

**Instituto Tecnológico de Orizaba  
División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Maestría en Sistemas Computacionales**

**TESIS**

**“Navegación y visualización de información contenida en bases de conocimiento del dominio de ciencias de la salud que forman parte de la Linked Open Data cloud utilizando Realidad Aumentada”**

**REPORTE DE TESIS QUE PRESENTA EL:**

I.S.C. Carlos Daniel Flores Flores

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

Maestro en Sistemas Computacionales

**DIRECTOR DE TESIS:**

Dr. José Luis Sánchez Cervantes

## Índice general

Lista de Figura.....	iv
Lista de Tablas .....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	viii
Introducción .....	1
<b>Capítulo 1 Antecedentes</b> .....	<b>2</b>
1.1 Marco teórico.....	2
1.1.1 Linked Data .....	2
1.1.2 Linked Open Data .....	3
1.1.3 LOD cloud .....	4
1.1.4 Conjuntos de datos RDF.....	4
1.1.4.1 DrugBank .....	5
1.1.4.2 DailyMed.....	5
1.1.4.3 Orphanet.....	6
1.1.4.4 DBpedia .....	6
1.1.5 RDF .....	7
1.1.5.1 Tripleta RDF .....	8
1.1.6 SPAQRL.....	8
1.1.6.1 SPARQL endpoint.....	9
1.1.7 Realidad Aumentada .....	9
1.1.7.1 Clasificación de la Realidad Aumentada de acuerdo con los métodos de reconocimiento .....	10
1.1.7.1.1 Patrón.....	10
1.1.7.1.2 Contorno.....	10
1.1.7.1.3 Ubicación .....	10
1.1.7.1.4 Superficie .....	11
1.1.8 Modelado 3D .....	11
1.1.8.1 Modelo 3D .....	12
1.1.8.1.1 Modelo 3D figurativo .....	12
1.1.8.1.2 Modelo 3D con fines científicos .....	12
1.1.9 Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles.....	12
1.1.9.1 Android.....	13

1.1.9.2 iOS.....	13
1.1.10 Tipos de aplicaciones para dispositivos móviles .....	14
1.1.10.1 Aplicaciones nativas.....	14
1.1.10.2 Aplicaciones híbridas .....	15
1.1.10.3 Aplicaciones Web responsivas.....	16
1.1.11 Herramientas para Realidad Aumentada en aplicaciones para dispositivos móviles .....	17
1.1.11.1 Vuforia.....	17
1.1.12 IDEs para el desarrollo de aplicaciones .....	18
1.1.12.1 Xamarin Studio / Visual Studio .....	18
1.1.12.2 NetBeans.....	19
1.1.13 Motor de juegos .....	19
1.1.13.1 Unity 3D .....	19
1.1.14 Lenguajes de programación.....	20
1.1.14.1 C# .....	20
1.1.14.2 Java.....	21
1.1.15 REST .....	21
1.1.15.1 RESTful.....	22
1.1.16 Apache-Jena.....	22
1.1.17 Metodologías ágiles para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles	23
1.1.17.1 Mobile-D.....	24
1.2 Planteamiento del problema .....	24
1.3 Objetivo general y específico .....	25
1.3.1 Objetivo general.....	25
1.3.2 Objetivos específicos.....	25
1.4 Justificación.....	26
<b>Capítulo 2 Estado de la práctica .....</b>	<b>28</b>
2.1 Trabajos relacionados .....	28
2.1.1    Sistemas de Realidad Aumentada y LOD aplicados en diferentes dominios.....	28
2.1.2    Sistemas de Realidad Aumentada y LOD integrados .....	34
2.2 Análisis comparativo .....	38
2.3 Propuesta de solución .....	54
2.3.1 Solución propuesta.....	55

2.3.2 Justificación de la solución seleccionada .....	56
<b>Capítulo 3 Aplicación de la metodología .....</b>	<b>58</b>
3.1 Aplicación de las fases que conforman a la metodología elegida para el desarrollo de la aplicación. ....	58
3.1.1 Fase de Inicialización .....	58
3.1.1.1 Identificación de las funcionalidades de la aplicación .....	59
3.1.1.2 Arquitectura de integración de Realidad Aumentada con LOD cloud para una aplicación para dispositivos móviles. ....	60
3.1.1.2.1 Descripción de la arquitectura.....	60
3.1.1.2.2 Descripción de los componentes .....	62
3.1.1.2.3 Descripción del flujo de trabajo .....	64
3.1.1.3 Estructura de la aplicación.....	66
3.1.1.4 Diseño de las interfaces de la aplicación .....	68
3.1.2 Fase de Productización.....	70
3.1.2.1 Desarrollo del módulo de RA .....	70
3.1.2.1.1 Detección del marcador .....	70
3.1.2.1.2 Muestra del modelo 3D.....	72
3.1.2.2 Desarrollo del módulo de consultas SPARQL.....	73
3.1.3 Fase de Estabilización .....	75
3.1.3.1 Integración del módulo de Realidad Aumentada y del módulo de consultas SPARQL en la aplicación móvil.....	75
<b>Capítulo 4 Resultados.....</b>	<b>77</b>
4.1 Casos de estudio .....	78
4.1.1 Caso de estudio: búsqueda de otras vías de administración para un medicamento. ....	78
4.1.2 Caso de estudio: búsqueda de información de un medicamento con fines educativos .....	81
<b>Capítulo 5 Conclusiones .....</b>	<b>85</b>
5.1 Recomendaciones .....	86
<b>Productos Académicos.....</b>	<b>87</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>88</b>

## Lista de Figura

Fig. 1.1. Arquitectura de Vuforia .....	18
Fig. 1.2. Arquitectura de Apache Jena.....	23
Fig. 3.1. Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil.....	59
Fig. 3.2. Arquitectura de integración de la aplicación de Realidad Aumentada con LOD cloud .....	61
Fig. 3.3. Flujo de trabajo de la Arquitectura de integración .....	66
Fig. 3.4. Diagrama de componentes de la aplicación .....	67
Fig. 3.5. Diagrama de despliegue de la aplicación.....	67
Fig. 3.6. Archivo de metadatos para marcador .....	71
Fig. 3.7. Código de detección y descarga de metadatos del marcador.....	72
Fig. 3.8. Código de descarga del archivo AssetBundle y representación del modelo 3D.....	72
Fig. 3.9. Consulta SPARQL a DrugBank.....	73
Fig. 3.10. Código que extrae, válida y limpia la información de los conjuntos de datos de la LOD cloud .....	75
Fig. 3.11. Código que hace la petición y obtiene la respuesta del módulo de consultas SPARQL .....	76
Fig. 4.1. Inicio de ARLOD con los dos tipos de búsqueda que permite .....	77
Fig. 4.2. Selección de DrugBank.....	79
Fig. 4.3. Activación de la cámara del dispositivo .....	79
Fig. 4.4. Visualización de la información del Ibuprofeno .....	80
Fig. 4.5. Visualización del modelo 3D relacionado con el Ibuprofeno.....	80
Fig. 4.6, 4.7 y 4.8. Modelos 3D que representan las diferentes presentaciones del Ibuprofeno.....	80
Fig. 4.9. Selección de DBpedia.....	82
Fig. 4.10. Activación de la cámara del dispositivo .....	82
Fig. 4.11. Visualización de la información del Paracetamol .....	83
Fig. 4.12. Visualización del modelo 3D relacionados con el Paracetamol.....	83
Fig. 4.13, 4.14 y 4.15. Diferentes modelos 3D para representar las diferentes presentaciones del Paracetamol.....	84

## **Lista de Tablas**

Tabla 2.1. Análisis comparativo de los artículos relacionados .....	38
Tabla 3.1. Prototipos de diseño para la aplicación .....	68

## Resumen

La proliferación de los dispositivos móviles y el constante mejoramiento de sus capacidades de procesamiento ayuda a que otras tecnologías también avancen tal es el caso de la Realidad Aumentada. Por otro lado, actualmente son más las organizaciones que ponen a disposición de la sociedad su información propiciando de esta forma la creación de más conjuntos de datos en la LOD *cloud* (*Linked Open Data cloud*, nube de Datos Abiertos Enlazados).

La utilización de la Realidad Aumentada en el ámbito del cuidado de la salud proporciona grandes beneficios que van desde el aprendizaje hasta la planeación de cirugías. Las aplicaciones de Realidad Aumentada presentan la problemática de que la información contenida en ellas difícilmente es actualizada. Por su parte la utilización de LOD *cloud* en el ámbito del cuidado de la salud ayuda a la obtención de información de calidad que fue revisada y validada por expertos en el área, esta información normalmente es mostrada en forma de gráficas, tabular o vistas facetadas las cuales no mejoran la interacción y comprensión de los usuarios.

Por lo cual, el presente documento tiene el propósito de exponer el proyecto de tesis denominado “Navegación y visualización de información contenida en bases de conocimiento del dominio de ciencias de la salud que forman parte de la *Linked Open Data cloud* utilizando Realidad Aumentada” en el que se propone el desarrollo de una aplicación móvil que integre mediante Realidad Aumentada la visualización de modelos 3D relacionados con información de medicamentos recuperada de bases de conocimiento pertenecientes a la LOD *cloud* con la finalidad de mejorar la interacción entre el usuario y la información recuperada.

Cabe mencionar que los trabajos de investigación que buscan integrar estas tecnologías se enfocan a otros ámbitos dejando de lado el del cuidado de la salud. Por esta razón para este proyecto se desarrolló un módulo de consultas *SPARQL* (*SPARQL Protocol and RDF Query Language*, Protocolo SPARQL y lenguaje de consulta RDF) que se integró a una aplicación móvil de Realidad Aumentada, enfocada al reconocimiento y búsqueda de información de

medicamentos, con la intención de beneficiar a personas relacionadas con el ámbito del cuidado de la salud.



## **Abstract**

The proliferation of mobile devices and the constant improvement of their processing capabilities helps other technologies also advance such is the case of Augmented Reality. On the other hand, there are currently more organizations that make their information available to society, thus promoting the creation of more data sets in the LOD cloud (Linked Open Data cloud).

The use of Augmented Reality in the field of health care provides great benefits ranging from learning to planning surgeries. The applications of Augmented Reality present the problem that the information contained in them is hardly updated. For its part, the use of LOD cloud in the field of health care helps to obtain quality information that was reviewed and validated by experts in the area, this information is usually displayed in the form of graphs, tabular or faceted views. which do not improve the interaction and understanding of the users.

Therefore, this document has the purpose of exposing the thesis project called "Navigation and visualization of information contained in knowledge bases of the domain of health sciences that are part of the Linked Open Data cloud using Augmented Reality" in the It is proposed the development of a mobile application that integrates through Augmented Reality the visualization of 3D models related to drug information retrieved from knowledge bases belonging to the LOD cloud in order to improve the interaction between the user and the recovered information.

It is worth mentioning that the research work that seeks to integrate these technologies focuses on other areas, leaving aside health care. For this reason, a SPARQL query module (SPARQL Protocol and RDF Query Language, SPARQL protocol and RDF query language) was developed for this project, which was integrated into a mobile application of Augmented Reality, focused on the recognition and search of medication information. with the intention of benefiting people related to the field of health care.

## **Introducción**

Actualmente existe una cantidad abundante de información contenida en bases de conocimiento pertenecientes a la LOD *cloud*, esta información abarca distintos dominios como ciencias de la vida, lingüística, geografía entre otros. Su explotación permite obtener información la cual es presentada en forma de gráficas, tabular o en vistas facetadas, a pesar de que dicha forma de mostrar la información es correcta para los usuarios, esta forma de mostrarla es poco enriquecida dificultando la interacción del usuario con ésta.

La Realidad Aumentada es una tecnología con un gran crecimiento en los últimos años, esto en parte gracias a la proliferación de los dispositivos móviles, los cuales presentan mejoras en sus capacidades de procesamiento. Esta tecnología permite la interacción entre los elementos mostrados como son modelos 3D, videos, imágenes, entre otros, con el usuario. Las aplicaciones de Realidad Aumentada presentan comúnmente la problemática de que su información no tiende a crecer o no es actualizada durante largos periodos de tiempo.

Por lo cual actualmente se trabaja en la integración de las tecnologías LOD *cloud* con Realidad Aumentada con la finalidad de que su integración ayude a la superación de sus limitantes. Superando las limitantes de la información en las aplicaciones de Realidad Aumentada y las limitantes de interacción de la información recuperada de la LOD *cloud*.

Este documento consta de cinco capítulos, en el Capítulo 1 se dan a conocer los antecedentes y descripción de las tecnologías utilizadas para dar solución al problema que se plantea, también se describe la justificación, y los objetivos del trabajo. En el Capítulo 2 se describen trabajos relacionados con la finalidad de conocer las tecnologías utilizadas en ellos, posteriormente son descritos en una tabla comparativa y finalmente se proporciona una explicación de la propuesta de solución al problema planteado. En el Capítulo 3 se describe el desarrolló del trabajo mediante la metodología seleccionada, la arquitectura diseñada y la funcionalidad de cada uno de los elementos desarrollados. En el Capítulo IV se ejemplifican dos casos de estudio que

describen la utilidad de la aplicación móvil, finalmente, en el Capítulo V se dan las conclusiones obtenidas con el trabajo realizado y algunas recomendaciones para trabajo a futuro.

## **Capítulo 1 Antecedentes**

En este capítulo se presenta el marco teórico del presente proyecto el cual está formado de los principales conceptos relacionados con él, de igual forma se identifican y describen las tecnologías utilizadas para su desarrollo, así como la metodología utilizada, continuando con el planteamiento del problema, el objetivo general, así como los objetivos específicos y finalizando con la justificación del porqué del desarrollo de la presente.

### **1.1 Marco teórico**

A continuación, se presentan los conceptos más relevantes para el presente trabajo de tesis, también se incluyen las tecnologías que fueron seleccionadas para el desarrollo de este trabajo.

#### **1.1.1 Linked Data**

La Web evolucionó de un espacio de información global de documentos enlazados a uno donde tanto documentos como datos están enlazados. Dicha evolución se basa en un conjunto de prácticas recomendadas para publicar y conectar datos estructurados en la Web, a estas prácticas se les conoce como *Linked Data* (Datos enlazados) [1]. La adopción de *Linked Data* llevó a la extensión de la Web como un espacio de datos global que conecta datos de diversos dominios como empresas, música, libros, películas, medicamentos, entre otros.

Se resume a *Linked Data* como el uso de la Web para crear enlaces tipificados entre datos de diferentes fuentes. Estas fuentes son tan diversas como las bases de datos mantenidas por dos organizaciones en diferentes ubicaciones geográficas. Técnicamente, *Linked Data* se refiere a los datos publicados en la Web, estos datos son legibles por las máquinas con capacidades de procesamiento de datos, su significado está explícitamente definido, están enlazados a otros conjuntos de datos externos y permiten ser vinculados por otros conjuntos de datos que no necesariamente sigan el paradigma de *Linked Data*.

Para crear *Linked Data* las tecnologías necesitan estar disponibles en un formato común RDF (*Resource Description Framework*, Marco de Descripción de Recursos) para hacer la conversión o sobre la marcha acceder a las bases de datos existentes, ya sea relacionales, basadas en XML (*eXtensible Markup Language*, Lenguaje de Marcado Extensible), HTML (*HyperText Markup Language*, Lenguaje de Marcas de Hipertexto), entre otras. Es importante configurar las consultas para acceder a los datos contenidos en la *Linked Data*, por lo cual la W3C (*World Wide Web Consortium*, Consorcio World Wide Web) ofrece distintas tecnologías para obtener acceso a esos datos, entre las que se encuentran RDF, SPARQL, GRDDL (*Gleaning Resource Descriptions from Dialects of Languages*, Extraer Descripciones de Recursos de Dialectos de Lenguajes), entre otras.

En el año 2006 Tim Berners-Lee estableció un conjunto de reglas conocidas hoy en día como los “Principios de *Linked Data*”. Estos principios proporcionan una receta básica para publicar y conectar datos usando la infraestructura de la Web [2], [3]. Los principios son los siguientes:

- Utilizar URIs (*Uniform Resource Identifier*, Identificador Uniforme de Recursos) como nombre para las cosas.
- Utilizar HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*, Protocolo de Transferencia de Hipertexto) URIs para que la gente busque esos nombres.
- Cuando alguien busca un URI, proporcionar información útil usando los estándares (RDF, SPARQL).
- Incluir enlaces a otros URIs, para que se descubran más cosas.

### 1.1.2 Linked Open Data

LOD (*Linked Open Data*, Datos Abiertos Enlazados) surgió como el mejor ejemplo de la adopción y aplicación de los principios de *Linked Data* y es un esfuerzo comunitario fundado en enero de 2007 que cuenta con el apoyo de la W3C y el *Outreach Group*. LOD es una de las mayores colecciones de datos interconectados en la Web y su objetivo original es el de tomar datos contenidos en los documentos que forman parte de la Web tradicional mediante la

identificación de conjuntos de datos existentes disponibles bajo licencias abiertas, convertirlos a RDF de acuerdo con los principios de *Linked Data* y publicarlos en la Web.

En las primeras etapas de LOD los participantes eran en su mayoría investigadores y desarrolladores de universidades y empresas pequeñas. Posterior a esto, el proyecto empezó a tomar fuerza y se unieron grandes organizaciones como la BBC (*British Broadcasting Corporation*, Corporación Británica de Radiodifusión), Thomson Reuters y la Biblioteca del Congreso, por mencionar sólo algunas. El crecimiento de la LOD fue posible gracias a la naturaleza abierta del proyecto, ya que cualquiera es capaz de participar simplemente publicando un conjunto de datos siguiendo los principios de *Linked Data* [2], [4].

### 1.1.3 LOD cloud

LOD *cloud* [5] se resume como la colección más grande de conjuntos de datos RDF entrelazados en la Web. La LOD *cloud* creció significativamente desde su concepción en el 2007, ofreciendo varios conjuntos de datos que abarcan varios dominios como ubicaciones geográficas, personas, empresas, ciencias de la salud, gobiernos, publicaciones científicas, entre otros, algunos ejemplos son *DBpedia*, BBC y *Open Government Data* (Datos Abiertos del Gobierno) [4].

En el 2014 se rastreó que LOD *cloud* contaba con más de 31 mil millones de tripletas RDF. Su última actualización fue en abril de 2017. Para mantener datos de alta calidad, los editores necesitan cumplir los principios de *Linked Data*. Por lo tanto, se obliga a los editores a adjuntar metadatos necesarios para comprender y utilizar con eficacia los conjuntos de datos [6].

### 1.1.4 Conjuntos de datos RDF

El W3C define un conjunto de datos como una colección de datos, disponibles para ser accedidos o descargados en uno o más formatos. De igual manera menciona que estos conjuntos de datos contienen datos de distintas fuentes como investigaciones, documentos complementarios o hasta bases de datos relacionales [7]. Para el presente proyecto se buscaron conjuntos de datos que tuvieran información fidedigna y de fuentes comprobadas sobre

medicamentos, a partir de esa búsqueda se eligieron los conjuntos de datos descritos a continuación.

#### **1.1.4.1 DrugBank**

DrugBank es un repositorio integral de bioinformática y quimio-informática que combina información detallada de los medicamentos (es decir, química, farmacológica y farmacéutica) con el objetivo de proveer información como la secuencia, estructura y la vía de administración, entre otros datos, acerca de los medicamentos. DrugBank contiene 11123 registros de fármacos de diferentes tipos. Este repositorio se publicó en el año 2006 y desde entonces está en constante evolución, en cada mejora se agrega más información sobre medicamentos y se añaden más medicamentos aprobados y experimentales junto con nuevos campos para los ya existentes. La versión más actual es DrugBank Versión 5.1.0 [8].

Es importante mencionar que DrugBank se mantiene y mejora por extensas encuestas realizadas por expertos en dominios específicos y científicos expertos. La calidad, amplitud y la singularidad de sus datos hacen que DrugBank sea particularmente popular con más de ocho millones de visitas por año, y altamente considerado entre los investigadores farmacéuticos, los médicos, los educadores y el público en general. DrugBank se convirtió en la fuente de datos referente a medicamentos para una serie de bases de datos conocidas como: PharmGKB (*The Pharmacogenomics Knowledgebase*, La Base de Conocimiento de la Farmacogenómica), ChEBI (*Chemical Entities of Biological Interest*, Entidades Químicas de Interés Biológico), KEGG (*Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes*, Enciclopedia de Genes y Genomas de Kyoto), GeneCards, PDB (*Protein Data Bank*, Banco de Datos de Proteínas), PubChem, UniProt (*Universal Protein Resource*, Recurso Universal de Proteína) y Wikipedia [9].

#### **1.1.4.2 DailyMed**

DailyMed es un repositorio de información que se mantiene y publica por la Biblioteca Nacional de Medicina y proporciona información fidedigna y de alta calidad sobre los medicamentos comercializados en los Estados Unidos [10]. DailyMed cubre la estructura química del

compuesto, mecanismo de acción, indicaciones de uso, contraindicaciones y reacciones adversas. Los datos se publican originalmente en SPL (*Structured Product Labeling*, Etiquetado Estructurado de Productos), el cual es un estándar de información sobre medicamentos basado en XML, aprobado por HL7 (*Health Level Seven*, Nivel de Salud Siete), adoptado y utilizado en sus etiquetas por la FDA (*Food and Drug Administration*, Agencia de Alimentos y Medicamentos) [11]. DailyMed se publicó utilizando el servidor D2R[12].

#### **1.1.4.3 Orphanet**

Orphanet es un repositorio de información sobre enfermedades raras y medicamentos huérfanos (fármacos que no son desarrollados por la industria farmacéutica por razones económicas pero que responden a necesidades de salud públicas), establecido conjuntamente en 1997 por el INSERM (*Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale*, Instituto Nacional de Salud e Investigación Médica) de Francia y la Dirección General de Salud de Francia, con el fin de proporcionar a los profesionales de la salud y al público en general información valiosa que se utiliza para mejorar el diagnóstico y la atención. En el 2000 se convirtió en un proyecto europeo con financiación de la EU (*European Commission*, Comisión Europea). Ahora es una acción conjunta de la EU con una red de casi 40 países que contribuyen a la recopilación de datos y a las traducciones. Está bajo la responsabilidad del INSERM, que tiene una unidad específica totalmente dedicada a la información y los servicios en el campo de las enfermedades raras y los medicamentos huérfanos. [13]

#### **1.1.4.4 DBpedia**

El proyecto DBpedia es un esfuerzo de la comunidad para extraer información estructurada de Wikipedia y hacer esta información accesible a la Web. DBpedia permite hacer preguntas sofisticadas a conjuntos de datos derivados de Wikipedia y vincular otros conjuntos de datos en la Web a datos de Wikipedia [14]. La Web resultante de fuentes de datos alrededor de DBpedia cubre dominios como información geográfica, personas, compañías, películas, música, genes, medicamentos, libros, publicaciones científicas, entre otros.

Las contribuciones que realiza el proyecto DBpedia al desarrollo de la Web de Datos son las siguientes:

- Desarrolló un marco de extracción de información que convierte el contenido de Wikipedia en una rica base de conocimiento multidominio, al acceder al canal de actualización de artículos de Wikipedia.
- Definió un identificador desreferenciable en la Web para cada entidad. Esto ayuda a superar el problema de la falta de identificadores de entidad que obstaculizó el desarrollo de la Web de datos, y estableció las bases para la interconexión de fuentes de datos en la Web.
- Publicó vínculos RDF que apuntan desde DBpedia a otras fuentes de datos Web y apoyó a los editores de datos a establecer vínculos desde sus fuentes de datos a DBpedia. Esto dio lugar a la aparición de una Web de datos alrededor de DBpedia [15].

### **1.1.5 RDF**

RDF es un modelo de datos estándar basado en grafos para estructurar y vincular datos en la Web, su versión más reciente es la 1.1 [16]. El modelo RDF representa la información como conjuntos de sentencias, que se visualizan como grafos dirigidos y etiquetados por nodos y aristas. El modelo de datos se diseñó para la representación integrada de información que se origina de múltiples fuentes, se estructura de forma heterogénea y se representa usando diferentes esquemas. RDF cuenta con características que facilitan la fusión de los datos incluso si los esquemas subyacentes son diferentes, apoya específicamente la evolución de esquemas con el tiempo y sin necesidad de que todos los consumidores de datos tengan que ser cambiados [17].

En RDF, la información se presenta en declaraciones, llamadas tripletas RDF. Las tres partes de cada tripleta son el sujeto, predicado y el objeto. Una tripleta imita la estructura básica de una oración simple, a continuación, se da una definición formal de las tripletas RDF.



### 1.1.5.1 Tripletas RDF

Una tripleta RDF se considera un grafo RDF que contiene tres componentes:

- El sujeto, que es una referencia RDF URI o un nodo en blanco.
- El predicado, que es una referencia RDF URI.
- El objeto, que es una referencia RDF URI, un literal o un nodo en blanco.

Una tripleta RDF se escribe convencionalmente en el orden sujeto, predicado que también se conoce como la propiedad de la tripleta y el objeto [18], [17]. La representación por medio de tripletas es sólo una de varias maneras de serializar datos RDF. Hay cuatro hechos presentes en la representación mediante tripletas, los cuales son:

1. Cada tripleta RDF está compuesta de sujeto, predicado y objeto.
2. Cada tripleta RDF es un hecho completo y único.
3. Una tripleta RDF es una 3-tupla, que se forma por un sujeto, un predicado y un objeto, que son respectivamente una referencia URI o un nodo en blanco, una referencia URI y una referencia URI, un nodo en blanco o un literal.
4. Cada tripleta RDF es capaz de unirse con otras tripletas RDF, pero aún conserva su propio significado, independientemente de la complejidad del modelo en el que está incluido.

El último punto es importante para darse cuenta que las tripletas RDF independientemente de lo complejo de un grafo RDF consisten en un único agrupamiento [19].

### 1.1.6 SPARQL

SPARQL es el lenguaje de consulta para RDF. Este lenguaje se utiliza para expresar consultas que permiten interrogar diversas fuentes de datos, si los datos se almacenan de forma nativa como RDF o se definen mediante vistas RDF a través de un sistema *middleware*. Existen dos versiones de las especificaciones SPARQL, la 1.0 del 2008 y la 1.1 del 2013. SPARQL tiene capacidades para la consulta de los patrones obligatorios y opcionales del grafo de tripletas RDF, junto con sus conjunciones y disyunciones. SPARQL también soporta la ampliación o

restricciones del ámbito de las consultas indicando los grafos sobre los que opera. Los resultados de consultas SPARQL son conjuntos de resultados o grafos RDF [20], [21].

La sintaxis del lenguaje de consulta SPARQL se asemeja a la de SQL (*Structured Query Language*, Lenguaje de Consulta Estructurada) por la popularidad que este lenguaje tiene. Los principales operadores de SPARQL son SELECT, ASK, CONSTRUCT, DESCRIBE. Para recuperar alguna información de una base de datos, se escribe una consulta SELECT que contiene una cláusula WHERE y posiblemente una cláusula FROM, que identifica los grafos de destino [22].

#### **1.1.6.1 SPARQL endpoint**

SPARQL *endpoint* es una característica clave de los almacenes RDF, ya que garantiza la interoperabilidad entre todas las implementaciones. Por lo tanto, un cambio en la parte posterior del almacén RDF no tendrá ningún impacto en las aplicaciones que acceden a la base de datos [22]. Un SPARQL *endpoint* es un contenedor de servicios Web para un almacén de datos RDF [23].

El SPARQL *endpoint* permite a los usuarios consultar una base de conocimiento a través de consultas con el lenguaje SPARQL y devuelve resultados de las consultas en uno o más formatos procesables por las máquinas con capacidades de procesamiento de datos. Por lo tanto, un SPARQL *endpoint* se concibe como una interfaz amistosa de una computadora hacia una base de conocimiento. Tanto la formulación de las consultas como la presentación de los resultados necesitan interpretarse por el software y ser legibles por los usuarios [24].

#### **1.1.7 Realidad Aumentada**

La Realidad Aumentada tiene un debate abierto, ya que algunos la consideran como una forma de Realidad Virtual, otros la ven como cosas opuestas. Se considera que ambos criterios son en cierto sentido innegables. Mientras que la Realidad Aumentada se define como una tecnología que permite a los usuarios ver objetos virtuales como imágenes, video, información, entre otros, superpuestos en el entorno físico en el que se encuentre el usuario, por lo cual se considera a la

Realidad Aumentada como una mezcla entre el mundo real y un mundo virtual creado [25], [26]; por otro lado, la Realidad Virtual se define como un entorno digital completamente artificial que mediante la utilización de hardware y software crea un entorno virtual que controla al menos tres de los cinco sentidos del usuario [27].

#### **1.1.7.1 Clasificación de la Realidad Aumentada de acuerdo con los métodos de reconocimiento**

La Realidad Aumentada se clasifica de acuerdo con los métodos de reconocimiento de una zona para ser representada, a continuación, se describen estos métodos.

##### **1.1.7.1.1 Patrón**

En este tipo de método de reconocimiento se encuentran los marcadores y los códigos QR (*Quick Response Code*, Código de Respuesta Rápida) que al ser reconocidos por el sistema de Realidad Aumentada superpone sobre el patrón un elemento digital como información, una imagen, un video o algún modelo 3D, entre otros [25].

##### **1.1.7.1.2 Contorno**

Para este tipo de método de reconocimiento el sistema de Realidad Aumentada tiene que reconocer una parte del cuerpo humano, como las manos, las piernas, la cara, el abdomen, por mencionar algunos ejemplos. Al realizar el reconocimiento superpone el elemento digital, el cual comúnmente es un objeto 3D con el que el usuario interactúa mediante sus movimientos naturales [25].

##### **1.1.7.1.3 Ubicación**

Este tipo de Realidad Aumentada se basa en la triangulación de una ubicación, colocando iconos de superposición y elementos virtuales sobre un mapa. Para hacer uso de este método de reconocimiento de Realidad Aumentada se necesita un dispositivo que cuente con un sistema GPS (*Global Positioning System*, sistema de posicionamiento global), una cámara, una pantalla

y acelerómetros, siendo los dispositivos móviles los más aptos para este tipo de método de Realidad Aumentada [25].

#### **1.1.7.1.4 Superficie**

Para lograr este método de reconocimiento se hace uso de pantallas, pisos o paredes, éstas se adaptan y responden a las pulsaciones de los usuarios y otros objetos, proporcionando información en tiempo real. Esta tecnología se apoya en el uso de sensores para detectar el tacto o el movimiento y es una tecnología en constante desarrollo para hacer mejores aplicaciones [25].

#### **1.1.8 Modelado 3D**

El modelado 3D es el proceso de desarrollar una representación mediante diferentes técnicas como son:

1. Estructuras Predefinidas
2. Primitivas Extendidas
3. Bibliotecas
4. Box Modeling
5. NURBS Modeling
6. Operaciones Booleanas
7. Extrude
8. Lathe o Extrude
9. Sistema de Partículas
10. Modelos por Textura

La representación se realiza de cualquier superficie tridimensional del objeto a través de software especializado. El producto de llevar a cabo una de las técnicas anteriores mencionadas se denomina modelo 3D, el cual se describe a continuación [28].

### **1.1.8.1 Modelo 3D**

Un modelo 3D es una herramienta de comunicación para la comprensión y soporte de un objeto basado en la representación tridimensional de un objeto real en un espacio virtual. Existen dos tipos de modelos 3D, los figurativos y los que tienen fines científicos, los cuales son descritos a continuación [29].

#### **1.1.8.1.1 Modelo 3D figurativo**

Este tipo de modelos 3D tienen como objetivo hacer una descripción de la realidad con un propósito puramente recreativo. Estos modelos se caracterizan por la identificación de la geometría que describe al objeto representado por la claridad y legibilidad de sus partes componentes. La metodología de cualquier encuesta es capaz de obtener los datos necesarios para crear correctamente un modelo 3D figurativo [29].

#### **1.1.8.1.2 Modelo 3D con fines científicos**

Los modelos 3D con fines científicos se caracterizan por tener una mayor correspondencia dimensional y formal con el objeto real, así como una alta precisión y fiabilidad de las dimensiones representadas. Para crear un modelo de este tipo se necesita contar con datos cualitativos y altamente precisos [29].

### **1.1.9 Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles**

Los dispositivos móviles forman parte de la vida cotidiana. Cada vez es más común ver a las personas a nuestro alrededor con un teléfono inteligente o una tableta. Es posible catalogar estos dispositivos como computadoras de uso general, ya que tienen un sistema de archivos, memoria, sistemas y programas que se ejecutan. La diferencia entre un dispositivo móvil y una computadora o laptop son las capacidades, las entradas y la interfaz que los controlan. Los sistemas operativos predominantes para dispositivos móviles son Android e iOS que a continuación se describen [30].

### 1.1.9.1 Android

Android es una plataforma operativa móvil propiedad de Google, desarrollada originalmente en 2003 por la empresa Android Inc. que compró Google en el 2005, y en noviembre del 2007 Google presentó Android en el marco de la *Open Handset Alliance*, con el objetivo de ser una plataforma de código abierto para el desarrollo de software para dispositivos móviles. Android es un sistema operativo móvil de código abierto basado en el *kernel* personalizado de Linux que facilita a los desarrolladores escribir código basado en Java utilizando bibliotecas Java desarrolladas por Google [31]. La plataforma Android no sólo incluye el sistema operativo móvil y su entorno de desarrollo, sino que también incluye una máquina virtual personalizada llamada *Dalvik* esto hasta la versión 4.4 llamada KitKat. *Dalvik* utiliza una compilación JIT (*just-in-time*, justo a tiempo).

En versiones posteriores de Android como Lollipop, Marshmallow y Nougat Google cambió a una máquina virtual que utiliza ejecutables precompilados. Para el desarrollo de aplicaciones, Android facilita el uso de bibliotecas gráficas 2D y 3D, un motor de SQL personalizado para almacenamiento persistente y capacidades avanzadas de red como 3G, 4G y WLAN. La API (*Application Programming Interface*, Interfaz de Programación de Aplicaciones) está en constante crecimiento y evolución, su versión actual es la Android 7.1 Nougat. Una de las herramientas de desarrollo para Android es el IDE (*Integrated Development Environment*, Entorno de Desarrollo Integrado) Android Studio [30], [32].

### 1.1.9.2 iOS

iOS es el sistema operativo de varios dispositivos de Apple, y está construido sobre la base de Mac OS X. El iPhone fue el primer dispositivo en utilizar iOS y se lanzó en el año 2007 cambiando el mercado de teléfonos inteligentes. iOS utiliza el mismo núcleo Darwin ocupado en otros dispositivos de Apple. Además del *kernel* y varios marcos de trabajo, los dispositivos Apple utilizan el mismo sistema de archivos.

Las aplicaciones para iOS se escriben en Objective-C utilizando la biblioteca Cocoa Touch. Objective-C es una extensión del lenguaje C, mientras que Cocoa Touch es una colección de clases. Objective-C soporta la programación orientada a objetos. Un cambio notable que se produjo fue la introducción de ARC (*Automatic Reference Counting*, Recuento Automático de Referencias). Lo que proporcionó una gestión automática de la memoria reduciendo el código estandarizado y las fugas de memoria.

El desarrollo de aplicaciones para iOS requiere de un equipo con Mac OS. Generalmente para escribir aplicaciones para iOS se utiliza Xcode. Éste incluye un editor, una herramienta de análisis, un simulador y el SDK [30], [32].

#### **1.1.10 Tipos de aplicaciones para dispositivos móviles**

El auge de los dispositivos móviles generó nuevos desafíos para los ingenieros de software. Los dispositivos móviles están en constante evolución, esto desencadena que cada vez tengan más y mejores capacidades técnicas, lo cual plantea un escenario amplio y óptimo para el desarrollo de nuevas y mejores aplicaciones. Las tecnologías para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles también es un campo que evoluciona día con día, lo cual hace que hoy en día existan diferentes alternativas para el desarrollo de una aplicación móvil, estas alternativas se describen a continuación.

##### **1.1.10.1 Aplicaciones nativas**

El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles nativas se realiza utilizando sólo las herramientas y tecnologías (incluidos lenguajes de programación) sugeridas y compatibles con el sistema operativo móvil para el cual están destinadas. Los proveedores de los sistemas operativos para dispositivos móviles como Google (Android) y Apple (iOS) sugieren estas herramientas y tecnologías.

El desarrollo de las aplicaciones se remonta al año de 1996 cuando se lanzó Palm. De igual manera en 1996 Windows lanzó *Windows Embedded Compact* (Windows CE) creado para el

Pocket PC. En 1999 *Sun Microsystem* creó la plataforma Java 2 Micro Edition (J2ME) para dispositivos pequeños incluyendo teléfonos celulares. Un año más tarde salió al mercado el primer dispositivo con *Symbian* y en 2002 BlackBerry lanzó el primer teléfono inteligente. El escenario actual del mercado y aplicaciones es dominado por dos sistemas operativos, Google con Android que utiliza Java y Apple con iOS que utiliza Objective-C [33].

Las ventajas de las aplicaciones nativas son:

- Mejor desempeño.
- Mayores ventas gracias a las tiendas de aplicaciones.

Las desventajas de las aplicaciones nativas son:

- Mayor tiempo de desarrollo y costo.
- Restricciones y directrices de contenido, basadas en el ecosistema.

#### **1.1.10.2 Aplicaciones híbridas**

Las aplicaciones para dispositivos móviles híbridas se desarrollan y empaquetan e implementan en varios dispositivos móviles con diferentes tamaños de pantalla y diferentes sistemas operativos. Estas aplicaciones permiten a los desarrolladores utilizar tecnologías sencillas como HTML, CSS (*Cascading Style Sheets*, Hojas de Estilo en Cascada) y JavaScript o C# y VB.NET. Las aplicaciones para dispositivos móviles híbridas tienen un componente nativo que reside en el dispositivo y permite utilizar las características locales como si se trataran de aplicaciones nativas, por lo que cada vez son más populares.

En 2008 Lee Barney publicó UIWebView [34] que era un blog sobre la comunicación entre Objective-C y JavaScript. En el 2009 el iPhone 2 se lanzó con soporte para WebView y SQLite. En el mismo año Nitobi desarrolló PhoneGap, actualmente Apache Cordova [35] el cual se hizo popular debido a su capacidad de desarrollo para iOS y Android. Este progreso se construyó alrededor de JavaScript. Más tarde Attachmate, actualmente parte de Micro Focus [36], hizo una asociación con Xamarin [37] para el desarrollo de aplicaciones híbridas utilizando C#, estas aplicaciones para Windows Phone, Android e iOS. Windows ofreció la plataforma .NET para



desarrollar aplicaciones híbridas. En junio de 2015 Apple anunció Delphi para aplicaciones híbridas durante la Conferencia Mundial de Desarrolladores de Apple [33].

Las ventajas de las aplicaciones híbridas son:

- Desarrollo independiente de la plataforma.
- Desarrollo más fácil.
- Desarrollo económico.

Las desventajas de las aplicaciones híbridas son:

- APIs específicas relacionadas con dispositivos específicos.

### **1.1.10.3 Aplicaciones Web responsivas**

Las aplicaciones Web para móviles se diseñan para ejecutarse en el *browser* del dispositivo móvil. Regularmente estas aplicaciones se desarrollan utilizando HTML, CSS y JavaScript, pero es posible utilizar otras tecnologías que de igual manera se utilizan para crear sitios web.

Las aplicaciones Web surgieron a la par del diseño Web responsivo, ya que este último hace que una página Web se ajuste a sí misma en respuesta al tamaño de pantalla de un dispositivo, es decir, a medida que cambia el tamaño de la pantalla, el diseño de una página Web se ajusta y reorganiza los elementos de la página. El diseñador y desarrollador Web Ethan Marcotte popularizó el término de diseño Web responsivo en el 2010. El diseño Web responsivo utiliza un diseño flexible basado en cuadrícula, imágenes flexibles y con propiedades llamadas *media queries* [38].

Las ventajas de las aplicaciones Web responsivas son:

- No necesitan la instalación de ningún componente en particular.
- No necesitan la aprobación de ningún fabricante.
- Desarrollo independiente de la plataforma.
- Desarrollo más fácil.

Las desventajas de las aplicaciones Web responsivas son:

- Disminución de la velocidad de ejecución.

- Menos atractivas que las aplicaciones nativas e híbridas.
- Necesitan conexión permanente a la Web.
- No es posible que ocupen todos los elementos del hardware del dispositivo.

### **1.1.11 Herramientas para Realidad Aumentada en aplicaciones para dispositivos móviles**

Para la selección de una herramienta para Realidad Aumentada se toman en cuenta distintos factores como la plataforma para la cual se desarrollará la aplicación, de igual manera se tiene que tener claro el o los métodos de reconocimiento a utilizar ya que las diferentes herramientas disponibles en el mercado no utilizan todos. Otro aspecto por considerar es la documentación con las que cuentan cada una de ellas, así como el costo que implica su utilización. Algunas herramientas para Realidad Aumentada son: ARToolkit, DroidAR, Wikitude, Vuforia, Kudan, Layar, entre otros.

#### **1.1.11.1 Vuforia**

Vuforia ofrece su SDK (*Software Development Kit*, Kit de Desarrollo de Software) de Realidad Aumentada para desarrollar aplicaciones sobre distintas plataformas para dispositivos móviles como Android, iOS, y UWP (*Universal Windows Platform*, Plataforma Universal de Windows), dicho SDK está disponible para trabajar con Android Studio, XCode, Visual Studio y Unity. El SDK de Vuforia proporciona capacidades para reconocimiento de objetos 3D, texto, imágenes y marcadores, además de contar con funciones como detección de oclusión localizada mediante botones virtuales, selección de objetivos de imágenes en tiempo real, así como capacidad para crear conjuntos de objetivos según el escenario. Vuforia utiliza una técnica de reconocimiento de imagen basada en la visión superior, estable y eficiente de la computadora, lo cual hace que tenga un seguimiento eficiente en condiciones de poca luz y aunque el objetivo esté cubierto parcialmente, de igual manera tiene capacidades de seguimiento extendidas que le permiten a la aplicación el seguimiento de los objetivos ayudándolos a mantener una referencia constante aun cuando los objetivos ya no son visibles en la cámara en tiempo real.

Además del SDK la plataforma de Vuforia consta de diferentes componentes, entre los que destacan el sistema de gestión de objetivos, de los cuales hay la posibilidad de tener una base de datos de objetivos en la nube o almacenada en el dispositivo. La arquitectura del SDK de Vuforia se aprecia en la Fig. 1.1. [39], [40], [41], [42].

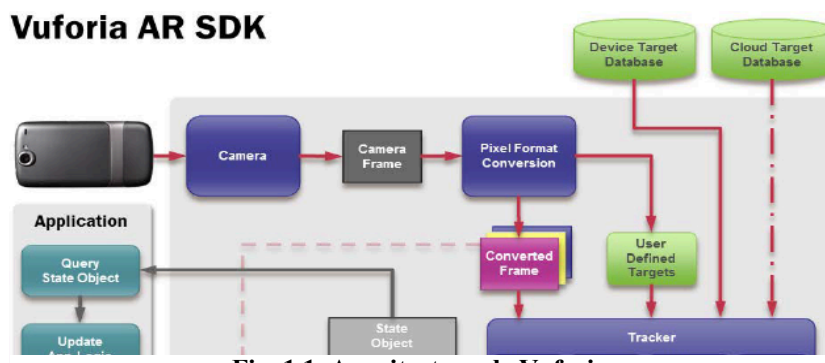


Fig. 1.1. Arquitectura de Vuforia

### 1.1.12 IDEs para

Los IDEs son software, estas comúnmente contienen un editor de código fuente y un depurador, algunos de igual manera contienen autocompletado de código, intérprete, compilador, además de algunas otras herramientas para uno o más lenguajes, estas herramientas facilitan la tarea del desarrollo. Los IDEs surgen por la necesidad de maximizar la productividad del desarrollador el cual tiene a su mano todas las herramientas para el desarrollo de un programa como son su creación, modificación compilación, implementación y depuración del este en un único programa, el cual tiene una interfaz gráfica intuitiva.

#### 1.1.12.1 Xamarin Studio / Visual Studio

Xamarin Studio Community o Visual Studio Community son IDEs mediante los que los desarrolladores usan el mismo lenguaje de programación, en este caso C#, las mismas APIs y

estructuras de datos para compartir un 75% del código de la aplicación en todas las plataformas de desarrollo móvil o de escritorio. Estos IDEs proveen interfaces de usuario y acceso a las APIs que proporcionan un rendimiento en sus aplicaciones como si fueran nativas de la plataforma. La versión Community permite crear aplicaciones de plataforma cruzada y es gratuita para proyectos de código abierto, investigación académica, educación y para pequeños equipos profesionales [43].

#### **1.1.12.2 NetBeans**

NetBeans IDE en su versión actual 8.2 cuenta con editores, analizadores y convertidores de código, para diferentes lenguajes de programación como Java, C, C++, PHP, entre otros. Este IDE es gratuito, multiplataforma, de código abierto y extensible mediante complementos. Para desarrollar aplicaciones Android en NetBeans IDE es necesario instalar el complemento NBAndroid, el cual brinda soporte para el ciclo de desarrollo de aplicaciones Android. NBAndroid actualmente sólo está disponible para la versión 8.0 de Android [44], [45].

#### **1.1.13 Motor de juegos**

El termino motor de juegos surgió a mediados de la década de 1990 en referencia a los juegos en donde se empezaron a diseñar juegos con una separación entre los componentes principales del software como representación gráfica tridimensional, sistema de colisiones entre otros y los recursos de arte, mundos del juego entre otros. Esto desencadeno en que se empezaran a construir juegos a partir de juegos ya existentes. Por lo cual podría decirse que un motor de juegos es un software extensible el cual es posible usar como base para muchos juegos diferentes sin modificaciones importantes. [46]

##### **1.1.13.1 Unity 3D**

Unity 3D es un motor de juegos desarrollados por Unity Technologies. Unity integra un motor de renderizado personalizado con el motor de física nVidia PhysX y Mono, que es la implementación de código abierto de las bibliotecas .NET de Microsoft. Unity cuenta con una comunidad activa de desarrolladores, es posible asignar múltiples scripts en lenguaje C# al

contenido, al cual también es posible agregarles propiedades físicas. Unity utiliza el motor de renderizado OpenGL el cual sirve para renderizar modelos 3D, además de que es multiplataforma, y sus aplicaciones son compatibles con OSX, Windows, Android, iOS, en plataformas Web entre otras. De igual forma es destacable mencionar que Unity cuenta con una versión personal la cual es posible utilizar de manera gratuita. [47]

#### **1.1.14 Lenguajes de programación**

Un lenguaje de programación es un lenguaje formal ya que está formado por un conjunto de símbolos, reglas sintácticas y semánticas las cuales definen su estructura, así como el significado de sus elementos y expresiones, este tipo de lenguajes es interpretado y llevado a cabo por una computadora. Para el desarrollo del presente proyecto se usarán dos lenguajes como base para la construcción de los módulos que integrarán la aplicación móvil que se pretende realizar los cuales son descritos a continuación:

##### **1.1.14.1 C#**

Microsoft define a C# como un lenguaje de programación sencillo y moderno, el cual tiene sus raíces en la familia de lenguajes C, el cual les resultará familiar inmediatamente a los programadores C, C++, Java y JavaScript. C# se diseñó para la construcción de una gran variedad de aplicaciones que se ejecutan en el marco de trabajo .NET. C# es un lenguaje simple, potente, con tipificación fuerte, con control de excepciones y orientado a objetos contando también con compatibilidad para programación orientada a componentes. Un punto por destacar de C# es que tiene un sistema de tipo unificado ya que todos los tipos primitivos de datos se heredan de un único tipo object raíz, lo que hace que compartan un conjunto de operaciones comunes.

Las innovaciones en C# permiten el desarrollo rápido de aplicaciones sólidas y duraderas, conservando la expresividad y elegancia de los lenguajes estilo C. Para desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles, es necesario que el código escrito en C# se compile con Xamarin o

Visual Studio, de esta manera, estas aplicaciones se utilizarán para distintas plataformas para dispositivos móviles [48], [49].

#### **1.1.14.2 Java**

Java no sólo es un lenguaje de programación orientado a objetos, sino un conjunto de tecnologías que hacen que el desarrollo de software sea más rápido y las aplicaciones resultantes sean más robustas y seguras. Java es multiplataforma y su filosofía “escriba una vez, ejecute donde quiera” lo hicieron muy popular. Para el desarrollo de aplicaciones Java se requiere tener instalado el Java JDK (*Java SE Development Kit*, Kit de Desarrollo Java SE) el cual a su vez incluye el JRE (*Java Runtime Environment*, Entorno de Ejecución Java) más un compilador y otras herramientas, siendo el conjunto de estas tecnologías las necesarias para compilar programas Java y ejecutar *bytecode*. El JRE incluye la JVM (*Java Virtual Machine*, Máquina Virtual Java) y las bibliotecas principales de Java. El conjunto de estas tecnologías está disponible en Java SE (*Standard Edition*, Edición Estándar), siendo la versión 8 la más utilizada hasta el momento [50], [51].

De igual manera tenemos la versión de Java EE (*Enterprise Edition*, Edición Empresarial), al igual que Java SE, ésta igual forma parte de la plataforma Java. Java EE es el estándar en el software empresarial, y esta incluye el soporte para el desarrollo de aplicaciones que se ejecutan en el servidor, por ejemplo, los servlets, JavaServer Pages para páginas dinámicas, o servicios web basados en SOAP (*Simple Object Access Protocol*, Protocolo Simple de Acceso a Objetos) o en REST (*Representational State Transfer*, Transferencia de Estado Representacional).

#### **1.1.15 REST**

REST fue introducido por Roy Fielding en su tesis doctoral, en esta describe un patrón de diseño para implementar sistemas en red. REST es un estilo arquitectónico para la construcción de sistemas distribuidos a gran escala, es importante recalcar que no es un estándar, sino un conjunto de restricciones y no está vinculado a HTTP, pero es asociado comúnmente con él [52]. Conceptualmente, REST concibe los recursos como objetos de primera clase identificados

por URI. Los recursos representan los conceptos que fundamentan la conservación entre un cliente y un servidor. Los clientes que desean utilizar un servicio acceden a una representación particular de los recursos que representan el servicio mediante la transferencia de contenido de la aplicación mediante un pequeño conjunto de métodos remotos definidos globalmente. Estos métodos describen la acción a realizar en los recursos. Los métodos utilizados son los conocidos métodos HTTP para crear, leer, actualizar y eliminar recursos: GET, POST, DELETE y PUT. Un principio clave de REST es la interacción sin estado entre los participantes de una conversación. Este enfoque permite implementar una característica que a menudo es deseable en sistemas distribuidos, que es el desacoplamiento [53].

#### **1.1.15.1 RESTful**

Un servicio RESTful es un servicio que implementado utiliza los principios HTTP y REST. Más precisamente, un servicio RESTful es una colección de recursos Web que están interrelacionados y que pueden manipularse utilizando métodos HTTP (GET, POST, DELETE o PUT). Como una de las características principales de estos servicios es que están centrados en los datos más que en la funcionalidad y están a ser consumidos por las máquinas, siguiendo los principios Web. Los recursos Web utilizados por los servicios RESTful se identifican mediante URI de la forma baseURI/ID donde el ID puede ser cualquier identificador único. Actualmente no existe un enfoque estándar para describir es tipo de servicios [53].

#### **1.1.16 Apache-Jena**

“Apache Jena es un marco de trabajo de Java, libre y de código abierto para construir aplicaciones de Web Semántica y Linked Data” [54]. Este marco de trabajo se compone por diferentes APIs las cuales interactúan juntas para procesar datos RDF. La arquitectura de este marco de trabajo incluye APIs para leer, procesar y escribir ontologías RDF y OWL (*Web Ontology Language*, Lenguaje de Ontología Web), motor de inferencia para razonar sobre ontologías RDF Y OWL, así como un motor de consultas compatible con SPARQL. En la Fig. 1.2 se aprecia la arquitectura del marco de trabajo, en ella se aprecian la interacción de las diferentes APIs.

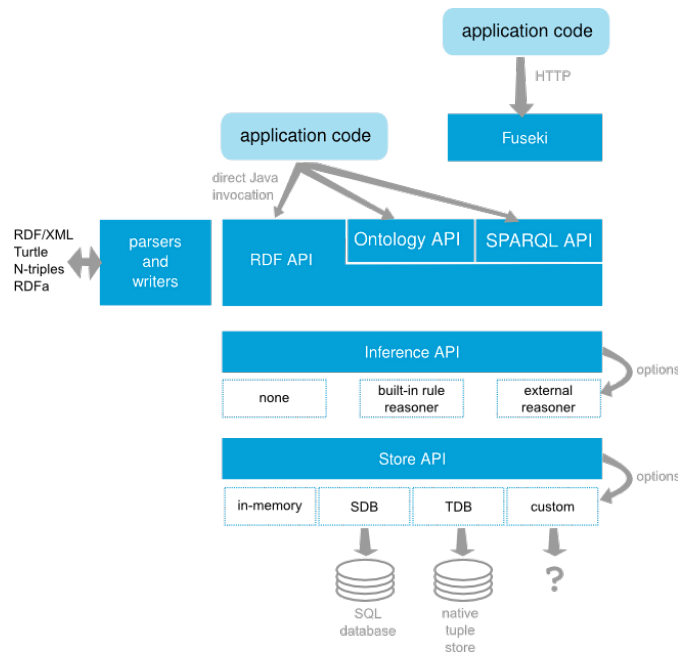


Fig. 1.2. Arquitectura de Apache Jena

### 1.1.17 Metodologías ágiles para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles

Las metodologías ágiles de desarrollo de software surgen con dos motivaciones la primera es que existen un alto número de proyectos que se retrasan o caen en el fracaso, así como la baja calidad con la que las aplicaciones desarrolladas, por lo cual el surgimiento del desarrollo ágil intenta evitar los tortuosos y tardados procesos de las metodologías tradicionales, enfocándose en las personas y los resultados. Estas promueven iteraciones durante el desarrollo a lo largo del ciclo de vida del proyecto, desarrollando software en cortos lapsos de tiempo, evaluando al final de cada iteración el avance del proyecto. Estas metodologías son las adecuadas para el desarrollo de aplicaciones móviles, primeramente, por la alta volatilidad del entorno que hace que el equipo de desarrollo deba adaptarse a cambios constantes y no a seguir un plan constante, otro aspecto son que los equipos de desarrollo móvil suelen ser de pocas personas, así como que los desarrollos de estas aplicaciones son en un tiempo relativamente corto.



### 1.1.17.1 Mobile-D

Mobile-D [55] es una metodología con un enfoque ágil para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Dicho enfoque se basa en las prácticas de desarrollo de XP (*eXtreme Programming*, Programación Extrema), en la escalabilidad de métodos de la familia de metodologías Crystal y en la cobertura del ciclo de vida de RUP (*Rational Unified Process*, Proceso Racional Unificado) [56], [57]. A través de sus fases y disciplinas, Mobile-D intenta fusionar el clásico proceso de desarrollo de software (plan tradicional de diseño, implementación, pruebas y lanzamiento) con los procesos necesarios de gestión de proyectos, de configuración de software y mejora de procesos de software. Mobile-D está optimizado para un equipo de menos de diez desarrolladores en el mismo espacio de trabajo con un corto periodo de tiempo.

Las fases de Mobile-D son: 1) Exploración, su propósito es planear y establecer el inicio del proyecto; 2) Inicialización, su propósito es preparar y verificar todos los problemas críticos de desarrollo para que estén listos al final de la fase de implementación de los requisitos del cliente; 3) Producción, su propósito es implementar la función requerida en el producto mediante aplicar un ciclo de desarrollo iterativo e incremental; 4) Estabilización, cuyo propósito es asegurar la calidad de la ejecución del proyecto, y 5) Pruebas y Corrección del Sistema, donde se verifica que el sistema producido implementa correctamente la funcionalidad definida por el cliente, proporcionando al equipo de trabajo la retroalimentación en la funcionalidad del sistema [57], [58].

## 1.2 Planteamiento del problema

Existe una cantidad abundante de información contenida en la LOD *cloud* correspondiente a distintos dominios de conocimiento como ciencias de la salud, multimedia, gobierno, geografía, turismo, entre otros ámbitos. El consumo de *Linked Datasets* (Conjunto de Datos Vinculados) se realiza a través de consultas basadas en SPARQL, que proporciona resultados en forma tabular, gráficas o en vistas facetadas que contienen información de los datos consultados y que permiten la navegación entre otros datos vinculados a ellos. Esta forma de búsqueda, navegación

y visualización de datos es apropiada para los usuarios, sin embargo, no mejora la experiencia de interacción entre usuarios y la información consultada de modo que facilite la exploración, interpretación, comprensión e inferencia de los datos obtenidos.

Por su parte, una forma de visualización de datos que mejora la interacción con el usuario y la información es la Realidad Aumentada, de la cual actualmente se desarrollan diversas aplicaciones para teléfonos móviles. Estas aplicaciones permiten a los usuarios recuperar e interactuar con información adicional sobre objetos y ubicaciones, por mencionar sólo algunos, dicha información es incrustada en el entorno físico. El uso de la Realidad Aumentada ofrece gran potencial en términos de interacción, aprendizaje y formación. Normalmente el contenido de las aplicaciones de Realidad Aumentada es estático, ya que sólo se obtiene de las bases de datos realizadas para dichas aplicaciones.

Por lo que se propone aprovechar la selección dinámica y la integración de múltiples fuentes de información que ofrece la LOD *cloud* para incorporar Realidad Aumentada y proporcionar contenidos adicionales aumentados que mejoren la interacción de los usuarios con los *Linked Datasets* contenidos en la LOD *cloud* enfocándose al ámbito del cuidado de la salud.

### **1.3 Objetivo general y específico**

En esta sección se presentan el objetivo general y los específicos del proyecto de tesis mediante los cuales se pretende alcanzar su culminación.

#### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar una aplicación móvil que integre Realidad Aumentada a bases de conocimiento del dominio de ciencias de la salud basadas en LOD *cloud* para apoyar con la mejora de la interacción y comprensión de la información obtenida.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar el estado del arte sobre sistemas de Realidad Aumentada para mostrar información obtenida de bases de conocimiento contenidas en la *LOD cloud*.
- Analizar las diferentes APIs y modelos 3D para la aplicación de Realidad Aumentada sobre bases de conocimiento basadas en *Linked Data*.
- Definir los recursos visuales (modelos 3D) para la representación del conocimiento contenido en la *LOD cloud* a través de Realidad Aumentada.
- Definir una arquitectura de integración para el desarrollo de la aplicación que aplique Realidad Aumentada para mostrar información obtenida de bases de conocimiento contenidas en la *LOD cloud*.
- Diseñar las funcionalidades del módulo para la consulta y navegación de la información entre los datos de la *LOD cloud*.
- Desarrollar el módulo para la consulta y navegación de la información entre los datos de la *LOD cloud*.
- Realizar las pruebas de concepto que permitan la validación del módulo desarrollado utilizando casos de estudio del dominio médico.

#### **1.4 Justificación**

Con la fusión de las tecnologías *LOD cloud* y Realidad Aumentada se busca superar las limitaciones que se presentan en la interacción del usuario con los *Linked Datasets* y las limitaciones que presentan las aplicaciones para dispositivos móviles de Realidad Aumentada, cuyo contenido, por lo general se obtiene a partir de bases de datos realizadas para dichas aplicaciones.

Actualmente, con la explotación e integración de la información contenida en la *LOD cloud* la obtención de la información se encaminó hacia una nueva generación en donde se busca que los datos de distintos ámbitos estén disponibles para los usuarios que los requieran. El problema surge al momento de querer mejorar la experiencia de interacción del usuario con la información obtenida, ya que, por lo general, la información se presenta de manera tabular y poco enriquecida

para su explotación por parte de los usuarios, limitando las capacidades de exploración, interpretación, comprensión e inferencia sobre los datos obtenidos.

De manera similar ocurre con el uso de la Realidad Aumentada, la cual se incrementó por su implementación en diversas aplicaciones móviles desarrolladas, ya que permite que los usuarios interactúen con el entorno físico de una manera que se ayude al aprendizaje, a la formación o simplemente por diversión. Pero cuya limitante se centra en que su información está contenida en bases de datos limitadas a un único dominio, cuyos datos carecen de crecimiento o actualizaciones.

Es en este sentido la fusión de la LOD *cloud* con la Realidad Aumentada presupone interesantes beneficios, ya que parece que una tecnología complementa a la otra logrando así superar sus limitantes. Entre los beneficios que se obtienen de dicha fusión y que son los que se pretenden obtener en este proyecto de tesis son: facilitar la comprensión de los datos consultados en la LOD *cloud*, contribuir al aprendizaje por descubrimiento, apoyar a los usuarios con la comprensión de la información a través de la presentación de modelos visuales (modelos 3D) representativos de los resultados obtenidos, mejorar la experiencia de uso e interacción entre los usuarios y los datos almacenados en la LOD *cloud*, así como proporcionar una navegación entre los datos más entretenida y atractiva a la vista de los usuarios.

## **Capítulo 2 Estado de la práctica**

Actualmente el desarrollo de aplicaciones móviles con nuevas tecnologías tiene un alto crecimiento, gracias a la mejora en cuanto a las características de los dispositivos móviles, un campo importante en el desarrollo de estas aplicaciones es el cuidado de la salud ya que es un tema de vital importancia, de igual manera es un tema relevante en el rubro de la investigación por lo cual realizó la recapitulación y lectura a una serie de artículos relacionados con el presente proyecto de tesis.

El análisis de estos artículos ayuda a enriquecer el conocimiento para el desarrollo del presente proyecto, por lo cual aquí se presentan una serie de resúmenes de los artículos que se consideraron más apegados al tema que se está desarrollando, así como los artículos que ayudaron a dar un enfoque y a visualizar de mejor manera lo que se intenta lograr. Cada artículo revisado hizo un aporte significativo al conocimiento requerido para llevar a cabo este proyecto de tesis.

### **2.1 Trabajos relacionados**

A continuación, se presenta un breve resumen de los artículos más significativos que se revisaron separados en dos secciones, en la primera sección se muestran los trabajos revisados de Realidad Aumentada y de LOD en diferentes dominios por separado, en la siguiente sección se muestran los trabajos que integran las dos tecnologías.

#### **2.1.1 Sistemas de Realidad Aumentada y LOD aplicados en diferentes dominios**

A pesar de que actualmente se están desarrollando diversas aplicaciones para teléfonos móviles con funciones de Realidad Aumentada, ésta no es amplia y activamente utilizada en áreas de investigación, como la Web semántica y *Linked Data*, por ende, su utilización es más lenta de lo esperado. Dunleavy y Dede [59] analizaron las posibilidades y limitaciones de la Realidad Aumentada en el aprendizaje en diferentes entornos, utilizando dispositivos móviles como son teléfonos inteligentes y tabletas, que permitieron a los participantes interactuar con la

información digital incrustada en el entorno físico. Los tipos de Realidad Aumentada con los que cuentan los profesores son: 1) Basada en la localización, presenta los medios digitales cuando el estudiante se mueve en cierta área física con un dispositivo móvil con GPS (*Global Positioning System*, Sistema de Posicionamiento Global), y 2) Basada en la visión, presenta los medios digitales cuando el estudiante apunta con la cámara de un dispositivo móvil a un objeto, por ejemplo, un código QR (*Quick Response Code*, Código de Respuesta Rápida). La Realidad Aumentada brindó a los profesores la capacidad de aprovechar el espacio físico como una capa adicional de contenido para los estudiantes, también presentó las limitantes de que el estudiante se siente abrumado por la complejidad de las actividades, limitantes tecnológicas, entre otras.

El desarrollo efectivo de las competencias para el cuidado de la salud plantea grandes desafíos educativos. Un enfoque para proporcionar oportunidades de aprendizaje es el uso de Realidad Aumentada. En [60] se proporcionó una visión general del estado actual de la Realidad Aumentada en términos de aceptación de los usuarios, las aplicaciones desarrolladas y su efecto en el desarrollo de competencias en el cuidado de la salud. Se realizó una revisión integradora de la investigación que permite la inclusión de varios diseños de investigación para comprender mejor un fenómeno de preocupación. En 2014 se encontraron 2529 trabajos de investigación sobre Realidad Aumentada en educación médica, y fueron veinticinco artículos los analizados, ya que cumplieron con los criterios de inclusión para la extracción de datos que eran diseño de un estudio científico, resultados claramente descritos, educación en ciencias de la salud, entre otros. Este estudio mostró que la Realidad Aumentada es aplicable en una amplia gama de temas en el cuidado de la salud y tiene un enorme potencial para promover el aprendizaje, sin embargo, se necesita identificar teorías de aprendizaje adecuadas para mejorar su aplicación.

Actualmente la Realidad Aumentada se está volviendo popular en la cirugía mínimamente invasiva debido a que mejora la percepción del cirujano en cuanto a la relación espacial al superponer las estructuras no visibles en imágenes endoscópicas, de igual manera promete reducir el tiempo y aumentar la precisión quirúrgica. En [61] se presenta un sistema de Realidad Aumentada basado en video para ayudar a médicos en cirugías mínimamente invasivas, este sistema implementó diferentes técnicas de visualización de Realidad Aumentada como son

superposición transparente, ventana virtual, máscara de puntos aleatorios y el método fantasma, además de introducir el método fantasma de profundidad para mejorar la percepción de la relación espacial. Este sistema se concentra en la extirpación de un tumor dentro de un riñón, para comprobar su efectividad se llevaron a cabo experimentos tanto simulados como en vivo y los resultados indicaron que la visualización de Realidad Aumentada puede proporcionar navegación útil durante una cirugía.

Las actividades humanas están relacionadas con la información geográfica todo el tiempo, es muy natural e importante integrar la tecnología de Realidad Aumentada con el SIG (Sistema de Información Geográfica). Por lo cual, en [62] se estudió ARGIS (*Augmented Reality Geographic Information System*, Sistema de Información Geográfica de Realidad Aumentada) y basándose en él, se diseñó ARPPS (*Mobile Augmented Reality Pipeline Prospect System*, Sistema Móvil de Prospección de Tuberías de Realidad Aumentada) que tomó datos del oleoducto subterráneo en Quingdao como datos experimentales para crear MVBPPS (*Machine Vision Based Pipeline Prospect System*, Sistema de Prospección de Tuberías Basado en Visión de Máquina) y SBPPS (*Sensor Based Pipeline Prospect System*, Sistema de Prospección de Tuberías Basado en Sensores). Tanto MVBPPS y SBPPS se sometieron a pruebas, donde los resultados permitieron llegar a la conclusión de que la iluminación no afecta su funcionamiento, posteriormente se aplicó un método de cuestionario *Likert* de siete puntos al personal en el campo del SIG. La aplicación presentó problemas en el modelado 3D, registro, entre otros, que necesitan resolverse.

Muchas aplicaciones utilizan la tecnología de Cómputo en la Nube (*Cloud Computing*), que es la encargada de realizar el establecimiento de grupos de servidores remotos o recursos informáticos aislados, para hacer el almacenamiento de datos centralizados. El Cómputo en la Nube proporciona plataformas para el desarrollo de aplicaciones, actúa como espacio de almacenamiento virtual, entre otras posibilidades. Es por esto que en [63], se realizó una aplicación móvil de Realidad Aumentada basada en la ubicación geográfica del usuario que utiliza la tecnología de Cómputo en la Nube para almacenar y acceder a la aplicación, en ésta los recursos utilizados se almacenaron en un servidor y se accedieron mediante un URL

(*Uniform Resource Locator*, Localizador Uniforme de Recursos) generado por la aplicación Web de Realidad Aumentada, mismo que genera el canal para acceder a la información y mediante el uso de servicios de Cómputo en la Nube, se ejecutó el canal de la aplicación, a través del que se obtiene la ubicación del usuario y se muestran modelos 2D, 3D, video, entre otros. Las aplicaciones de Realidad Aumentada basadas en la geolocalización proporcionan servicios más interactivos a los usuarios y es especialmente útil en el campo del turismo y la navegación.

La teoría de la simulación, la Realidad Aumentada y el aprendizaje basado en juegos no son conceptos nuevos. Sin embargo, la utilización e integración de los tres en el ámbito de la educación del cuidado de la salud sí lo es. Por lo cual, en [64] los conceptos mencionados se fusionaron para el desarrollo de *ARISE (Augmented Reality Integrated Simulation Education, Realidad Aumentada para Educación y Simulación Integrada)*. *ARISE* se basa en juegos dentro de escenarios para estudiantes del cuidado de la salud, también contiene escenarios para enfermería, asistente médico, asistente de enfermería, entre otros. Dentro de *ARISE* hay diferentes niveles y éstos se diseñaron para corresponder con el nivel del estudiante. Para probar *ARISE* se diseñaron cuatro prototipos de escenarios incluyendo diferentes niveles y se realizaron pruebas con personas del ámbito de la atención de la salud con resultados positivos y se obtuvo retroalimentación. Se considera que *ARISE* es una forma emergente, versátil e innovadora de educar a los estudiantes.

La Realidad Aumentada permite a los usuarios recuperar información adicional sobre objetos y ubicaciones del mundo real. La exploración de tal información basada en la localización en Realidad Aumentada requiere movimiento físico a diferentes puntos de vista, lo cual es agotador e incluso imposible cuando los puntos de vista están fuera del alcance. En [65], se presentaron técnicas de exploración centradas en objetos (OCE) para Realidad Aumentada en dispositivos móviles, en este caso una tableta. OCE utiliza una metáfora de copia virtual para obtener acceso a puntos de vista lejanos de un objeto real en la vista de Realidad Aumentada del usuario. También se evaluaron las interfaces OCE diseñadas en una serie de estudios en condiciones tanto controladas como reales, de igual manera se compararon con una interfaz de mapa 3D,



siendo las interfaces OCE superiores. Las áreas de aplicación relevantes para las técnicas que se presentaron son turismo móvil y planificación urbana.

La Realidad Aumentada en dispositivos móviles está evolucionando y ofrece un gran potencial en términos de aprendizaje y formación. En este contexto, en [66] se desarrolló un prototipo de entorno de aprendizaje móvil para la plataforma Android llamado HuMAR (*Human Anatomy in Mobile Augmented Reality*, Anatomía Humana en Realidad Aumentada Móvil), cuyo tema de aprendizaje seleccionado fue anatomía de la estructura del esqueleto humano. HuMAR se creó para ayudar a los estudiantes a mejorar su proceso de aprendizaje. El desarrollo del prototipo HuMAR consistió en cinco fases: 1) Identificación de los requisitos funcionales; 2) Identificación de los requisitos técnicos; 3) Desarrollo de prototipos; 4) Pruebas piloto, y 5) Aplicación del prototipo. El prototipo HuMAR se probó por estudiantes de ciencias de tres universidades diferentes, el objetivo de dichas pruebas era consolidar la experiencia de los usuarios desde un punto de vista didáctico y técnico. Con base en los resultados de las pruebas, se concluyó que los estudiantes estaban satisfechos con HuMAR en términos de usabilidad y características.

Existe gran abundancia de información sobre los medicamentos disponibles en la Web, y estos datos no están conectados entre sí, lo que reduce la facilidad para obtener conocimiento. Por lo cual, en [12] se presentó el trabajo anterior y el trabajo en curso de la LODD (*Linked Open Drug Data*, Datos de Medicamentos Abiertos Enlazados) que es un grupo de trabajo del W3C HCLS IG (*Health Care and Life Sciences Interest Group*, Grupo de Interés de la Salud y Ciencias de la Vida). LODD investigó los datos disponibles sobre los fármacos y creó representaciones *Linked Data*, también proporcionó recomendaciones para mejores prácticas de exposición de datos en una representación *Linked Data*. Además, el objetivo de LODD es convertirse en un parteaguas para otros proveedores y consumidores de *Linked Data* en el ámbito farmacéutico, ayudando con la documentación, la interconexión, la gestión de la calidad y el cumplimiento de formatos estándar y vocabularios.

Los médicos se preocupan por la necesidad de conocer la gran cantidad de información que existe sobre los diferentes medicamentos y la rápida evolución de la industria farmacéutica.

Aunque se publican muchas fuentes de datos estructurados y no estructurados sobre medicamentos en la Web, la búsqueda a través de estas fuentes es muy lenta. Es por esto que Kozák et al. [67] identificó esas fuentes de datos de acuerdo con las necesidades de información de los médicos, estas necesidades se obtuvieron después de hacer entrevistas a más de cuarenta médicos de la República Checa. Entre las fuentes identificadas de datos estructurados están: *Medical Subject Headings* (MeSH), *DrugBank*, entre otras. Mientras que en las fuentes de datos no estructurados se identificaron los resúmenes de las características de los productos (SPC) y las etiquetas FDA (*Food and Drug Administration*, Agencia de Alimentos y Medicamentos). Se integraron dichas fuentes con relativa facilidad utilizando los principios de *Linked Data* y métodos de NLP (*Natural Language Processing*, Procesamiento del Lenguaje Natural). También se desarrolló una aplicación Web que explota los conjuntos de datos y enlaces obtenidos y tiene funciones que sirven como soporte para la toma de decisiones clínicas.

En la actualidad las bases de datos de libros o artículos desempeñan un papel importante para la investigación académica, este tipo de investigación requiere de diversidad y volumen de datos e información de diferentes fuentes, tomando en cuenta que cada día se generan grandes cantidades de datos aumentando la necesidad de tener una forma efectiva de conectar y compartir datos en la Web. En [68] proponen un sistema de recuperación en línea que conecta y agrega datos de diversas fuentes a través de LOD, principalmente se extrajeron datos de KMBase que es la base de datos académicos sobre salud más grande de Corea proporcionando más de 560 mil datos bibliográficos y resúmenes de más de 800 revistas en áreas de atención médica. Los datos extraídos se almacenaron en una base de datos relacional para ser convertidos en un conjunto de datos en formato RDF llamado KMLoD (*Linked Open Data Service for Korean Medical Database*, Servicio de Datos Abiertos Enlazados para una Base Médica Coreana) que fue vinculado a otras fuentes de datos como PubMed, DBpedia y BioPortal. De igual manera presentaron un sistema Web que permite a los usuarios buscar artículos mediante palabras clave, seguir enlaces a los artículos o términos relacionados, así como también integra un SPARQL endpoint en donde los usuarios familiarizados pueden realizar diferentes tipos de consultas.

Durante los últimos años, muchas organizaciones gubernamentales publican gran variedad de datos en la Web. Sin embargo, la calidad de los datos difiere ampliamente incluso en los casos en que los datos se publican utilizando los principios de *Linked Data*. Las personas interesadas quieren investigar la información proporcionada, pero el uso y la comprensión de las fuentes relevantes es una tarea difícil para el usuario. Los datos abiertos del gobierno tienen por objetivo proporcionar transparencia a las funciones gubernamentales. Pero la gran cantidad de datos, la heterogeneidad esquemática y la falta de coherencia complican el acceso y la integración. Por tal motivo, en [69] se presentó un prototipo basado en la Web llamado GovWILD (*Government Web Data Integration for Linked Data*, Integración de Datos Web Gubernamentales para Datos Vinculados) que integra y limpia los datos abiertos del gobierno a gran escala, y pone a disposición un conjunto de datos de un caso de uso para su descarga. Estos datos se usan para responder preguntas sobre políticos, empresas y fondos gubernamentales.

### 2.1.2 Sistemas de Realidad Aumentada y LOD integrados

En [70], se presentó la demostración de una aplicación de Realidad Aumentada móvil enfocada al turismo que muestra contenido digital con información obtenida de diferentes fuentes de la LOD. Para la construcción de la aplicación se llevaron a cabo tres pasos: 1) Construcción de un conjunto de datos utilizables obtenidos de DBpedia.org, LinkedGeoData.org y el portal del gobierno rumano; 2) Recopilación, mapeo e integración de los datos utilizando LDIF (*Linked Data Integration Framework*, Marco de Integración de Datos Enlazados), el cual emitió los datos en un almacén *Open RDF Sesame RDFS* (*Resource Description Framework Schema*, Esquema de Marco de Descripción de Recursos), además de la construcción de una API (*Application Programming Interface*, Interfaz de Programación de Aplicaciones) para consultar y devolver datos en formato JSON (*JavaScript Object Notation*, Notación de Objetos JavaScript), y 3) Construcción de la aplicación utilizando bibliotecas *Javascript* como son *awe.js* y *three.js*. Se obtuvo una aplicación de Realidad Aumentada para dispositivos móviles que se ejecuta en el *browser* y que consume y despliega información contenida en la LOD.

Las aplicaciones para dispositivos móviles de Realidad Aumentada para el sector turístico son estáticas debido a que su contenido es de bases de datos creadas para la aplicación o se obtiene de fuentes de información como *Wikipedia*. Por ello Vert y Vasiu [71] propusieron un modelo con un conjunto de directrices para la implementación de una aplicación móvil turística de Realidad Aumentada que integró LOD, el desarrollo de un prototipo de la aplicación y el análisis de la utilidad de la integración de múltiples fuentes de información *Linked Data* para poner en evidencia los problemas que se presentan y proponer soluciones. El modelo para la construcción de la aplicación móvil consta de las etapas de identificación, modelado, generación, publicación, integración y explotación. Se construyó el prototipo, que es una aplicación turística de Rumania para utilizarse en el *browser* Web de un dispositivo móvil. Además, se propuso mejorar la integración de datos mediante la inclusión de un conjunto de datos adicionales, un análisis más detallado, entre otros.

La Realidad Aumentada móvil se convirtió en la forma más popular de Realidad Aumentada, esto debido a la creciente proliferación de dispositivos móviles. El turismo es uno de los campos donde el despliegue de esta tecnología es el más adecuado. En [72], se abordó el tema de las fuentes de contenido para las aplicaciones para dispositivos móviles de Realidad Aumentada y aspectos relevantes para la integración de *Linked Data*. El contenido de las aplicaciones de Realidad Aumentada móviles es uno de los puntos críticos para la aceptación de estas, este contenido está limitado por las fuentes de información que las aplicaciones utilizan como son bases de datos relacionales, que almacenan pocos atributos sobre los puntos de interés, por esta razón existe la tendencia a desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada que integren fuentes heterogéneas de información como *Linked Data*. Las investigaciones tienen que centrarse en la integración a gran escala de geodatos, manteniendo su precisión y el rendimiento en la adaptación de ontologías y algoritmos de desambiguación de entidades relevantes para los turistas.

El *e-learning* colaborativo se basa en un modelo en el que el conocimiento se crea mediante la interacción entre miembros que comparten experiencias y conocimientos. Las tecnologías móviles *e-learning* permiten el aprendizaje en cualquier lugar y momento, por lo que en [73] se

trató de aprovechar las tecnologías móviles y semánticas como LOD en un entorno colaborativo *e-learning* creando la aplicación *SmartTourism*, para la que se creó la ontología del mismo nombre. La arquitectura de dicha aplicación implica: 1) Obtener información de *Open Data* (Datos Abiertos) y fuentes semánticas; 2) Integrar la información de fuentes de datos, y 3) Mostrar información al turista por el servicio de guía turístico resultante. Los principales beneficios de *SmartTourism* son que permite al usuario seleccionar la ciudad y el idioma con el que se desea utilizar, muestra en un mapa los monumentos más importantes de la ciudad, desde cada monumento es posible ver su historia e imágenes y el usuario diseña sus propias rutas sobre el mapa. Con la creación de esta aplicación se concluyó que las tecnologías semánticas como ontologías y LOD son herramientas poderosas para compartir información y colaborar entre sí para generar conocimiento y aprendizaje sobre un tema.

Las aplicaciones de Realidad Aumentada tipo *browser* se caracterizan por la visualización de puntos de interés obtenidos de la ejecución de consultas a bases de datos espaciales. La arquitectura de estas aplicaciones se compone por tres partes: 1) El *browser* de Realidad Aumentada; 2) Un servidor de Realidad Aumentada, y 3) Un punto de interés (POI) que gestiona y almacena el contenido. En esta arquitectura la selección e integración de las fuentes de información es estática y no escalable, la información contextual está subutilizada y la experiencia de navegación no admite el descubrimiento y la exploración de nuevos datos. En [74] se discute como utilizar LOD, para abordar las deficiencias actuales en las aplicaciones móviles de Realidad Aumentada, los problemas que surgen al combinar estas tecnologías y las formas de cómo solucionarlos. Ejemplos de estos problemas son la sobrecarga de información, la cual tiene que seleccionarse, filtrarse y agruparse en entidades y temas, la complejidad de las tecnologías de consulta, así como la confianza de la procedencia en los datos, para este último punto la W3C está haciendo esfuerzos para obtener estándares abiertos.

Los avances técnicos en tecnología móvil llevan a un creciente deseo de explotar *Linked Data* para la integración y visualización de Realidad Aumentada en dispositivos móviles. Sin embargo, los enfoques actuales están vinculados a las infraestructuras cliente-servidor existentes o utilizan fuentes de datos cerradas y formatos de datos propietarios. En [75] se presentó un

modelo computacional basado en un arquetipo matemático, dicho modelo combina un enfoque de seguimiento basado en sensores con un marco de procesamiento y gestión de RDF (*Resource*

*Description Framework*, Marco de Descripción de Recursos) móvil, para la provisión y complementación de *Linked Data*, con información geográfica relacionada, para permitir la visualización de puntos de interés en interfaces de aplicaciones móviles de Realidad Aumentada. Se demostró la aplicabilidad del modelo propuesto mediante una prueba de concepto de la aplicación de Realidad Aumentada que recupera y agrega los datos de una montaña de un conjunto de fuentes y muestra esos datos en una interfaz de vista en vivo. El enfoque es eficiente, ya que no requiere una conexión de red permanente y permite procesar *Linked Data* directamente en un dispositivo móvil.

## 2.2 Análisis comparativo



A continuación, se muestra la Tabla 2.1 con una comparativa de los artículos recopilados que se relacionan con el desarrollo de este proyecto de innovación.






**Tabla 2.1. Análisis comparativo de los artículos relacionados**






Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
<b>Dunleavy et al. [59]</b>	Hay pocos equipos de investigación y desarrollo explorando activamente cómo la Realidad Aumentada móvil se utiliza para	Revisión de la literatura centrada en la Realidad Aumentada para el aprendizaje que utiliza tecnologías móviles sensibles al contexto.	Educación	No aplica	Resumen de los hallazgos de la investigación sobre Realidad Aumentada en entornos de aprendizaje formales e informales con	Finalizado





Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	<p>mejorar la enseñanza y el aprendizaje.</p>				<p>énfasis en las posibilidades y limitaciones asociadas, en relación con la enseñanza y el aprendizaje.</p>	
<p><b>Zhu et al.</b> [60]</p>	<p>El desarrollo efectivo de las competencias para el cuidado de la salud plantea grandes desafíos educativos. Un posible enfoque para proporcionar oportunidades de aprendizaje es el uso de la Realidad Aumentada,</p>	<p>Proporcionar una visión general del estado actual de la Realidad Aumentada en términos de aceptación de los usuarios, las aplicaciones desarrolladas y el efecto en el desarrollo de</p>	<p>Investigación</p>	<p>No Aplica</p>	<p>Se encontraron 2529 trabajos de investigación. Se incluyeron tres estudios cualitativos, veinte cuantitativos y dos mixtos. Se mostró que la Realidad Aumentada se aplicó en una amplia gama de temas en la</p>	<p>Finalizado</p>











Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	<p>donde las experiencias de aprendizaje virtual se incorporan en un contexto físico real.</p>	<p>competencias en la asistencia sanitaria.</p>			<p>educación sanitaria y se demostró la aceptación de Realidad Aumentada como tecnología de aprendizaje.</p>	
<p><b>Wang et al.</b> [61]</p>	<p>A pesar de que las cirugías mínimamente invasivas tienen beneficios para los pacientes como el tamaño pequeño de la herida y tiempo de recuperación más corto, este tipo de cirugías presentan</p>	<p>Desarrollar un sistema de Realidad Aumentada basado en video para ayudar a las cirugías mínimamente invasivas.</p>	<p>Cuidado de la salud</p>	<p> Realidad Aumentada  Impresión 3D</p>	<p>Un sistema de Realidad Aumentada basado en video para ayudar a médicos en cirugías mínimamente invasivas de tumores en riñones.</p>	<p>Con trabajo a futuro</p>










Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	<p>desafíos significativos a los cirujanos ya que los objetivos generalmente se encuentran detrás de la superficie visible.</p>					
<p><b>Zhang et al.</b> [62]</p>	<p>Dado que las actividades humanas están relacionadas con la información geográfica todo el tiempo, es importante integrar la tecnología de Realidad</p>	<p>Realizar ARPPS para la prospección de tuberías mediante Realidad Aumentada desde terminales móviles.</p>	<p>Geografía</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> ARGIS</li> <li> PostGIS</li> <li> GeoJSON</li> <li> SFM (<i>Structure From Motion</i>, Estructura de Movimiento)</li> <li> PTAM (<i>Parallel Tracking and Mapping</i>, Seguimiento y Mapeo Paralelo)</li> </ul>	<p>La aplicación móvil ARPPS. El sistema MVBPPS que adoptó el registro y el seguimiento basados en SFM, además de utilizar TCNN para optimizar el proceso de</p>	<p>En corrección de errores</p>











Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	Aumentada con el SIG.			 TCNN <i>(Transiently Chaotic Neural Network, Red Neuronal Caótica Transitoria)</i>	coincidencia de características 3D. SBPPS adoptó el registro y el seguimiento basados en procesamiento multi-sensor.	
<b>Sundaram et al. [63]</b>	No se aprovecha el aumento de los dispositivos móviles y las ventajas que ofrece el <b>Cómputo en la Nube</b> para realizar aplicaciones que combinen la Realidad	Desarrollar una aplicación de Realidad Aumentada basada en ubicación que utilice <b>Cómputo en la Nube</b> .	Turismo	 XML  GPS  Realidad Aumentada  <i>Cloud Computing</i>	Una aplicación móvil de Realidad Aumentada basada en ubicación que usa <b>Cómputo en la Nube</b> para almacenar y acceder a dicha aplicación y que es compatible con iOS y Android.	Finalizado

Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	Aumentada y el Cómputo en la Nube.					
<b>Carlson et al. [64]</b>	La utilización e integración de la teoría de la simulación, la Realidad Aumentada y el aprendizaje basado en el juego es nuevo en la educación sanitaria. Por lo tanto, la investigación actual se basa principalmente en los conceptos individuales o la	Fusionar los conceptos de simulación, Realidad Aumentada y la teoría del aprendizaje basado en el juego en un prototipo del proyecto ARISE para estudiantes del cuidado de la salud.	Cuidado de la salud	<ul style="list-style-type: none"> <li> ARIS</li> <li> Códigos QR</li> <li> HTML5</li> <li> Realidad Aumentada</li> </ul>	Prototipo del proyecto ARISE para la educación de estudiantes del cuidado de la salud con diferentes niveles y cuatro prototipos de escenarios, las pruebas demostraron uso versátil y revisiones favorables.	En mejoras y ampliación














Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	integración de dos de los tres.					
<b>Tatzgern et al. [65]</b>	La exploración de la información que permite recuperar la Realidad Aumentada basada en localización requiere de movimiento físico a diferentes puntos, lo cual es agotador o imposible cuando los puntos están fuera del alcance.	Presentar técnicas de exploración centradas en objetos para Realidad Aumentada en dispositivos móviles que permitan a los usuarios acceder a información libremente.	Turismo y planificación urbana	 Mapas 3D  Lightwave'12  Realidad Aumentada	Interfaces OCE, que permiten a los usuarios explorar objetos distantes del mundo real. Las interfaces OCE superaron a las interfaces de mapas 3D, según las comparaciones realizadas.	Finalizado
<b>Salmi et al. [66]</b>	La tecnología ayuda a los	Ayudar a los estudiantes con la	Educativo	 Vuforia  3D Studio Max	Prototipo de aplicación móvil	Finalizado
















Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	estudiantes en la adquisición de información y material de referencia cuando lo requieran. Por lo cual es importante incorporar la Realidad Aumentada en un ambiente de aprendizaje en la educación superior.	retención y generación de información durante más tiempo al aprender un tema y potencialmente mejorar su proceso de aprendizaje.		 Unity 3D  Realidad Aumentada	HuMAR, con resultados en sus pruebas piloto que concluyen que los estudiantes están satisfechos con HuMAR en términos de usabilidad y características.	
<b>Samwald et al.</b> [12]	La naturaleza heterogénea de los datos de la investigación farmacéutica y su	LODD trabaja con <i>Linked Data</i> para hacer que la WWW sea útil para compartir e	Cuidado de la salud	 <i>Linked Data</i>	Se pusieron a disposición doce conjuntos de datos de acceso abierto	En Construcción










Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	amplia distribución en artículos de revista, patentes, entre otros, hace que la búsqueda y el descubrimiento de patrones sea una tarea tediosa y manual.	interconectar datos en niveles ampliamente detallados.			relacionados con la investigación. Se dan recomendaciones para mejores prácticas de exposición de datos en representaciones <i>Linked Data</i> .	
<b>Kozák et al.</b> [67]	El único sistema con el que cuentan los médicos para conocer la información de los medicamentos son los SPC, que hacen lenta la	Identificar las fuentes de datos de acuerdo con las necesidades de información de los médicos y mostrar que se integran con cierta facilidad.	Cuidado de la salud	<ul style="list-style-type: none"> <li> <i>Linked Data</i></li> <li> NLP</li> <li> SPARQL</li> <li> RDF</li> <li> GATE</li> <li> Featurama</li> <li> Treex</li> <li> XML</li> <li> UMLS (<i>Unified Medical</i></li> </ul>	Un enfoque en la adopción de <i>Linked Data</i> en la práctica clínica. Se integraron datos estructurados y no estructurados, resultando nueva información útil e interesante. Se creó	Finalizado


Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	obtención del conocimiento.			<p><i>Language System</i>, Sistema de Lenguaje Médico Unificado)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Java</li> <li> GWT (<i>Google Web Toolkit</i>, Herramientas Web de Google)</li> </ul>	una aplicación que sirve como herramienta de apoyo a la decisión clínica de los médicos.	
<b>Chhaya et al.</b> [68]	La investigación académica requiere de diversidad y volumen de datos e información de diferentes fuentes, teniendo la necesidad de una forma	Conectar y agregar datos e información médica de diversas fuentes para crear un conjunto de datos abiertos enlazados.	Cuidado de la salud	<ul style="list-style-type: none"> <li> RDF</li> <li> SPARQL</li> <li> LOD</li> <li> SQL</li> <li> MySQL</li> <li> HTML</li> <li> Ontop</li> <li> R2RML (<i>RDB to RDF Mapping Language</i>,</li> </ul>	Un conjunto RDF de datos médicos llamados KMLOD enlazado DBpedia, BioPortal y PubMed, además de un sistema Web que permite buscar artículos, seguir enlaces a artículos	Finalizado

















Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	efectiva de conectar y compartir datos en la Web.			Lenguaje de mapeo de RDB a RDF)  OWL  JSON	relacionados y realizar consultas SPARQL.	
<b>Böhm et al.</b> [69]	La cantidad de datos proporcionados en la Web aumentó enormemente. Sin embargo, la calidad de los datos difiere ampliamente. El uso y la comprensión de las fuentes relevantes es una	Integrar e interconectar los datos gubernamentales mediante la creación de vínculos entre conjuntos de datos existentes, así como proporcionar una aplicación basada en Web que permita la exploración de los datos resultantes.	Gobierno	 LOD  CSV  TSV  XML  Hadoop  Jaql  DuDe  SPARQL  Workbench  JSON  RDF	El prototipo GovWILD basado en Web que integra y limpia los datos abiertos del gobierno a gran escala. También se proporcionaron los datos integrados para responder sobre políticos, empresas y fondos gubernamentales como una descarga.	Finalizado

Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	tarea difícil para un usuario.					
Vert et al. [70]	Necesidad de herramientas de visualización y exploración de LOD que las personas utilizan para dar sentido a los datos y convertirlos en información útil.	Utilizar aplicaciones móviles de Realidad Aumentada como herramientas interactivas y para la exploración del mundo circundante de un usuario.	Turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li> LOD</li> <li> LinkedGeoData</li> <li> GPS</li> <li> LDIF</li> <li> SPARQL</li> <li> Open Refine</li> <li> Open RDF</li> <li> Sesame RDFS</li> <li> JSON</li> <li> awe.js</li> <li> three.js</li> </ul>	Una aplicación de Realidad Aumentada móvil que se ejecuta en el <i>browser</i> y que consume y muestra datos de la LOD, un marco de integración de <i>Linked Data</i> y la construcción de una API para extraer datos de un <i>triple store</i> .	Con trabajo a futuro
Vert et al. [71]	Las aplicaciones de Realidad Aumentada enfocadas al	Integrar fuentes de información abierta como una solución adecuada para	Turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li> LOD</li> <li> LinkedGeoData</li> <li> GPS</li> <li> LDIF</li> </ul>	Un modelo para la construcción de una aplicación móvil de Realidad	Finalizado

Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	turismo son estáticas, debido a la naturaleza del contenido que procesan y almacenan, esto es una limitación para los turistas acostumbrados a la información dinámica.	superar limitaciones de las actuales aplicaciones de Realidad Aumentada móvil.		 SPARQL  Open Refine  OpenRDF Sesame RDFS  JSON  awe.js  three.js  WebRTC  WebGL  Realidad Aumentada	Aumentada que integra LOD y un prototipo de la aplicación móvil que se ejecuta en el <i>browser</i> , enfocada al sector turístico de Timisoara en Rumania.	
<b>Vert et al.</b> [72]	El enfoque habitual de los desarrolladores de contenidos para las aplicaciones para dispositivos móviles de Realidad Aumentada limita	Identificar los beneficios de explotar los principios de <i>Linked Data</i> para enriquecer el contenido en aplicaciones para dispositivos	Turismo	No aplica	La exploración de varios aspectos relevantes para la explotación, la calidad, la procedencia y la confianza de los datos, así como la integración de los	En investigación

Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	la profundidad de la información para los turistas.	móviles de Realidad Aumentada para turistas.			datos geográficos obtenidos de <i>Linked Data</i> .	
<b>Fermoso et al.</b> [73]	Construir conocimiento colaborativo del patrimonio cultural entre LOD publicados por un gobierno regional, enriquecido con datos de otras fuentes LOD <i>cloud</i> .	Fusionar los conceptos de <i>e-learning</i> , LOD, aprendizaje móvil y Web Semántica para construir el conocimiento del patrimonio cultural de forma colaborativa, en un sistema.	Turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li> LOD</li> <li> Flickr</li> <li> XML</li> <li> SPARQL</li> <li> CRUZAR</li> <li> CONTUR</li> <li> SAXL (<i>Simple API for XML</i>, Simple API para XML)</li> <li> Jena</li> </ul>	Metodología para integrar diferentes fuentes de datos. Ontología para integrar la información sobre el patrimonio cultural. Aplicación móvil SmartTourism que funciona como guía turística.	Finalizado
<b>Reynolds et al.</b> [74]	Examinar las arquitecturas típicas de las aplicaciones de	Presentar reflexiones sobre cómo superar las limitaciones de las	Investigación	No Aplica	Un documento de opinión respecto a un escenario de aplicación móvil de	Finalizado

Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	Realidad Aumentada móvil, así como sus limitaciones.	aplicaciones de Realidad Aumentada móvil.			Realidad Aumentada deseable y una discusión de cómo LOD se utiliza para abordar las deficiencias actuales y los problemas que surgen con su utilización.	
<b>Zander et al. [75]</b>	El deseo de explotar <i>Linked Data</i> para integrarla en aplicaciones para dispositivos móviles de Realidad Aumentada es	Presentar un modelo computacional basado en un arquetipo matemático y que combina un enfoque de seguimiento	Turismo	<ul style="list-style-type: none"> <li> LOD</li> <li> RDF móvil</li> <li> <i>Androjena</i></li> <li> GeoSPARQL</li> <li> Silk</li> <li> GPS</li> <li> <i>GeoNames</i></li> <li> <i>Earthtools</i></li> </ul>	Modelo computacional basado en un arquetipo matemático, que explota datos de sensores en combinación con información	Con trabajo a futuro

Artículo	Problema	Objetivo	Contexto	Tecnologías	Resultado	Estado
	frustrado, ya que los enfoques actuales están vinculados a las infraestructuras cliente-servidor existentes o utilizan fuentes de datos cerradas y formatos de datos propietarios.	mediante sensores con procesamiento y gestión de RDF móvil para la provisión y complementación de <i>Linked Data</i> con información geográfica, que se presenta en una aplicación móvil de Realidad Aumentada.		 ARML <i>(Augmented Reality Markup Language,</i> Lenguaje de Etiquetado de Realidad Aumentada)  Vicenty  <i>LinkedGeoData</i>  <i>OpenSreetMap</i>  XML  Realidad Aumentada	geográfica proporcionada por fuentes <i>Linked Data</i> para permitir la visualización de puntos de interés en interfaces de Realidad Aumentada y procesa datos enlazados directamente en un dispositivo móvil.	

Como se muestra en la Tabla 2.1 actualmente el desarrollo e investigación sobre las tecnologías Realidad Aumentada y LOD es cada vez más amplio, y se da en diferentes contextos, por ejemplo, en la medicina, en el turismo, en la educación y en la literatura, por mencionar sólo algunos. Cada vez se logran mayores avances en la aceptación de la Realidad Aumentada en diferentes ámbitos, lo que desencadena en el desarrollo de mejores aplicaciones de software y una interacción más amigable con ellas. De igual manera pasa con LOD, ya que cada vez se logra explotar mejor la información en diferentes ámbitos, lo cual es beneficioso para aumentar el conocimiento de los usuarios.

Un aspecto por destacar tras el análisis de la literatura realizado en este capítulo es que, aunque existen varios proyectos que fusionan la Realidad Aumentada con LOD, dicha fusión de tecnologías se limita en su mayoría al ámbito turístico esto es apreciable en los artículos [63], [70], [71], [75]; por lo cual es posible decir que la falta de explotación, hace que no se enriquezcan con la integración de Realidad Aumentada la mayoría de las áreas de conocimiento incluidas en la LOD *cloud* como son la gubernamental, la del cuidado de la salud, la lingüística, por mencionar sólo algunas. Con base en lo anterior, es importante mencionar que en este proyecto de innovación se considera que extender las áreas de aplicación, así como la fusión de recursos LOD con técnicas de Realidad Aumentada, traerá consigo mayores beneficios tanto en conocimiento como en experiencia para los usuarios.

También es importante recalcar que gracias a la lectura de los artículos se identificaron algunas tecnologías de las cuales se leyó y se tenía en mente para utilizar y al ver que otros autores las utilizaron parecen factibles para su utilización como fue el caso de [66] el cual ocupó Vuforia para el procesamiento de la Realidad Aumentada y Unity para el desarrollo de su aplicación. De igual manera es importante mencionar que los artículos [64], [66], [73] utilizaron Realidad Aumentada basada en reconocimiento de marcadores como código QR o imágenes, mientras que [62], [65], [70], [71], [75] utilizaron geolocalización mediante mapas y GPS.

Por último, los artículos [12], [67], [68] y [69], están enfocados a LOD y LOD cloud en diferentes ámbitos que van desde datos gubernamentales, literatura, investigación así como medicina lo que deja ver que hay basta información para el desarrollo de aplicaciones enfocadas a diferentes ámbitos pero todas haciendo uso de la información contenida en la LOD y la LOD cloud.

### **2.3 Propuesta de solución**

En la presente sección se presenta una propuesta de solución al presente proyecto mediante las diversas tecnologías presentadas en el capítulo anterior, y que abarcan diferentes aspectos del proyecto como lo son, herramienta para RA, IDEs para desarrollo de aplicaciones, motor

de juegos, lenguajes de programación, así como los servicios web. Posteriormente a la descripción de una solución se presenta una justificación del porque las tecnologías elegidas.

### 2.3.1 Solución propuesta

Para llegar a la presente solución se tomaron en cuenta diversos aspectos de las tecnologías seleccionadas como lo fueron las características, el soporte, las ventajas y desventajas, la documentación existente, así como el precio y licencia de estas sobre todo en el caso de la herramienta para RA, otro aspecto muy importante que se consideró para poder hacer la selección de dichas tecnologías fue la integración que existe entre ellas ya que si esta no era posible, no sería posible el correcto desarrollo del presente proyecto. A continuación, se describe brevemente las tecnologías seleccionadas.

Herramienta para RA:

- Vuforia, mediante su SDK permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada con reconocimiento de marcadores, cuenta con una versión de desarrollador sin costo, y permite una fácil integración con Unity para el desarrollo de aplicaciones móviles para Android y iOS.

IDEs:

- Xamarin Studio /Visual Studio este IDE permite el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles con sistemas operativos Android como iOS en el lenguaje C#, además de ser el IDE por defecto para la integración de scripts C# al desarrollo de aplicaciones en Unity.
- Netbeans es el entorno de desarrollo recomendado por Oracle para la creación, depuración y despliegue de aplicaciones Java, además de contar con la integración de servidores para realizar pruebas de servicios web creados en Java.

Motor de juegos:

- Unity es el motor de juegos para el cual Vuforia provee un SDK, además de contar con una amplia documentación y permitir el desarrollo de aplicaciones para



dispositivos móviles, también es destacable mencionar que permite la integración de múltiples formatos de modelos 3D.

Lenguajes de programación:

- C# es el lenguaje de programación utilizado para el desarrollo de aplicaciones tanto en los IDEs Xamarin Studio/Visual Studio como por el motor de juegos Unity, lo cual lo convierte en el lenguaje a utilizar para el desarrollo de la aplicación móvil.
- Java en su versión EE se convierte en unas de las plataformas más utilizadas en el desarrollo de aplicaciones web por la creación de aplicaciones robustas y seguras, por esto y por su correcta integración con Apache Jena se eligió como lenguaje para el desarrollo del servicio web basado en REST.
- Apache Jena es un marco de trabajo para Java utilizado para el desarrollo de aplicaciones que leen y procesan tripletas RDF, provenientes de la LOD *cloud*.

### 2.3.2 Justificación de la solución seleccionada

La selección de las tecnologías como se mencionó en el apartado anterior se basó en varios aspectos uno de los más importantes es la integración con las demás tecnologías por lo cual una de las selecciones más importantes fue la de Vuforia como herramienta para Realidad Aumentada. La justificación para la elección de esta es la siguiente:

Vuforia provee de un SDK el cual, a pesar de no ser libre, cuenta con una licencia de desarrollador la cual permite utilizarla sin tener que pagar, de igual forma permite la integración con Unity el cual facilita el desarrollo de aplicaciones móviles, por ejemplo, facilitando la integración de los modelos 3D en diferentes formatos. Por lo cual la elección de Vuforia y su integración con Unity hacen necesaria la utilización de C# y que la utilización de Xamarin Studio/Visual Studio sea factible ya que la lógica de programación de lo creado en Unity se hace en este lenguaje y Unity se integra de manera correcta con Xamarin Studio/Visual Studio por lo que de esta manera se justificarían la utilización de estas tres tecnologías.

De igual manera tomando en cuenta que el presente proyecto incluye el consumo de información contenida en la LOD *cloud* se tiene que utilizar alguna herramienta para poder hacer esto, por lo cual se eligió Apache Jena, por ser libre, tener una gran documentación, además de ser el recomendado por el W3C, y al ser un marco de trabajo Java esto igual justifica la elección de Java como otro lenguaje de programación para trabajar como servicio web para obtener la información de los conjuntos de datos RDF, de igual manera en este apartado se encuentra la elección de NetBeans por ser el recomendado por Oracle empresa que se encuentra detrás de Java, además de que este IDE cuenta con un compilador y como se mencionó antes la integración de servidores para la realización de pruebas.

A pesar de que no todas las herramientas utilizadas son de código abierto, éstas si permiten el desarrollo de presente proyecto de manera que no se tenga que realizar una inversión económica en cuanto a adquisición de software se refiere, de igual manera las tecnologías analizadas son tecnologías que están en constantes mejoras y actualizaciones lo que implica que no son tecnologías que se puedan quedar sin soporte a corto o mediano plazo.

## **Capítulo 3 Aplicación de la metodología**

En el presente capítulo se describe el análisis, diseño y desarrollo de la aplicación de Realidad Aumentada para dispositivos móviles con la integración de LOD *cloud* a través de las fases de la metodología propuesta. En primer lugar, se muestra la arquitectura diseñada para la aplicación, así como la descripción de sus componentes, de igual forma se muestra el flujo de trabajo que esta tendrá con la intención de proporcionar al lector la información necesaria para la comprensión del funcionamiento de dicha arquitectura.

También se mostrarán una serie de diagramas realizados para el diseño y documentación de la aplicación. Además, se muestra el desarrollo de los elementos y componentes fundamentales que forman la aplicación, describiendo la realización de estos a través de la metodología elegida.

### **3.1 Aplicación de las fases que conforman a la metodología elegida para el desarrollo de la aplicación**

Como se mencionó en los capítulos anteriores se eligió una metodología ágil para el desarrollo de aplicaciones móviles la cual tiene por nombre Mobile-D esta metodología tiene las fases de Exploración, Inicialización, Productización, Estabilización y por último la fase de Pruebas y Reparación del sistema. En este capítulo se abordarán las etapas de Inicialización, Productización y Estabilización esto tomando en cuenta que la fase de exploración se centra en el establecimiento de un plan de proyecto y los conceptos básicos y estos fueron abarcados en los capítulos anteriores, mientras que la fase de Pruebas y Reparación del sistema se abarcara en capítulos posteriores.

#### **3.1.1 Fase de Inicialización**

En esta fase se realizó un análisis de en qué consistirá la aplicación a desarrollar y a través de este se realizó el diseño de la aplicación móvil, mediante la obtención de las funcionalidades que la aplicación llevará a cabo, la realización de una arquitectura para la aplicación, el flujo de trabajo que esta sigue, así como algunos otros diagramas para representar el diseño de la aplicación.

### 3.1.1.1 Identificación de las funcionalidades de la aplicación

Para la detección de las funcionalidades que se necesitan para que la aplicación móvil funcione correctamente se realizó un diagrama de casos de uso el cual se muestra en la Fig. 3.1.

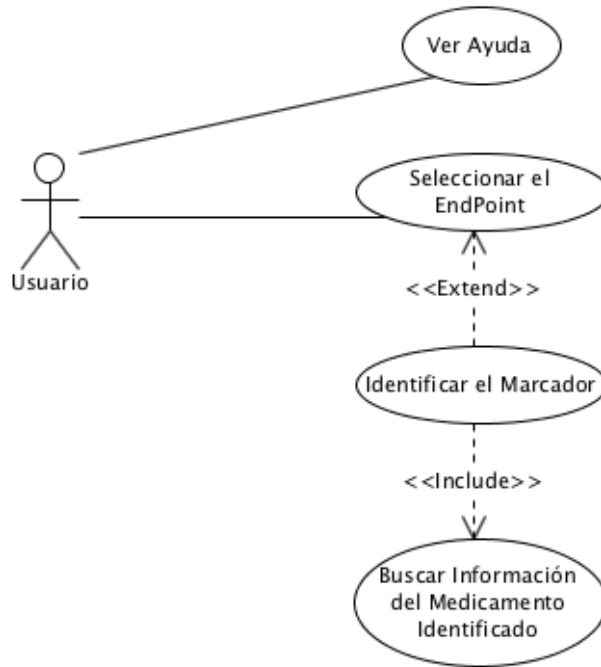


Fig. 3.1. Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil

Por lo cual se identificaron con funcionalidades que se realizaran, éstas se listan a continuación dando una breve explicación de qué se realiza cada una de ellas:

- **Ver Ayuda:** Se pretende que aquí el usuario pueda ver qué tipos de datos son obtenidos a partir del conjunto de datos seleccionado, con la intención de que así los usuarios inexpertos, tengan una mejor visión de la información contenida en estos conjuntos.
- **Seleccionar el Endpoint:** Esta funcionalidad consiste en presentar al usuario una lista de los Endpoints de los conjuntos de datos disponibles para su consulta, en donde el usuario podrá elegir el que desee.
- **Identificar el marcador:** Esta funcionalidad se lleva a cabo por parte de la aplicación móvil y se presenta cuando el usuario apunta el marcador con la cámara del dispositivo y la aplicación identifica dicho marcador.

- **Buscar información del medicamento identificado:** Con el marcador identificado la aplicación lanza la búsqueda de información a la LOD *cloud*, la extrae y la presenta al usuario.

### 3.1.1.2 Arquitectura de integración de Realidad Aumentada con LOD cloud para una aplicación para dispositivos móviles

La arquitectura de integración de Realidad Aumentada con los conjuntos de datos RDF pertenecientes a la LOD *cloud*, nos permite consultar los conjuntos de datos que forman parte de la LOD *cloud* correspondiente al dominio de ciencias de la vida, más específicamente con respecto a los medicamentos. A través de esta arquitectura, los usuarios llevarán a cabo búsquedas semánticas a través del reconocimiento de los empaques de medicamentos para obtener información sobre esos medicamentos a partir de conjuntos de datos de fármacos abiertos vinculados [11], [4]. Por lo tanto, la información obtenida es más precisa ya que se basa en las propiedades semánticas que pertenecen al conjunto de datos elegido por el usuario. Es destacable mencionar que esta arquitectura se realizó dentro de la fase de inicialización de la metodología seleccionada para el desarrollo del proyecto.

#### 3.1.1.2.1 Descripción de la arquitectura

La arquitectura que se muestra en la Fig. 3.2 se basa en cuatro capas además de la inclusión de dos componentes para su correcto funcionamiento como son los conjuntos de datos de la LOD *cloud* elegidos para la obtención de la información, así como un repositorio de modelos 3D de donde se obtienen los modelos a mostrar por la aplicación. Cada capa contiene componentes, algunos de ellos se han dividido en subcomponentes. Estos componentes contienen las tareas y responsabilidades de la aplicación. El diseño de la arquitectura permite escalabilidad y fácil mantenimiento. La imagen mostrada en la Fig. 3.2 ayuda a comprender de una manera gráfica los componentes estructurales que la conforman la arquitectura, sus relaciones, así como el flujo de trabajo que se llevara a cabo para la comunicación de dichos componentes.

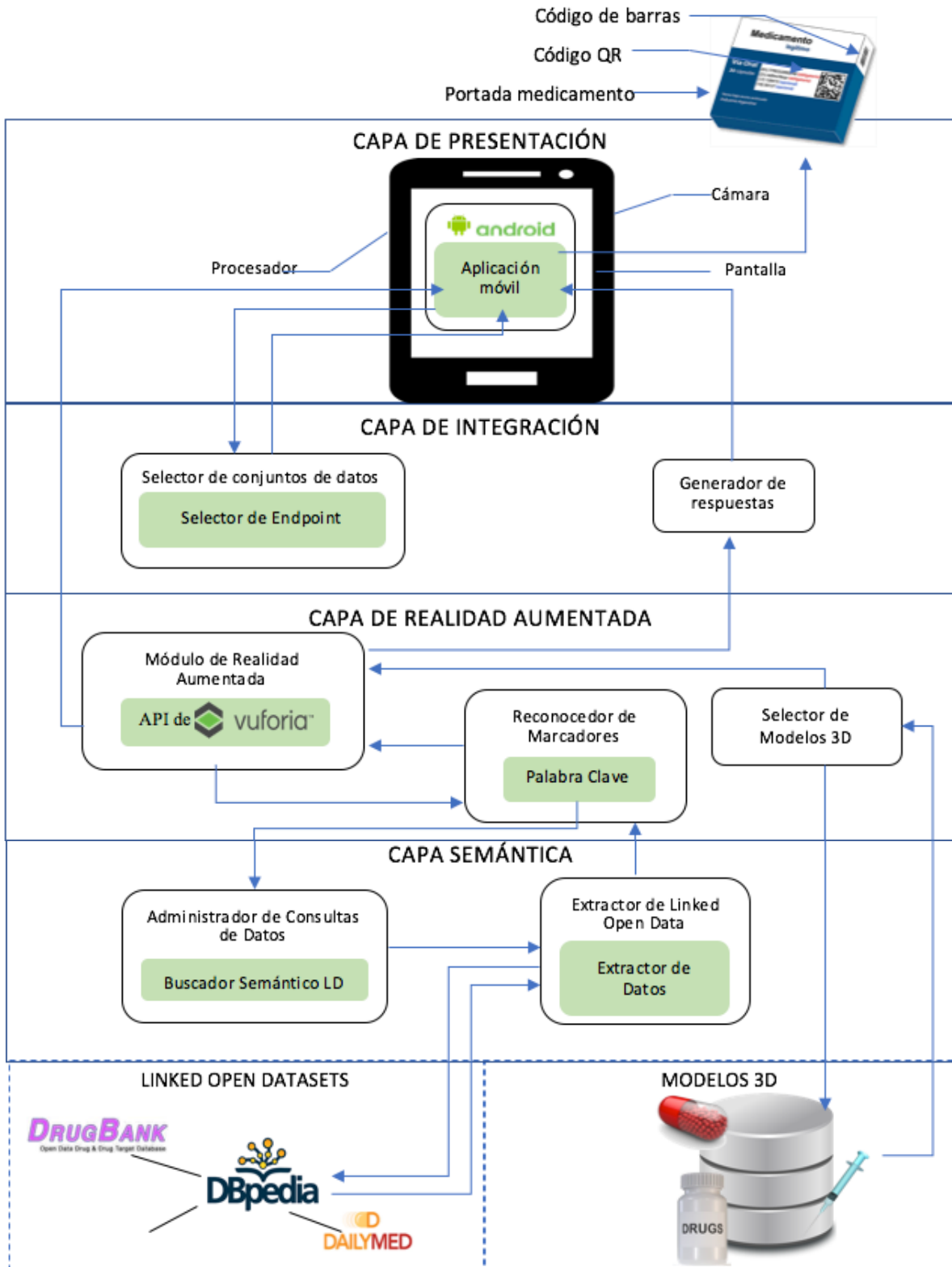


Fig. 3.2. Arquitectura de integración de la aplicación de Realidad Aumentada con LOD cloud

Cada capa tiene una función que se explica a continuación:

**Capa de presentación:** Esta capa representa la interfaz entre el usuario y la aplicación. Contiene componentes que hacen posible la interacción táctil del usuario con la aplicación.

**Capa de integración:** Esta capa contiene los componentes necesarios para enviar y recibir datos e interactuar con la capa de presentación. Esta capa incluye el selector de Endpoint de los conjuntos de datos, así como el generador de respuestas que detalla la información que se mostrará al usuario.

**Capa de RA:** Contiene los componentes necesarios para procesar el marcador apuntado por el usuario y lanzar la búsqueda de la información sobre dicho marcador, así como del modelo 3D correspondiente.

**Capa semántica:** Esta capa contiene los componentes que interpretan, integran y extraen los datos solicitados de los resultados obtenidos de las consultas realizadas al conjunto de datos de medicamentos seleccionado perteneciente a la LOD *cloud*.

Además de las capas a continuación se describen dos elementos que son indispensables para el correcto funcionamiento de la arquitectura:

**Conjunto de datos abiertos vinculados:** Este está conformado por una selección de conjuntos de datos pertenecientes a la LOD *cloud*, estos conjuntos contienen tripletas RDF con información sobre medicamentos y se seleccionaron para esta arquitectura en específico.

**Repositorio de Modelos 3D:** Para esta arquitectura, se consideró tener un repositorio con los modelos 3D que se presentan a los usuarios por medio de la aplicación de Realidad Aumentada, dependiendo del marcador reconocido.

### 3.1.1.2.2 Descripción de los componentes

Los componentes que forman parte de cada capa de la arquitectura tienen funciones las cuales definen su comportamiento, el cual es explicado brevemente a continuación:

- **Aplicación Móvil:** La aplicación móvil contiene una interfaz intuitiva la cual permite al usuario acceder a la cámara del dispositivo móvil y mediante ella obtener el marcador que es el empaque del medicamento y con base en este realizar una búsqueda semántica. De igual manera permite visualizar los resultados obtenidos

como son modelos 3D e información de medicamentos extraída de los conjuntos de datos de la LOD *cloud*.

- **Selector de conjuntos de datos:** Este componente proporciona a los usuarios la opción de seleccionar uno de conjuntos de datos de la LOD *cloud* sobre medicamentos que se seleccionaron para esta arquitectura como son: DBpedia, DrugBank, DailyMed y Orphanet. Además, el componente selector de conjuntos de datos envía el URI del conjunto de datos para obtener los SPARQL endpoints correctos (namespace)
  - **Selector de Endpoint:** este subcomponente obtiene y envía el namespace para cada conjunto de datos a la aplicación móvil para que esta lo envíe al módulo de Realidad Aumentada junto con el marcador.
- **Generador de respuestas:** Este componente es el encargado de recibir las respuestas procedentes de las consultas basadas en SPARQL. Este módulo recupera la información útil de las respuestas a partir del conjunto de datos de la LOD *cloud* seleccionado, así como el modelo 3D a mostrar, y envía dicha información a la aplicación móvil para ser mostrada al usuario.
- **Módulo de Realidad Aumentada:** Este componente es el encargado de recibir el Endpoint seleccionado por el usuario, así como el marcador, enviando dicha información al componente de reconocimiento de marcadores, también es el encargado de enviar la información recuperada de las consultas a los conjuntos de datos de la LOD *cloud*, así como el modelo 3D a mostrar al componente generador de respuestas. Dentro del este componente se encuentra la API de Vuforia:
  - **API de Vuforia:** Permite que la aplicación procese los modelos 3D, los marcadores y la información que se mostrara al usuario.
- **Reconocedor de marcadores:** Este componente es el encargado de recibir el marcador captado por la cámara y procesado por el módulo de Realidad Aumentada, para obtener de él la palabra clave la cual será enviada al Administrador de Consultas de Datos para las consultas al conjunto de datos seleccionado y al Selector de Modelos 3D para buscar el modelo necesario. De igual manera recibirá la información recuperada de componente Extractor de *Linked Open Data* y la envía al módulo de Realidad Aumentada.



- **Selector de modelos 3D:** Este componente es el encargado de recibir la palabra clave a buscar, y con base en ella busca y selecciona el modelo 3D a mostrar y lo envía al módulo de Realidad Aumentada para ser procesado.
- **Administrador de consultas de datos:** Con base en la fuente seleccionada en el componente Selector de conjuntos de datos, el Administrador de consultas de datos recuperará la información contenida en los conjuntos de datos de la LOD *cloud*. Este componente cuenta con un subcomponente:
  - **Buscador Semántico Linked Data:** Ejecuta el proceso para obtener la información almacenada en los conjuntos de datos, el proceso lanzado implica la ejecución de consultas basadas en SPARQL incluyendo la palabra clave obtenida en el reconocedor de marcadores.
- **Extractor de Datos Abierto Vinculado:** Este componente tiene por objetivo analizar la información almacenada en los conjuntos de datos de la LOD *cloud*, y en caso de ser la necesaria extraerla. Este componente tiene un subcomponente:
  - **Extractor de datos:** Con el conjunto de datos seleccionado para extraer la información y el componente de Buscador Semántico Linked Data ejecutado, este subcomponente se encarga de extraer la información apropiada sobre el medicamento a buscar.
- **Conjunto de datos abierto vinculado RDF:** el conjunto de datos de la LOD *cloud* contiene la información de datos estructurados de diferentes recursos en la Web donde se aplicarán consultas basadas en SPARQL. Para este caso solo se utilizan conjuntos de datos con información sobre medicamentos.
- **Repositorio de Modelo 3D:** Un modelo 3D es una herramienta de comunicación para la comprensión, es una representación tridimensional de un objeto real en un espacio virtual, en este repositorio se almacenarán los modelos 3D que se mostrarán en la aplicación.

### 3.1.1.2.3 Descripción del flujo de trabajo

Las interrelaciones entre los componentes y subcomponentes de la arquitectura que se muestran en la Fig. 3.2 definen el flujo de trabajo para el proceso de integración de la LOD *cloud* con Realidad Aumentada. Los usuarios tienen la posibilidad de usar un dispositivo

móvil para reconocer un marcador perteneciente a un medicamento y recuperar información sobre él de un conjunto de datos seleccionado, y la información recuperada se muestra al usuario complementándola con un modelo 3D para que el usuario pueda interactuar con eso. El flujo de trabajo de la arquitectura se describe brevemente a continuación:

1. Al usar la aplicación móvil, el usuario seleccionará a través del Selector de conjuntos de datos uno de los Endpoint desde el cual el usuario desea obtener la información. El Selector de conjuntos de datos enviará el URI del conjunto de datos seleccionado a la aplicación.
2. Después de seleccionar el Endpoint, se activará la cámara del dispositivo y el usuario tendrá que apuntarla al marcador del medicamento.
3. Este marcador será recibido por el módulo de Realidad Aumentada que contiene la API de Vuforia y será procesado para posteriormente ser enviado al módulo de Reconocimiento de Marcadores.
4. El Reconocedor de Marcadores analizará el marcador y obtendrá la palabra clave para buscar sobre el medicamento, la palabra clave se enviará al Administrador de consultas de datos junto con el URI del Endpoint seleccionado.
5. Con el URI del conjunto de datos seleccionado y la palabra clave para buscar, el componente Administrador de consultas de datos inicia un proceso para recuperar la información almacenada en el conjunto de datos seleccionado en el componente Selector de conjuntos de datos.
6. Durante el proceso de consulta y recuperación de datos del conjunto de datos, el componente Extractor de LOD analiza la información recuperada y, si es pertinente, la extrae.
7. Cuando se extrae la información, los resultados se envían al Reconocedor de Marcadores, estos resultados envían una palabra clave al selector de componentes de los modelos 3D y, de la misma manera, envía la información recuperada al módulo Realidad Aumentada.
8. El Selector de modelo 3D con los comandos de palabra clave para buscar en el repositorio de modelos 3D.
9. El repositorio del modelo 3D devuelve el modelo seleccionado al Selector de modelo 3D.

10. El Selector de modelo 3D envía el modelo 3D al módulo Realidad Aumentada.
11. El módulo de Realidad Aumentada con la API Vuforia prepara el modelo 3D junto con la información recuperada que se presentará al usuario y lo envía al componente Generador de respuestas.
12. El componente Generador de respuestas es responsable de preparar y proporcionar los últimos detalles del modelo 3D y la información recuperada, y de enviarlos a la aplicación móvil.
13. Finalmente, la aplicación móvil muestra el modelo 3D y la información recuperada superpuesta en el marcador apuntado por el usuario para que él o ella puedan interactuar con ellos.

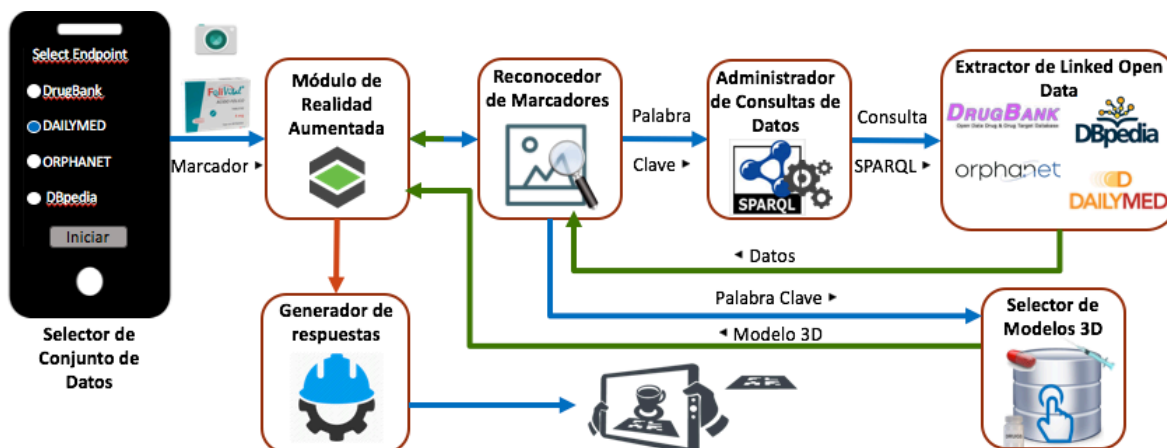


Fig. 3.3. Flujo de trabajo de la Arquitectura de integración

### 3.1.1.3 Estructura de la aplicación

Como parte del diseño de la aplicación también se realizó un diagrama de componentes (Fig. 3.4) el cual nos sirve para representar la vista física de los elementos lógicos que se identificaron en el análisis. Estos elementos lógicos son el SDK de Vuforia, código ejecutable, los modelos 3D, así como el servicio Web que se creará para la recuperación de la información además de la utilización del API de Apache Jena.

De igual manera teniendo en cuenta el entorno físico en el que se ejecutará la aplicación se realizó un diagrama de despliegue esto tomando como base el diagrama de componentes mostrado en la Fig. 3.4. En este diagrama de despliegue que se aprecia en la Fig. 3.5 se muestran las unidades de procesamiento (nodos) que es el hardware necesario para el correcto

funcionamiento de la aplicación como son servidores, dispositivos móviles, entre otros y como es la relación de estos con el software que son los artefactos por instalar para que el sistema ejecute de manera correcta a los componentes desarrollados.

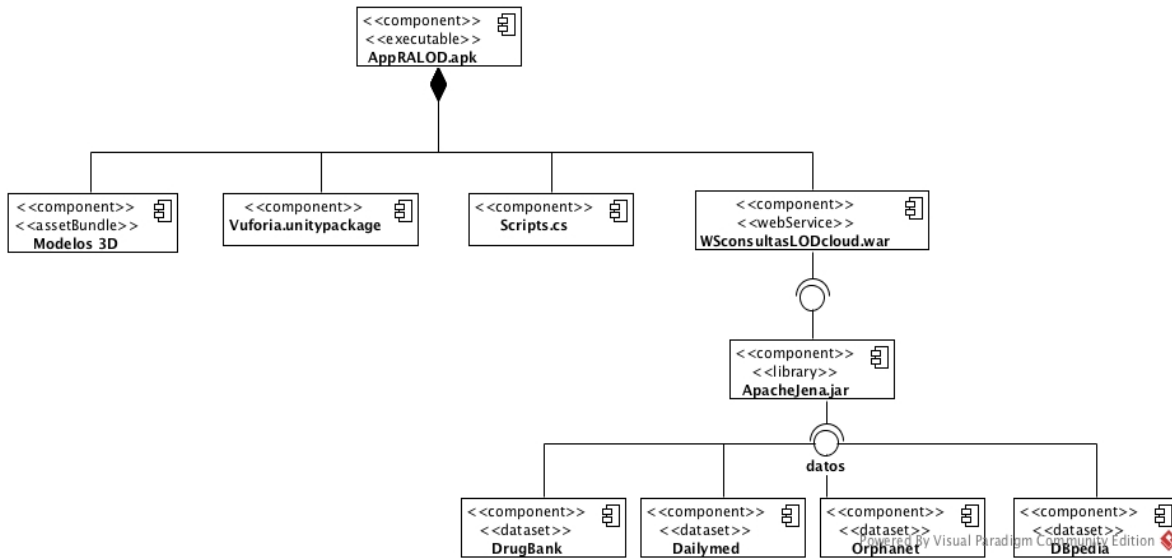


Fig. 3.4. Diagrama de componentes de la aplicación

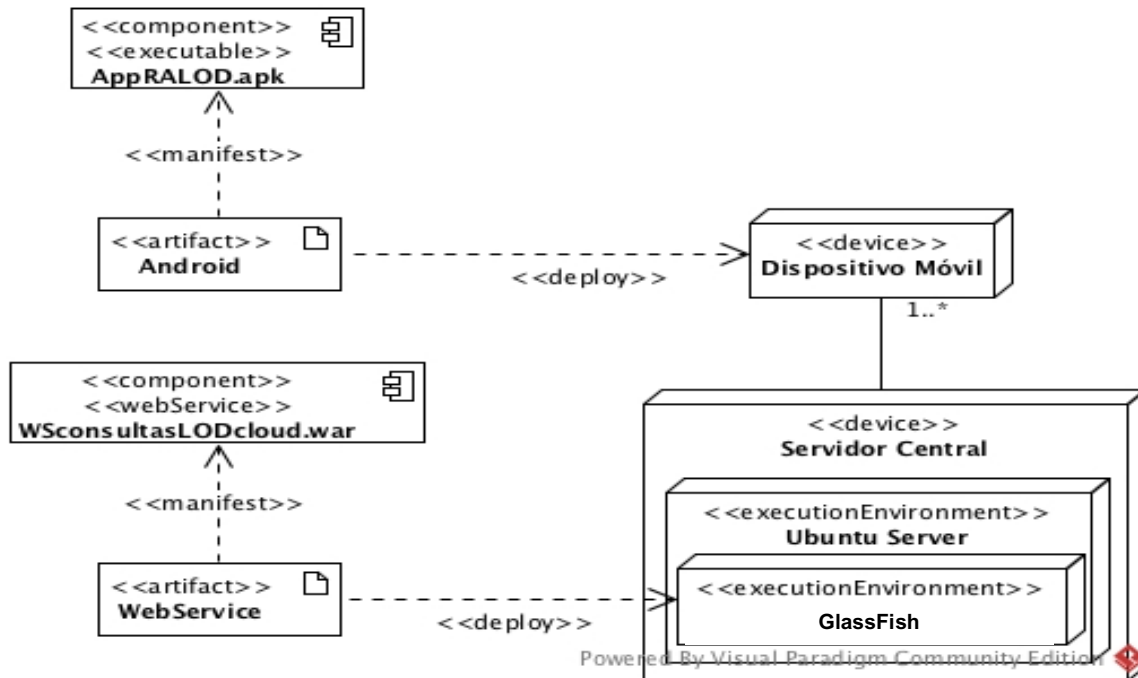


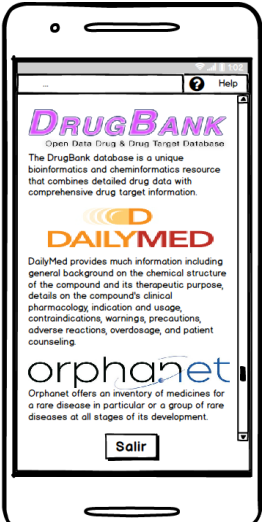

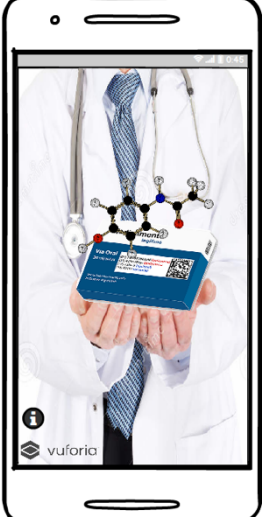
Fig. 3.5. Diagrama de despliegue de la aplicación

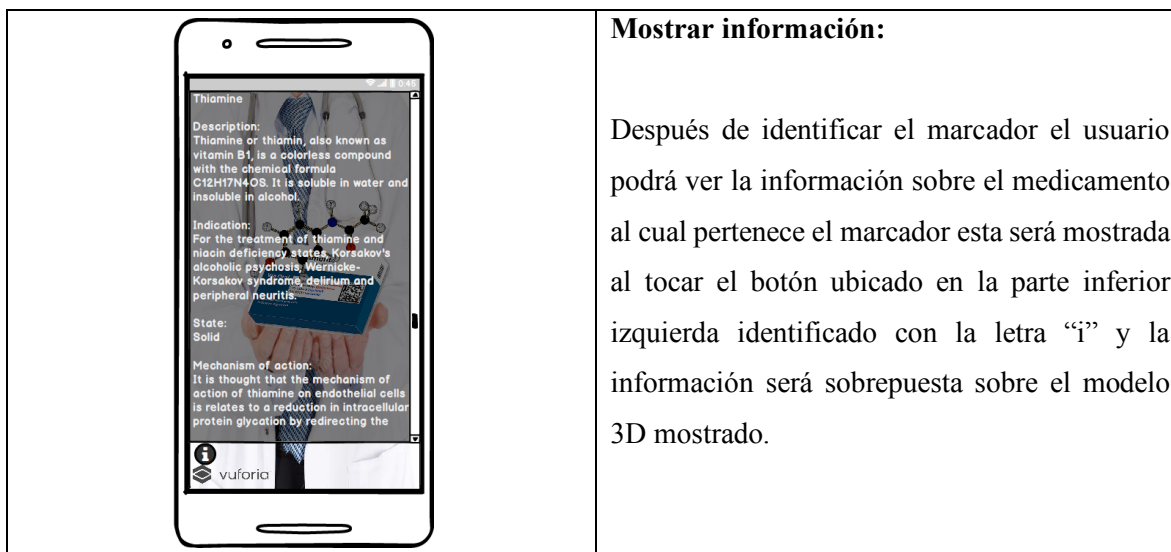
### 3.1.1.4 Diseño de las interfaces de la aplicación

Como último paso realizado para esta fase de diseño, se realizaron algunos prototipos de diseños para las interfaces que contendrá la aplicación, estos prototipos se diseñaron con la intención de poder construir la aplicación de manera más fácil, de igual manera sirven para dar al lector una idea más clara de cómo se verán las interfaces mediante las cuales interactuara con la aplicación. Estos prototipos de diseños se muestran en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Prototipos de diseño para la aplicación**

Interfaz	Descripción
	<p><b>Splash:</b></p> <p>Esta interfaz es la que aparecerá al iniciar la aplicación, mostrando el logo de la aplicación y el logo de Unity ya que al usar la versión gratuita este será puesto por defecto.</p>
	<p><b>Selección del Endpoint:</b></p> <p>En esta interfaz se pretende que el usuario seleccione el Endpoint del conjunto de datos del cual se quiera obtener la información.</p>

	<p><b>Ayuda:</b></p> <p>En esta interfaz se pretende tener información sobre los conjuntos de datos que el usuario puede utilizar para extraer la información sobre el medicamento, así como el usuario podrá saber qué información podrá obtener de cada conjunto de datos.</p>
	<p><b>Identificar marcador:</b></p> <p>Esta interfaz de la aplicación se presentará después de que el usuario selecciona el Endpoint del conjunto de datos del cual quiere obtener la información, en esta interfaz la cámara del dispositivo esta activa.</p>
	<p><b>Mostrar el modelo 3D:</b></p> <p>En esta interfaz se identificó el marcador y automáticamente la aplicación muestra el modelo 3D sobre el marcador identificado, así como un botón en la parte inferior izquierda identificado con la letra “i”.</p>



### 3.1.2 Fase de Productización

Esta fase consiste en el desarrollo de la aplicación, en la planificación, codificación y liberación de cada una de las funcionalidades planeadas para la aplicación, por lo que en este apartado se mostraran algunos trozos del código escrito para la realización de las principales funciones del sistema.

#### 3.1.2.1 Desarrollo del módulo de Realidad Aumentada

El primer módulo que se desarrollo fue el módulo de Realidad Aumentada, las funcionalidades de este consistían en la detección de la imagen para así realizar el reconocimiento del marcador, posterior al reconocimiento del marcador se obtiene el modelo 3D de un archivo el cual se descargara en tiempo de ejecución y dependiendo del marcador de ese archivo se seleccionara el modelo y se mostrara en la aplicación.

##### 3.1.2.1.1 Detección del marcador

Para la detección de los marcadores, lo primero que se realizará es la selección de estos, para este trabajo de tesis se eligieron las imágenes de los empaques de los medicamentos, estas imágenes opcionalmente son fotos o imágenes descargadas de la red, éstas necesitan ser subidas a la página de desarrolladores de Vuforia en la sección de Target Manager agregando una nueva base de datos del tipo *cloud*, de igual manera para el correcto desempeño de la

aplicación se tiene que subir un archivo de metadatos acompañando a cada marcador, este archivo tiene que ser del tipo txt simulando un formato JSON poniendo los activos del medicamento al cual pertenece el marcador, de igual manera se incluye el nombre de un modelo 3D para ser mostrado mientras se realiza la búsqueda de la información y la selección de los demás modelos 3D a mostrar. A continuación, en la Fig. 3.6 se muestra un ejemplo de dicho archivo.

```

1.  {
2.  "Modelo": "Thyamine.dae",
3.  "Activos":
4.  ["Thiamine","Cyanocobalamin","Pyridoxine"]
5.  }
    
```

**Fig. 3.6. Archivo de metadatos para marcador**

Posteriormente se agregó el SDK de Vuforia en un nuevo proyecto del motor de juegos Unity 3D para así poder hacer uso de las funcionalidades de esa tecnología, se eliminó la Main Camera y se agregó la ARCamera, un CloudRecognition y un ImageTarget. Al CloudRecognition se le agregó un script el cual al detectar el marcador e identificar cual es, descarga el archivo de metadatos, obteniendo de esta manera los activos del medicamento, así como el modelo a mostrar. En la Fig. 3.7 se ve el código que identifica el marcador y obtiene los metadatos.

```

1.  public void OnNewSearchResult(TargetFinder.TargetSearchResult targetSearchResult){
2.      GameObject newImageTarget = Instantiate(ImageTargetTemplate.gameObject) as
3.      GameObject;
4.      GameObject augmentation = null;
5.      string model_name = targetSearchResult.MetaData;
6.      Medicamento medicamento = JsonUtility.FromJson<Medicamento>(model_name);
7.      if (augmentation != null)
8.          augmentation.transform.parent = newImageTarget.transform;
9.      ImageTargetBehaviour imageTargetBehaviour =
10. (ImageTargetBehaviour)mImageTracker.TargetFinder.EnableTracking(targetSearchResult,
11. newImageTarget);
12.      modelo = medicamento.Modelo;
13.      EndpointSeleccionado.estadoApp.ModeloElegido(modelo);
14.      string informacion = "";
15.      string informacionObtenida = "";
16.      endpoint = EndpointSeleccionado.estadoApp.Endpoint;
17.      uri = EndpointSeleccionado.estadoApp.Uri;
18.      for (int i = 0; i < medicamento.Activos.Length; i++){
19.          informacion += medicamento.Activos[i] + "\n";
20.          informacionObtenida += obtenerInformacion(endpoint,
21. medicamento.Activos[i], uri)+ "\n";
22.      }
    
```



```

17.         if (imageTargetBehaviour != null){
18.             mCloudRecoBehaviour.CloudRecoEnabled = true; // se cambio de false a true
19.         }

```

**Fig. 3.7. Código de detección y descarga de metadatos del marcador**

### 3.1.2.1.2 Muestra del modelo 3D

Otro de los puntos importantes del módulo de Realidad Aumentada es el cómo muestra el modelo o modelos 3D representativo del medicamento al cual pertenece el marcador, este modelo representa ya sea la vía de administración del medicamento o su fórmula química, para poder realizar esto la aplicación descarga en tiempo de ejecución al momento de detectar el marcador un archivo de un servidor, este archivo es del tipo AssetBundle el cual es un tipo de compresión de Unity 3D el cual ayuda a que la descarga sea más ligera, ya con el archivo descargado busca dentro de él, al modelo a mostrar esto mediante el nombre que se encuentra en los metadatos del marcador. La descarga del archivo y el como se muestra el modelo se muestra en el código mostrado en la Fig. 3.8.

```

1.  IEnumerator DownloadAndCache(){
2.      while (!Caching.ready)
3.          yield return null;
4.      Caching.CleanCache();
5.      string bundleURL =
6.      "https://github.com/kardan91/Modelos3D/blob/master/modelos3d?raw=true";
7.      using (WWW www = WWW.LoadFromCacheOrDownload(bundleURL,
8.      Version)){
9.          yield return www;
10.         if (www.error != null)
11.             throw new UnityException("WWW Ocurrió un error: " +
12.         www.error);
13.         AssetBundle bundle = www.assetBundle;
14.         if (AssetName == ""){
15.             mBundleInstance = Instantiate(bundle.mainAsset) as
16.         GameObject;
17.             bundle.Unload(false);
18.         }else{
19.             mBundleInstance = Instantiate(bundle.LoadAsset(AssetName))
20.         as GameObject;
21.             bundle.Unload(false);
22.         }
23.     }
24. }

```

**Fig. 3.8. Código de descarga del archivo AssetBundle y representación del modelo 3D**

### 3.1.2.2 Desarrollo del módulo de consultas SPARQL

Posterior al desarrollo del módulo de Realidad Aumentada se comenzó el desarrollo del módulo de consultas SPARQL, el cual por la naturaleza de la aplicación se decidió hacer un servicio RESTful en Java, el cual recibe el nombre del activo o medicamento a buscar y el nombre del conjunto de datos seleccionado. Ya con los datos recibidos se termina de construir la consulta SPARQL para ser ejecutada en el conjunto de datos seleccionado. Un ejemplo de consulta realizada en el conjunto de datos DrugBank se aprecia en la Fig. 4.9 en donde en la parte que dice activo, se complementara con el activo que se obtiene de los metadatos del marcador detectado.

```

PREFIX dct: <http://purl.org/dc/terms/>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX drug: <http://bio2rdf.org/drugbank_vocabulary:>

SELECT DISTINCT ?recurso ?nombreMedicamento ?sinonimo ?descripcion ?indicaciones
?mecanismoDeAccion ?organismosAfectados ?mezclaDeLaMarca ?formulaQuimica
?nombreDeLaMarca ?dosis
WHERE {
    ?recurso a drug:Drug .
    ?recurso rdfs:label ?nombreMedicamento .
    ?recurso drug:synonym ?synonym .
    ?synonym rdfs:label ?sinonimo .
    ?recurso dct:description ?descripcion .
    ?recurso drug:indication ?indication .
    ?indication dct:description ?indicaciones .
    ?recurso drug:mechanism-of-action ?mecanismo .
    ?mecanismo dct:description ?mecanismoDeAccion .
    ?recurso drug:affected-organism ?organismo .
    ?organismo rdfs:label ?organismosAfectados .
    ?recurso drug:brand ?brand .
    ?brand rdfs:label ?mezclaDeLaMarca .
    ?recurso drug:product ?product .
    ?product rdfs:label ?nombreDeLaMarca .
    ?recurso drug:dosage ?dosage .
    ?dosage rdfs:label ?dosis .
    ?recurso drug:calculated-properties ?formula_property .
    ?formula_property rdf:type ?formula_property_type .
    ?formula_property_type dct:title ?formula_property_title .
    ?formula_property drug:value ?formulaQuimica .
    FILTER REGEX(?formula_property_title, 'Molecular Formula')\
    FILTER (regex(?nombreMedicamento, '"+modificarCadena1(activo)+"") ||
    regex(?nombreMedicamento, '"+modificarCadena2(activo)+""))
} LIMIT 50";
    
```

Fig. 3.9. Consulta SPARQL a DrugBank

Otra de las funcionalidades importantes del módulo de consultas SPARQL es la ejecución de la consulta formulada para esto se hace uso del api de Apache Jena, también este módulo se encarga de la extracción y limpieza de los datos recuperados de las consultas realizadas en el conjunto de datos seleccionado, se realizó un método que realiza la consulta al conjunto de datos seleccionado, dado que cada conjunto de datos retorna datos diferentes, se realizó un método diferente la limpieza de la información la cual es retornada en un archivo JSON mediante el servicio RESTful.

En la Fig. 3.10 se aprecia el método que ejecuta la consulta en el Endpoint seleccionado por él usuario, extrae la información para posteriormente limpiar y retornarla.

```

1.  public String consultarEndpoint(String endpoint, String activo) throws
    NoSuchAlgorithmException, KeyManagementException {
2.      String queryString = armarConsulta(endpoint, activo);
3.      String uri="";
4.      if(endpoint.equalsIgnoreCase("dbpedia"))
5.          uri= "https://dbpedia.org/sparql";
6.      else
7.          uri= "http://bio2rdf.org/sparql";
8.      Query query = QueryFactory.create(queryString);
9.      System.setProperty ("jsse.enableSNIExtension", "false");
10.     // Crea un administrador de confianza que no valide las cadenas de certificados
11.     TrustManager[] trustAllCerts = new TrustManager[] {new X509TrustManager() {
12.         public java.security.cert.X509Certificate[] getAcceptedIssuers() {
13.             return null;
14.         }
15.         public void checkClientTrusted(X509Certificate[] certs, String authType) {}
16.         public void checkServerTrusted(X509Certificate[] certs, String authType) {}
17.     }
18. };
19. // Instalar el administrador de confianza
20. SSLContext sc = SSLContext.getInstance("SSL");
21. sc.init(null, trustAllCerts, new java.security.SecureRandom());
22. HttpURLConnection.setDefaultSSLSocketFactory(sc.getSocketFactory());
23. // Crear un verificador de nombre de host de plena confianza
24. HostnameVerifier allHostsValid = (String hostname, SSLSession session) -> true;
25. QueryExecution qexec = QueryExecutionFactory.sparqlService(uri, query);
26. ((QueryEngineHTTP)qexec).addParam("timeout", "50000");
27. String resultadoJson="";
28.     try {
29.         Gson json = new GsonBuilder().setPrettyPrinting().create();
30.         ResultSet results = qexec.execSelect();
31.         if(endpoint.equalsIgnoreCase("drugbank"))
32.             resultadoJson = json.toJson(extraeDatosDrugBank(results));
33.         else if(endpoint.equalsIgnoreCase("dailymed"))
34.             resultadoJson = json.toJson(extraeDatosDailyMed(results));
    
```

```

35.     else if(endpoint.equalsIgnoreCase("orphanet"))
36.         resultadoJson = json.toJson(extraeDatosOrphanet(results));
37.     else if(endpoint.equalsIgnoreCase("dbpedia"))
38.         resultadoJson = json.toJson(extraeDatosDBpedia(results));
39.     } catch (Exception e) {
40.         JsonObject json = new JsonObject();
41.         json.addProperty("Error", "There is no information about this medication");
42.         resultadoJson = json.toString();
43.     } finally {
44.         qexec.close();
45.     }
46.     return resultadoJson;
47. }

```

**Fig. 3.10.** Código que extrae, válida y limpia la información de los conjuntos de datos de la LOD cloud

### 3.1.3 Fase de Estabilización

Durante esta fase se llevaron a cabo las últimas acciones de integración y una vez que la aplicación está completamente integrada se verifica el completo funcionamiento de la aplicación en conjunto. Esta fase se convierte en la más importante de todas ya que nos asegura la estabilización del desarrollo mediante el correcto funcionamiento de la aplicación ya integrada.

#### 3.1.3.1 Integración del módulo de Realidad Aumentada y del módulo de consultas SPARQL en la aplicación móvil

Finalmente, como parte del desarrollo se realizó la integración del módulo de consultas SPARQL en la aplicación móvil de Realidad Aumentada, como se mencionó en el apartado anterior el módulo de consultas SPARQL se desarrolló como servicio RESTful, permitiendo que la integración entre el módulo y la aplicación se realizará de manera más sencilla. Para que la aplicación pueda obtener datos del módulo de consultas debe proveerlo de dos parámetros requeridos que son el nombre del SPARQL endpoint seleccionado además del nombre del medicamento a buscar, el nombre del SPARQL endpoint será el que el usuario seleccione mediante la aplicación, mientras que el nombre del medicamento será adquirido del archivo de metadatos que acompaña al marcador reconocido por la aplicación mediante su módulo de Realidad Aumentada, dichos nombres se envían mediante un petición GET al módulo de consultas, éste se encarga de realizar la obtención y limpieza de la información

para devolverla a la aplicación, por su parte la aplicación se encargara de dar formato a dicha información y mostrarla al usuario.

En la Fig. 3.11 se muestra el método que se encarga de realizar el envío de los parámetros requeridos al módulo de consultas SPARQL y posterior a esto recibe la respuesta del módulo para después pasar dicha información a otro método que se encarga de dar formato a la información obtenida.

```

1. IEnumerator ObtenerDatos(string endpoint, string activo)
2.     {
3.         UnityWebRequest result =
4.             UnityWebRequest.Get("http://localhost:8080/ConsultasSPARQL/rest/medicamentos?nombre="
5.                 + endpoint + "&activo=" + cambiaEspacios(activo));
6.         yield return result.Send();
7.
8.         if (result.isError)
9.             {
10.                Debug.Log(result.error);
11.            }
12.        else
13.            {
14.                string Json = result.downloadHandler.text;
15.                RespuestaServicioWeb(Json, activo);
16.            }
17.    }

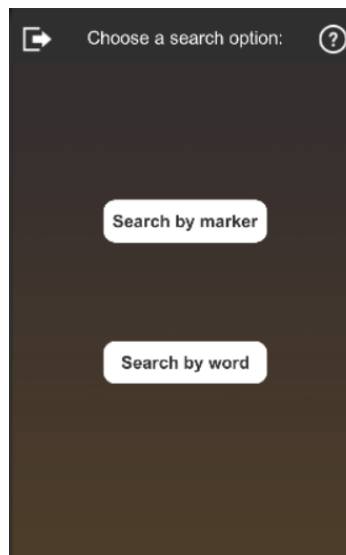
```

**Fig. 3.11. Código que hace la petición y obtiene la respuesta del módulo de consultas SPARQL**

## Capítulo 4 Resultados

El nombre asignado a la aplicación desarrollada en este trabajo de tesis es el de “ARLOD” (*Augmented Reality with Linked Open Data cloud*, Realidad Aumentada con la nube de Datos Abiertos Enlazados) por lo cual se hará referencia a la aplicación con dicho nombre. ARLOD ofrece a los usuarios dos tipos de búsqueda de medicamentos una es mediante el reconocimiento de marcadores, los cuales serán los empaques de los medicamentos, mientras que la otra es mediante la escritura de una palabra clave la cual puede ser el nombre de un activo o medicamento y la otra que puede ser el nombre de una enfermedad. La figura 4.1 muestra las dos formas de búsqueda disponibles en ARLOD.

ARLOD está disponible para dispositivos móviles que cuenten con el sistema operativo móvil Android desde su versión 4.1 hasta la más reciente. Cabe mencionar que ARLOD se encuentra disponible únicamente en idioma inglés esto es debido a que la información obtenida de los conjuntos de datos de la *LOD cloud* se encuentra en dicho idioma, pero es importante destacar que los medicamentos que ARLOD es capaz de reconocer para la búsqueda de su información son medicamentos de venta en México, teniendo como posibilidad expandir el catálogo de medicamentos que pueden ser reconocidos.



**Fig. 4.1. Inicio de ARLOD con los dos tipos de búsqueda que permite**

El objetivo de este capítulo es mostrar los resultados obtenidos tras el desarrollo de ARLOD, por consiguiente, se presentan dos casos de estudio para la aplicación del proyecto

desarrollado, es importante mencionar que el desarrollo y ejecución de estos casos de estudio también sirvió para la fase de pruebas que nos marca la metodología elegida para el desarrollo de ARLOD.

## 4.1 Casos de estudio

### 4.1.1 Caso de estudio: búsqueda de otras vías de administración para un medicamento

Supóngase que un residente médico necesita recetar ibuprofeno para el dolor y desinflamación a un paciente, el residente médico sabe de la existencia de dicho medicamento en su versión de cápsulas para ser ingerido vía oral, el problema surge ya que el paciente en cuestión presenta disfagia a sólidos lo cual indica que el paciente tiene dificultad para tragar sólidos, por lo cual esto hace que se le dificulte la ingesta de medicamentos vía oral.

Por lo consiguiente al residente médico le surge el cuestionamiento ¿Cómo administrar medicamentos orales a pacientes con disfagia a sólidos?, la respuesta a esta pregunta es sencilla ya que se puede administrar el mismo medicamento en otra de sus presentaciones, al responder esta pregunta surge al residente médico el siguiente cuestionamiento ¿Cómo saber si el Ibuprofeno, está disponible en otras presentaciones que puedan ser ingeridas por el paciente? Para responder a esta interrogante una de las alternativas es mediante la búsqueda del medicamento el Ibuprofeno en un motor de búsquedas, pero ante esto surge otra interrogante ¿Cómo evitar resultados ambiguos o irrelevantes en la búsqueda? Además de ¿Cómo garantizar la veracidad de la información obtenida?

La respuesta a los cuestionamientos del residente médico es utilizar la aplicación móvil ARLOD cuya funcionalidad para este caso de estudio se describe a continuación: el usuario en este caso el residente médico inicia la aplicación y selecciona la opción de búsqueda por marcador que se puede apreciar en la Fig. 4.1. Posteriormente el usuario debe seleccionar el SPARQL Endpoint del cual se desea obtener la información, para este caso de estudio se eligió DrugBank como se puede apreciar en la Fig. 4.2. Al seleccionar la opción de “Start”, la aplicación activará la cámara del dispositivo móvil y el usuario apuntará con su dispositivo

la caja del medicamento, que en este caso fungirá como marcador esto se muestra en la Fig. 4.3.

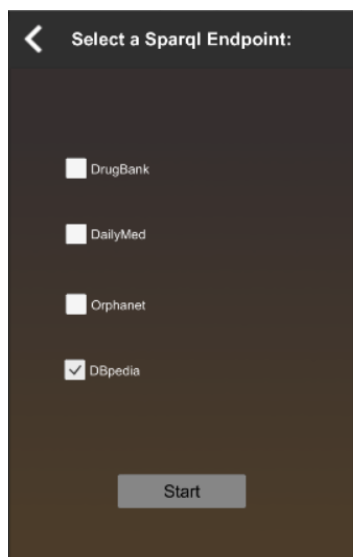


Fig. 4.2. Selección de DrugBank



Fig. 4.3. Activación de la cámara del dispositivo

Después de un momento la aplicación muestra un modelo 3D relacionado con el medicamento en cuestión esto se muestra apreciar en la Fig. 4.4. Si el usuario mueve ya sea su dispositivo móvil o el marcador (caja del medicamento), el modelo también lo hará. Al cabo de un momento en la parte inferior izquierda de la pantalla aparecerá un botón con la letra “i”, que en caso de ser presionado por el usuario se abrirá una pantalla translúcida que se podrá apreciar por encima del modelo 3D y en la cual estará la información del ibuprofeno con su fórmula química, su descripción, indicaciones, presentaciones, entre otra información. Dicha información fue obtenida del SPARQL Endpoint seleccionado por el usuario esto se aprecia en la Fig. 4.5.



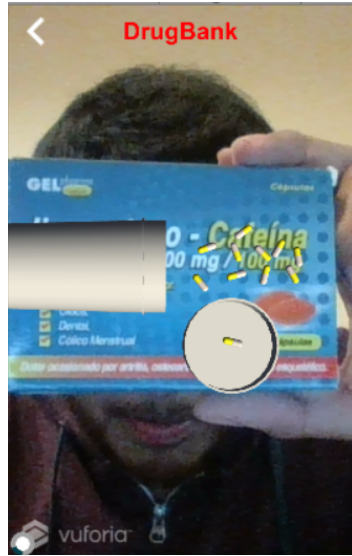


Fig. 4.5. Visualización del modelo 3D relacionado con el Ibuprofeno

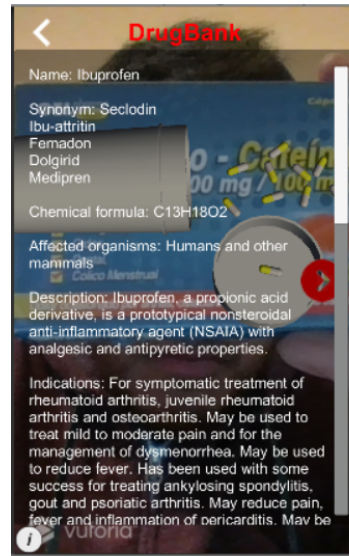


Fig. 4.4. Visualización de la información del Ibuprofeno

La interrogante principal planteada en este caso de estudio fue la de saber si el ibuprofeno existe en otras presentaciones para su administración, por lo cual en caso de existir el medicamento en otras presentaciones al mismo tiempo que aparece el botón de información también aparecerá un botón rojo con una flecha indicando hacia adelante, que en caso de ser presionada por el usuario cambiara el modelo actual por otro que represente otra de las formas en las que el Ibuprofeno se encuentra disponible para su administración. Los otros modelos que representan las otras formas en las que se encuentra el Ibuprofeno disponible para su administración se pueden ver de la Fig. 4.6 a la Fig. 4.8.

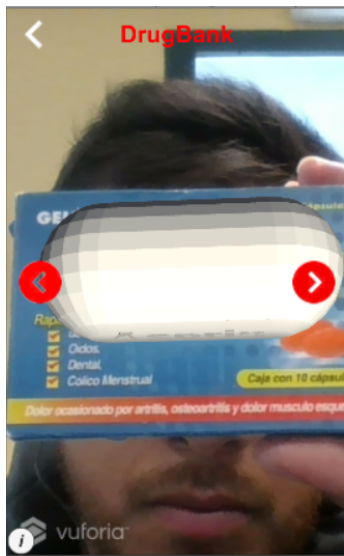


Fig. 4.6, 4.7 y 4.6. Modelos 3D que representan las diferentes presentaciones del Ibuprofeno

#### **4.1.2 Caso de estudio: búsqueda de información de un medicamento con fines educativos**

Supóngase que un estudiante de medicina necesita conocer diferentes aspectos del medicamento Paracetamol como son su descripción, indicaciones, fórmula química, vías de administración entre otra información de dicho medicamento. A pesar de que el estudiante cuenta con una gran cantidad de páginas Web y libros con información de calidad sobre el Paracetamol, el alumno no es capaz de retener toda la información sobre el medicamento durante mucho tiempo, por lo que debe revisar constantemente esa información. Por lo tanto, el estudiante busca otras opciones que lo ayuden a obtener información confiable sobre el medicamento y al mismo tiempo le permita interactuar con la información recuperada a fin de mejorar la retención de esta.

Por lo cual al estudiante le surge la siguiente interrogante ¿Qué otro método debería utilizar para obtener información confiable y a la vez poder interactuar con esta información?, este cuestionamiento surge con el fin de que el estudiante sea capaz de retener la información de una manera más sencilla, de igual manera si se busca información sobre el medicamento en la Web de qué manera el estudiante se puede asegurar de ¿Qué la información obtenida es confiable y no tenga información irrelevante, ambigua o falsa?.

Una manera práctica y fácil en la que el estudiante pueda obtener información confiable y a la vez interactuar con dicha información es mediante la utilización de ARLOD cuya información es obtenida de conjuntos de datos los cuales tienen información que fue revisada por especialistas. La funcionalidad de ARLOD para esta situación es muy similar a la mostrada en el caso de estudio anterior y es la siguiente: el usuario en este caso el estudiante elige la opción de búsqueda por marcador como se aprecia en la Fig. 4.1. Posteriormente el estudiante elegirá como SPARQL Endpoint DBpedia esto se muestra en la figura 4.9. De igual manera al seleccionar “Start” se activará la cámara del dispositivo y el estudiante tendrá

que apuntarla para enfocar el empaque del medicamento el cual funge como marcador como se muestra en la figura 4.10.

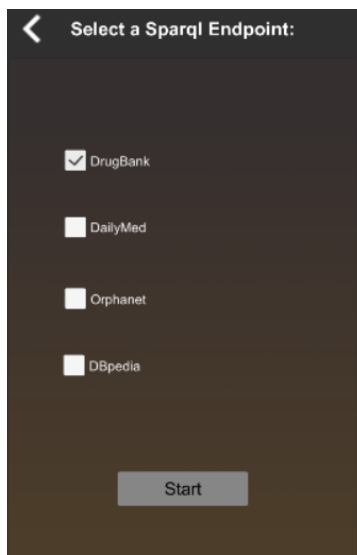
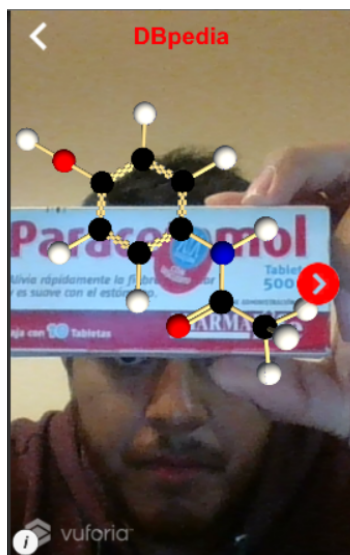


Fig. 4.9. Selección de DBpedia

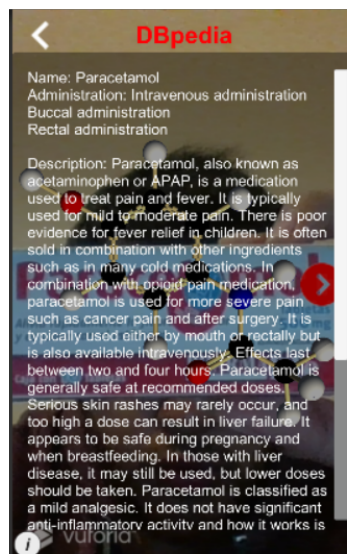


Fig. 4.10. Activación de la cámara del dispositivo

Después de unos momentos se mostrará un modelo 3D relacionado con el medicamento que para esta situación será un modelo de una molécula del Paracetamol sobre el marcador apuntado como se aprecia en la Fig. 4.11. Como se explicó con anterioridad unos momentos después de aparecer el modelo representativo del marcador aparecerá un botón con una “i” cuando el estudiante lo presione aparecerá una pantalla translúcida por encima del modelo la cual tendrá información como descripción, vías de administración entre otras, esto sobre el Paracetamol, esto se muestra en la Fig. 4.12.

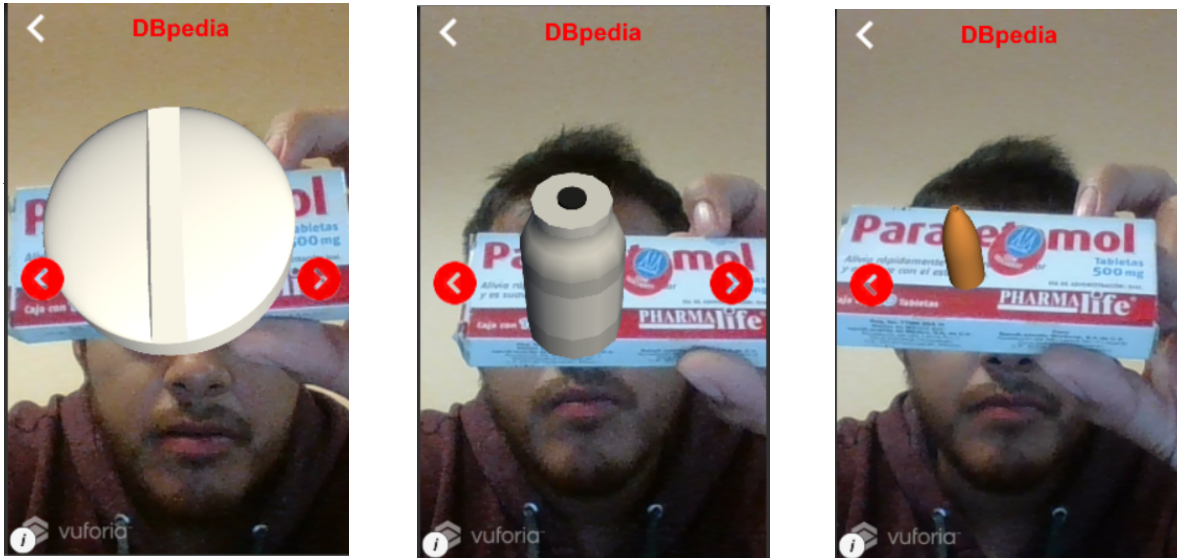


**Fig. 4.12. Visualización del modelo 3D relacionados con el Paracetamol**



**Fig. 4.11. Visualización de la información del Paracetamol**

De igual manera como el Paracetamol se encuentra disponible en diferentes tipos de presentaciones para su administración aparecerán los botones rojos con flechas indicando hacia adelante o hacia atrás para que el estudiante pueda cambiar el modelo representativo del medicamento e interactuar con ellos al mover el marcador, esto con el fin de que el estudiante sea capaz de retener de manera más sencilla la información ya que con esta forma de interactuar con la información se aumenta el interés y la participación en el proceso de aprendizaje como se menciona en [76]. Los diferentes modelos que sirven para representar las presentaciones en las que se encuentra disponible el Paracetamol se muestran de la Fig. 4.13 a la Fig. 4.15.



**Fig. 4.13, 4.14 y 4.13. Diferentes modelos 3D para representar las diferentes presentaciones del Paracetamol**

Los casos de estudio descritos en este capítulo muestran la utilidad de ARLOD como una alternativa para el cuidado de la salud de las personas mediante la búsqueda de información de medicamentos utilizando un dispositivo móvil, además, ARLOD funge como alternativa para personas que trabajan en el ámbito médico para conocer otras presentaciones disponibles de los medicamentos.

## Capítulo 5 Conclusiones

En este trabajo de tesis se realizó la identificación de los servicios y funcionalidades que ofrece ARLOD a los usuarios, de igual manera se llevó a cabo el diseño, desarrollo e implementación de todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación móvil, entre los que se encuentran: el diseño de una arquitectura de integración de Realidad Aumentada con datos provenientes de conjuntos de datos del dominio de ciencias de la salud pertenecientes a la LOD *cloud*, el diseño y desarrollo de un servicio RESTful el cual funciona como módulo de consultas SPARQL en conjuntos de datos pertenecientes a la LOD *cloud* que contienen información de medicamentos, el desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Aumentada, finalmente se realizó la integración del módulo de consultas SPARQL en la aplicación móvil de Realidad Aumentada, surgiendo así ARLOD.

Cada componente mencionado se desarrolló con la finalidad de cumplir con los objetivos específicos planteados en un principio para este trabajo de tesis cumpliendo de esta manera con el objetivo general el cual fue desarrollar una aplicación móvil que integre Realidad Aumentada a bases de conocimiento del dominio de ciencias de la salud basadas en LOD *cloud* para apoyar con la mejora de la interacción y comprensión de la información obtenida. La aplicación móvil ARLOD tiene como contribución la propuesta de una arquitectura de integración que represente información proveniente de bases de conocimiento basadas en la LOD *cloud* mediante Realidad Aumentada, para este caso enfocada al ámbito de la medicina más específicamente al de los medicamentos.

Para el desarrollo de este trabajo de tesis fue necesario el adquirir y aplicar nuevos conocimientos respecto a nuevas tecnologías que conforman la arquitectura de integración propuesta en este trabajo, como son la Realidad Aumentada y las consultas SPARQL en conjuntos de conocimiento que forman parte de la LOD *cloud*, esto con el fin de lograr que estas tecnologías se integraran en una aplicación para dispositivos móviles. Es importante mencionar que estos nuevos conocimiento y experiencia adquiridos son de gran utilidad ya que las nuevas tecnologías con las que se trabajó se encuentran en crecimiento y esto es beneficioso para el ámbito profesional.

## 5.1 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones que se podrían hacer y que pueden realizarse como trabajo a futuro para la aplicación ARLOD se encuentran: 1) Extenderla a otros idiomas; 2) Aumentar el contenido para la representación de la información; 3) Expandir la utilización de la Realidad Aumentada y 4) Expandir el uso de la aplicación a otros ámbitos. Estos puntos que se consideran serían interesantes para trabajo a futuro se explican a continuación:

- 1) A pesar de que la información proveniente de las consultas realizadas a los conjuntos de datos que forman parte de la LOD cloud es encontrada predominantemente en idioma Inglés, es indispensable el poder mostrar la información en diversos idiomas esto con el fin de poder aumentar el número de usuarios que utilicen la aplicación, es importante mencionar en este punto que al tener una arquitectura en capas es posible agregar una capa que se encargue de traducir la información obtenida a otros idiomas.
- 2) Es necesario extender el número de modelos 3D disponibles para representar la información acerca de los medicamentos, otra de las formas en que se podría fortalecer este punto es agregando diversidad de contenido como imágenes o videos relacionados con la información para así no limitarlo solo a modelos 3D.
- 3) Debido a que la Realidad Aumentada es una tecnología en crecimiento es interesante el extender los métodos de Realidad Aumentada que permite ARLOD, por ejemplo, se puede agregar el mostrar el contenido mediante el reconocimiento de texto, para que si un usuario no cuenta con el marcador del medicamento del cual requiere información, aun así, pueda hacer uso de ARLOD.
- 4) Aunque en este momento ARLOD está enfocada al ámbito médico es factible e interesante el poder extender su aplicación en otros ámbitos, algunos de estos ámbitos que sugieren ser interesantes para la aplicación de la arquitectura propuesta es el del turismo, el aprendizaje, la publicidad entre otros.

Es importante mencionar que se está gestionando el realizar una reunión con un médico que tiene injerencia tanto en hospitales como en el ámbito escolar, para que pruebe ARLOD con el fin de obtener retroalimentación para mejoras en un futuro.

## Productos Académicos



### En congreso internacional

**Carlos Daniel Flores-Flores**, José Luis Sánchez-Cervantes, Giner Alor-Hernández, Lisbeth Rodríguez-Mazahua, Luis Ángel Reyes-Hernández, Architecture for the integration of Linked Open Drug Data in an Augmented Reality application for mobile devices, International Conference on Software Processes Improvement (CIMPS 2017), Zacatecas, Zac, México.



### Derechos de autor

**Flores-Flores, Carlos Daniel**, Sánchez- Cervantes, J. L. & Alor-Hernández, G., “ARLOD: Aplicación para dispositivos móviles que integra Realidad Aumentada con Datos de la LOD cloud”. INDAUTOR.



### Nota de prensa

**Flores-Flores, Carlos Daniel**, “*Presentan en Zacatecas software innovador*”, CONACYT agencia Informativa, 2017. Por Erika Rodríguez. Disponible: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/tic/18973presentan-en-zacatecas-innovaciones-tecnologicas-de-software>



## Referencias

- [1] T. Segaran, E. Colin, and J. Taylor, *Programming the semantic web*. O'Reilly Media, 2009.
- [2] C. Bizer, T. Heath, and T. Berners-Lee, "Linked data-the story so far," *Int. J. Semant. Web Inf. Syst.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–22, 2009.
- [3] Tim Berners-Lee, "Linked Data - Design Issues," *personal view*, 2009. [Online]. Available: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. [Accessed: 19-Feb-2017].
- [4] A. Assaf, R. Troncy, and A. Senart, "What's up LOD Cloud?," in *The Semantic Web: ESWC 2015 Satellite Events: ESWC 2015 Satellite Events, Portorož, Slovenia, May 31 - June 4, 2015, Revised Selected Papers*, F. Gandon, C. Guéret, S. Villata, J. Breslin, C. Faron-Zucker, and A. Zimmermann, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 247–254.
- [5] "The Linking Open Data cloud diagram." [Online]. Available: <http://lod-cloud.net/>. [Accessed: 19-Feb-2017].
- [6] I. Fundulaki, G. Flouris, and V. Papakonstantinou, "On the Use of Abstract Models for RDF/S Provenance," in *Linked Data Management*, Chapman and Hall/CRC, 2014, pp. 391–412.
- [7] World Wide Web Consortium (W3C), "Dataset Descriptions: HCLS Community Profileitle," 2015. .
- [8] "DrugBank." [Online]. Available: <https://www.drugbank.ca/>. [Accessed: 17-Feb-2017].
- [9] V. Law *et al.*, "DrugBank 4.0: Shedding new light on drug metabolism," *Nucleic Acids Res.*, vol. 42, no. D1, pp. 1091–1097, 2014.
- [10] "DailyMed." [Online]. Available: <https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/>. [Accessed: 16-Feb-2017].
- [11] FDA, "Structured Product Labeling Resources," 2013. [Online]. Available: <http://www.fda.gov/ForIndustry/DataStandards/StructuredProductLabeling/default.htm>. [Accessed: 16-Feb-2017].
- [12] M. Samwald *et al.*, "Linked open drug data for pharmaceutical research and

- development,” *J. Cheminform.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–24, 2011.
- [13] A. Rath, A. Olry, F. Dhombres, M. M. Brandt, B. Urbero, and S. Ayme, “Representation of rare diseases in health information systems: The orphanet approach to serve a wide range of end users,” *Hum. Mutat.*, vol. 33, no. 5, pp. 803–808, May 2012.
- [14] C. Bizer, G. Kobilarov, J. Lehmann, R. Cyganiak, and Z. Ives, “DBpedia: A Nucleus for a Web of Open Data,” pp. 722–735, 2007.
- [15] C. Bizer *et al.*, “DBpedia - A crystallization point for the Web of Data,” *J. Web Semant.*, vol. 7, no. 3, pp. 154–165, 2009.
- [16] W3C, “What’s New in RDF 1.1.” [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/rdf11-new/>. [Accessed: 19-Feb-2017].
- [17] S. Auer, “Introduction to LOD2,” in *Linked Open Data -- Creating Knowledge Out of Interlinked Data: Results of the LOD2 Project*, S. Auer, V. Bryl, and S. Tramp, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 1–17.
- [18] W3C, “Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax,” 2000. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/#section-triples>. [Accessed: 18-Feb-2017].
- [19] S. Powers, “RDF: Heart and Soul,” in *Practical RDF: Solving Problems with the Resource Description Framework*, 2003, pp. 14–28.
- [20] “SPARQL Query Language for RDF.” [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>. [Accessed: 18-Feb-2017].
- [21] “SPARQL 1.1 Query Language.” [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/sparql11-query/>. [Accessed: 18-Feb-2017].
- [22] G. Képéklian, O. Curé, and L. Bihanic, “From the Web of Documents to the Linked Data,” in *Business Intelligence: 4th European Summer School, eBISS 2014, Berlin, Germany, July 6-11, 2014, Tutorial Lectures*, E. Zimányi and R.-D. Kutsche, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 60–87.
- [23] M. Watson, “Using RDF and RDFS Data Formats,” in *Scripting Intelligence: Web 3.0 Information Gathering and Processing*, Berkeley, CA: Apress, 2009, pp. 69–93.
- [24] V. Saquicela, L. M. Vilches-Blázquez, and O. Corcho, *Geographic Information Systems*. IGI Global, 2013.

- [25] J. Kipper, Gregory; Rampolla, *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*, Elsevier,. 2013.
- [26] L. Madden, “Profesional Augmented Reality Browsers for Smartphones,” *Prof. Augment. Real. Brows. Smartphones*, pp. 31–39, 2011.
- [27] A. Tommaso, Lucio; Mongelli, “Augmented and Virtual Reality: First International Conference, AVR 2014, Lecce, Italy, September 17-20, 2014, Revised Selected Papers,” 2014, p. 466.
- [28] R. Spallone and F. Paluan, *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*. IGI Global, 2017.
- [29] A. Ippolito, *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*. IGI Global, 2017.
- [30] R. Messier and R. Messier, “Mobile Operating Systems,” in *Operating System Forensics*, 2016, pp. 301–329.
- [31] Google, “Android 7.0 Nougat | Android Developers.” [Online]. Available: <https://developer.android.com/about/versions/nougat/index.html>. [Accessed: 20-Feb-2017].
- [32] T. M. Grønli, J. Hansen, G. Ghinea, and M. Younas, “Mobile Application Platform Heterogeneity: Android vs Windows Phone vs iOS vs Firefox OS,” in *2014 IEEE 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, 2014, pp. 635–641.
- [33] M. Panhale, “Native vs. Hybrid Mobile Applications,” in *Beginning Hybrid Mobile Application Development*, Berkeley, CA: Apress, 2016, pp. 15–20.
- [34] “UIWebView - UIKit | Apple Developer Documentation.” [Online]. Available: <https://developer.apple.com/reference/uikit/uiwebview>. [Accessed: 27-Feb-2017].
- [35] “About.” [Online]. Available: <http://phonegap.com/about/>. [Accessed: 27-Feb-2017].
- [36] “Attachmate is now Micro Focus | Micro Focus.” [Online]. Available: <https://www.microfocus.com/attachmate/>. [Accessed: 27-Feb-2017].
- [37] X. Microsoft®, “Mobile App Development & App Creation Software - Xamarin,” 2016. [Online]. Available: <https://www.xamarin.com/>. [Accessed: 27-Feb-2017].
- [38] B. Kim, “Responsive Web Design, Discoverability, and Mobile Challenge,” *Libr. Technol. Rep.*, vol. 49, no. 6, pp. 29–30, 2013.

- [39] A. K. De la Hoz Manotas, J. A. Sepulveda Ojeda, and R. D. Sarmiento Polo, "Prototipo móvil de realidad aumentada para sistema de transporte masivo en la ciudad de Barranquilla," *Prospectiva*, vol. 13, no. 2, pp. 96–109, 2015.
- [40] D. Amin and S. Govilkar, "Comparative Study of Augmented Reality Sdk'S," *Int. J. Comput. Sci. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 11–26, 2015.
- [41] PTC, "Vuforia Developer Portal," 2016. [Online]. Available: <https://developer.vuforia.com/>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [42] J. Grubert and R. Grasset, *Augmented Reality for Android Application Development*. 2013.
- [43] Xamarin Inc., "Mobile Application Development to Build Apps in C# - Xamarin." [Online]. Available: <https://www.xamarin.com/platform>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [44] NetBeans, "Bienvenido a NetBeans," 2015. [Online]. Available: <https://netbeans.org/>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [45] "NodeJS - NetBeans Plugin detail." [Online]. Available: <http://plugins.netbeans.org/plugin/19545/nbandroid>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [46] J. Gregory, "Game Engine Architecture," p. 864, 2009.
- [47] J. Craighead, J. Burke, and R. Murphy, "Using the Unity Game Engine to Develop SARGE : A Case Study," *Itsec*, vol. 4552, no. January, p. 366, 2008.
- [48] Microsoft, "C#." [Online]. Available: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/kx37x362.aspx>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [49] S. Olson, J. Hunter, B. Horgen, and K. Goers, "Choosing the Right Architecture," in *Professional Cross-Platform Mobile Development in C#*, 1st ed., Birmingham, UK, UK: Wrox Press Ltd., 2012, pp. 3–14.
- [50] Oracle Corporation, "Java SE | Oracle Technology Network | Oracle," 2016. [Online]. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/es/java/javase/overview/index.html>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [51] B. Kurniawan, "Java, the Language and the Technology," in *Java for Android*, 2014, pp. 1–7.
- [52] S. Patni, "Fundamentals of RESTful APIs," in *Pro RESTful APIs: Design, Build and Integrate with REST, JSON, XML and JAX-RS*, Berkeley, CA: Apress, 2017, pp. 1–9.
- [53] D. Fensel, F. M. Facca, E. Simperl, and I. Toma, "Web2.0 and RESTful Services," in

- Semantic Web Services*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 67–86.
- [54] “Apache Jena - Home.” [Online]. Available: <https://jena.apache.org/index.html>. [Accessed: 04-Nov-2017].
- [55] P. Abrahamsson *et al.*, “Mobile-D: An Agile Approach for Mobile Application Development,” in *Companion to the 19th Annual ACM SIGPLAN Conference on Object-oriented Programming Systems, Languages, and Applications*, 2004, pp. 174–175.
- [56] V. Rahimian and R. Ramsin, “Designing an agile methodology for mobile software development: A hybrid method engineering approach,” in *2008 Second International Conference on Research Challenges in Information Science*, 2008, pp. 337–342.
- [57] I. Rangel, “Procesos en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles,” Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias de la UNAM, 2013.
- [58] VTT, “Electronics -AGILE - Agile Software Technologies,” *Technical Research Centre of Finland*, 2012. [Online]. Available: <http://agile.vtt.fi/mobiled.html>. [Accessed: 04-Mar-2017].
- [59] M. Dunleavy and C. Dede, “Augmented Reality Teaching and Learning,” in *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, and M. J. Bishop, Eds. New York, NY: Springer New York, 2014, pp. 735–745.
- [60] E. Zhu, A. Hadadgar, I. Masiello, and N. Zary, “Augmented reality in healthcare education: an integrative review,” *PeerJ*, vol. 2, pp. 1–17, 2014.
- [61] R. Wang, Z. Geng, Z. Zhang, and R. Pei, “Visualization Techniques for Augmented Reality in Endoscopic Surgery,” in *Medical Imaging and Augmented Reality*, 2016, pp. 129–138.
- [62] X. Zhang, Y. Han, D. Hao, and Z. Lv, “ARPPS: Augmented Reality Pipeline Prospect System,” in *Neural Information Processing: 22nd International Conference, ICONIP 2015, November 9-12, 2015, Proceedings, Part IV*, S. Arik, T. Huang, W. K. Lai, and Q. Liu, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 647–656.
- [63] V. M. Sundaram, S. K. Vasudevan, A. Ritesh, and C. Santhosh, “An Innovative App with for Location Finding with Augmented Reality Using CLOUD,” *Procedia*

- Comput. Sci.*, vol. 50, pp. 585–589, 2015.
- [64] K. J. Carlson and D. J. Gagnon, “Augmented Reality Integrated Simulation Education in Health Care,” *Clin. Simul. Nurs.*, vol. 12, no. 4, pp. 123–127, 2016.
- [65] M. Tatzgern, R. Grasset, E. Veas, D. Kalkofen, H. Seichter, and D. Schmalstieg, “Exploring real world points of interest: Design and evaluation of object-centric exploration techniques for augmented reality,” *Pervasive Mob. Comput.*, vol. 18, pp. 55–70, 2015.
- [66] S. Salmi, J. Ab, M. F. Shiratuddin, K. W. Wong, and C. L. Oskam, “Utilising Mobile-Augmented Reality for Learning Human Anatomy,” in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2015, vol. 197, pp. 659–668.
- [67] J. Kozák, M. Nečaský, J. Dědek, J. Klímek, and J. Pokorný, “Linked Open Data for Healthcare Professionals,” in *Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, 2013, pp. 400–409.
- [68] P. Chhaya, C.-H. Choi, K.-H. Lee, W.-S. Cho, and Y.-S. Lee, “KMLOD: linked open data service for Korean medical database,” *J. Supercomput.*, Feb. 2017.
- [69] C. Böhm *et al.*, “GovWILD: Integrating Open Government Data for Transparency,” in *Proceedings of the 21st International Conference on World Wide Web*, 2012, pp. 321–324.
- [70] S. Vert, B. Dragulescu, and R. VasIU, “LOD4AR: Exploring Linked Open Data with a Mobile Augmented Reality Web Application,” in *Proceedings of the 2014 International Conference on Posters & Demonstrations Track - Volume 1272*, 2014, pp. 185–188.
- [71] S. Vert and R. VasIU, “Integrating Linked Data in Mobile Augmented Reality Applications,” in *Proceedings of Information and Software Technologies: 20th International Conference, International Conference on Information Science and Technology (/CIST) 2014, Druskininkai, Lithuania, October 9-10, 2014.*, G. Dregvaite and R. Damasevicius, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 324–333.
- [72] S. Vert and R. VasIU, “Relevant Aspects for the Integration of Linked Data in Mobile Augmented Reality Applications for Tourism,” in *Proceedings of Information and Software Technologies: 20th International Conference, International Conference on*

- Information Science and Technology (ICIST) 2014, Druskininkai, Lithuania, October 9-10, 2014.*, G. Dregvaite and R. Damasevicius, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 334–345.
- [73] A. M. Feroso, M. Mateos, M. E. Beato, and R. Berjón, “Open linked data and mobile devices as e-tourism tools. A practical approach to collaborative e-learning,” *Comput. Human Behav.*, vol. 51, pp. 618–626, 2015.
- [74] V. Reynolds and M. Hausenblas, “Exploiting linked open data for mobile augmented reality,” *W3C Work. Augment. Real. Web*, vol. 1, pp. 1–6, 2010.
- [75] S. Zander, C. Chiu, and G. Sageder, “A Computational Model for the Integration of Linked Data in Mobile Augmented Reality Applications,” in *Proceedings of the 8th International Conference on Semantic Systems*, 2012, pp. 133–140.
- [76] A. Balog and C. Pribeanu, “The Role of Perceived Enjoyment in the Students’ Acceptance of an Augmented Reality Teaching Platform: a Structural Equation Modelling Approach,” *Stud. Informatics Control*, vol. 19, pp. 319–330, 2010.