a) el código que será el encargado de hacernos pasar a la siguiente pantalla. La función de la Figura 31 b) derecha es invocada si un único medicamento es detectado y el usuario pincha en el botón “ver más info”, en cuyo caso se realiza la transición a la escena encargada de renderizar la pantalla con información sobre un medicamento (Figura 27 c) que, a partir de los datos obtenidos desde el Servicio Web, renderiza dinámicamente los campos de tipo *changetext* con descripción completa del medicamento, las advertencias propias de este, y los intervalos recomendados de toma.

```

a)
public void cambiarescena(string hello)
{
    SceneManager.LoadScene(hello);
}

b)
void Start() {
    nombre = PlayerPrefs.GetString("nombre");
    titulo.text = nombre;
    llamada(nombre);
}

```

Figura 31 Funciones de la pantalla principal

3.2.5 Implementación de la web de seguimiento

En este apartado se comentarán algunos aspectos relacionados con la implementación de la página web que servirá de cuadro de mando desde el que se podrá realizar un seguimiento de los fármacos e interacciones detectadas por diferentes usuarios. Como se ha comentado anteriormente, la implementación de una web implicará el desarrollo de dos partes: el *frontend* (*HTML, CSS y Bootstrap 4*) y el *backend* (*PHP y MySQL*); además, la BBDD es compartida por esta web de seguimiento y el Servicio Web utilizado por la aplicación de RA.

3.2.5.1 Menú de navegación

Se ha implementado un menú de navegación que dará acceso a las diferentes partes de este cuadro de mando: gestión de usuarios, listado de interacciones, listado de medicamentos y cerrar sesión. En la Figura 32 se muestra el código del menú en HTML cuyos elementos se encuentran maquetados utilizando las clases CSS ofrecidas por el *framework* Bootstrap 4.

3.2.5.2 Gestión de usuarios

En la Figura 33 y Figura 34 se muestran como ejemplo, los fragmentos de código que implementan el proceso de autenticación. El usuario accede a través de un formulario implementado en HTML y maquetado con un archivo de CSS asociado al mismo. Los datos del formulario son enviados al script con el código de la Figura 34 que se encarga de comprobar si los datos introducidos, que son enviados mediante un POST, son o no correctos. Si son correctos se guardan en la sesión se redirige al usuario a la pantalla principal. En caso de que se intente acceder al script de forma

directa nos saltará a la página de login con un mensaje de error asociado, que será lo que ocurrirá también si el campo usuario y contraseña sean incorrectos.

```
<!-- Bootstrap List Group -->
<ul class="list-group sticky-top sticky-offset">
  <!-- Separator with title -->
  <li class="list-group-item sidebar-separator-title text-muted d-flex align-items-center menu-collapsed">
    <small><?php echo $email; ?></small>
  </li>
  <!-- /END Separator -->
  <!-- Menu with submenu -->
  <a href="http://localhost/tfg/instalacion/usuarios.php" data-toggle="collapse" aria-expanded="false"
    class="bg-dark list-group-item list-group-item-action flex-column align-items-start">
    <div class="d-flex w-100 justify-content-start align-items-center">
      <span class="fa fa-user fa-fw mr-3"></span>
      <span class="menu-collapsed">Usuarios</span>
    </div>
  </a>
  <!-- Submenu content -->

  <a href="http://localhost/tfg/instalacion/index.php" data-toggle="collapse" aria-expanded="false"
    class="bg-dark list-group-item list-group-item-action flex-column align-items-start">
    <div class="d-flex w-100 justify-content-start align-items-center">
      <span class="fas fa-exclamation-triangle fa-fw mr-3"></span>
      <span class="menu-collapsed">Interacciones</span>
    </div>
  </a>
  <!-- Submenu content -->

  <a href="http://localhost/tfg/instalacion/medicamentos.php"
    class="bg-dark list-group-item list-group-item-action">
    <div class="d-flex w-100 justify-content-start align-items-center">
      <span class="fas fa-tablets fa-fw mr-3"></span>
      <span class="menu-collapsed">Medicamentos</span>
    </div>
  </a>
  <a href="http://localhost/tfg/instalacion/login.php?error=2"
    class="bg-dark list-group-item list-group-item-action">
    <div class="d-flex w-100 justify-content-start align-items-center">
      <span class="fa fa-sign-out-alt fa-fw mr-3"></span>
      <span class="menu-collapsed">Cerrar sesión</span>
    </div>
  </a>
</ul>
<!-- List Group END -->
```

Figura 32 Menú de navegación de la Web

Iniciar sesión

Email address

Password

Entrar

Figura 33 Inicio de sesión

```

if(isset($_POST["email"]) && isset($_POST["password"])){
    require_once '../config/DbConnect.php';
    $db= new DbConnect();
    $result=$db->connect();
    $json=array();

    $email=$_POST['email'];
    $password=$_POST['password'];

    $consulta="Select * from users where email='".$email."' AND password='".$password.'";

    $resultado = mysqli_query($result, $consulta) or die ("Algo ha ido mal en la consulta a la base de datos");
    $cont=0;
    while ($columna = mysqli_fetch_array($resultado)) {
        $cont=1;
        session_start();
        $_SESSION["email"]=$columna["email"];
        $_SESSION["nombre"]=$columna["nombre"];
        $_SESSION["apellidos"]=$columna["apellidos"];
        echo "Redirigiendo...";
    }
    mysqli_close($result);
    if($cont==1){
        header("location: index.php");
    }else{
        header("location: login.php?error=1");
    }
}
}

```

Figura 34 Función de inicio de sesión

El acceso al cuadro de mando estará restringido al usuario administrador quien, además de realizar el seguimiento de los usuarios podrá gestionar el alta de los mismos. En la Figura 35 se muestra la interfaz ofrecida al administrador para la gestión de usuarios. El menú lateral permite la accesible salida las tres pantallas que forman este cuadro de mando. La funcionalidad principal va apareciendo en una capa (<div>) contenedora del cuerpo de la página que se irá actualizando según la sección donde se encuentre el usuario.

Por ejemplo, en el apartado de gestión de usuarios la sección principal muestra una tabla con un listado de usuarios obtenidos a partir de la tabla *User* cuyo rol sea el de usuario normal, sin privilegios. Los datos, obtenidos mediante un select, serán mostrados mediante una tabla creada a partir de un echo de PHP (ver código en la Figura 36). La tabla ha sido estilizada mediante las clases ofrecidas por Bootstrap 4, y se mantendrá un estilo similar en el resto de las secciones.

Id	Nombre	Apellidos	Email
2	Jesus	Fernandez gonzalez	jesus@gmail.com
3	Antonio	Sanchez garcia	antonio@gmail.com
4	Ruben	Ibañez gonzalez	ruben@gmail.com
5	Carmen	Parra nuñez	carmen@gmail.com

Figura 35 Listado de usuarios

```

<tbody>
  <?php
  while ($columna = mysqli_fetch_array($resultado))
  {
    echo "<tr>";
    echo "<th scope='row'>".$columna["id"]."</th>";
    echo "<td>".$columna["nombre"]."</td> <td>".$columna["apellidos"]."</td> <td>".$columna["email"]."</td>";
    echo "<td <i class='far fa-edit'></i></td>";
    echo "</th>";
    echo "</tr>";
  }
  ?>
</tbody>

```

Figura 36 Función de PHP de listado de usuarios

El botón que nos permite registrar un nuevo usuario dispara un evento mediante el cual se redirige al administrador al formulario para insertar los datos del nuevo usuario. Este formulario nos redirigirá a un script que será el encargado de insertar el usuario en la base de datos, y de redirigirnos de nuevo al listado de usuarios, comprobando su correcta indexación. En el caso de que ocurra un fallo en su indexación nos devolverá una alerta de fallo. Estos nuevos usuarios podrán utilizar las credenciales para acceder a la app de RA utilizando sus dispositivos móviles.

3.2.5.3 Seguimiento del paciente desde el cuadro de mando

Además de la gestión de usuarios, el administrador podrá consultar desde la plataforma web la información de todos los medicamentos indexados en nuestra

BBDD y las interacciones capturadas por los usuarios finales a través de sus dispositivos móviles utilizando la aplicación de RA. Esta funcionalidad se encuentra accesible desde las secciones “Interacciones” y “Medicamentos” del menú principal (ver Figura 35 izquierda).

En este proyecto la funcionalidad de seguimiento está limitada a consultar el número de interacciones detectadas por cada usuario. Por tanto, su seguimiento se realiza principalmente desde la sección “Interacciones”. Se ha implementado de manera similar a como se realizó el listado de usuario o medicamentos, solo que esta vez el administrador deberá seleccionar sobre que usuario desea realizar el seguimiento para realizar la consulta; esta información será utilizada como parámetro de entrada para consultar en los diferentes registros de la base de datos que medicamentos se han visto involucrados (ver Figura 37) . Al igual que en las demás tablas, serán recorridos mediante un bucle y mostrados en una tabla (ver Figura 38).

```
if(isset($_POST['id']))
{
    if($_POST['id']=='0')
    {
        $consulta = "SELECT list_interactions.id, drug_drug.nombre1, drug_drug.nombre2, drug_drug.interaccion,
list_interactions.fecha, users.email
FROM drug_drug, list_interactions, users WHERE list_interactions.id_interaction=drug_drug.id AND list_interactions.id_user=users.id ";
    }else{
        $consulta = "SELECT list_interactions.id, drug_drug.nombre1, drug_drug.nombre2, drug_drug.interaccion,
list_interactions.fecha, users.email
FROM drug_drug, list_interactions, users WHERE list_interactions.id_interaction=drug_drug.id AND
list_interactions.id_user=users.id and list_interactions.id_user='".$_POST['id']."' ";
    }
}
}else{
    $consulta = "SELECT list_interactions.id, drug_drug.nombre1, drug_drug.nombre2, drug_drug.interaccion,
list_interactions.fecha, users.email
FROM drug_drug, list_interactions, users WHERE list_interactions.id_interaction=drug_drug.id AND
list_interactions.id_user=users.id ";
}
$resultado = mysqli_query($conexion, $consulta) or die ("Algo ha ido mal en la consulta a la base de datos");
$resultadouser = mysqli_query($conexion, $consultauser) or die ("Algo ha ido mal en la consulta a la base de datos");
```

Figura 37 Recolección de interacciones de medicamentos

```

<tbody>

  <?php
    while ($columna = mysqli_fetch_array($resultado))
    {
      echo "<tr>";
      echo "<th scope='row'>".$columna["id"]."</th>";
      echo "<td>".$columna["nombre1"]."</td> <td>".$columna["nombre2"]."</td>";
      echo "<td><span class='dot'>".$columna["interaccion"]."</span></td> <td>".$columna["fecha"]."</td> <td>".$columna["email"]."</td>";
      echo "</th>";
      echo "</tr>";
    }
  ?>

</tbody>

```

Figura 38 Listado en una tabla de las interacciones

3.2.6 Ejemplo de uso de las herramientas

A continuación, se describirán todas las pantallas que conforman la aplicación a través del siguiente escenario de uso que implica la participación de los distintos roles de usuarios que utilizarán este sistema:

“Un administrador da de alta a un usuario para que pueda comenzar a utilizar la aplicación de RA a través de su dispositivo móvil. El usuario utiliza la aplicación para consultar la información de varios medicamentos a través de su embalaje y detectar interacciones entre ellos. El sistema identifica una interacción problemática y la registra. Posteriormente, el administrador consulta la ficha de seguimiento del paciente donde se ha registrado la interacción peligrosa. El administrador navega por la aplicación web para consultar información sobre los fármacos que han producido la interacción.”

3.2.6.1 Web de seguimiento: inicio de sesión del administrador

Un administrador accede a la página web. Comienza en la pantalla de login (la Figura 39), donde introduce su usuario y contraseña para realizar el inicio de sesión.

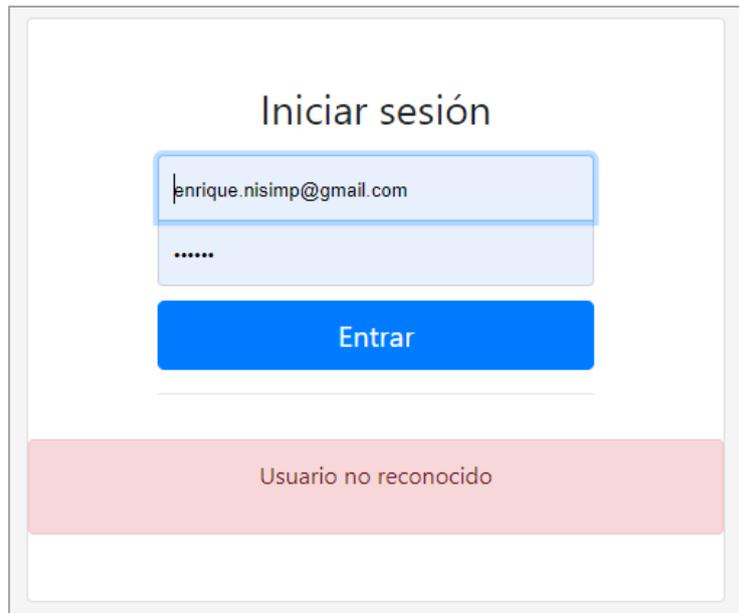


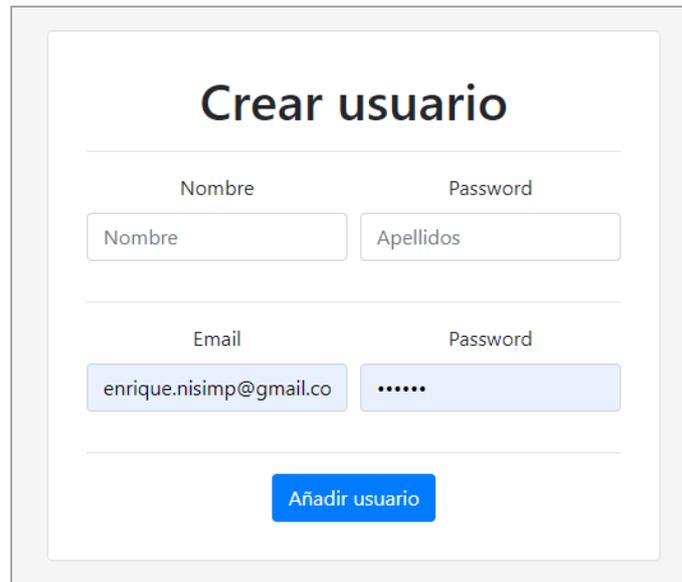
Figura 39 Inicio de sesión (usuario no reconocido)

3.2.6.2 Web de seguimiento: gestión de usuarios de la app de RA

Una vez dentro, el sistema redirigirá al usuario a la pantalla principal. Allí, el administrador se encuentra con un listado de usuarios que tienen acceso a la aplicación de RA. Como se puede ver en la Figura 40 puede ver el nombre, apellidos y email de los usuarios. El administrador procede a dar de alta un nuevo usuario para que pueda comenzar a utilizar la aplicación.

				
Id	Nombre	Apellidos	Email	
2	Jesus	Fernandez gonzalez	jesus@gmail.com	
3	Antonio	Sanchez garcia	antonio@gmail.com	
4	Ruben	Ibañez gonzalez	ruben@gmail.com	
5	Carmen	Parra nuñez	carmen@gmail.com	
6	Alberto	abenza	albert@gmail.com	
7	Alberto	gonzalez	albertgz@gmail.com	
8	Emilio	Ramirez	emilioR@gmail.com	

Figura 40 Listado de usuarios



El formulario 'Crear usuario' está dividido en dos secciones. La primera sección, titulada 'Nombre', contiene dos campos de texto: 'Nombre' y 'Apellidos'. La segunda sección, titulada 'Email', contiene un campo de texto con el correo electrónico 'enrique.nisimp@gmail.co' y un campo de contraseña con seis puntos para ocultar el texto. Debajo de los campos hay un botón azul con el texto 'Añadir usuario'.

Figura 41 Registro de usuario

Cuando el administrador pulsa el botón de añadir usuario, al administrador se le redirige a la pantalla que se muestra en la Figura 41, donde debe de introducir el nombre, apellidos, email y una contraseña para que el usuario pueda utilizar la app de RA. Una vez introducidos y añadido, en caso de que sea añadido de forma correcta se le redirigirá a la pantalla de listado de usuarios, en caso contrario se le notificará de que ha ocurrido un error.

3.2.6.3 App móvil de RA: inicio de sesión

El usuario, una vez dado de alta por el administrador, ya puede proceder al inicio de sesión en la aplicación de RA. Cuando entra, como se muestra en la Figura 42 b), le aparecen unas cajas de texto a rellenar, el usuario introduce el usuario y contraseña que el administrador le ha proporcionado y pulsa entrar. Si estos datos son correctos accederá a la pantalla principal, en caso contrario, se le notificará que su usuario no ha sido reconocido porque alguno de los datos es incorrecto como se muestra en la Figura 42 a).



Figura 42 Pantalla de login de la aplicación de RA

3.2.6.4 App móvil de RA: detección de embalajes mediante RA

Cuando accede a la pantalla principal el usuario se encuentra con una pantalla en la que solo aparece la cámara, el usuario se dispone a consultar la información de varios medicamentos, para ello apunta a los embalajes de los medicamentos que quiere consultar. Una vez está enfocando al embalaje, como aparece en la Figura 43, se visualiza el nombre y la descripción del medicamento al que apunta, además, al usuario se le presenta un botón que le ofrece la opción de consultar con más detalle la información del medicamento.

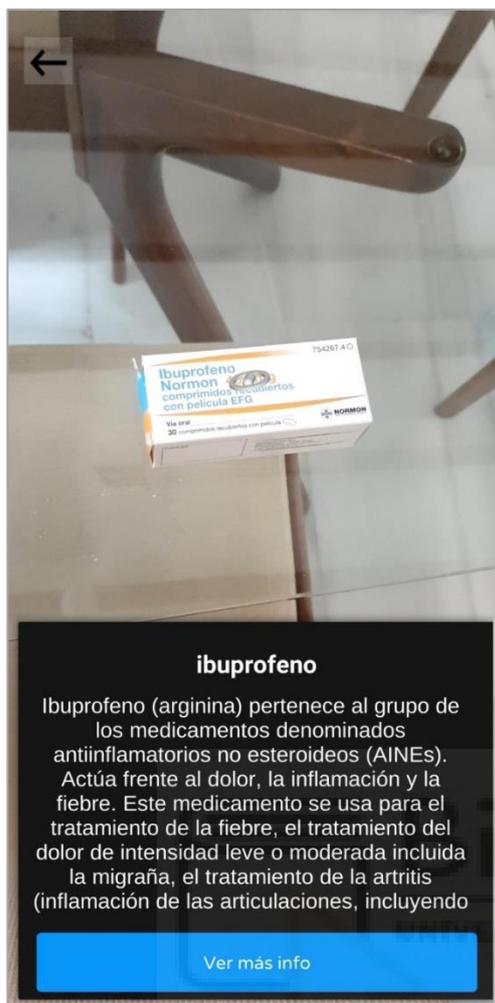


Figura 43 Detección de medicamentos

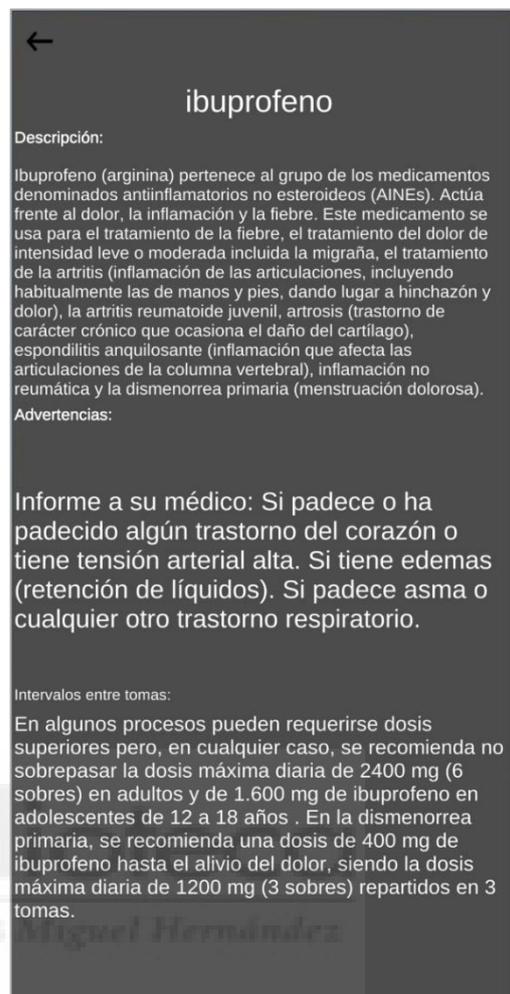


Figura 44 Detalle de medicamento

Si el usuario pulsa el botón de ver más información, como se muestra en la Figura 44 le redirige a una pantalla en la que se muestra la descripción completa, la advertencia del medicamento y los intervalos recomendados para su ingesta.

3.2.6.5 App móvil de RA: detección de interacciones entre medicamentos

Si el usuario pretende consultar que interacción existe entre dos medicamentos debe volver a la pantalla principal. Desde allí, el usuario enfoca a los medicamentos a los que quiere saber la interacción que resulta de ellos. El resultado de esta interacción se hace visible mediante una gama cromática, siendo verde el color que representa la nula interacción entre los medicamentos, amarillo una interacción leve,

naranja una moderada y rojo una grave. Como vemos en la Figura 45, el usuario enfoca a los medicamentos “Fluimucil” y “Gelocatil”, y la interacción resultante es nula.

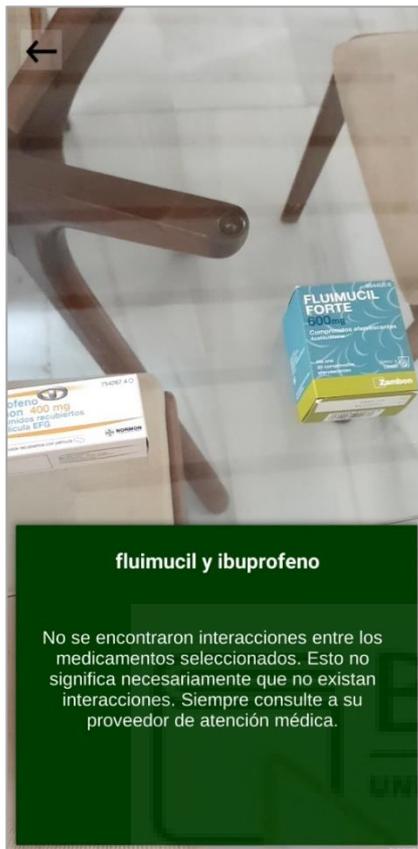


Figura 45 Consulta de interacción nula

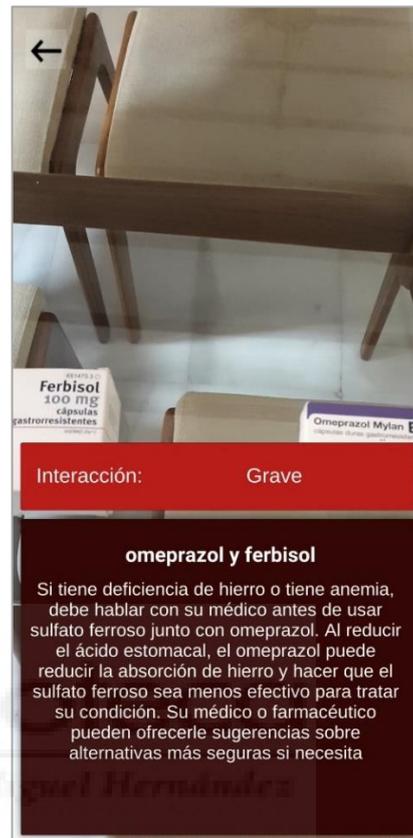


Figura 46 Consulta de interacción grave

El usuario buscando la interacción entre otro par de medicamentos (como se muestra en la Figura 46), esta vez enfoca a los medicamentos “Omeoplazol” y “Ferbisol”, y como resultado le da una interacción con gravedad alta. Ambas interacciones quedan registradas en la base de datos.

3.2.6.6 Web de seguimiento: listar interacciones de los usuarios

Después de que el usuario haya utilizado la aplicación para consultar las interacciones de algunos medicamentos, el administrador accede al listado de interacciones que han sido realizadas por los usuarios. Como se muestra en la Figura 47 en este listado aparece el nombre de los dos medicamentos implicados, la

interacción resultante entre ellos, la fecha en la que fue registrada, y el usuario que la registró.

El administrador procede a filtrar por el usuario que le interesa y consulta los registros realizados por ese usuario. Como se ha visto en el punto anterior, el usuario ha realizado dos registros, uno que da de resultado una nula interacción, y otra que tiene de resultado una interacción grave.

Id	Medicamento 1	Medicamento 2	Interacción	Fecha	Usuario
1	gelocatil	frenadol	●	2020-06-30 12:02:19	enrique.nisimp@gmail.com
3	gelocatil	frenadol	●	2020-06-30 12:14:12	enrique.nisimp@gmail.com
16	flumucil	ibuprofeno	●	2020-07-02 11:58:24	enrique.nisimp@gmail.com
75	flumucil	ibuprofeno	●	2020-07-04 10:57:31	enrique.nisimp@gmail.com
76	flumucil	ibuprofeno	●	2020-07-04 10:58:33	enrique.nisimp@gmail.com
99	flumucil	ibuprofeno	●	2020-07-04 11:01:18	enrique.nisimp@gmail.com
105	flumucil	ibuprofeno	●	2020-07-04 11:03:20	enrique.nisimp@gmail.com
23	omeprazol	ferbisol	●	2020-07-02 16:47:06	enrique.nisimp@gmail.com
24	omeprazol	ferbisol	●	2020-07-02 16:47:08	enrique.nisimp@gmail.com
28	omeprazol	ferbisol	●	2020-07-02 16:47:09	enrique.nisimp@gmail.com
32	omeprazol	ferbisol	●	2020-07-02 16:47:11	enrique.nisimp@gmail.com
36	omeprazol	ferbisol	●	2020-07-02 16:47:12	enrique.nisimp@gmail.com
38	omeprazol	ferbisol	●	2020-07-02 16:47:19	enrique.nisimp@gmail.com

Figura 47 Listado interacciones de medicamentos

3.2.6.7 Web de seguimiento: consultar información sobre medicamentos

Como el administrador ha observado una interacción grave por parte del usuario, procede a observar los medicamentos implicados en esa interacción, para ello accede a la pantalla de listado de medicamentos. Como se muestra en la Figura 48, ahí nos encontramos un listado de los medicamentos que incluye el nombre, la descripción, la advertencia y el intervalo de toma de cada uno de ellos.

B RAMED			
Nombre	Descripción	Advertencia	Intervalos
gelocatil	Está indicado para el alivio sintomático del dolor ocasional leve o moderado, como dolor de cabeza, dental, muscular (contracturas) o de espalda (lumbago) y en estados febriles.	I.H., hepatitis aguda, concomitante con sustancias que afectan a la función hepática, deshidratación por abuso del alcohol y malnutrición crónica. Alcoholismo crónico; I.R.; insuf. cardíaca grave; afecciones pulmonares; anemia. Asmáticos sensibles al AAS (reacción cruzada). En alcohólicos o en caso	- Oral: ads: 1g/6-8 h o ads. y niños > 12 años: 500-650 mg/4-6 h; m&v. 4 g/día. Niños desde 0 meses: 15 mg/kg/6 h o 10 mg/kg/4 h. I.R.: Clcr < 10 ml/min: intervalo mín. entre tomas, 8 h; Clcr 10-15 m
fluimucil	Acetilcisteína, principio activo de este medicamento, pertenece a un grupo de medicamentos denominados mucolíticos, que actúan disminuyendo la viscosidad del moco, fluidificándolo y facilitando su eliminación.	Consulte a su médico o farmacéutico antes de empezar a tomar Fluimucil.	Adultos: 1 comprimido bucodispersable cada 8 horas o bien 3 comprimidos en 1 sola toma. No superar la dosis de 3 comprimidos al día.
ibuprofeno	Ibuprofeno (arginina) pertenece al grupo de los medicamentos denominados antiinflamatorios no esteroideos (AINES). Actúa frente al dolor, la inflamación y la fiebre. Este medicamento se usa para el tratamiento de la fiebre, el tratamiento del dolor de intensidad leve o moderada incluida la migraña, el tratamiento de la artritis (inflamación de las articulaciones, incluyendo habitualmente las de manos y pies, dando lugar a hinchazón y dolor), la artritis reumatoide juvenil, artrosis (trastorno de carácter crónico que ocasiona el daño del cartilago), espondilitis anquilosante (inflamación que afecta las articulaciones de la columna vertebral), inflamación no reumática y la dismenorrea primaria (menstruación dolorosa).	Informe a su médico: Si padece o ha padecido algún trastorno del corazón o tiene tensión arterial alta. Si tiene edemas (retención de líquidos). Si padece asma o cualquier otro trastorno respiratorio.	En algunos procesos pueden requerirse dosis superiores pero, en cualquier caso, se recomienda no sobrepasar la dosis máxima diaria de 2400 mg (6 sobres) en adultos y de 1.600 mg de ibuprofeno en adolescentes de 12 a 18 años. En la dismenorrea primaria, se recomienda una dosis de 400 mg de ibuprofeno hasta el alivio del dolor, siendo la dosis máxima diaria de 1200 mg (3 sobres) repartidos en 3 tomas.

Figura 48 Listado de medicamentos



4 Conclusiones y trabajo futuro

La realización de este proyecto ha consistido en el desarrollo de una plataforma que permite a sus usuarios obtener información sobre medicamentos, así como registrar posibles interacciones entre ellos a partir del análisis de sus embalajes utilizando una aplicación móvil de RA. Esta aplicación podría ser utilizada por el Usuario (paciente/cuidador) como fuente de información sobre los medicamentos que va a ingerir, y cómo debe tomarlos. Además, esta herramienta es complementada por una página web que acercaría al Administrador (personal sanitario) a realizar el seguimiento del tratamiento y la gestión de usuarios.

El desarrollo de esta plataforma ha requerido dedicar parte del esfuerzo al análisis de aplicaciones relacionadas y posibilidades de los actuales SDKs para integrar la RA. La primera parte de este análisis permitió observar que las aplicaciones analizadas abordan principalmente: la gestión de recordatorios para asistir la toma de los medicamentos, la mejora de la desinformación del paciente ofreciendo información sobre los medicamentos y sus interacciones, o informar sobre la disponibilidad o suministro de un medicamento en la farmacia.

El análisis anterior nos ha permitido profundizar sobre las actuales causas de desinformación del paciente y sus tratamientos. Por ejemplo, las aplicaciones anteriores son principalmente informativas ya que incluyen un registro de las acciones realizadas por sus usuarios. Además, únicamente una de las aplicaciones analizadas hacer uso de RA mediante códigos de barras, por lo que incluir niveles de RA basados en patrones más complejos es un aspecto novedoso. En este proyecto se pretende integrar en una plataforma la funcionalidad relacionada con la mejora de la desinformación del paciente y el seguimiento de posibles interacciones entre medicamentos priorizando el uso de RA sobre los embalajes, realizando además un registro que permita realizar un seguimiento del paciente materializado a través de una página web.

Desde el punto de vista técnico del proyecto, el uso de la tecnología de RA ha supuesto un esfuerzo importante. A diferencia de otros lenguajes estudiados durante el grado, no se disponía de experiencia previa en el uso de estas tecnologías lo que ha requerido navegar por la documentación de los principales SDKs. Se han

encontrado diferentes problemas técnicos, en ocasiones causados por la falta de madurez de los SDKs analizados. En concreto, estas pruebas han permitido identificar y discutir las diferencias entre Vuforia y ARCore. Las pruebas realizadas con ARCore ha supuesto problemas como incompatibilidades o cierres inesperados del IDE de desarrollo; las consultas a la comunidad de ARCore no han permitido resolver estos problemas apreciándose que dicha comunidad es relativamente joven. En cambio, las pruebas realizadas con Vuforia han sido satisfactorias, por lo que ha sido elegida como tecnología a utilizar en este trabajo. Además, esta decisión se ha visto reforzada por la capacidad de los algoritmos de detección de patrones de RA ofrecidos por dicho *framework*. El experimento realizado con una muestra de siete embalajes sugiere que su uso es apropiado ya que todas menos una de las imágenes han sido puntuadas de forma satisfactoria (cosa que no ha ocurrido para ARCore).

La implementación de la plataforma y sus diferentes artefactos software ha sido realizada siguiendo una metodología ágil de desarrollo de software. Que ha permitido abordar los requisitos cambiantes del proyecto a través de los diferentes sprints. Aplicar esta metodología ha permitido también abordar el desarrollo del proyecto a través de su análisis, diseño e implementación, materializada en una primera versión de las diferentes herramientas que forman parte de nuestra propuesta. Por todo ello, consideramos que se han conseguido los objetivos planteados inicialmente.

En cuanto a las limitaciones del proyecto, además de las anteriormente mencionadas nos gustaría destacar que, en la versión actual del proyecto, la BBDD de medicamentos ha sido creada a modo de ejemplo incluyendo material (imágenes, descripciones e interacciones) que se tenía disponible en casa o descargado de Internet. Por ejemplo, se han escaneado los embalajes y se han buscado manualmente su información en la aplicación Vademecum que ha sido representada manualmente en nuestra BBDD. Por lo tanto, el contenido actual de la aplicación ha sido creado principalmente con el fin de mostrar su funcionamiento. Durante el proceso de poblar la BBDD, hemos explorado la posibilidad de integrarnos con la BBDD de Vademecum. Para ello nos pusimos en contacto con ellos, quienes mostraron su interés por ofrecernos una clave de acceso temporal para acceder a sus servicios de pago con fines académicos. Sin embargo, pese al interés inicial la empresa no nos ha proporcionado dicha clave por lo que no hemos podido realizar la

integración con ella. Otras alternativas también consideradas ha sido el uso de técnicas de *web scrapping* o la integración de nuestro sistema con APIs de terceros especializadas. Por ejemplo, la mencionada en el capítulo 3 Drugs.com (Drugs.com, 2020) ofrece este tipo de consultas. El problema principal al que nos hemos enfrentado es que, en el dominio de los medicamentos, las soluciones encontradas son principalmente de pago, por ello, este punto se ha propone como trabajo futuro que pueda ser abordado en caso de disponer de un presupuesto que permita solucionar esta situación.

4.1 Trabajo futuro

Como se ha comentado, en este proyecto se ha conseguido desarrollar una primera versión de una plataforma móvil de RA que es completamente funcional y permite el seguimiento de sus registros por un tercero a través de la web. Sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo y se han identificado varios condicionantes que permiten definir las siguientes líneas de trabajo futuro:

- **Ampliar la cobertura de medicamentos:** integrar nuestra plataforma con APIs de terceros que permitan automatizar la generación de datos de la BBDD, abordando también la posibilidad de internacionalizar los embalajes de los medicamentos permitiendo varios idiomas.
- **Escalabilidad de la BBDD de patrones Vuforia:** actualmente la forma en la que se llena la base de datos de Vuforia con las imágenes de los embalajes no es escalable en el tiempo, ni asumible en un entorno real, puesto que se ha realizado, de forma manual. Sin embargo, este punto podría solucionarse también con el uso de APIs de terceros.
- **Uso de otra tecnología de reconocimiento de patrones:** el objetivo principal de este trabajo ha sido analizar las posibilidades del uso de tecnologías de RA para lograr los objetivos propuestos. Por ello se ha centrado el análisis de la detección de patrones en las posibilidades ofrecidas por Vuforia y ARCore, descartando otras técnicas tradicionales como el reconocimiento de texto en imágenes u otras que hagan uso de técnicas de Inteligencia Artificial. Comparar estas posibilidades permitirían

definir una línea experimental de trabajo futuro que profundice en cómo se podría adaptar la RA para detectar embalajes diferentes para un mismo fármaco.

- **Aumentar la funcionalidad de la aplicación móvil de RA:** dada la tendencia al uso de aplicaciones que funcionan como recordatorio, sería interesante como proyecto futuro incluir un apartado de recordatorio, también sería interesante que la aplicación ofreciera la funcionalidad de detectar más de dos interacciones a la vez. Otra funcionalidad interesante sería la de ofrecerle al usuario un informe de todas las interacciones que ha registrado para que pueda utilizarlas como referencia y no repetirlas.
- **Aumentar la funcionalidad de la aplicación web:** sería interesante realizar la integración de un apartado que permita añadir tanto medicamentos como interacciones entre ellos, también sería interesante y aumentaría el valor de la plataforma el ofrecer la posibilidad de enlazarlo con estándares de sistemas de Historia Clínica, para poder integrar la aplicación en entornos reales. Además, ahora mismo no existe una opción que permita registrar a usuarios administradores, se da por hecho su inclusión en el sistema, una opción clara sería que un administrador pueda, también, dar de alta a otros administradores.

En conclusión, creemos que este proyecto ha resultado interesante por enfrentarnos al uso de una tecnología relativamente novedosa que se ha podido materializar en dos aplicaciones (app móvil y portal web). Además, estas aplicaciones suponen un avance en cuanto al uso de la RA y seguimiento ofrecidas por aplicaciones relacionadas, por lo que creemos que es un proyecto prometedor que permitiría abordar diferentes vías de trabajo futuro.

5 Bibliografía

- 3dforscience. (2020). *The use of Microsoft HoloLens in medicine and medical education*. <https://3dforscience.com/hololens-medical-education/#:~:text=The Significance of HoloLens in Medical Education&text=In the HoloLens medical applications,heart or a damaged lung>.
- Adrián Morales Padrón. (2018). *Medicamentos*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=sands.mapCoordinates.android&hl=en>
- Ansari J.A. (2019). Interacción Farmacológica y Farmacéutico. *J Young Pharm*, 2. <https://doi.org/10.4103/0975-1483.66807>
- Ascensores y montacargas. (2020). *Hololens: realidad aumentada para Thyssenkrupp*. <https://ascensores-montacargas.com/la-realidad-aumentada-llega-thyssenkrupp/>
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., & Olabe, C. R. J. C. (2010). Realidad Aumentada en la Educación : una tecnología emergente. *Semana*, 5, 12–15.
- Business school, E. (2018). *Los límites de la realidad aumentada*. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/los-limites-de-la-realidad-aumentada/>
- Drugs.com. (2020). *Find Drugs & Conditions*. <https://www.drugs.com/>
- DYM, I. (2019). <https://institutodym.es/es/>.
- Francisco José Perabá Pérez. (2020). *Medicamentos 365*. <https://play.google.com/store/apps/details?id=sands.mapCoordinates.android&hl=en>
- Garibay. (2019). *LA REALIDAD AUMENTADA EN 5 CIFRAS ACTUALES QUE PUEDES CONSIDERAR EN TUS ESTRATEGIAS*. <https://www.merca20.com/la-realidad-aumentada-en-5-cifras-actuales-que-puedes-considerar-en-tus-estrategias/>
- Google Developers. (2019). *ARCore overview*.

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

Google Developers. (2020a). *DISCOVER GLASS ENTERPRISE EDITION*.

<https://www.google.com/glass/start/>

Google Developers. (2020b). *Niveles de la Realidad Aumentada*.

<https://sites.google.com/site/realidadaumentadainac2016/indice/1-7-niveles-de-la-realidad-aumentada>

Google Developers. (2020c). *Quickstart for Android*.

<https://developers.google.com/ar/develop/java/quickstart>

Hegde, A. (2020). *QR Codes in Healthcare: Why it Makes a Difference*.

<https://blog.beaconstac.com/2020/02/qr-codes-in-healthcare/>

Infosalus. (2019). *Realidad virtual como tratamiento para las fobias, la ansiedad y los ataques de pánico*. <https://www.infosalus.com/asistencia/noticia-realidad-virtual-tratamiento-fobias-ansiedad-ataques-panico-20190610135350.html>

Jesse. (2020). *Everyday-AR: The emergence and resurgence of Augmented Reality*.

<https://demodern.com/blog/everyday-ar-the-emergence-and-resurgence-of-augmented-reality>

Mainelli, T. (2018). *How Augmented Reality Drives Real-World Gains in Services, Training, Sales and Marketing and Manufacturing*. May.

Maxon. (2020). *3D FOR THE REAL WORLD*.

<https://www.maxon.net/es/productos/cinema-4d/cinema-4d/>

Medisafe. (2020). *Medisafe*. <https://www.medisafe.com/?lang=es>

Microsoft. (2015). *HoloLens 2*. <https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>

Miotto, R., Danieleto, M., Scelza, J. R., Kidd, B. A., & Dudley, J. T. (2018). Reflecting health: smart mirrors for personalized medicine. *Npj Digital Medicine*, August, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0068-7>

Musk, E. (2011). Demo of April Tag Localization System. In *The True South Through*

My Eyes - HK Edgerton. <https://www.youtube.com/watch?v=mFIITzqRBWY>

“Naciones Unidas.” (2020). *Desarrollo sostenible.*

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Philips. (2020). *Con Azurion, el desempeño y la atención superior se vuelven uno.*

<https://www.philips.com.ar/healthcare/resources/landing/azurion>

PTC. (2015a). *Explore Vuforia AR Enterprise Suite Offerings.*

<https://www.ptc.com/en/products/augmented-reality/vuforia>

PTC. (2015b). *Vuforia Target Manager.*

<https://library.vuforia.com/articles/Training/Getting-Started-with-the-Vuforia-Target-Manager#:~:text=for more information.,Device%2C VuMark%2C and Cloud Databases,stored on the user's device.>

PTC. (2019). *Getting Started with Vuforia Engine in Unity.*

<https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html>

PTC. (2020). *How To Use Object Recognition in an Android App.*

<https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/articles/Solution/How-To-Use-Object-Recognition-in-an-Android-App.html>

S & S Development. (2012). *MedControl - Recordatorio de Medicinas.*

<https://play.google.com/store/apps/details?id=sands.mapCoordinates.android&hl=en>

SaludDigital. (2017). *Primera incursión de la realidad mixta en una cirugía real.*

https://www.consalud.es/saludigital/85/primera-incursion-de-la-realidad-mixta-en-una-cirugia-real_43281_102.html

Seymour, R. M., & Routledge, P. A. (2012). Important Drug-Drug Interactions in the Elderly. *Drugs & Aging*, 12(June 1998), 485–494.

<https://doi.org/https://doi.org/10.2165/00002512-199812060-00006>

Shetty, V., Chowta, M. N., Chowta K, N., Shenoy, A., Kamath, A., & Kamath, P.

(2018). Evaluation of Potential Drug-Drug Interactions with Medications

Prescribed to Geriatric Patients in a Tertiary Care Hospital. *Journal of Aging Research*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5728957>

SL, D. L. (n.d.). *Scripts y lenguajes de programación en Unity*.

<https://academiaandroid.com/scripts-lenguajes-programacion-unity/>

Tasnim, F., Sadraei, A., Datta, B., Khan, M., Choi, K. Y., Sahasrabudhe, A., Vega Gálvez, T. A., Wicaksono, I., Rosello, O., Nunez-Lopez, C., & Dagdeviren, C. (2018). Towards personalized medicine: the evolution of imperceptible health-care technologies. *Foresight*, 20(6), 589–601. <https://doi.org/10.1108/FS-08-2018-0075>

Technologies, U. (2016). *CamerasOverview*.

<https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/CamerasOverview.html>

User of Stackoverflow. (2018). *Why a white clear image target is hard to detect (shows 0 rating) on Vuforia database*.

<https://stackoverflow.com/questions/50105090/why-a-white-clear-image-target-is-hard-to-detect-shows-0-rating-on-vuforia-dat/50109895>

Vademecum. (2020). <http://www.vademecum.es/>

VertitechIT. (2018). *The History of Healthcare Technology and the Evolution of EHR*.

<https://www.vertitechit.com/history-healthcare-technology/>

Vidal, M. A. (2000). Incumplimiento del tratamiento farmacológico. *Información de Medicamentos Al Paciente y Mejora En El Cumplimiento Del Tratamiento.*, 23, 257–272. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182006000200001&lang=pt

Vuforia. (2020). *Best Practices for Designing and Developing Image-Based Targets*.

<https://library.vuforia.com/features/images/image-targets/best-practices-for-designing-and-developing-image-based-targets.html>

Wilkes, C. (2019). *Lean GUI*. <https://assetstore.unity.com/packages/tools/gui/lean-gui-72138>

ANEXO I. Patrones de embalajes en Vuforia

En las Figura 49-Figura 53 de este anexo se incluyen los resultados obtenidos para los diferentes patrones que forman la BBDD Vuforia de la aplicación.

fluumucil

[Edit Name](#) [Remove](#)



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: 7b0d36ef69a14678924a6ee4b24ac0fb

Augmentable: ★★★★★

Added: May 28, 2020 11:57

Modified: May 28, 2020 11:57

Figura 49 Detalle fluumucil

gelocatil

[Edit Name](#) [Remove](#)



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: 9feffeee44834b4a8090887e2a4f8317

Augmentable: ★★★★★

Added: Apr 28, 2020 17:05

Modified: Apr 28, 2020 17:05

Figura 50 Detalle gelocatil

ibuprofeno

Edit Name Remove



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: 8a15ceb2a4df42cf9760915d8f2706c5

Augmentable: ★★★★★

Added: May 28, 2020 11:58

Modified: May 28, 2020 11:58

Figura 51 Detalle ibuprofeno

valium

Edit Name Remove



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: 51fc14b3cf884d488c186182d20d727a

Augmentable: ★★★★★

Added: May 28, 2020 12:46

Modified: May 28, 2020 12:46

Figura 52 Detalle valium

frenadol

Edit Name Remove



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: 1a89738d10504e01ae4e838d98b31fba

Augmentable: ★★★★★

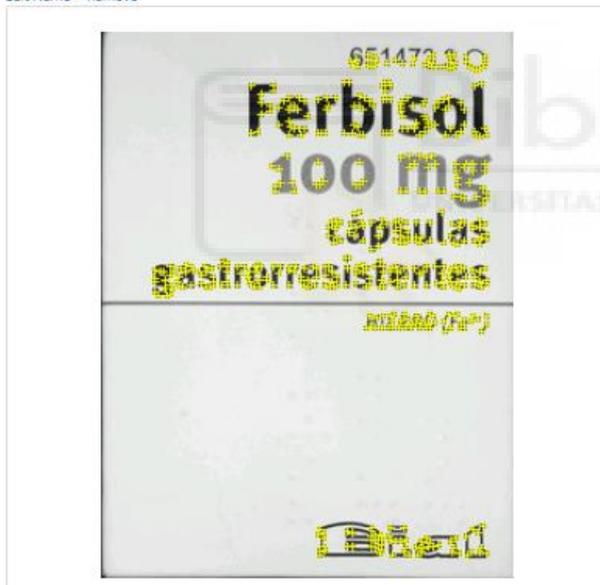
Added: May 28, 2020 12:34

Modified: May 28, 2020 12:34

Figura 53 Detalle frenadol

ferbisol

Edit Name Remove



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: 629ab394278b4051b48ba41960b8f933

Augmentable: ★★★★★

Added: Jul 2, 2020 12:32

Modified: Jul 2, 2020 12:32

Figura 54 Detalle del ferbisol

omeprazol

Edit Name Remove



Type: Single Image

Status: Active

Target ID: ee844c6c2508427e904e49cc82cee69

Augmentable: ★★★★★

Added: Jul 2, 2020 13:38

Modified: Jul 2, 2020 13:38

Figura 55 Detalle Omeoplazol



ANEXO II. Tablas de casos de uso

En las Tablas 5-13 de este anexo se incluyen los casos de uso desarrollados y descritos en el apartado de análisis y diseño de software.

Tabla 5 Inicio de sesión Web

Nombre:	Iniciar sesión.
Descripción:	Realizar el proceso de introducir el usuario y contraseña para conseguir la autenticación por parte del sistema de que es usted un usuario reconocido y con acceso a las siguientes pantallas.
Actores:	Administrador.
Precondiciones:	Su usuario debe estar registrado en el sistema.
Flujo de eventos:	<ol style="list-style-type: none">1. El administrador accede a la pantalla de inicio donde se encuentra la página de Login.2. Una vez en ella introduce el usuario y contraseña que le corresponde como administrador y pulsa continuar.3. Si los datos son correctos el sistema le redirigirá a la pantalla principal de la web, en caso contrario se le notificará con un mensaje de error.
Post- condiciones:	Se comprueba en la base de datos que, tanto el usuario y la contraseña coinciden con los datos introducidos por el usuario.

Tabla 6 Registrar usuarios

Nombre:	Registrar usuarios.
Descripción:	Consiste en añadir un usuario a la base de datos, que cuente con un nombre, apellidos, un email para su identificación y una contraseña. Este usuario utilizará estos datos para poder usar la aplicación de RA.
Actores:	Administrador.
Precondiciones:	El administrador debe tener la sesión iniciada.
Flujo de eventos:	<ol style="list-style-type: none">1. El administrador debe estar ubicado en la pantalla principal con el listado de usuarios.2. El administrador debe pulsar el botón de añadir usuario.3. Una vez en la pantalla debe rellenar el formulario con los datos del usuario y pulsar añadir.
Post- condiciones:	No debe existir ningún otro usuario con ese correo electrónico.

Tabla 7 Consultar usuarios

Nombre:	Consultar usuarios.
Descripción:	Consiste en el proceso de observar el listado de usuarios que están registrados en la BBDD y que tienen acceso a la aplicación de RA.
Actores:	Administrador.
Precondiciones:	El administrador debe tener la sesión iniciada.
Flujo de eventos:	1. El administrador debe estar ubicado en la pantalla principal con el listado de usuarios.
Post-condiciones:	Ninguna.

Tabla 8 Consultar medicamentos

Nombre:	Consultar medicamentos.
Descripción:	Consiste en el proceso de observar el listado de medicamentos que están registrados en la BBDD.
Actores:	Administrador.
Precondiciones:	El administrador debe tener la sesión iniciada.
Flujo de eventos:	1. El administrador debe estar ubicado en la pantalla principal con el listado de medicamentos.
Post-condiciones:	Ninguna.

Tabla 9 Consulta de interacciones de los usuarios

Nombre:	Consultar interacciones de los usuarios.
Descripción:	Consiste en el proceso de observar el listado de interacciones realizadas por los usuarios de la aplicación de RA.
Actores:	Administrador.
Precondiciones:	El administrador debe tener la sesión iniciada y deben existir usuarios que realicen las interacciones.
Flujo de eventos:	<ol style="list-style-type: none">1. El administrador debe estar ubicado en la pantalla principal con el listado de interacciones.2. El administrador filtra por el usuario del que quiere observar las interacciones que ha realizado.
Post-condiciones:	Ninguna.

Tabla 10 Iniciar sesión en la aplicación de RA

Nombre:	Iniciar sesión Aplicación RA.
Descripción:	Realizar el proceso de introducir el usuario y contraseña para conseguir la autenticación por parte del sistema de que es usted un usuario reconocido y con acceso a las siguientes pantallas.
Actores:	Usuario.
Precondiciones:	Un administrador debe haberle introducido al sistema y haberle proporcionado un usuario y contraseña.
Flujo de eventos:	<ol style="list-style-type: none">1. El administrador accede a la pantalla de inicio donde se encuentra la página de Login.2. Una vez en ella introduce el usuario y contraseña que le corresponde como administrador y pulsa continuar.3. Si los datos son correctos el sistema le redirigirá a la pantalla principal de la aplicación, en caso contrario se le notificará con un mensaje de error.
Post- condiciones:	Se comprueba en la base de datos que, tanto el usuario y la contraseña coinciden con los datos introducidos por el usuario.

Tabla 11 Consultar información sobre los medicamentos

Nombre:	Consultar información sobre los medicamentos.
Descripción:	Realizar una consulta sobre la información de un medicamento enfocando con la cámara al embalaje del medicamento y observar el mensaje que aparece sobre él.
Actores:	Usuario.
Precondiciones:	Debe de haber iniciado sesión en la aplicación.
Flujo de eventos:	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario, una vez iniciada la sesión se encuentra en la pantalla principal, en la que existe únicamente una cámara enfocando.2. El usuario enfoca al embalaje del medicamento del cual quiere saber la información, y le aparece el nombre y una breve descripción.
Post-condiciones:	Se consulta en la BBDD la información sobre el medicamento.

Tabla 12 Consultar detalle del medicamento

Nombre:	Consultar detalle del medicamento.
Descripción:	Consultar toda la información de la que se dispone del medicamento en cuestión.
Actores:	Usuario.
Precondiciones:	Debe de haber iniciado sesión en la aplicación y tener a un medicamento enfocado.
Flujo de eventos:	1. El pulsa el botón ver más información que le aparece cuando tiene un medicamento enfocado.
Post- condiciones:	Se consulta en la BBDD la información total sobre el medicamento.

Tabla 13 Consultar interacción entre dos medicamentos

Nombre:	Consultar interacción entre dos medicamentos.
Descripción:	Consultar la interacción que se produce cuando tomas dos medicamentos diferentes en el mismo espacio de tiempo.
Actores:	Usuario.
Precondiciones:	Debe de haber iniciado sesión en la aplicación.
Flujo de eventos:	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario enfoca a dos embalajes de medicamentos a la vez, viéndose ambos embalajes dentro del marco de la cámara.2. La aplicación muestra la información sobre la interacción resultante entre ambos medicamentos, y la gravedad de esta interacción en caso de que la hubiera.
Post-condiciones:	Se consulta en la BBDD la información de la interacción y se registra la acción realizada por el usuario.