

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

VISUALIZACIÓN DE PUNTOS DE INTERÉS EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO USANDO REALIDAD AUMENTADA

Tesis para optar por el título de Ingeniero Informático, que presenta el bachiller:

Pedro Jesús Carrión Castagnola

ASESORA: Mag. Claudia María Del Pilar Zapata Del Rio

Lima, Abril del 2016

Resumen

Es habitual que en una universidad de prestigio se realicen eventos de importante relevancia tanto para la comunidad universitaria como para personas externas a esta, sin embargo esta información, por lo general, no se encuentra centralizada o no tiene mayor visibilidad en la web, por lo que queda fuera del alcance de las personas a las interesadas en asistir.

Además, una persona que no pertenece o que recién se incorpora a la comunidad universitaria no conoce la ubicación de sitios relevantes como las unidades, facultades y bibliotecas; incluso las personas que sí pertenecen a la comunidad universitaria pueden desconocer la ubicación de sitios menos visitados como las direcciones administrativas, centros e institutos.

La presente tesis busca desarrollar una aplicación móvil con información centralizada de lugares y eventos de un campus universitario, esta ofrece mostrar la ubicación de puntos de interés mediante el uso de las tecnologías de realidad aumentada y mapas, implementar sistemas de búsqueda de puntos de interés, y mostrar información como descripciones, fotos, enlaces web, enlaces de contacto y lugares relacionados, entre otros.

Esta aplicación fue implementada para la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) por parte de la Dirección Informática Académica (DIA) con el nombre de “Descubre PUCP”.

Tabla de contenido

1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Marco conceptual.....	3
1.2.1. Software y sistemas operativos para dispositivos móviles inteligentes.....	3
1.2.2. Punto de interés.....	4
1.2.3. Realidad aumentada.....	5
1.3. Estado del arte.....	7
1.3.1. Aplicaciones para visualización de puntos de interés.....	7
1.3.2. Revisión sistemática.....	10
1.3.3. Conclusiones sobre el estado del arte.....	16
2. CAPÍTULO 2: OBJETIVOS, HERRAMIENTAS Y ALCANCE.....	18
2.1. Objetivo general.....	18
2.2. Objetivos específicos.....	18
2.3. Resultados esperados.....	18
2.4. Herramientas, métodos y procedimientos.....	19
2.4.1. Mapeo.....	19
2.4.2. Procedimiento 1: Revisión de fuentes oficiales de la universidad.....	20
2.4.3. Herramienta 1: Base de datos MySQL.....	20
2.4.4. Herramienta 2: IDE Android Studio.....	21
2.4.5. Herramienta 3: Lenguaje de programación Java y Android SDK.....	21
2.4.6. Herramienta 4: Google Maps API for Android.....	23
2.4.7. Herramienta 5: Mixare.....	24
2.4.8. Herramienta 6: IDE Netbeans.....	24
2.4.9. Herramienta 7: Lenguaje de programación PHP.....	24
2.4.10. Herramienta 8: Servicio web y servidor remoto.....	25
2.4.11. Herramienta 9: Base de datos interna Android SQLite.....	26
2.4.12. Herramienta 10: lenguaje de etiquetas HTML.....	26
2.4.13. Herramienta 11: Controlador de versiones SVN.....	26
2.4.14. Herramienta 12: Otras librerías externas.....	27
2.4.15. Herramienta 13: Framework Yii.....	28
2.4.16. Herramienta 14: Herramientas de metodologías ágiles.....	29
2.5. Alcances y limitaciones.....	31
2.6. Justificación y viabilidad.....	32
2.7. Plan de actividades.....	34
2.8. Descubre PUCP.....	36
3. CAPÍTULO 3: DATOS.....	37

3.1. Recolección de datos.....	37
3.2. Estructuras de datos.....	38
4. CAPÍTULO 4: VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN.....	41
4.1. Interfaz gráfica.....	41
4.2. Arquitectura de la información.....	43
5. CAPÍTULO 5: GEOLOCALIZACIÓN.....	50
5.1. Realidad aumentada.....	50
5.1.1. Código utilizado de Mixare.....	50
5.1.2. Código modificado de Mixare.....	50
5.2. Mapas.....	52
5.2.1. Visualización de mapa interactivo.....	53
5.2.2. Visualización de uno o más puntos de interés.....	53
5.2.3. Visualización de información de un punto de interés al tocarlo.....	53
6. CAPÍTULO 6: COMUNICACIÓN CLIENTE SERVIDOR.....	54
6.1. Administración web.....	54
6.2. Servicio web y arquitectura.....	55
6.2.1. Vista de despliegue.....	55
6.2.2. Vista lógica.....	56
6.3. Optimización de recursos.....	59
7. CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	60
7.1. Resultados obtenidos con Descubre PUCP.....	60
7.2. Observaciones y recomendaciones.....	61
7.3. Trabajos futuros.....	61
7.4. Conclusiones.....	62
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

Índice de figuras

<i>Figura 1: Territorio que ocupa la Pontificia Universidad Católica del Perú [3].....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2: Descargas acumuladas de aplicaciones en Google Play y App Store [6].....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3: Visualización de un punto de interés en Google Maps.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4: Videojuego que utiliza realidad aumentada.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5: Aplicación Field Trip.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6: Visión de realidad aumentada en Layar.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 7: Aplicación Wikitude [16].....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 8: Cuota de mercado de sistemas operativos móviles [25].....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 9: Tabla comparativa de rendimiento de Yii versus otros frameworks [40].....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10: Mapa físico ubicado en campus universitario.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11: Tabla de puntos de interés en la base de datos.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 12: Logo de aplicación Descubre PUCP.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 13: Íconos de aplicación Descubre PUCP.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 14: Ejemplo de información de un punto de interés.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15: Navegación entre ventanas.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16: Ventana inicial de aplicación Descubre PUCP.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 17: Resultados de búsqueda como un listado de puntos de interés.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 18: Ventana de información de un punto de interés.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 19: Ventana de realidad aumentada.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 20: Ventana de mapa.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 21: Ventana de ayuda.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 22: Problemas de interfaz de aplicación Mixare.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23: Solución propuesta para problemas de interfaz.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24: Visualización de punto de interés usando API de Google Maps para Android... </i>	<i>53</i>
<i>Figura 25: Vista de despliegue de arquitectura.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 26: Vista lógica de arquitectura.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 27: Estadística de instalaciones de Descubre PUCP.....</i>	<i>60</i>

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Cantidad de artículos encontrados y duplicados en revisión sistemática.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2: Análisis de artículo "Mobile Augmented Reality of Tourism-Yilan Hot Spring".....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 3: Análisis de artículo "CAViAR: Context aware visual indoor augmented reality for a university campus".....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 4: Análisis de artículo "Mobile Campus Touring System based on AR and GPS: a Case Study of Campus Cultural Activity".....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 5: Análisis de proyecto "Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android".....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 6: Herramientas, métodos y procedimientos por cada resultado esperado.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 7: Cuadro comparativo de gestores de base de datos MySQL y PostgreSQL [23]..</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 8: Cuadro comparativo de lenguajes de programación PHP, Java y ASP [23].....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 9: Cuadro comparativo de servicios web SOAP y REST [31].....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 10: Cuadro comparativo de controladores de versiones CVS y SVN [23].....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 11: Librerías externas que usa el proyecto.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 12: Medición de calidad de consumo de memoria, precisión y cobertura en el proceso de determinación de la ubicación del dispositivo [43].....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 13: Cuadro de egresos del proyecto.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 14: Planificación del proyecto.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 15: Campos de tabla que almacena puntos de interés en base de datos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 16: Descripción de vista de despliegue de arquitectura.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 17: Capa de presentación de vista lógica de arquitectura.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 18: Capa de proceso de vista lógica de arquitectura.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 19: Capa de datos de vista lógica de arquitectura.....</i>	<i>59</i>

1. CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

En este capítulo se explicará en detalle cual es el problema que se pretende resolver con este proyecto de fin de carrera; se presentarán los escenarios del problema, los conceptos necesarios para entenderlos y el estado del arte.

1.1. Problemática

En esta sección se discutirá fundamentalmente el escenario donde ocurre el problema y los problemas que afectan a este.

En los últimos años existen esfuerzos por desarrollar herramientas informáticas sofisticadas como TripAdvisor¹, Yelp², Foursquare³, Facebook Places⁴, entre otras, cuya función es brindar distintos tipos de información de lugares de interés [1]. Otros ejemplos se pueden ver en los artículos [2] y [1] en donde se desarrollan los proyectos ARCAMA-3D y BOTTARI respectivamente; el primero sirve para encontrar, con ayuda de información sobre gustos del usuario, lugares de interés en sitios que el usuario no conoce [2] y BOTTARI fue desarrollado para encontrar lugares de interés de acuerdo a información recolectada de redes sociales de, por ejemplo, sitios turísticos [1].

El desarrollo de este tipo de aplicaciones y herramientas informáticas responden a la necesidad de conocer información relevante de lugares de interés para el usuario. Estos problemas se pueden dar en cualquier lugar con sitios de interés para el público que transita por él; para este proyecto se toma como principal problema la dificultad de identificar y conocer información de lugares de interés en un campus universitario.

Se tomará como ejemplo la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) cuya infraestructura cuenta con un área total de 413 902 m² y que al momento de realizar este proyecto contaba con 10 facultades [3]. La figura 1 muestra un mapa de esta universidad en donde se puede ver el área que ocupa.

¹ <http://www.tripadvisor.com.pe>

² <http://www.yelp.com>

³ <https://foursquare.com>

⁴ <https://es-la.facebook.com/places/>

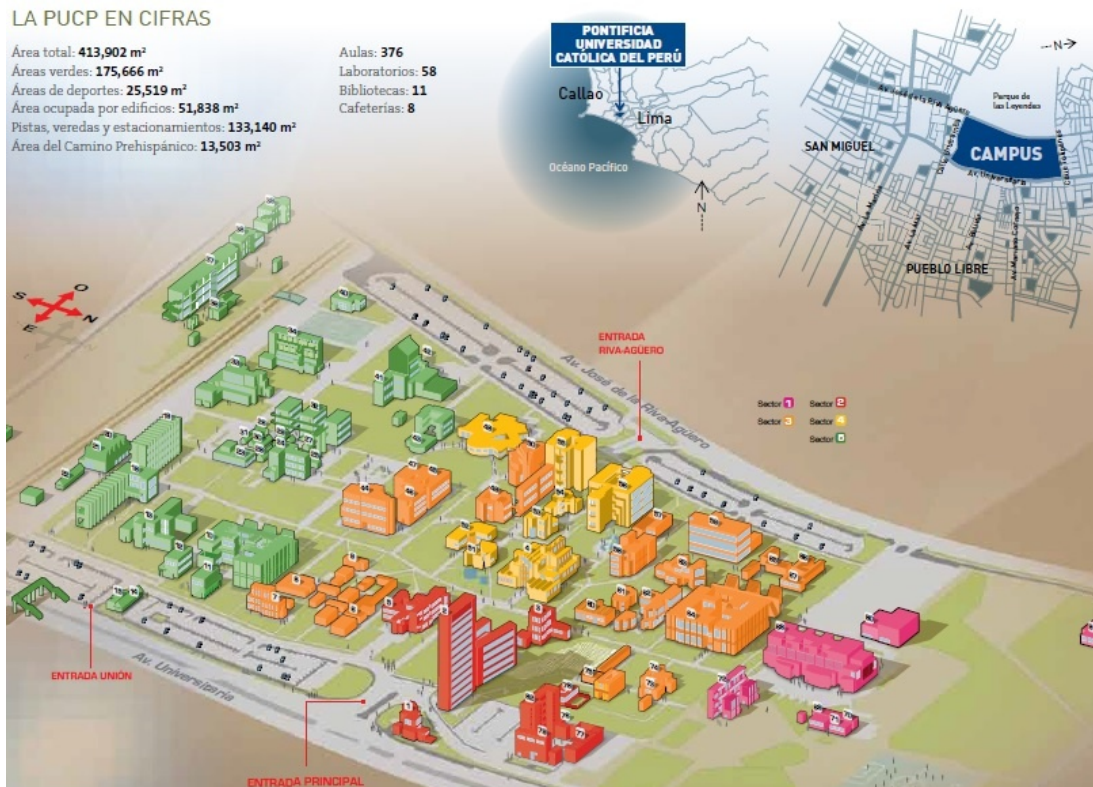


Figura 1: Territorio que ocupa la Pontificia Universidad Católica del Perú [3].

Debido a la gran extensión que ocupa una universidad como esta y a la cantidad de edificios construidos en ella, una persona que no pertenece o que recién se incorpora a la comunidad universitaria no conoce la ubicación de lugares importantes dentro del campus universitario como las unidades académicas, facultades o bibliotecas; incluso las personas que sí pertenecen a la comunidad universitaria pueden no conocer la ubicación de lugares menos visitados como las direcciones administrativas, centros e institutos.

La solución tradicional a este problema es colocar mapas en distintos puntos dentro del campus universitario que indiquen cual es la posición actual de la persona y una lista de todos los lugares de la universidad y su ubicación, usar mapas no solo ayuda a llegar al destino, también puede mostrar qué camino tomar y qué lugares existen cerca. Otra solución es preguntar sobre la ubicación de lugares a otras personas, sin embargo, no necesariamente se reciben las indicaciones correctas.

De lo explicado se puede concluir que existen dos problemas: dificultad por identificar y llegar a ciertos espacios del campus universitario y relacionar estas ubicaciones con los eventos que ocurren en ellos y facilidades que se encuentren alrededor. En consecuencia este proyecto de fin de carrera propone aprovechar el auge de las tecnologías móviles y crear una aplicación que ayude a sus usuarios a identificar lugares y eventos del campus universitario, que los oriente para llegar a su destino y que les muestre información detallada de los mismos, todo bajo una interfaz que provea un diseño atractivo, facilidad de uso y un rendimiento óptimo.

1.2. Marco conceptual

Dada la masificación de dispositivos móviles pueden realizarse buenas estrategias para resolver problemas de este tipo, por ejemplo, un usuario podría ver en su dispositivo móvil, en cualquier momento, su ubicación actual y la de su destino en un mapa sin necesidad de acercarse a un módulo de información ni arriesgarse a obtener información imprecisa de otras personas. A continuación se presentarán conceptos relacionados a aplicaciones móviles y geolocalización que apoyarán el entendimiento de este trabajo.

1.2.1. Software y sistemas operativos para dispositivos móviles inteligentes

El software que es desarrollado exclusivamente para dispositivos móviles inteligentes o smartphones son comúnmente llamados “Aplicaciones”, también conocidas como Apps⁵.

En los últimos años ha habido un gran auge en el desarrollo y venta tanto de dispositivos móviles como aplicaciones para estas [4], la tendencia de uso de smartphones y tablets es evidente y se espera que para el año 2017 las ventas de smartphones representen el 95% del total de ventas de celulares y que las ventas de tablets sobrepasen las de computadoras de escritorio [5].

En el siguiente gráfico estadístico se muestra la cantidad de descargas acumuladas de aplicaciones desde mediados del 2010 hasta mediados del 2013 de las tiendas de

⁵De la abreviación del inglés Applications.

descargas mas populares a la fecha: Google Play y App Store⁶, como se puede apreciar esta cantidad asciende a 48 y 50 mil millones, respectivamente [6].

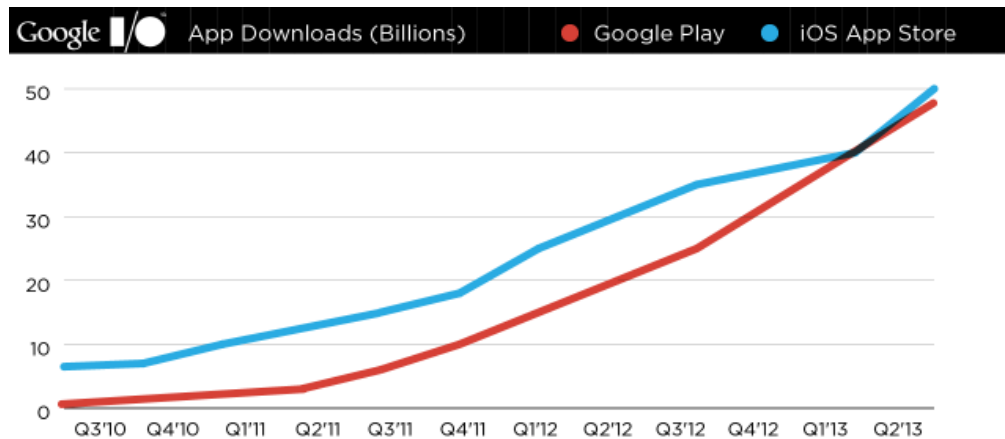


Figura 2: Descargas acumuladas de aplicaciones en Google Play y App Store [6].

Lo más recomendable al desarrollar aplicaciones para una gran cantidad de publico es asegurar su buen funcionamiento sobre los sistemas operativos que tengan una mejor tendencia en popularidad, actualmente los sistemas operativos para dispositivos móviles más utilizados son iOS y Android [4].

El nombre iOS proviene de la abreviación de “iPhone Operative System”, es el sistema operativo creado por Apple para la serie de dispositivos iPhone los cuales han tenido un gran éxito en ventas [4] y se han caracterizado por mantener una gran calidad en cuanto a diseño y rendimiento. Android es el sistema operativo para dispositivos móviles creado por Google. Tiene una licencia libre y de código abierto [7]. Otros sistemas operativos populares son: Windows Phone y BlackBerry OS [4].

1.2.2. Punto de interés

Un punto de interés⁷, como su nombre lo indica, representa un punto o una ubicación que pueda ser interesante para alguien, un punto de interés puede ser, por ejemplo, Macchu Picchu por su atractivo turístico o la Pontificia Universidad Católica del Perú

⁶Según convención estadounidense, se debe entender un billón como mil millones.

⁷También llamado Point Of Interest o POI.

(PUCP) por ser una universidad importante. La siguiente figura tomada del sitio web Google Maps⁸ muestra cómo se visualiza un punto de interés en este servicio.

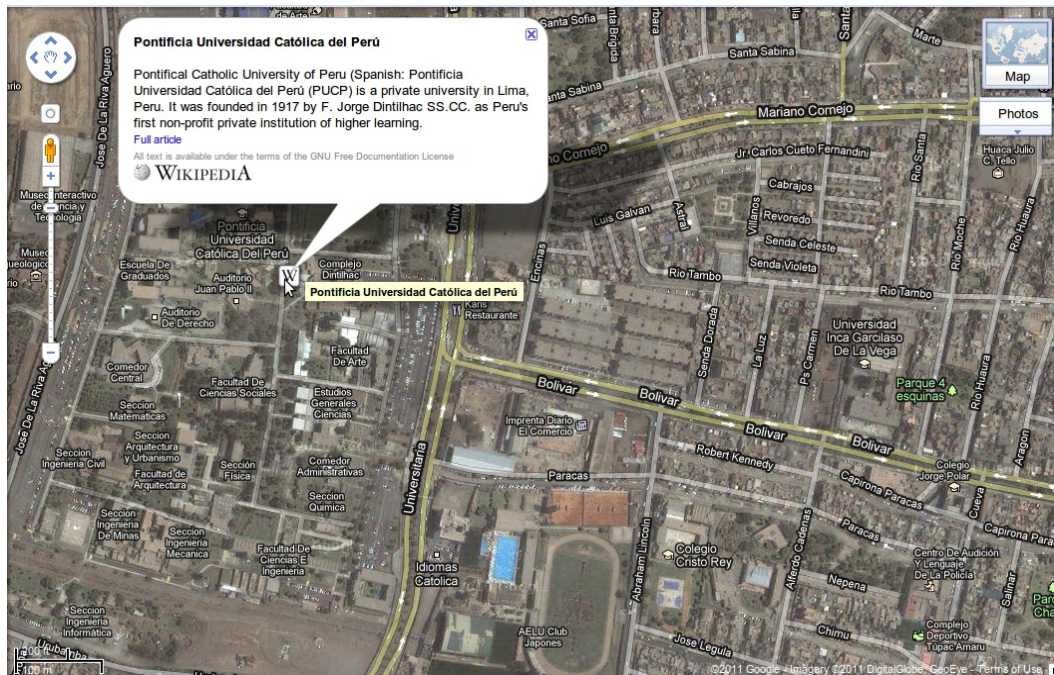


Figura 3: Visualización de un punto de interés en Google Maps.

La información que contiene un punto de interés debe contener de manera obligatoria la ubicación que es representada por, al menos, la latitud⁹ y la longitud¹⁰ de tal manera que mediante un sistema de referencia geodésico¹¹ se pueda obtener la ubicación exacta del punto de interés. La acción de ubicar un punto de interés mediante esta manera también es conocida como geolocalización o georeferenciación [8].

1.2.3. Realidad aumentada

En una aplicación informática, realidad aumentada¹² es un término que define la tecnología capaz de añadir elementos virtuales a la visualización de un entorno real

⁸ <http://maps.google.com>.

⁹ Geogr. Distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador, contada en grados de meridiano [9].

¹⁰ Geogr. Distancia expresada en grados, entre el meridiano de un punto y otro tomado como referencia en el Ecuador [9].

¹¹ Es un modelo matemático que sirve para identificar cualquier ubicación de la Tierra. Actualmente el sistema estándar es el sistema geodésico mundial de 1984 (también llamado World Geodetic System 84 o WGS84) [8].

¹² También llamado Augmented Reality o AR.

mediante una interfaz, dando al usuario la sensación de que los objetos virtuales y reales coexisten en el mismo entorno [10], como ejemplo, en la siguiente figura se puede ver una captura de pantalla de un videojuego para la consola PlayStation® Vita que utiliza realidad aumentada¹³.



Figura 4: Videojuego que utiliza realidad aumentada.

La realidad aumentada es un sistema que tiene las siguientes capacidades [10]:

- Combina elementos reales y virtuales.
- Es interactiva en tiempo real.
- Está establecida en tres dimensiones.

En cuanto a hardware, un sistema de realidad aumentada debe estar compuesto por una cámara de video, un sistema de posicionamiento (por ejemplo, sensores ópticos o el sistema de posicionamiento global¹⁴), un generador de escenario virtual y un monitor en donde se pueda observar la combinación del mundo real y virtual [10][11].

La posibilidad de agregar información que el usuario no pueda detectar con sus sentidos en un entorno real puede incrementar su percepción e interacción con este y

¹³Captura de pantalla de videograbación "PlayStation Vita - Augmented Reality", GAMERSPAWN 2011. <https://www.youtube.com/watch?v=zXWSpcTnKTw>

¹⁴Es un sistema que, mediante el uso de satélites, permite localizar cualquier parte del globo terrestre, el más común es el sistema de posicionamiento global (Global Positioning system o GPS) [12].

ayudarlo a desarrollar diferentes tipos de tareas [10], tal como se puede observar en [11] “esta tecnología está introduciéndose en nuevas áreas de aplicación como son entre otras la reconstrucción del patrimonio histórico, el entrenamiento de operarios de procesos industriales, marketing, el mundo del diseño interiorista y guías de museos”, también existen investigaciones que usan realidad aumentada en el campo de la educación, por ejemplo, en la enseñanza de geometría mediante la visualización de figuras geométricas en tres dimensiones[11].

1.3. Estado del arte

Mediante la determinación del estado del arte se busca conocer cual es el avance actual en el campo de desarrollo de aplicaciones móviles permitan ubicar puntos de interés y que usen realidad aumentada como herramienta de localización.

A continuación se mostrarán descripciones de aplicaciones móviles muy conocidas para identificar puntos de interés en mapas y realidad aumentada: Google Maps, Layar y Wikitude; en el siguiente punto se utilizará el método de revisión sistemática para establecer el estado del arte mediante un protocolo de revisión y búsqueda en estudios primarios.

1.3.1. Aplicaciones para visualización de puntos de interés

Actualmente existen aplicaciones que permiten identificar puntos de interés por realidad aumentada y mapas, a continuación se explicarán las más conocidas.

- **Google Maps**

Google Maps es un servicio de mapas de Google que permite navegar sobre mapas y provee información muy detallada como nombres de rutas, imágenes satelitales y nombres de lugares importantes, entre otros. Esta información puede ser utilizada por otras aplicaciones que deseen hacer uso de mapas con puntos de interés superpuestos [13].

Existe una gran cantidad de aplicaciones, tanto web como móviles, que hacen uso del API¹⁵ de Google Maps para incluir sus propios puntos de interés a estos

¹⁵Application Programming Interface, Interfaz de programación de aplicaciones, provee especificaciones para que diferentes aplicaciones de software puedan comunicarse entre sí.

[13], como ejemplo, la captura de pantalla que se muestra en la figura 5 corresponde a la aplicación “Field Trip”¹⁶ que hace uso del API de Google Maps para Android para mostrar puntos de interés cercanos a la ubicación actual del dispositivo móvil.



Figura 5: Aplicación Field Trip.

- **Layar**

Layar es una aplicación para dispositivos móviles que se especializa en aplicar la tecnología de realidad aumentada.

Cómo su nombre lo sugiere, el principal concepto del funcionamiento de esta aplicación es el uso de capas (“layers”, en inglés). Layar funciona como un navegador de capas en donde cada capa contiene información sobre un conjunto de puntos de interés y puede ser vista mediante realidad aumentada [14]. La siguiente figura muestra una visión futurista de la aplicación Layar¹⁷.

¹⁶ Aplicación Android de Google, NianticLabs@Google. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nianticproject.scout>

¹⁷ Captura de pantalla de videograbación “Layar - Impactful Augmented Reality in Your Everyday Life”, Layar, Layar Mobile’s Channel. http://www.youtube.com/watch?v=HW9gU_4AUCA

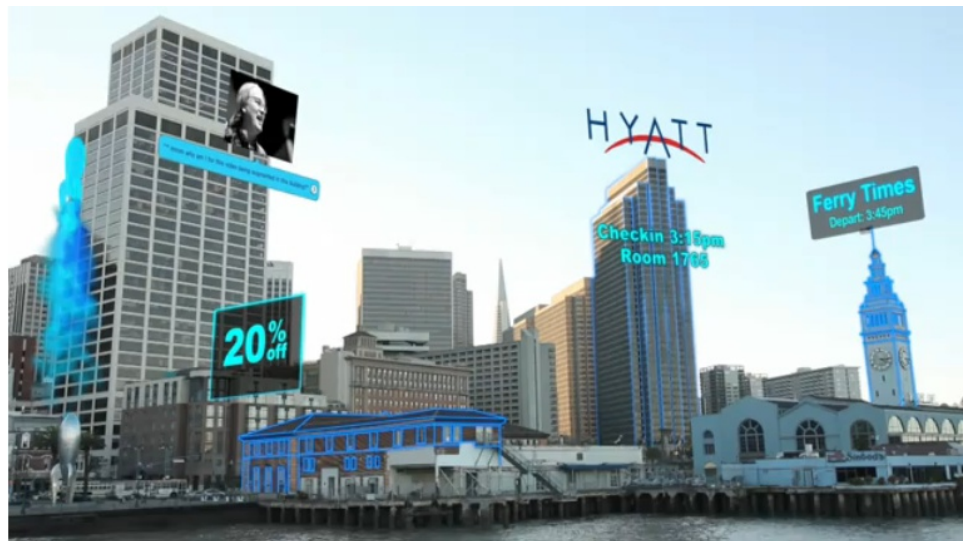


Figura 6: Visión de realidad aumentada en Layar.

Layar proporciona a los desarrolladores un API que permite crear capas y sus puntos de interés, incluso, mediante una interfaz web, proporciona todas las herramientas necesarias para que un usuario cree su propia capa sin tener conocimientos de programación [15]. Este desarrollo a alto nivel también trae limitaciones ya que la aplicación trabajaría de acuerdo al estándar de navegación de Layar. Layar es una aplicación de código cerrado.

- **Wikitude**

Wikitude es una organización que provee diferentes servicios que utilizan la tecnología de realidad aumentada, entre ellas la aplicación para móviles Wikitude que funciona de manera similar a Layar, es decir, muestra puntos de interés cercanos a nuestra ubicación actual mediante el sistema de realidad aumentada [16]. La figura 7 muestra un ejemplo de funcionamiento de la aplicación Wikitude.

Wikitude pone a disposición de los programadores y de manera gratuita Wikitude SDK que permite a los desarrolladores utilizar la tecnología de realidad aumentada desarrollada por Wikitude para mostrar sus propios puntos de interés [17]. Al igual que Layar, Wikitude es un aplicación de código cerrado.



Figura 7: Aplicación Wikitude [16].

1.3.2. Revisión sistemática

Una revisión sistemática es un método de investigación que permite identificar, evaluar e interpretar las mejores investigaciones relevantes a un área de interés en particular. Para realizar una revisión sistemática se debe establecer los métodos a usarse mediante un protocolo de revisión [18].

Los objetivos de la revisión sistemática son los siguientes:

- Identificar soluciones exitosas de aplicaciones que permitan encontrar y ver información de puntos de interés.
- Encontrar ejemplos exitosos de usos de realidad aumentada para reconocer puntos de interés.
- Identificar cuales son las herramientas utilizadas para resolver problemas similares.

- **Protocolo de revisión**

La pregunta planteada como guía para realizar las búsquedas es: ¿Cómo las aplicaciones móviles y el uso de realidad aumentada pueden contribuir en mejorar la identificación de puntos de interés en un lugar?.

Como estrategia de búsqueda se definieron palabras claves y criterios de búsquedas para formar la siguiente condición de búsqueda:

```
("Augmented Reality" OR "AR") AND ("Mobile" OR  
"Application") AND ("Points of interest" OR "Context-  
aware") AND NOT "Recognition"
```

El proceso de búsqueda se realizó sobre estudios primarios con fecha de publicación desde el año 2011 hasta el 2015 en los repositorios Scopus¹⁸ e IEEEExplore¹⁹. También se realizó una búsqueda en el repositorio de tesis de la Pontificia Universidad Católica; este, al ser un repositorio de menor tamaño, se usó buscando el término "Realidad Aumentada".

Para la selección de estudios se consideraron los siguientes criterios de inclusión:

- Considerar estudios primarios que desarrollen y/o evalúen un proyecto que utilice realidad aumentada en dispositivos móviles para identificar puntos de interés.
- Considerar estudios primarios en donde se muestren los resultados que tuvieron estos proyectos en donde fueron aplicados.
- El sistema de realidad aumentada desarrollado o evaluado debe funcionar mediante la determinación de ubicación del usuario.

Finalmente, como criterio de exclusión se estableció que el sistema de realidad aumentada desarrollado o evaluado en el estudio primario no debe funcionar

¹⁸<http://www.scopus.com>

¹⁹<http://ieeexplore.ieee.org>

unicamente mediante reconocimiento de imágenes sin determinación de ubicación del usuario.

- **Búsqueda**

Los resultados de la búsqueda se muestran en la siguiente tabla:

Repositorio	Artículos encontrados	Artículos Duplicados
IEEEExplore	14	9
Scopus	40	9
Tesis PUCP	2	0

Tabla 1: Cantidad de artículos encontrados y duplicados en revisión sistemática.

El detalle de los resultados de búsqueda se puede ver en el ANEXO 1.

- **Resultados**

Sobre los resultados de búsqueda se hizo una revisión de los títulos, abstractos, palabras clave y/o contenido, apoyados sobre los criterios de inclusión y exclusión establecidos en el protocolo de búsqueda, en la que se seleccionaron 4 artículos.

A continuación, para cada uno de los estudios primarios seleccionados se presentará un análisis que contiene: nombre del artículo, descripción del proyecto desarrollado o evaluado, herramientas usadas para el desarrollo o evaluación del proyecto y resultados encontrados:

Artículo “Mobile Augmented Reality of Tourism-Yilan Hot Spring” [19]	
Descripción	La aplicación descrita en este artículo es muy similar a la planteada en este proyecto de tesis, utiliza realidad aumentada mediante el sistema de posicionamiento GPS y mapas para orientar al usuario, sin embargo no esta dirigida a usarse en un campus universitario pues se aplica sobre un lugar recreativo llamado Yilan Hot Spring.
Herramientas usadas	Para el módulo de realidad aumentada se desarrolló un sistema propio llamado “MAR” (Mobile Augmented Reality) el cual fue

Artículo “Mobile Augmented Reality of Tourism-Yilan Hot Spring” [19]	
Herramientas usadas	construido sobre el sistema “OmniGuider GPS Navigation System” desarrollado por el departamento de ciencias de la computación de la Universidad Nacional de Taipei (National Taipei University, NTPU) [19].
Resultados	Según la investigación desarrollada se buscó eliminar las limitaciones producidas por utilizar realidad aumentada con reconocimiento de patrones y se enfocó en mejorar la determinación de la ubicación actual mediante el sistema “OmniGuider”. Se observó que mediante la aplicación los usuarios pueden identificar la ubicación de puntos de interés y acceder a su sitio web de una manera más rápida gracias a que el módulo de realidad aumentada permite escanear códigos QR [19].

Tabla 2: Análisis de artículo “Mobile Augmented Reality of Tourism-Yilan Hot Spring”.

Artículo “CAViAR: Context aware visual indoor augmented reality for a university campus” [20]	
Descripción	En esta investigación se desarrolla una aplicación que trabaja sobre el sistema operativo iOS y está orientada a ser utilizada en un ámbito universitario. Tiene como objetivo mostrar información de lugares ubicados incluso en interiores mediante realidad aumentada o mapas, además permite compartir ubicaciones, buscar puntos de interés, utilizar comandos de voz, entre otros [20].
Herramientas usadas	Para la implementación de detección de puntos de interés con realidad aumentada se desarrolló una herramienta propia que trabaja sobre el sistema de reconocimiento de patrones Qualcomm’s Vuforia SDK. Para determinar la ubicación del usuario se desarrolló un sistema que actualiza las coordenadas cada vez que la cámara del dispositivo reconoce un patrón preestablecido en el campus, si cambia de lugar se usan los sensores del dispositivo para actualizar su ubicación (sistema “Inertial Navigation”) [20].
Resultados	Se observó que la determinación de la ubicación del usuario al utilizar realidad aumentada es bastante precisa, sin embargo existen

Artículo “CAViAR: Context aware visual indoor augmented reality for a university campus” [20]	
Resultados	algunos problemas en establecer la ubicación si el usuario sostiene el teléfono de manera incorrecta. En una prueba realizada sobre un recorrido de 300 pies, se encontró que la precisión de ubicación del dispositivo tuvo 2% de margen de error [20].

Tabla 3: Análisis de artículo "CAViAR: Context aware visual indoor augmented reality for a university campus".

Artículo “Mobile Campus Touring System based on AR and GPS: a Case Study of Campus Cultural Activity” [21]	
Descripción	Esta investigación encuentra la tecnología de realidad aumentada como una alternativa para promocionar información sobre actividades culturales dentro de un campus universitario y así evitar problemas medioambientales y económicos producidos al imprimir panfletos, además busca captar el interés de los usuarios al combinar información virtual con el mundo real [21].
Herramientas usadas	Se desarrolló un servicio web alojado en un servidor apache (struts2), una comunicación cliente servidor mediante protocolo HTTP y esquema JSON y una aplicación móvil que utiliza realidad aumentada con Wikitude SDK.
Resultados	<p>Se seleccionó a 17 estudiantes aleatorios para probar la aplicación desarrollada para el campus universitario de BNU (Beijing Normal University) y se les dividió en 2 grupos, a uno se le enseñó a utilizar la aplicación y al otro no, al finalizar la prueba se encontraron los siguientes resultados [21]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Más de la mitad de los participantes de cada grupo estuvo de acuerdo en que el sistema propuesto es mejor que sistemas tradicionales en los 7 aspectos evaluados (eficiente, utilizable, estético, recomendable, no-contaminación, interactivo, eficaz). • Los resultados de las preguntas acerca de las características:

Artículo “Mobile Campus Touring System based on AR and GPS: a Case Study of Campus Cultural Activity” [21]	
Resultados	<p>utilizable, estético y no-contaminación estuvieron cerca en ambos grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con respecto a los resultados de las preguntas acerca de: eficiente, recomendable, interactiva y eficaz, se observó un resultado que refleja imperfecciones en el sistema.

Tabla 4: Análisis de artículo "Mobile Campus Touring System based on AR and GPS: a Case Study of Campus Cultural Activity".

Artículo “Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android” [22]	
Descripción	Este proyecto tiene como objetivo realizar evaluaciones de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android y utilizar los resultados para diseñar prototipos mejorados de las aplicaciones evaluadas [22].
Herramientas usadas	Para la evaluación de usabilidad se utilizó la metodología “Evaluación heurística” que tiene como objetivo “encontrar defectos en los diseños de interfaz con los que interactúan los usuarios cuando utilizan alguna aplicación”[22]. Estas evaluaciones se realizaron para las aplicaciones Wikitude y Layar.
Resultados	<p>Según las conclusiones de este proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En Layar: "se identificó que posee 11 problemas críticos, los cuales afectan directamente a la heurística de consistencia y estándares, y de flexibilidad y eficacia" [22]. • En Wikitude: "se identificó que posee 11 problemas críticos, los cuales afectan directamente a la heurística de consistencia y estándares, y de flexibilidad y eficacia" [22]. • Los usuarios con conocimientos básicos sobre el uso de estas aplicaciones indicaron que se necesita mejoras en usabilidad, mientras que usuarios avanzados indicaron que

Artículo “Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android” [22]	
Resultados	<p>Wikitude tiene mejor usabilidad que Layar[22].</p> <p>Esta investigación también indica que es posible que estas aplicaciones de realidad aumentada incrementen su aceptación haciendo correcciones a la interfaz de navegación[22].</p>

Tabla 5: Análisis de proyecto “Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android”.

1.3.3. Conclusiones sobre el estado del arte

Los resultados de la revisión sistemática muestran que en aplicaciones que utilizan realidad aumentada como medio para encontrar puntos de interés suelen existir problemas de usabilidad que pueden ser mejorados, además existen problemas al determinar la ubicación actual del usuario. En los artículos mencionados se hacen grandes esfuerzos para mejorar la precisión de la ubicación del dispositivo, como por ejemplo, actualizar la ubicación al reconocer un patrón o utilizar sistemas avanzados y sensores.

Entre las principales herramientas usadas se pudo ver que se utilizaron soluciones propias que utilizan librerías nativas de Android e iOS, mientras que otras soluciones utilizan las APIs de Wikitude y Layar.

El principal problema con utilizar Wikitude o Layar es que el usuario se ve forzado a tener instalada previamente estas aplicaciones y son poco flexibles para mejorar su interfaz y rendimiento, esto conlleva a problemas de usabilidad, limita las características de la aplicación y afecta su escalabilidad.

Es importante mencionar que la mayoría de aplicaciones con realidad aumentada encontradas también muestra los puntos de interés en un mapa utilizando Google Maps como una forma alternativa de navegación.

Con respecto a la pregunta planteada en la revisión sistemática “¿Cómo las aplicaciones móviles y el uso de realidad aumentada pueden contribuir en mejorar la identificación de puntos de interés en un lugar?”, se ha encontrado que, a pesar de que las herramientas actualmente disponibles tienen problemas para determinar la ubicación exacta del usuario, existen múltiples campos donde pueden ser aplicadas con éxito. Según los resultados encontrados en cada investigación, se puede concluir que sí es posible crear aplicaciones con realidad aumentada que sean eficaces en mostrar a sus usuarios la ubicación e información de puntos de interés y ,además, captar el interés de estos.



2. CAPÍTULO 2: OBJETIVOS, HERRAMIENTAS Y ALCANCE

En este capítulo se analizará cómo solucionar el problema planteado, se comenzará identificando los objetivos generales, objetivos específicos y resultados esperados; las herramientas que se utilizarán en todo el proceso de desarrollo; se explicará la justificación y viabilidad de la solución; se delimitará el alcance y desarrollará el plan de actividades.

2.1. Objetivo general

El presente proyecto tiene como objetivo construir una aplicación móvil para el sistema operativo Android que, utilizando realidad aumentada, permita la visualización de puntos de interés y los eventos relacionados a ellos en un campus universitario.

2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente proyecto son:

1. Construir una base de datos centralizada con información de puntos de interés mediante la recolección de información sobre lugares importantes para la comunidad universitaria.
2. Construir una interfaz que permita a la comunidad universitaria acceder a información detallada de los principales lugares y eventos dentro de la universidad.
3. Permitir que el usuario, utilizando su equipo móvil, encuentre la ubicación exacta de cualquier punto de interés a través del uso de geolocalización con realidad aumentada.
4. Desarrollar una interfaz web para que un usuario autorizado pueda administrar la información que brinda este servicio y así proveer siempre al usuario final de información precisa.

2.3. Resultados esperados

1. Resultado 1 para el objetivo 1: Datos recolectados.
2. Resultado 2 para el objetivo 1: Base de datos con la estructura adecuada para almacenar los datos recolectados.

3. Resultado 1 para objetivo 2: Módulo de visualización de información de puntos de interés en la aplicación móvil.
4. Resultado 1 para objetivo 3: Módulo de geolocalización en la aplicación móvil, accesible desde cualquier listado o detalle de puntos de interés.
5. Resultado 1 para el objetivo 4: Módulo web de administración de lugares y eventos.
6. Resultado 2 para el objetivo 4: Servicio web que provee los datos a la aplicación móvil.

2.4. Herramientas, métodos y procedimientos

En esta sección se indicarán, definirán y analizarán las herramientas, métodos y procedimientos necesarios para cumplir con los objetivos esperados.

2.4.1. Mapeo

En la tabla 6 se tabularán los resultados esperados y las herramientas que se utilizarán para cada uno. Además, durante el desarrollo de todo el proyecto se utilizarán las siguientes herramientas: Herramientas de metodologías ágiles y Controlador de versiones SVN.

Resultados esperado	Herramientas, métodos o procedimientos a usarse
Resultado 1: Datos recolectados.	Revisión de fuentes oficiales de la universidad.
Resultado 2: Base de datos con la estructura adecuada para almacenar los datos recolectados.	Base de datos MySQL.
Resultado 3: Modulo de visualización de puntos de interés en la aplicación móvil.	IDE Android Studio, lenguaje de programación Java, Android SDK y otras librerías externas.
Resultado 4: Modulo de geolocalización en la aplicación móvil, accesible desde cualquier listado o detalle de puntos de interés.	IDE Android Studio, lenguaje de programación Java, Android SDK, Google Maps API for Android, Mixare y otras librerías externas.

Resultados esperado	Herramientas, métodos o procedimientos a usarse
Resultado 5: Módulo web de administración de lugares y eventos.	IDE Netbeans, Framework Yii, lenguaje de programación PHP, base de datos MySQL, lenguaje de etiquetas HTML.
Resultado 6: Servicio web que provee los datos a la aplicación móvil.	Base de datos interna Android SQLite, servicio web y servidor remoto.

Tabla 6: Herramientas, métodos y procedimientos por cada resultado esperado.

A continuación se describirá y justificará el uso de cada una de las herramientas seleccionadas y al final.

2.4.2. Procedimiento 1: Revisión de fuentes oficiales de la universidad

Este procedimiento es fundamental para el desarrollo del presente proyecto ya que finalmente es la que proveerá la información que el usuario esté buscando. Para la recolección de datos, en primera instancia se buscará la información necesaria mediante fuentes oficiales de la universidad como sitios web y materiales bibliográficos autorizados; si la información recolectada no es suficiente, se buscará información mediante entrevistas al personal correspondiente.

2.4.3. Herramienta 1: Base de datos MySQL

Con respecto a la información que se debe almacenar de manera remota se utilizará un servidor con un gestor de base de datos libre, entre las alternativas más populares, se analizarán las siguientes: MySQL y PostgreSQL. A continuación se muestra un cuadro comparativo que ayudará a decidir cual utilizar:

Característica	MySQL	PostgreSQL
Bajo consumo de recursos (ligero)	Sí	No
Fácil instalación	Sí	Sí
Fácil configuración	Sí	No
Manejo de consultas	Sí	Sí
Manejo de transacciones	Sí	Sí

Característica	MySQL	PostgreSQL
Portabilidad	Sí	Sí
Soporte para almacenar y ejecutar procedimientos	Sí	Sí

Tabla 7: Cuadro comparativo de gestores de base de datos MySQL y PostgreSQL [23].

Debido al menor consumo de recursos (ser más ligero) y ser de fácil configuración, se ha decidido usar el gestor de base de datos MySQL.

2.4.4. Herramienta 2: IDE Android Studio

El equipo de desarrollo de herramientas para Android procura que el desarrollo de aplicaciones pueda realizarse en cualquier entorno de programación, sin embargo existen 2 entornos muy estables para este tipo de desarrollo: Eclipse (con el plugin ADT²⁰) y Android Studio.

Ambos son recomendables para el desarrollo de aplicaciones y brindan funcionalidades similares como crear interfaces con editor WYSIWYG²¹ y encargarse de ejecutar el emulador de Android, sin embargo desde Diciembre del año 2014, fecha de lanzamiento de la primera versión estable de Android Studio, se considera este como el entorno oficial y el más recomendado para desarrollar aplicaciones ya que sólo este entorno recibirá actualizaciones para trabajar con Android [24].

2.4.5. Herramienta 3: Lenguaje de programación Java y Android SDK

El lenguaje de programación que se utilice para desarrollar la aplicación dependerá del sistema operativo que tendrá el dispositivo sobre el que se ejecute.

Como se puede apreciar en el siguiente gráfico estadístico, hasta Febrero del año 2015 Android posee la mayor cuota de mercado a escala mundial de teléfonos inteligentes con 59.78%, seguido de iOS con 22.75% [25].

²⁰Plugin ADT (Android Development Tools, herramientas de desarrollo para Android) es una extensión para el entorno de desarrollo Eclipse que provee herramientas para desarrollar aplicaciones para este sistema operativo.

²¹What You See Is What You Get, lo que ves es lo que obtienes. Este término indica la posibilidad de editar una interfaz gráfica viendo directamente el resultado final, el código de programación que corresponde a esta interfaz es auto-generado.

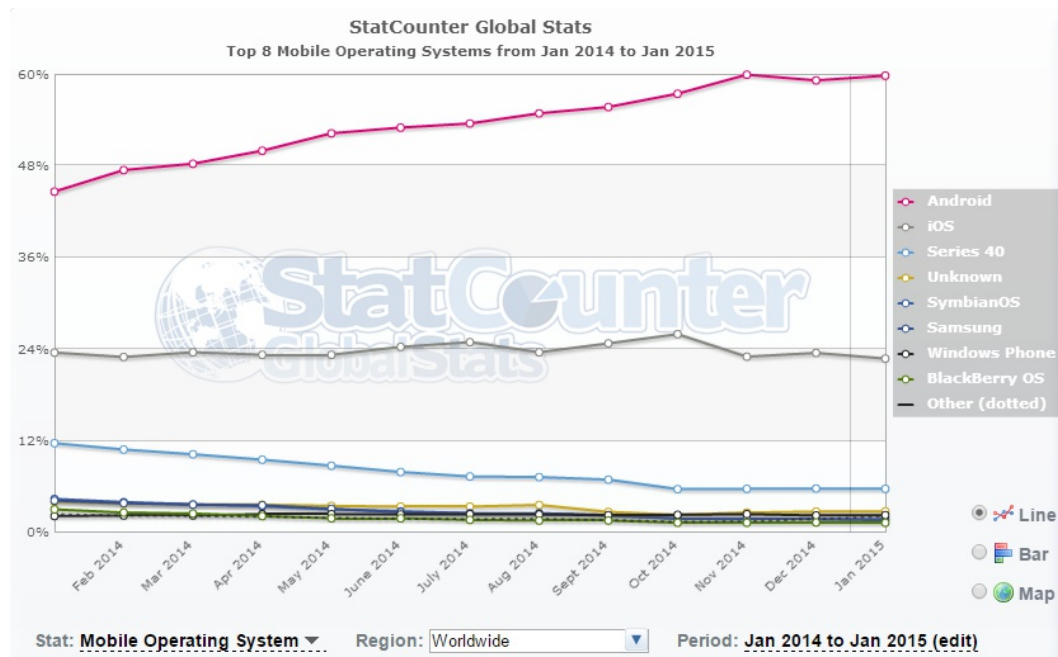


Figura 8: Cuota de mercado de sistemas operativos móviles [25].

Según esta tendencia, lo óptimo es asegurar que la aplicación esté disponible al menos para los sistemas operativos Android e iOS, ya que así estaría disponible para la mayoría de personas.

Una opción es desarrollar una aplicación web, su desarrollo consiste en programar un sitio web utilizando HTML, CSS y Javascript para luego insertarlo dentro de una aplicación nativa. La ventaja de este tipo de desarrollo es que la aplicación podrá ser utilizada en todos los dispositivos que sean capaces de mostrar una vista web, además se puede hacer uso de la herramienta Adobe PhoneGap²², que facilita la distribución entre diferentes sistemas operativos; sin embargo al agregar la capa web se verá afectado el rendimiento de la aplicación y además existen restricciones en el uso de sensores del dispositivo.

La segunda opción es desarrollar una aplicación nativa para cada sistema operativo. La ventaja de este tipo de desarrollo es que se tiene acceso a todos los sensores del dispositivo, además se puede hacer uso de las herramientas especialmente diseñadas

²²Adobe Systems. <http://phonegap.com/>

para móviles que proporciona el sistema operativo como el uso de notificaciones y Widgets (Android); aprovechando estas ventajas se pueden crear aplicaciones innovadoras [26].

Debido a que esta aplicación hace uso de muchos sensores para el funcionamiento de realidad aumentada y mapas, se ha optado por realizar un desarrollo nativo para el sistema operativo más popular, Android.

Al haber elegido Android se tendrá que utilizar el lenguaje de programación Java; según la documentación oficial de desarrollo de aplicaciones en Android, Android SDK proporciona todas las herramientas y API's necesarias para desarrollar aplicaciones especialmente en este lenguaje de programación [27].

Android también brinda Android NDK²³ que es un conjunto de herramientas que sirven para programar porciones de código en C o C++, sin embargo se ha decidido no utilizar esta herramienta debido a que sólo son recomendadas para incrementar el rendimiento en aplicaciones que requieran una gran cantidad de procesamiento, como por ejemplo en el desarrollo de videojuegos, en otros casos el rendimiento no se ve afectado [28].

2.4.6. Herramienta 4: Google Maps API for Android

Esta librería forma parte del proyecto “Google Play services” que son una serie de librerías que ofrecen los desarrolladores de Google para utilizar sus servicios.

Debido a todas las facilidades para su implementación con el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Android, se ha decidido utilizar estas librerías para mostrar la ubicación del usuario en un mapa y mostrar marcadores de puntos de interés. Además el usuario puede interactuar con él mediante diferentes gestos como acercar, alejar, y rotar el mapa [29].

²³Native Development Kit (Kit de Desarrollo Nativo) indica que permite programar en código nativo o de bajo nivel.

2.4.7. Herramienta 5: Mixare

Mixare es un motor de realidad aumentada de código abierto [30]. Mixare se utilizará para implementar el servicio de realidad aumentada según geolocalización

Dado que el proyecto Mixare es de código abierto [30], se aprovechará la oportunidad de personalizarla y mejorar su rendimiento para cumplir con las necesidades requeridas para este proyecto.

Existen otras opciones para implementar realidad aumentada con librerías proporcionadas por Wikitude o Layar, sin embargo no pueden ser personalizadas por ser de código cerrado, por ello se ha optado por utilizar Mixare.

2.4.8. Herramienta 6: IDE Netbeans

El entorno de desarrollo Netbeans se utilizará únicamente para el desarrollo del servicio Web y la interfaz web de administración de lugares, por lo tanto, sólo será utilizado con los lenguajes de programación PHP, JavaScript y el lenguaje de etiquetas HTML.

Se decidió utilizar este entorno de desarrollo por la experiencia y facilidad de uso del desarrollador de este proyecto.

2.4.9. Herramienta 7: Lenguaje de programación PHP

Para escoger el lenguaje de programación que se utilizará en la fabricación del servicio web y de la interfaz de administración de puntos de interés, en la tabla 8 se hará un análisis comparativo entre los siguientes lenguajes: PHP, Java y ASP.

Debido al bajo consumo de memoria y procesador se ha decidido escoger el lenguaje de programación PHP.

Característica	PHP	Java	ASP
Ejecución bajo Linux	Sí	Sí	No
Bajo consumo de memoria	Sí	No	No
Bajo consumo de procesador	Sí	No	No

Característica	PHP	Java	ASP
Rapidez de ejecución	Sí	Sí	Sí
API abierta y documentada	Sí	Sí	No
Seguridad	Sí	Sí	Sí

Tabla 8: Cuadro comparativo de lenguajes de programación PHP, Java y ASP [23].

2.4.10. Herramienta 8: Servicio web y servidor remoto

Para acceder a la base de datos remota se utilizará un servicio web²⁴, entre los tipos de servicios web más utilizados existen 2 alternativas: SOAP²⁵ y REST²⁶, a continuación se muestra un cuadro comparativo de algunas características de estas 2 herramientas que ayudará a decidir cuál usar:

Característica	SOAP	REST
Protocolo de transferencia	Propio	HTTP ²⁷
Mayor fiabilidad y acoplamiento en la comunicación cliente – servidor.	Sí	No
Facilidad de implementación de cambios en cliente.	No	Sí
Formato de archivo para transferencia de información	XML ²⁸	XML, JSON ²⁹ , Archivos binarios
Consumo de ancho de banda.	Mayor	Menor
Dificultad de desarrollo	Difícil	Simple

Tabla 9: Cuadro comparativo de servicios web SOAP y REST [31].

²⁴El concepto de servicio web está basado en el de una arquitectura orientada a servicios, en el que funciones, objetos y procesos de diferentes sistemas son expuestos como servicios. Un servicio web es una interfaz que expone una lógica de negocio a través de Internet [31].

²⁵Simple Object Acces Protocol, protocolo de acceso a objeto simple [31].

²⁶Representational State Transfer, transferencia de estado representacional [31].

²⁷Hyper Text Transfer Protocol, protocolo de transferencia de hipertexto.

²⁸Extensible Markup Language, lenguaje extensible de marcado. Diseñado para transportar y almacenar datos.

²⁹JavaScript Object Notation, notación de objeto JavaScript. Estandar diseñado por Java para almacenar objetos.

Dada la facilidad de desarrollo e implementación y el menor consumo de ancho de banda se utilizará REST; con respecto al formato de archivo para la transferencia de información se utilizará JSON por su facilidad de uso.

Este servicio web podría ser reutilizado en un futuro por otras aplicaciones cliente, como por ejemplo un sitio web.

2.4.11. Herramienta 9: Base de datos interna Android SQLite

SQLite es una librería que implementa un motor de base de datos que se caracteriza por ser parte de un programa, no requerir conexión a un servidor y no necesitar configuraciones [32].

Esta librería de software está integrada en el SDK de Android [33] y se utilizará para almacenar información en el dispositivo móvil cada vez que se obtenga información de un servicio Web. Además, gracias a esta librería se podrá ingresar a la aplicación sin conexión a Internet y con la información correspondiente a la última almacenada en el dispositivo.

2.4.12. Herramienta 10: lenguaje de etiquetas HTML

HTML (Hypertext Markup Language) es un lenguaje de marcado o etiquetas que se utiliza para la elaboración de páginas web.

Para este proyecto se utilizará HTML para construir la interfaz web de administración de puntos de interés. Dado que esta página web sólo será accesible por el administrador del sistema no se hará énfasis en definir el diseño del sitio web y se desarrollará enfocándose únicamente en su facilidad de uso. Se utilizará la última versión de HTML, HTML5

2.4.13. Herramienta 11: Controlador de versiones SVN

En el desarrollo de una aplicación informática es importante contar con un sistema controlador de versiones, de esta manera se puede hacer un seguimiento a todos los cambios realizados en el código de programación así como almacenar copias de seguridad de versiones anteriores del proyecto.

No se considerarán controladores de versiones descentralizados como GIT ya que, al ser solo un desarrollador, no se aprovecharían las características de un sistema descentralizado y aumentaría la complejidad de uso [34]. A continuación se mostrará un cuadro comparativo entre las características de los 2 controladores de versiones más utilizados:

Característica	CVS	SVN
Commits atómicos	No	Sí
Renombrar archivos y directorios	No	Sí
Mover archivos y directorios	No	Sí
Copiar archivos y directorios	No	Sí
Permisos en los directorios	Sí	No
Revisión del registro histórico	Sí	Sí
Documentación	Sí	Sí
Facilidad de configuración	Sí	No
Facilidad de uso	Sí	Sí
Velocidad	No	Sí

Tabla 10: Cuadro comparativo de controladores de versiones CVS y SVN [23].

Debido a las mejores características de SVN, esta es la que se utilizará en el proyecto.

2.4.14. Herramienta 12: Otras librerías externas

Las librerías externas mostradas en la siguiente tabla se utilizarán como apoyo para el desarrollo de la aplicación móvil.

Nombre de librería	Función
Support Library v4	La librería de soporte de Android permite la retrocompatibilidad de características presentes en versiones más recientes de las API's de Android [35]. Como este proyecto debe funcionar para todas las versiones de android desde 2.2, se deberá utilizar para implementar la clase "Fragment" ³⁰ .

Nombre de librería	Función
Google Play Services	Es un conjunto de librerías para hacer uso de funciones y API's de Google. Se utilizará para mostrar los mapas de Google y medir anónimamente las estadísticas de uso de la aplicación [36].
Support Library v7 - AppCompat	AppCompat es una extensión de la librería de soporte de Android que se utiliza para garantizar retro-compatibilidad con todas las características relacionadas con la barra de navegación superior, también conocida como ActionBar [35].
Volley	Librería que se encarga de descargar imágenes alojadas en el servidor y mostrarlas [37]. Las URL de las imágenes serán enviadas mediante el servicio web y, con el uso de esta librería, serán descargadas al momento de ver la información de un lugar.

Tabla 11: Librerías externas que usa el proyecto.

Para el resto de funcionalidades se utilizará el SDK de Android que provee gran cantidad de funciones, como por ejemplo para el almacenamiento de datos, localización mediante GPS, etc.

2.4.15. Herramienta 13: Framework Yii

Se ha decidido utilizar un Framework para el desarrollo del módulo web para la administración de resultados y eventos (resultado esperado 7) ya que normalmente estos se encargan de proporcionar librerías para acceder a bases de datos, permiten desarrollar plantillas para mostrar información y facilitan la reutilización de código.

Yii es un framework o marco de trabajo de PHP de alto rendimiento para el desarrollo de aplicaciones Web 2.0, se ha decidido utilizar este framework debido a su alto rendimiento en comparación con otros frameworks existentes [39].

³⁰ Clase que permite manejar una porción de una ventana (Activity) y que comparte su ciclo de vida con la misma. Es de gran utilidad para definir la arquitectura de información [38]

En el siguiente gráfico, obtenido de el sitio web oficial de Yii, se pueden observar los resultados de una prueba de rendimiento de Yii versus otros Frameworks, el medidor de color rojo, “RPS with APC”, indica cuántas peticiones por segundo³¹ puede procesar Yii utilizando la extensión APC³², mientras que el medidor de color azul, “RPS without APC”, indica cuántas peticiones por segundo puede procesar sin utilizar la extensión APC [40].

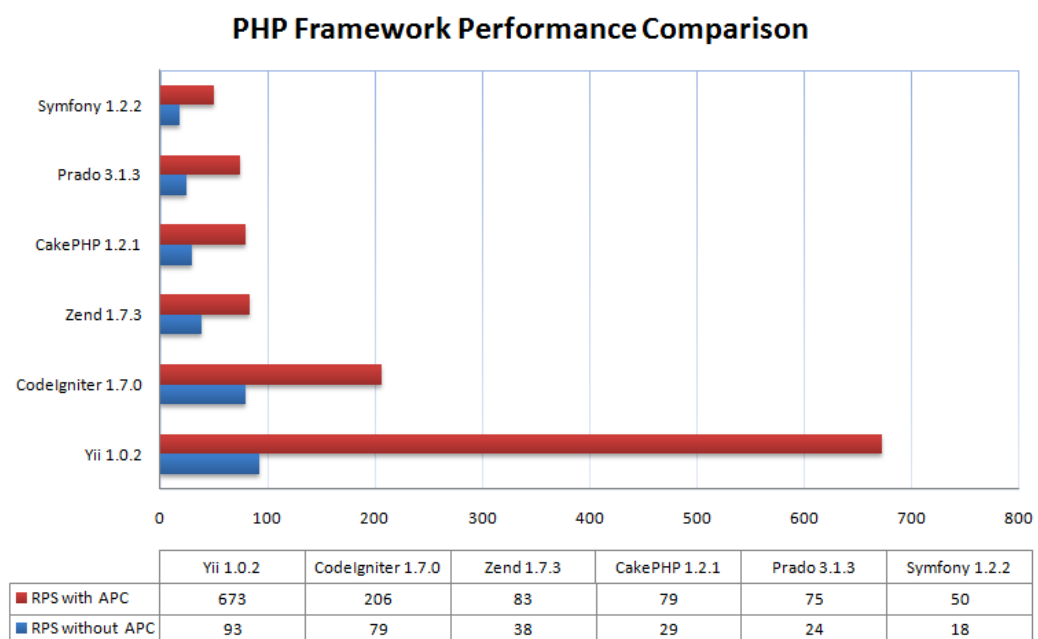


Figura 9: Tabla comparativa de rendimiento de Yii versus otros frameworks [40].

2.4.16. Herramienta 14: Herramientas de metodologías ágiles

Para este proyecto se utilizarán sólo algunos conceptos y herramientas de la metodología de desarrollo de software Extreme Programming.

Extreme Programming es una metodología de desarrollo de software que está clasificada dentro de las metodologías de desarrollo ágiles, tiene como principal

³¹RPS: Request per seconds.

³²APC: Alternative PHP Cache. Es un código de operación de caché libre y abierto para PHP. Su objetivo es el de proporcionar un marco robusto, libre y abierto para optimizar código de PHP intermedio mediante el almacenamiento en caché [41].

filosofía que la forma de obtener el mejor resultado posible no es identificando todos los requerimientos al inicio del proyecto, sino que estos se pueden modificar y pueden crearse nuevos durante el desarrollo del mismo; estos cambios deberían obedecer a retroalimentaciones que hacen las personas involucradas en el proyecto, sobre todo del cliente [42].

El motivo por el que se procede a trabajar de esta manera es que usualmente, al inicio del proyecto, el cliente no sabe exactamente qué es lo que quiere hasta que comienza a ver muestras funcionales del producto, por tal motivo el equipo de desarrollo sabe menos del problema al inicio del proyecto y no tendría sentido hacer un diseño final en esta etapa [42]. Trabajando de esta manera se añade valor al producto en cada iteración de desarrollo y se garantiza que el funcionamiento del proyecto sea el esperado.

Dado que este proyecto sólo será desarrollado por una persona sólo se utilizarán algunas herramientas de XP y no se consideran otras metodologías de gestión de proyectos más avanzadas como Scrum. A continuación se explicarán las prácticas de XP que se aplicarán a este proyecto [42]:

- **Diseño incremental**
Indica iniciar la programación con un diseño simple y mejorarlo continuamente, no se busca que toda la funcionalidad esté lista y luego abandonar el código. Demanda una cantidad considerable de tiempo.
- **Espacio informativo**
Hace referencia al acceso a pizarras y espacios disponibles en el entorno del programador que lo ayuden a ser más eficiente.
- **Estandarización de código**
Se debe respetar un estándar de código para que este sea legible, por ejemplo, el indentado y correcto ingreso de comentarios ayudan a este fin.

- **Ritmo sostenible de trabajo**

Trabajar una mayor cantidad de horas no necesariamente indica que se va a tener una mejor calidad de código, se debe respetar un ritmo de trabajo para incrementar la productividad y calidad.

2.5. Alcances y limitaciones

Se busca construir una aplicación móvil para el sistema operativo Android que permita visualizar información de puntos de interés (lugares y eventos) dentro de un campus universitario mediante realidad aumentada y mapas, la información que se debe mostrar para cada punto de interés se puede ver en detalle en el capítulo 3: Datos, mientras que la forma de navegación entre ventanas y diseño de interfaz se explica en el capítulo 4: Visualización de información.

Con respecto a la determinación de la ubicación actual del usuario para la implementación de realidad aumentada y mapas, se debe tener en cuenta que con la tecnología actual no se puede asegurar una precisión completamente exacta. Existen 4 formas en que un dispositivo móvil puede determinar la ubicación de un usuario: GPS, Redes Wifi, Redes telefónicas y sensores del dispositivo [43], tal como lo muestra la siguiente tabla, cada una tiene ventajas y desventajas:

	GPS	Redes Wifi	Redes telefónicas	Sensores
Consumo de memoria	Malo	Regular	Bueno	Regular
Precisión	Bueno	Regular	Mala	Regular
Cobertura	Mala	Regular	Bueno	Bueno

Tabla 12: Medición de calidad de consumo de memoria, precisión y cobertura en el proceso de determinación de la ubicación del dispositivo [43].

Las librerías provistas por Google Play Services proveen al desarrollador una mezcla de estas 4 formas para garantizar el mejor consumo de memoria, precisión y cobertura, esto siempre funciona bien para la determinación de la ubicación actual en mapas sin embargo en la sección de realidad aumentada con tan solo algunos metros

de error en la determinación de la ubicación actual se obtendrá una visualización errada de todos los puntos de interés. La ubicación y capacidades del dispositivo determinarán la frecuencia de este error.

Las librerías elegidas para el desarrollo de la aplicación móvil requieren que el dispositivo del usuario tenga al menos un sistema operativo Android versión 2.2. Hasta Agosto del 2013 la cantidad de usuarios del sistema operativo Android con una versión menor a la 2.2 representa aproximadamente el 1% de usuarios globales [44] y al tratarse de versiones cada vez más antiguas la cantidad de usuarios tenderá a bajar por lo que son muy pocos los dispositivos en el cual no se podrá ejecutar la aplicación.

Para poder utilizar todas las funciones de la aplicación móvil, el dispositivo deberá contar con una cámara posterior, GPS y sensores acelerómetro y brújula.

Por último, dado que el proyecto debe desarrollarse como máximo en 8 meses se debe contar con el presupuesto suficiente para sustentar todos los gastos económicos que este representa.

2.6. Justificación y viabilidad

El uso de las tecnologías móviles está en aumento [5] y la tecnología de realidad aumentada está siendo desarrollada por grupos de investigación del mundo entero y probada en diferentes áreas como la educación, marketing, turismo, etc. [11], esto motiva y da oportunidades a los desarrolladores para crear productos innovadores.

Con la construcción de una aplicación propia para encontrar y ver información de puntos de interés en el campus universitario no sólo se asegura resolver el problema de no poder reconocer lugares y eventos si no que es una buena oportunidad para mostrar información útil al usuario como descripciones, teléfonos, correos de contacto, imágenes, etc. Además los usuarios podrán hacer uso de las secciones de mapas y realidad aumentada para ubicarse fácilmente dentro del campus universitario y llegar a su destino, será especialmente útil para personas nuevas en la comunidad universitaria.

Las herramientas para desarrollar aplicaciones móviles son fácilmente accesibles. Para el caso de desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Android sólo serán necesarias herramientas gratuitas. El desarrollador cuenta con buena experiencia en el uso de estas herramientas, además en diferentes sitios webs se cuenta con gran información acerca de cómo utilizarlas, tanto en fuentes oficiales como el sitio web de desarrolladores de Android³³ como en otros en foros especializados. El desarrollador también cuenta con suficiente experiencia en el uso de las herramientas necesarias para realizar el desarrollo del servicio web y la interfaz web de administración de este proyecto.

Todo el software que a utilizar en este proyecto es de uso gratuito por lo que únicamente se considerará como inversión el pago del Hardware utilizado, el sueldo del desarrollador y otros gastos como luz, Internet y artículos de oficina; por último también se debe considerar que para ofrecer el producto en Google Play³⁴ se debe pagar una cuota de 25 dólares norteamericanos [45]. En la tabla 13 se muestran montos estimados de egresos para los 8 meses de duración del proyecto.

Concepto	Pago mensual (S/.)	Subtotal (S/.)
Computadora de escritorio	70 (depreciación)	560
Sueldo de desarrollador (planilla)	3 300	26 400
Luz e Internet	140	1 120
Artículos de oficina		400
Cuota para ofrecer producto en Google Play		70
	Total	28 550
Fondo de respaldo		3000

Tabla 13: Cuadro de egresos del proyecto.

Con respecto a la relación costo-beneficio se debe indicar que, a pesar de que el producto se ofrecerá de forma gratuita, la universidad que implemente este sistema ganará prestigio por implementar modernas tecnologías en su centro de estudios, toda la comunidad universitaria se verá beneficiada y tendrá fácil acceso por ser gratuita y,

³³<http://developer.android.com>

³⁴Google Play es un servicio proporcionado por Google que sirve para publicar y descargar aplicaciones para móviles con sistema operativo Android.

por último, fomenta la investigación en el desarrollo de aplicaciones móviles y en la tecnología de realidad aumentada. Se espera que como consecuencia de estos beneficios las funcionalidades de la aplicación se expandan en el futuro.

2.7. Plan de actividades

En la siguiente tabla se mostrarán las tareas a desarrollar y su duración mas no necesariamente indica un orden específico ya que los capítulos se verán afectados después de cada avance de desarrollo de la aplicación.

N°	Iteración	Tarea	Días ³⁵
1	Capítulo 1	Problemática	3
		Marco conceptual	3
		Estado del arte	3
		Revisión y correcciones	1
Total Capítulo 1			10
2	Capítulo 2	Objetivo general, objetivos específicos y Resultados esperados	8
		Herramientas, métodos y procedimientos	15
		Alcances, limitaciones, justificación y viabilidad	2
		Plan de actividades	2
		Revisión y correcciones	4
		Total Capítulo 2	
3	Prototipo de arquitectura	Desarrollo de prototipo de arquitectura con una muestra básica funcional de cada módulo de la aplicación	20
Total Prototipo de Arquitectura			20
4	Capítulo 3	Recolección de datos	2
		Estructuras de datos	2
		Revisión y correcciones	1
Total Capítulo 3			5
5	Capítulo 4	Interfaz gráfica	3
		Arquitectura de la información	4
		Revisión y correcciones	2

³⁵Cantidad de días que se requieren para cada tarea, considerando cada día con 8 horas laborables,

N°	Iteración	Tarea	Días
Total Capítulo 4			9
6	Capítulo 5	Realidad aumentada	3
		Mapas	1
		Revisión y correcciones	1
Total Capítulo 5			5
7	Capítulo 6	Administración web	1
		Servicio web y arquitectura	9
		Optimización de recursos	1
		Revisión y correcciones	1
Total Capítulo 6			12
8	Sprint 1: Base de datos	Recolección de datos	10
		Construcción e inserción de datos en base de datos	1
		Revisión	1
Total Sprint 1			12
9	Sprint 2: Módulo de punto de interés	Establecimiento de estructura y diseño requerido.	15
		Realización de pruebas.	4
Total Sprint 2			19
10	Sprint 3: Módulo de geolocalización	Modificación de librería Mixare	10
		Establecimiento de mapas y marcadores	3
		Realización de pruebas	4
Total Sprint 3			17
11	Sprint 4: servicio web	Creación del servicio web	7
		Conexión del servicio web con la aplicación	3
		Almacenamiento de datos en memoria interna de la aplicación	2
		Realización de pruebas	3
Total Sprint 4			15
12	Sprint 5: Módulo Web de administración de lugares y eventos	Creación interfaz de administración web de lugares y eventos.	5
		Realización de pruebas.	1

N°	Iteración	Tarea	Días
Total Sprint 5			6
13	Capítulo 7:	Introducción y resultados de Descubre PUCP	2
	Conclusiones	Observaciones, recomendaciones, objetivos a futuro y conclusiones	2
		Revisión y correcciones	1
Total Capítulo 7			5
Total de días útiles			157

Tabla 14: Planificación del proyecto.

Este cronograma se cumplió en fechas no continuas.

2.8. Descubre PUCP

Descubre PUCP es una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android que sirve para ver información de lugares y eventos dentro del campus universitario, además utiliza las tecnologías de realidad aumentada y mapas para ayudar al usuario a llegar a su destino, esta aplicación es distribuida gratuitamente a la comunidad universitaria mediante la tienda de aplicaciones de Google “Google Play” desde Agosto del 2012.

Descubre PUCP es la solución planteada para la Pontificia Universidad Católica del Perú de este proyecto de tesis. Esta aplicación ha sido desarrollada íntegramente por el tesista en la Dirección Informática Académica (DIA) y es un resultado de la investigación desarrollada para la realización de este documento.

Si bien este proyecto de tesis busca poder ser implementado en cualquier campus universitario, en este documento se tomará como producto de este tema de tesis a Descubre PUCP.

3. CAPÍTULO 3: DATOS

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos para el primer objetivo específico. Se tomó como primer objetivo específico “Construir una base de datos centralizada con información de puntos de interés mediante la recolección de información sobre lugares importantes para la comunidad universitaria” y se cuentan con dos resultados esperados: “datos recolectados” y “base de datos con la estructura adecuada para almacenar los datos recolectados”.

3.1. Recolección de datos

Para Descubre PUCP, aplicación desarrollada para la Pontificia Universidad Católica del Perú, se encontró bastante información en el sitio web de la universidad acerca de los lugares que alberga este campus universitario, la información fue recogida a partir de las siguientes fuentes:

- Sitio web oficial de la universidad, listado de facultades³⁶.
- Sitio web oficial de la universidad, listado de centros e institutos³⁷.
- Sitio web oficial de la universidad, mapa virtual del campus universitario³⁸.
- Paneles de mapas informativos ubicados dentro del campus universitario.

La figura 10 muestra uno de los paneles de mapas informativos ubicado dentro del campus universitario.

En las 2 primeras fuentes se pueden encontrar enlaces que conducen a mostrar información detallada de cada lugar. También se encontró que la información de los principales eventos de la universidad se pueden obtener mediante el sitio web “Agenda PUCP”³⁹.

³⁶<http://www.pucp.edu.pe/pregrado/estudiantes/estudios/facultades/>

³⁷<http://www.pucp.edu.pe/centros-e-institutos/centros-e-institutos/listado/>

³⁸<http://www.pucp.edu.pe/la-universidad/nuestra-universidad/mapa-del-campus/mapa-virtual/>

³⁹<http://agenda.pucp.edu.pe/>



Figura 10: Mapa físico ubicado en campus universitario.

Estos vínculos y la fotografía del panel informativo dentro del campus universitario fueron almacenadas para continuar con el desarrollo del siguiente resultado esperado de este objetivo.

3.2. Estructuras de datos

Según el objetivo general de este proyecto de tesis y la información disponible mediante fuentes oficiales se determinó que para cada lugar y evento será necesario contar con la siguiente información:

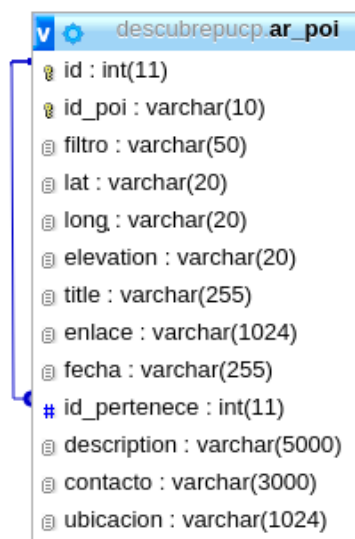
Campo	Obligatorio	Descripción
Título	Sí	Nombre del lugar o evento que se mostrará al usuario.
Descripción	No	Se mostrará lo necesario para que el usuario sepa cual es la función del lugar o información sobre el evento.
Categoría	Sí	Según la información encontrada sobre cada lugar, se pudo determinar que la categorización de lugares

Campo	Obligatorio	Descripción
		<p>no sólo será una información importante para mostrar al usuario si no que servirá como principal filtro de búsqueda de los mismos. Cada lugar pertenecerá a una de las siguientes categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facultades • Departamentos y secciones • Bibliotecas y salas de lectura • Fotocopadoras, servicios de cómputo e impresión • Auditorios y salas de grado • Comedores, cafeterías y kioscos • Centros, escuelas e institutos • Deportes • Tesorerías, cajeros y bancos • Laboratorios • Direcciones y oficinas • Teléfonos • Estacionamientos
Fecha	Sí	Sólo se utiliza en caso de que se trate de un evento e indica la fecha del mismo.
Horarios de atención	No	Sólo se utiliza en caso de que se trate de un lugar e indica los horarios de atención del mismo.
Enlaces	No	En caso el lugar cuente con información adicional proveniente de una fuente oficial de de la universidad, se mostrarán al usuario como vínculos a los que puede navegar.
Lugar al que pertenece	No	Algunos lugares o eventos pueden pertenecer o realizarse dentro de un lugar ya establecido en el sistema. Este campo se mostrará al usuario como un vínculo para visualizar la información del lugar al que pertenece.

Campo	Obligatorio	Descripción
Lugares relacionados	No	Un lugar o evento puede estar relacionado con otros, ya sea por cercanía o afinidad. Este campo se mostrará al usuario como un vínculo para visualizar la información de los lugares relacionados.
Contacto	No	Se refiere a correos electrónicos, números de teléfono o enlaces web que sirvan como contacto con el lugar o evento. Cada forma de contacto se mostrará como un vínculo mediante el cual podrá realizar una llamada, escribir un correo o navegar, según sea el caso.
Imágenes	No	Las imágenes servirán como una ayuda visual para que el usuario conozca como luce el lugar (fotos) u otra información visual lugar o evento.
Ubicación	Sí	Coordenadas de Latitud y Longitud de la ubicación del punto de interés.

Tabla 15: Campos de tabla que almacena puntos de interés en base de datos.

Con esta información se construyó una base de Datos (MySQL) cuya estructura corresponde al siguiente diagrama:



```

descubrepuccp_ar_poi
├── id : int(11)
├── id_poi : varchar(10)
├── filtro : varchar(50)
├── lat : varchar(20)
├── long : varchar(20)
├── elevation : varchar(20)
├── title : varchar(255)
├── enlace : varchar(1024)
├── fecha : varchar(255)
├── id_pertenece : int(11)
├── description : varchar(5000)
├── contacto : varchar(3000)
└── ubicacion : varchar(1024)
    
```

Figura 11: Tabla de puntos de interés en la base de datos.

4. CAPÍTULO 4: VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

En este capítulo se analizará el resultado obtenido para el segundo objetivo específico. Se tomó como segundo objetivo específico “Construir una interfaz que permita a la comunidad universitaria acceder a información detallada de los principales lugares y eventos dentro de la universidad” y se consideró sólo un resultado esperado: “módulo de visualización de información de puntos de interés en la aplicación móvil”.

El módulo de visualización de información de puntos de interés se encarga de presentar información de lugares y eventos al usuario desde un dispositivo móvil, las herramientas utilizadas para este fin fueron IDE Android Studio, lenguaje de programación Java, Android SDK y otras librerías externas. A continuación se describirá la interfaz gráfica y la arquitectura de información de la aplicación.

4.1. Interfaz gráfica

Los criterios utilizados para el diseño de la interfaz gráfica son:

- **Estética**

Para mejorar la experiencia del usuario se ha escogido una paleta de colores que permiten una lectura y navegabilidad de forma agradable.



Figura 12: Logo de aplicación Descubre PUCP.

También se desarrollaron una serie de iconos con la misma gama de colores.

- **Intuitiva**

Para mejorar la navegabilidad se utilizarán los estándares de diseño establecidos en la guía de diseño del sitio web de desarrolladores de Android⁴⁰.

Los iconos utilizados, además de enriquecer el diseño, son descriptivas y hacen la aplicación más intuitiva, se tomó en cuenta que estos iconos deben usar imágenes con formas ya conocidas por la mayoría de usuarios.



Figura 13: Íconos de aplicación Descubre PUCP.

- **Balance**

Se muestra simetría y la información tiene los márgenes necesarios para mejorar su comprensión.

Se debe tener en consideración que al ser una aplicación para móviles con sistema operativo Android podrá ser visualizado en una gran cantidad de dispositivos, entre smartphones y tablets, sin embargo el diseño de la aplicación no se debe ver afectada según el tamaño de la pantalla.

⁴⁰Artículo "Android Design" en Google Developers. <http://developer.android.com/design/index.html>

- **Predecible**

La información siempre se mostrará en orden de prioridad con el fin de facilitar la navegación del usuario.



Figura 14: Ejemplo de información de un punto de interés.

4.2. Arquitectura de la información

Utilizando los requerimientos definidos para el presente proyecto⁴¹ se analizarán y fundamentarán los criterios utilizados para la organización, disposición y presentación de los datos.

La aplicación cuenta con 3 niveles de profundidad de navegación, representadas por las ventanas de inicio, listado de puntos de interés y detalle de información de punto de interés, las ventanas de realidad aumentada y mapa se consideran como ventanas de información extra y pueden ser accedidas desde ventanas de cualquier nivel, la ventana de ayuda solo podrá ser accedida desde la ventana de inicio. El siguiente

⁴¹ El documento completo de requerimientos del proyectos se encuentra en el ANEXO 2.

diagrama muestra la navegación entre ventanas de la aplicación, la flecha indica qué ventanas se pueden abrir desde un punto y cual es la acción para abrirla.

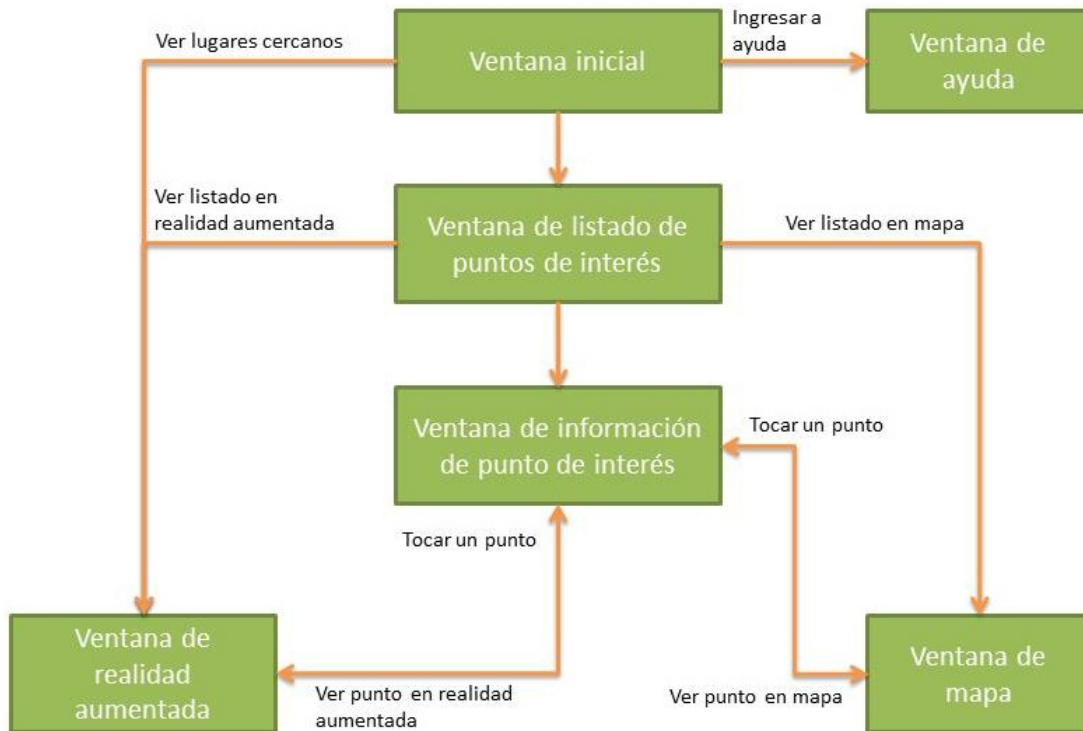


Figura 15: Navegación entre ventanas.

Según los requerimientos planteados, se ha establecido que la aplicación contará con un total de 5 tipos de ventanas:

- **Ventana inicial**

Es la primera ventana que se muestra al usuario, aquí se muestran por orden de prioridad las opciones que puede realizar (figura 16).

- **Ventana de listado de puntos de Interés**

En esta pantalla se muestra un listado de los puntos de interés, se utiliza para ver los resultados de una búsqueda o para ver los puntos de interés pertenecientes a una categoría como por ejemplo las facultades o los próximos eventos (figura 17).

Por cada punto de interés se debe mostrar el ícono que lo representa y el nombre del punto de interés. En la parte superior se encuentran opciones para realizar búsquedas, cambiar el tipo de ordenamiento y ver el listado en realidad aumentada o en un mapa.

- **Ventana de listado de puntos de Interés**

En esta pantalla se muestra un listado de los puntos de interés, se utiliza para ver los resultados de una búsqueda o para ver los puntos de interés pertenecientes a una categoría como por ejemplo las facultades o los próximos eventos (figura 18).

Por cada punto de interés se debe mostrar el ícono que lo representa y el nombre del punto de interés. En la parte superior se encuentran opciones para realizar búsquedas, cambiar el tipo de ordenamiento y ver el listado en realidad aumentada o en un mapa.

- **Ventana de realidad aumentada**

En esta pantalla se activará la cámara posterior del dispositivo y se sobrepondrán los íconos que representen los puntos de interés que se estén enfocando (figura 19).

Por cada punto de interés se muestra: un ícono que represente el lugar, el nombre del lugar y la distancia en metros. Al tocar un ícono se podrá acceder a la ventana de punto de interés correspondiente.

Si se accede a esta ventana desde la ventana principal se podrán visualizar todos los puntos de interés.

Se debe tener en consideración que no pueden traslaparse dos puntos de interés, si uno está ubicado detrás de otro, este se mostrará en la parte superior.

- **Ventana de mapa**

En esta pantalla se mostrarán los puntos de interés sobre un mapa provisto por Google Maps. Cada punto de interés será representado con un marcador con el color correspondiente a su categoría, al tocarlo se mostrará el ícono que los representa, el título y se dibujará sobre el mapa la ruta más corta para llegar a él (figura 20).

- **Ventana de Ayuda.**

Esta pantalla muestra información de ayuda al usuario y créditos de desarrollo, además provee un enlace para escribir cualquier sugerencia error o comentario sobre la aplicación. Está constituida por 3 opciones: Preguntas frecuentes, Contacto y Créditos (figura 21).



Figura 16: Ventana inicial de aplicación Descubre PUCP.



Figura 17: Resultados de búsqueda como un listado de puntos de interés.



Figura 18: Ventana de información de un punto de interés.



Figura 19: Ventana de realidad aumentada.



Figura 20: Ventana de mapa.

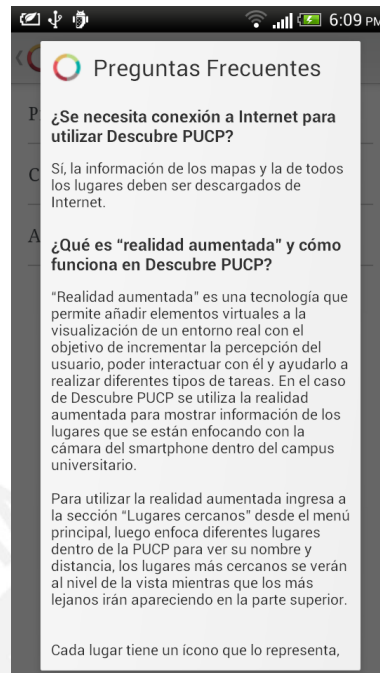


Figura 21: Ventana de ayuda.

5. CAPÍTULO 5: GEOLOCALIZACIÓN

En este capítulo se analizará el resultado obtenido para el tercer objetivo específico. Se tomó como tercer objetivo específico “Permitir que el usuario, utilizando su equipo móvil, encuentre la ubicación exacta de cualquier punto de interés a través del uso de geolocalización con realidad aumentada” y se cuenta con un resultado esperado: “módulo de geolocalización en la aplicación móvil, accesible desde cualquier listado o detalle de puntos de interés”.

Con la construcción del módulo de geolocalización se busca aprovechar las tecnologías brindadas por los equipos móviles inteligentes para ayudar al usuario a llegar a su destino fácilmente. Este módulo contempla la creación de 2 nuevas secciones en la aplicación móvil: realidad aumentada y mapas.

5.1. Realidad aumentada

Para la implementación de esta sección se utilizó la herramienta Mixare, un motor de realidad aumentada de código abierto. Mixare es descargado desde su sitio web⁴² como un proyecto para Android, para la implementación de realidad aumentada de este proyecto se ha utilizado y modificado diferentes porciones de código de Mixare, respetando su licencia de uso GPLv3⁴³.

5.1.1. Código utilizado de Mixare.

El código utilizado de Mixare para este proyecto es el que contiene todas las clases que sirven para hacer uso de la realidad aumentada, esta implica: utilización de la cámara del dispositivo móvil, utilización del sensor acelerómetro, sensor de determinación de ubicación (GPS, redes Wifi, redes telefónicas) y el código para implementar una capa de dibujo sobre las imágenes de la cámara.

5.1.2. Código modificado de Mixare.

Con la utilización de Mixare sin ninguna modificación, se presentaron 2 problemas: diseño no acorde con el de la aplicación y puntos de interés superpuestos.

⁴²<http://www.mixare.org>

⁴³<http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>

El primer problema, diseño no acorde con el de la aplicación, era un problema de diseño que consistía en que los puntos de interés se mostraban como circunferencias de color rojo, este problema fue solucionado cambiando estas circunferencias por íconos que representan cada lugar.

El segundo problema, puntos de interés superpuestos, era un problema usabilidad, cuando el usuario utilizaba realidad aumentada y enfocaba en una dirección en la cual hay más de 1 punto de interés estos se traslapaban, haciendo difícil entender qué se estaba enfocando.

En la siguiente figura se puede observar una imagen de la aplicación Mixare⁴⁴ en la que se puede apreciar los dos problemas antes descritos.



Figura 22: Problemas de interfaz de aplicación Mixare.

Mixare está desarrollado para que cada punto de interés pueda tener establecido, además de una latitud y una longitud, una altura. Sin embargo al aplicar esta tecnología en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se encontró que debido a la cercanía de puntos de interés y las coincidencias con respecto a la altura de cada uno de ellos este problema se mostraba muy frecuentemente y afectaba la experiencia de uso del usuario.

⁴⁴Captura de pantalla de videograbación "Mixare Augmented Reality Demo", Hannes Boran 2010. <https://www.youtube.com/watch?v=AA2LLqb4TSM>

Para solucionarlo se decidió eliminar el parámetro de altura y modificar la función de dibujo de puntos de interés para que los puntos más cercanos sean dibujados a una altura a nivel de la visión y, si hay traslape, los más lejanos se dibujen arriba de los primeros. En la siguiente imagen se puede ver una captura de pantalla de la aplicación Descubre PUCP con la solución propuesta.

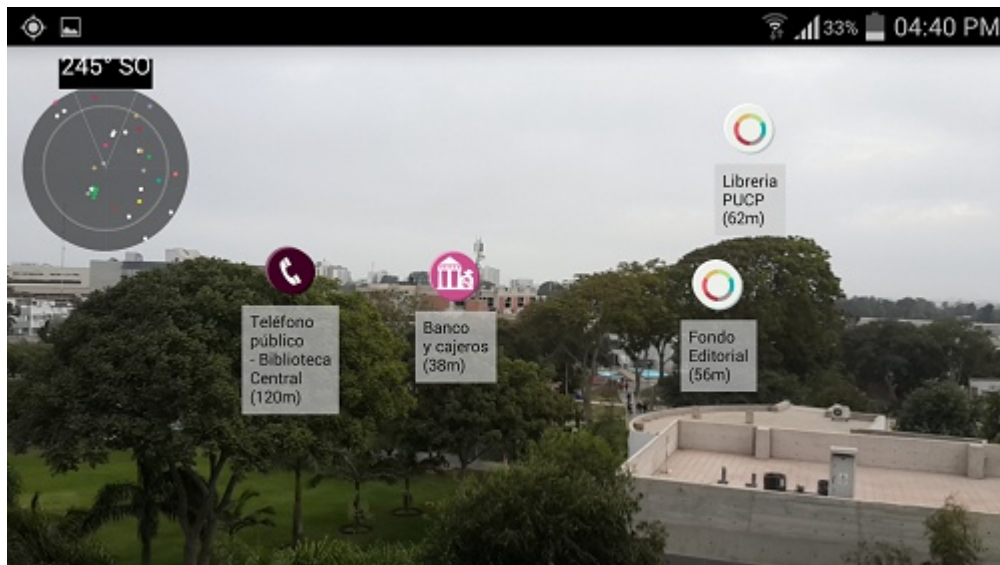


Figura 23: Solución propuesta para problemas de interfaz.

5.2. Mapas

Para la implementación de esta sección se hizo uso del API de Google Maps para Android, el cual forma parte del proyecto “Google Play Services” para Android.

Esta sección representa una ventana en la aplicación móvil que, según la navegación establecida, es accesible desde la ventana de información de un punto de interés y desde la ventana de listado de puntos de interés.

Según los requerimientos planteados para este proyecto, se utilizaron 3 funcionalidades: mostrar mapa interactivo, mostrar uno o más puntos de interés y mostrar información de un punto de interés al tocarlo.

5.2.1. Visualización de mapa interactivo

Para la instalación de la librería que provee el mapa, se siguieron las indicaciones de la documentación oficial de utilización alojadas en el sitio web de desarrolladores de Google⁴⁵, una vez implementada la vista correspondiente al mapa, esta por defecto cuenta con la utilización de los siguientes gestos: acercar, alejar e inclinar el mapa.

5.2.2. Visualización de uno o más puntos de interés

Siguiendo las indicaciones ofrecidas en la documentación oficial del API de Google Maps para Android, se encontró que se puede añadir un marcador sobre el mapa para hacer referencia a un punto de interés⁴⁶, sólo es necesario utilizar la función “addMarker(…)” sobre la variable que representa el mapa mostrado. Para Descubre PUCP se configuraron los colores de cada marcador de tal manera que este represente la categoría a la que pertenece el punto de interés y así se respete el estándar de diseño planteado.

5.2.3. Visualización de información de un punto de interés al tocarlo

Finalmente en la documentación también se encontró que se puede crear una ventana emergente para mostrar información extra de un punto de interés al tocarlo⁴⁷, En Descubre PUCP el globo de información adicional contiene el ícono y el título del punto de interés asociado. En la siguiente imagen se ve un ejemplo de visualización de un punto de interés y su información en un mapa provisto por el API de Google Maps para Android.



Figura 24: Visualización de punto de interés usando API de Google Maps para Android.

⁴⁵<https://developers.google.com/maps/documentation/android>

⁴⁶<https://developers.google.com/maps/documentation/android/marker>

⁴⁷<https://developers.google.com/maps/documentation/android/infowindows>

6. CAPÍTULO 6: COMUNICACIÓN CLIENTE SERVIDOR

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos para el quinto y último objetivo específico. Se tomó como quinto objetivo específico “Desarrollar una interfaz web para que un usuario autorizado pueda administrar la información que brinda este servicio y así proveer siempre al usuario final de información precisa” y se cuentan con dos resultados esperados: “módulo web de administración de lugares y eventos” y “servicio web que provee los datos a la aplicación móvil”.

6.1. Administración web

Para la creación del sitio web de administración de puntos de interés se instaló el framework Yii en el servidor designado para el proyecto. Para la instalación de Yii se siguió la guía de instalación que se encuentra en el sitio web de Yii⁴⁸. Para proceder con la instalación se utilizó el programa composer⁴⁹ y mediante un terminal se ejecutaron las siguientes instrucciones:

```
composer global require "fxp/composer-asset-plugin:1.0.0"  
composer create-project --prefer-dist yiisoft/yii2-app-basic basic
```

Luego se utilizó la herramienta Gii, esta sirve para implementar controles CRUD⁵⁰ sobre una base de datos. La utilización de esta herramienta es muy sencilla y se siguió la guía de utilización del sitio web de Yii⁵¹. Esta herramienta permite la implementación de una aplicación web con un patrón de arquitectura tipo MVC⁵², así se pudo construir los modelos, vistas y controladores necesarios para implementar una interfaz de administración web básica que necesita este proyecto.

Este módulo sólo puede ser accedido por un administrador autorizado del proyecto.

⁴⁸ Artículo “Installing Yii” en “The Definitive Guide to Yii 2.0”. <http://www.yiiframework.com/doc-2.0/guide-start-installation.html>

⁴⁹ “Dependency Manager for PHP”. <https://getcomposer.org/>

⁵⁰ Artículo “The Gii Code Generating Tool” en “The Definitive Guide to Yii 2.0”. <http://www.yiiframework.com/doc-2.0/guide-tool-gii.html>

⁵¹ MVC: Modelo, Vista, Controlador

⁵² MVC: Modelo, Vista, Controlador

6.2. Servicio web y arquitectura

Como se explicó en la sección de herramientas se optó por utilizar un servicio web tipo REST y para la transferencia de información se utilizará el formato JSON. Este servicio web, implementado con lenguaje de programación PHP, conectará el servidor Apache con la aplicación móvil desarrollada para el sistema operativo Android.

Para tener una visión general sobre cual es la función del servicio web en este proyecto y cómo se conecta con otros componentes, en esta sección se mostrará la arquitectura general del proyecto. A continuación se mostrarán y explicarán las vistas de despliegue y lógica de la arquitectura del proyecto.

6.2.1. Vista de despliegue

La vista de despliegue muestra la disposición física y conexiones del sistema.

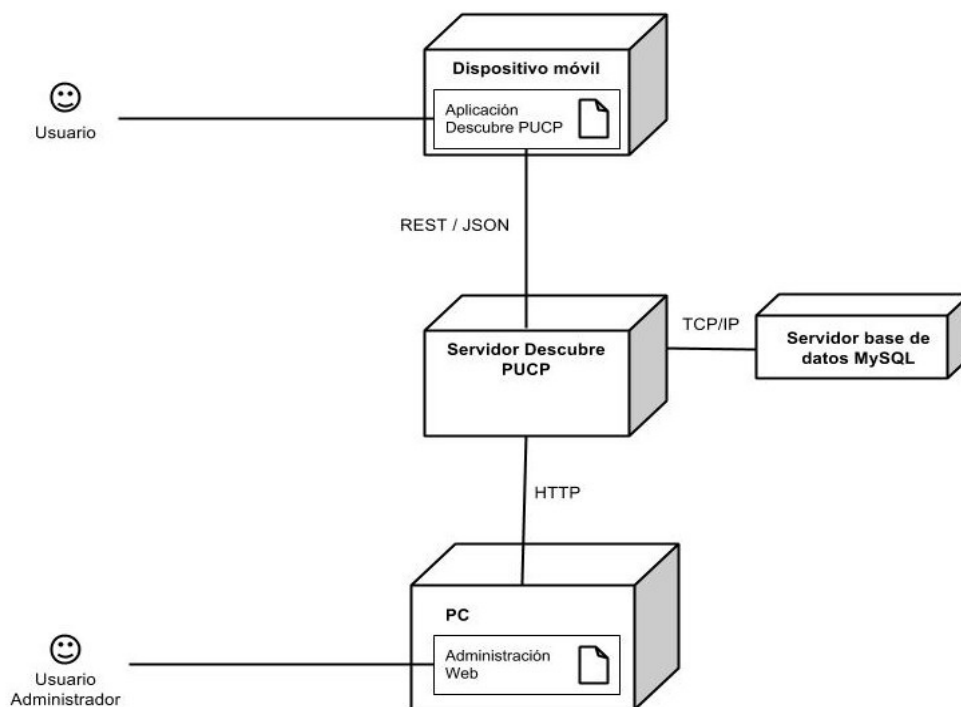


Figura 25: Vista de despliegue de arquitectura.

Vista de despliegue	
Dispositivo móvil	Se encarga de mostrar la interfaz final al usuario, quien podrá navegar y ver información según los requerimientos establecidos.
Servidor Descubre PUCP	Servidor principal del sistema, se encarga de suministrar la información necesaria al dispositivo móvil, proveer al usuario administrador del sistema de administración web y comunicarse con la base de datos. Aquí también se almacenan las imágenes de cada punto de interés.
Servidor Base de datos MySQL	Sistema de administración y base de datos del sistema.
PC	Computadora o dispositivo móvil que permite acceder a la interfaz de administración.

Tabla 16: Descripción de vista de despliegue de arquitectura.

6.2.2. Vista lógica

La vista lógica representada en la figura 26 muestra las capas lógicas y componentes que conforman sistema. Se puede encontrar información detallada sobre los componentes del proyecto en la vista de proceso del documento de Arquitectura del Proyecto, ANEXO 3.

Se ha decidido implementar una arquitectura orientada a servicios⁵³, es decir que implementará un servicio web. La principal ventaja de este tipo de arquitectura es que permite la comunicación entre diferentes aplicaciones independientemente de cómo estas han sido construidas; así, se puede utilizar el servicio web para proveer información a una aplicación móvil y en un futuro utilizar el mismo servicio web para proveer información a otros sistemas.

Bajo esta lógica, se ha definido una arquitectura de 3 capas⁵⁴: capa de presentación, capa de proceso y capa de datos.

⁵³ También conocida como Service Oriented Architecture o SOA.

⁵⁴ También conocida, en inglés, como 3 Tier Application.

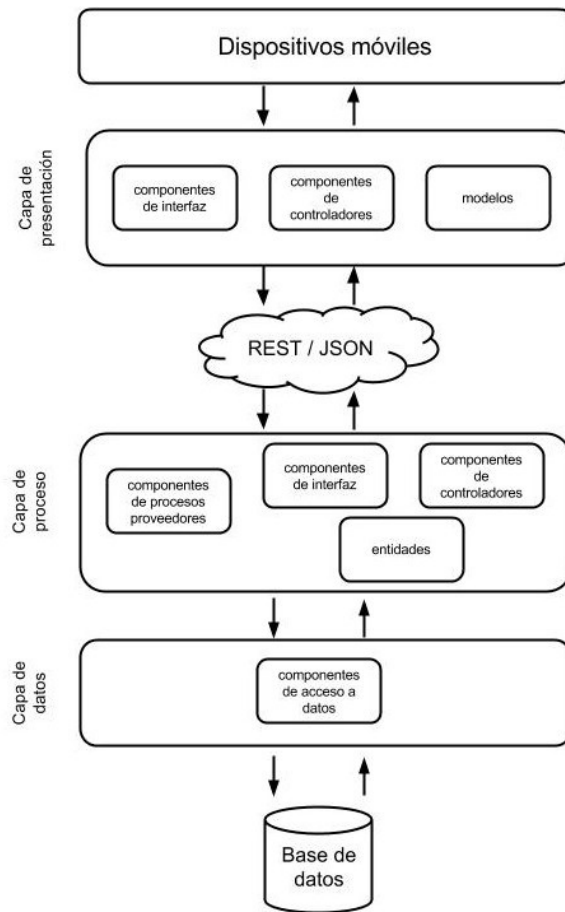


Figura 26: Vista lógica de arquitectura.

Capa de presentación	
<p>Está conformada por la aplicación instalada en el dispositivo móvil que se encarga de mostrar la interfaz final al usuario, en donde este podrá navegar y ver la información según los requerimientos establecidos. Su estructura sigue un patrón Modelo, Vista, Controlador (MVC). El patrón MVC tiene como principal característica independizar la lógica de la aplicación del diseño de su interfaz.</p>	
Modelos	<p>Está representado por las entidades necesarias para el funcionamiento de la aplicación. Para este proyecto estaría representando los puntos de interés y sus atributos.</p>

Capa de presentación	
Componentes de interfaz	Está representado por todos los recursos necesarios para mostrar la interfaz al usuario. Utilizando el SDK de Android se puede implementar el diseño y estructura de todas las vistas utilizando estructuras XML.
Componentes de controladores	Está representado por la lógica de la aplicación, es decir todas las clases que implementan los procesos y cálculos necesarios para cumplir con las funcionalidades de la aplicación. Responde a acciones del usuario y se encarga de invocar las peticiones necesarias al Modelo y la Vista.

Tabla 17: Capa de presentación de vista lógica de arquitectura.

Capa de proceso	
Está conformada por los componentes necesarios para construir y organizar los datos que serán mostrados a los usuarios.	
Componentes de procesos proveedores	Se encarga de: <ul style="list-style-type: none"> • Validar los parámetros enviados mediante un protocolo HTTP (funcionará de esa manera porque se ha establecido que se utilizará un servicio web tipo REST). • Construir y realizar las consultas necesarias a la base de datos. • Organizar la información e imprimirla en formato JSON.
Componentes de interfaz	Está representado por las clases usadas para mostrar la interfaz de administración web. Es construido a partir del marco de trabajo Yii.
Componentes de controladores	Está representado por la lógica del sistema de administración web, construida a partir del marco de trabajo Yii.
Entidades	Está representado por las clases que representan los puntos de interés, desarrollado a partir del marco de trabajo Yii.

Tabla 18: Capa de proceso de vista lógica de arquitectura.

Capa de datos	
Está conformada por los componentes necesarios para obtener los datos que requiera el sistema.	
Componentes de acceso a datos	Programas para extraer información de la base de datos, la cual contiene toda la información relacionada a los puntos de interés, esta información es entregada a la capa de procesos cada vez que sea requerida por ella.

Tabla 19: Capa de datos de vista lógica de arquitectura.

6.3. Optimización de recursos

Dado que la mayoría de la información sobre puntos de interés en la aplicación móvil es estática (nombres de lugares, descripción, etc) sería un gasto innecesario de recursos que cada petición de información requiera una conexión al servicio web, para evitar esto se ha utilizado el almacenamiento interno de una base de datos.

El SDK de Android provee el paquete “android.database.sqlite” que permite la implementación de una base de datos propia de la aplicación [46]. Para construir la base de datos interna se siguieron las recomendaciones dadas en el sitio web oficial de desarrolladores de Google [33].

Cuando se hace una petición de información de un punto de interés, esta se guarda en la base de datos interna de la aplicación y luego se muestra al usuario, si el usuario vuelve a requerir la misma información, esta estará disponible sin necesidad de conexión al servicio web, cabe resaltar que esta información también se encontrará disponible sin necesidad de tener conexión a Internet.

La duración en memoria interna de la información de cada punto de interés tendrá una duración de un día, luego de este tiempo se requerirá una conexión al servicio web para mostrar la información al usuario. Para realizar esta validación se utilizó un campo adicional en la tabla de puntos de interés que indique la fecha de registro de la información.

7. CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este último capítulo se mostrarán las conclusiones del proyecto. Se analizará si este cumple con los objetivos establecidos y se discutirán observaciones y recomendaciones a futuro.

7.1. Resultados obtenidos con Descubre PUCP

La implementación del proyecto Descubre PUCP en la Pontificia Universidad Católica del Perú ha sido satisfactoria. Hasta Abril del 2015 tiene los siguientes resultados (tomados de la tienda de aplicaciones de Google, Google Play):

- Aproximadamente 8500 usuarios únicos que alguna vez instalaron esta aplicación en uno o más dispositivos.
- Aproximadamente 2700 dispositivos en los que está instalada la aplicación.
- Una calificación de 4.58 sobre 5, de un total de 136 calificaciones hechas por usuarios.

El siguiente gráfico estadístico muestra la cantidad de dispositivos en los que está instalada la aplicación desde su lanzamiento en Octubre del 2012 hasta Abril del 2015.



Figura 27: Estadística de instalaciones de Descubre PUCP.

Estas estadísticas muestran que si bien muchas personas dentro de la comunidad universitaria prefieren seguir utilizando los métodos convencionales para encontrar información de lugares dentro del campus universitario, cada vez más personas se interesan en utilizar esta tecnología para cumplir el mismo propósito.

Un artículo académico del proyecto Descubre PUCP fue aceptado en el congreso de tecnologías “International Conference on Mobile an Wireless Technology (ICMWT2015)” en el año 2015 [47].

7.2. Observaciones y recomendaciones

Al desarrollar la aplicación móvil se decidió que la mejor librería a usar para la utilización de realidad aumentada era Mixare, sin embargo con el paso del tiempo se ha decidido planificar un cambio de librería de realidad aumentada; esto se debe a que Mixare no ha sido actualizada adecuadamente y no tiene una óptima utilización de recursos en sistemas operativos de Android y Hardware más avanzados. Por el mismo motivo es recomendable actualizar todas las librerías externas cada vez que estas se actualicen, incluyendo aquellas relacionadas con la interfaz web del proyecto y con el SDK de Android.

7.3. Trabajos futuros

Descubre PUCP ha tenido importantes actualizaciones que se encuentran fuera del alcance de este proyecto de tesis y que fueron implementadas gracias a la buena aceptación de esta aplicación en la comunidad universitaria, estas actualizaciones contemplan los siguientes puntos:

- Agregar información más detallada a cada punto de interés y actualizar las fotos de cada lugar periódicamente.
- Mostrar información de la programación de menús en los comedores de la universidad.
- Mostrar información de las computadoras que se encuentren libres en cada aula informática, para cada computadora. Servicio agregado mediante una conexión con el sistema de “Aulas Informáticas” de la Dirección Informática Académica.
- Visualizar eventos en vivo (streaming). Servicio agregado mediante una conexión con el servicio “En vivo PUCP” de la Dirección Informática Académica.
- Utilización de notificaciones sobre eventos al estar cerca a uno.

- Creación de un sitio web del proyecto⁵⁵, el cual cuenta con toda la información de los puntos de interés y puede ser accedida desde cualquier dispositivo de escritorio o móvil.

Por último, el servicio web desarrollado para Descubre PUCP puede ser utilizado por otras aplicaciones, tanto web como móviles, esta información debe ser aprovechada para desarrollar una nueva versión de la aplicación móvil para el sistema operativo iOS.

7.4. Conclusiones

La problemática planteada en este documento de tesis requería de una solución que permita que los miembros de una comunidad universitaria puedan conectarse con información del campus de una forma fácil e intuitiva; este proyecto y la aplicación Descubre PUCP han sido desarrollados bajo ese propósito.

Para la recolección de datos sobre puntos de interés para la Pontificia Universidad Católica del Perú se encontró gran cantidad de información con fuentes acreditadas sobre los lugares y eventos que se desarrollan en su campus universitario, estas fuentes fueron almacenadas y con ellas se pudo determinar qué información es mostrada al usuario final y cómo es la estructura de la base de datos utilizada para este fin. Para cumplir con los objetivos del proyecto nueva información fue agregada como las coordenadas de los puntos de interés y lugares relacionados; se pudo concluir que no hay problemas con respecto al acceso de información de puntos de interés si no con tener esta información completa y relacionada entre sí.

Luego se procedió a diseñar la estructura de la interfaz gráfica y definir la arquitectura de la información. La interfaz gráfica se desarrolló teniendo en cuenta criterios de estética, intuitividad, balance y predecibilidad mientras que en la arquitectura de la información se estableció la forma de navegación entre ventanas y cómo está distribuida la información en cada una de ellas; gracias a esto se pudo construir un primer prototipo de la aplicación con información de prueba. Cabe resaltar que más de 130 usuarios de la aplicación Descubre PUCP han establecido una calificación de

⁵⁵<http://descubre.pucp.edu.pe>

satisfacción promedio de 4.6 sobre un puntaje máximo de 5 estrellas en el servicio de descarga de aplicaciones Google Play, además, los comentarios recibidos son en su gran mayoría positivos y ninguno hace referencias a problemas de usabilidad o diseño.

En la implementación del módulo de geolocalización se implementaron 2 tecnologías: realidad aumentada y mapas. Para la implementación de realidad aumentada se utilizó el motor de realidad aumentada de código abierto Mixare debido a su buena flexibilidad para modificar su funcionamiento y así lograr acoplarse con los requerimientos de diseño y usabilidad del proyecto. Para la visualización de mapas se utilizó el API de Google Maps para Android, el cual provee las herramientas necesarias para mostrar un mapa interactivo con puntos de interés que muestren su ícono y título. Ambas tecnologías funcionaron de la manera esperada, cumpliendo con los requerimientos del proyecto.

También se desarrolló un sitio web de administración de puntos de interés con el framework Yii, su construcción fue fácil y rápida gracias a las herramientas que este marco de trabajo provee. Finalmente para que la aplicación obtenga todos los datos necesarios para su funcionamiento se implementó un servicio web tipo REST, esta comunicación entre el cliente y servidor se vio claramente explicada con la definición de la arquitectura del proyecto, cabe resaltar que se encontraron varias formas de optimizar recursos y hacer la aplicación más fluida para el usuario.

Descubre PUCP ha demostrado ser de gran utilidad e interviene indirectamente en la educación ya que la información brindada y su facilidad de uso permite que sus usuarios ahorren tiempo, mejorando la experiencia académica dentro de la universidad.

El uso de dispositivos y aplicaciones móviles ya forman parte del ecosistema de un campus moderno, en el que los servicios se van contextualizando de acuerdo a determinada situación en particular; una aplicación puede estar presente en cada momento de la vida del usuario y, de acuerdo a cierta necesidad, brindarle lo que necesita saber [47], este es el objetivo de Descubre PUCP que deja abiertas muchas posibilidades de expandirse e integrarse con otros servicios para cumplirlo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARCO BALDUINI, et al.
“BOTTARI: An augmented reality mobile application to deliver personalized and location-based recommendations by continuous analysis of social media streams”.
Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 2012, vol. 16, p. 33-41.
- [2] AYDIN, B., GENSEL, J., CALABRETTO, S. Y B. TELLEZ
“ARCAMA-3D–A Context-Aware Augmented Reality Mobile Platform for Environmental Discovery”.
Web and wireless geographical information systems. 2012 (pp. 17-26).
Springer Berlin Heidelberg.
- [3] PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
“La PUCP en cifras”
Lima, 2011, pp 157
<http://www.pucp.edu.pe/documento/pucp/libro-blanco-2011.pdf>
- [4] VAN DER MEULEN, ROB y JANESEA RIVERA.
Gartner Says Smartphone Sales Accounted for 55 Per Cent of Overall Mobile Phone Sales in Third Quarter of 2013. 2013.
- [5] EDMONDSON, JAMES, et al.
Next-generation mobile computing.
Software, IEEE, 2014, vol. 31, no 2, p. 44-47.
- [6] TECHCRUNCH. The App Store’s 50B Downloads Vs. Google Play’s 48B: Android Closes The Gap
<http://techcrunch.com/2013/05/15/the-app-stores-50b-downloads-vs-google-plays-48b-android-closes-the-gap/>

- [7] GOOGLE. "Android Open Source Project"
<https://source.android.com/source/index.html>
- [8] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION.
"National Geodetic Survey: Frequently Asked Questions"
<http://www.ngs.noaa.gov/faq.shtml>
- [9] REAL ACADÉMIA ESPAÑOLA.
"Diccionario de la Lengua Española - Vigésima segunda edición"
<http://www.rae.es>
- [10] AZUMA, Ronald T.
"A Survey of Augmented Reality". Presence: Teleoperators and virtual environments 6.4 (1997): 355-385
- [11] BASOGAIN, X., M. OLABE, K. ESPINOZA, C. Rouèche y J. C. OLABE.
"Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente"
Bilbao, España 2010
- [12] U.S. GOVERNMENT.
"Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics"
<http://www.gps.gov/systems/gps>
- [13] GOOGLE DEVELOPERS.
"API de Google Maps"
<https://developers.google.com/maps/?hl=es>
- [14] LAYAR.
"Quick & easy self-service augmented reality"
<http://www.layar.com/features>

- [15] LAYAR.
"Build your own augmented reality experiences"
<https://www.layar.com/features/developers/>
- [16] WIKITUDE.
<http://www.wikitude.com>
- [17] WIKITUDE.
"Augmented Reality SDK (Wikitude) for Android, IOS, Smartglasses"
<http://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk>
- [18] KITCHENHAM B., CHARTERS, S.
Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. (2007)
- [19] HUI, LIN, FU YI HUNG, YU LING CHIEN, WAN TING TSAI, JENG JIA SHIE.
"Mobile Augmented Reality of Tourism-Yilan Hot Spring." Ubi-Media Computing and Workshops (UMEDIA), 2014 7th International Conference 2014 pp.209-214
- [20] DELAIL, BUTI AL, LUIS WERUAGA y M. JAMAL ZEMERLY.
"CAViAR: Context aware visual indoor augmented reality for a university campus." Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference. Vol.3, 2012 pp.286-290, 4-7
- [21] WONG L.H.
"Mobile Campus Touring System based on AR and GPS: a Case Study of Campus Cultural Activity." Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education. Indonesia: Asia-Pacific Society for Computers in Education. 2013

- [22] PALOMINO RUIZ, IVONNE ISABEL Y GUILLERMO VÍCTOR WONG ORTECHO
“Evaluación de usabilidad en dos aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android”
2013. Tesis de pregrado en Ingeniería Informática. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Pp 2, 20-23, 129-132
- [23] COHN MUROY, Dennis Stephen
“Análisis, diseño e implementación de una aplicación para la administración de las herramientas de seguridad en una red local”
2008. Tesis de pregrado en Ingeniería Informática. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Pp 12-15, 42, 46
- [24] GOOGLE. ANDROID DEVELOPERS
“Download Android Studio and SDK Tools”.
<http://developer.android.com/sdk/index.html>
- [25] STATCOUNTER: GLOBAL STATS. “Top Mobile Operating Systems”
http://gs.statcounter.com/#mobile_os-ww-monthly-201105-201304
- [26] MEIER, RETO y MICHAEL MAHEMOFF. GOOGLE.
“Google I/O 2011: HTML5 versus Android: Apps or Web for Mobile Development?”. [videograbación]
Google Developers. 2011.
http://www.youtube.com/watch?v=4f2Zky_YyyQ
- [27] GOOGLE. ANDROID DEVELOPERS
“Android, the world's most popular mobile platform”
<http://developer.android.com/about/index.html>
- [28] GOOGLE. ANDROID DEVELOPERS
“Android NDK”
<http://developer.android.com/tools/sdk/ndk/index.html>

- [29] GOOGLE DEVELOPERS
“Google Maps Android API v2”
<https://developers.google.com/maps/documentation/android/>
- [30] MIXARE
“Free Open Source Augmented Reality Engine”
<http://www.mixare.org/>
- [31] WAGH, KISHOR y RAVINDRA THOOL
“A comparative study of soap vs rest web services provisioning techniques for mobile host”
Journal of Information Engineering and Applications 2.5 (2012): 12-16.
- [32] SQLITE
“SQLite – Small. Fas. Reliable. Choose any three”
<http://www.sqlite.org>
- [33] ANDROID DEVELOPERS
“Saving Data in SQL Databases”
<http://developer.android.com/training/basics/data-storage/databases.html>
- [34] LANUBILE, F., EBERT, C., R. PRIKLADNICKI y A. VIZCAINO
Collaboration tools for global software engineering.
IEEE software, 2010, vol. 27, no 2, p. 52.
- [35] ANDROID DEVELOPERS
“Support Library”
<http://developer.android.com/tools/support-library/index.html>
- [36] ANDROID DEVELOPERS
“Setting Up Google Play Services ”
<https://developers.google.com/android/guides/setup>

- [37] ANDROID DEVELOPERS
“Transmitting Network Data Using Volley”
<https://developer.android.com/training/volley/index.html>
- [38] ANDROID DEVELOPERS
“Fragments”
<http://developer.android.com/guide/components/fragments.html>
- [39] YII FRAMEWORK
“The Fast, Secure and Professional PHP Framework”
<http://www.yiiframework.com/>
- [40] YII FRAMEWORK
“Performance of Yii”
<http://www.yiiframework.com/performance/>
- [41] ALTERNATIVE PHP CACHE
“Introduction”
<http://php.net/manual/es/intro.apc.php>
- [42] LINDSTROM, LOWELL y RON JEFFRIES.
Extreme programming and agile software development methodologies.
Information systems management, 2004, vol. 21, no 3, p. 41-52.
- [43] GANESH, JAİKUMAR y WALEED KADOUS. GOOGLE.
“Google I/O 2013 - Beyond the Blue Dot: New Features in Android Location”. [videograbación]
https://www.youtube.com/watch?v=Bte_GHuxUGc
- [44] ANDROID DEVELOPERS
“Dashboards - Platform Versions”
<https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>

- [45] GOOGLE SUPPORT. ANDROID DEVELOPER.
"Developer Registration"
<https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/6112435?hl=en&rd=1>
- [46] ANDROID DEVELOPERS
"android.database.sqlite"
<http://developer.android.com/reference/android/database/sqlite/package-summary.html>
- [47] CASTAGNOLA, PEDRO JESÚS CARRION, FLORES-LAFOSSE, NATALÍ y ALBERT DIAZ-MAURICIO
"Descubre PUCP: Mobile App to Improve Academic Experience Inside Campus."
Mobile and Wireless Technology 2015. Springer Berlin Heidelberg, 2015. 183-191.