

HERRAMIENTA DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA VISUALIZACIÓN DE
INFORMACIÓN TURÍSTICA DEL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA

CARLOS JESÚS DEL RÍO GÓMEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
TUNJA
2016

HERRAMIENTA DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA VISUALIZACIÓN DE
INFORMACIÓN TURÍSTICA DEL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA

CARLOS JESÚS DEL RÍO GÓMEZ

Informe final trabajo de grado

Director
MSc. Ing. JORGE GABRIEL HOYOS PINEDA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
TUNJA
2016

Este proyecto es dedicado primero a Dios por permitirme llegar a este punto y darme la sabiduría necesaria para lograr mis objetivos.

Segundo y no menos importante a mi familia, mis padres Gloria y Carlos, por su apoyo incondicional, sus consejos, sus valores, por su motivación constante que ha influido en mí para ser una persona de bien, pero sobre todo por su infinito amor; a mi hermano César por ser mi compañero en todo momento; a mi sobrino Santiago que es la luz que me ilumina y me alegra la vida; a mis abuelos Ana Elvia, Eva María y Policarpo por estar siempre presentes y pendientes de mí.

Por último a toda mi familia, tíos, tías, primos y primas que siempre estuvieron ahí para darme una mano y un consejo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a la familia Ojeda Gómez, tíos y primas que me abrieron las puertas de su casa y me acogieron como a un hijo y hermano más, durante toda mi carrera.

También agradezco a los ingenieros de la Facultad de Ingeniería de Sistemas por los conocimientos, las experiencias y las enseñanzas que me transmitieron, además del apoyo que siempre recibí de todos y cada uno de ellos.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. TÍTULO | 13 |
| 2. TEMA DEL PROYECTO | 14 |
| 2.1 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO | 14 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 16 |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 16 |
| 3.2 FORMULACIÓN DEL PROBELMA | 17 |
| 3.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA | 17 |
| 4. OBJETIVOS | 19 |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 5. JUSTIFICACIÓN | 20 |
| 6. MARCO DE REFERENCIA | 21 |
| 6.1 MARCO TEÓRICO | 21 |
| 6.1.1 Realidad Aumentada. | 21 |
| 6.1.2 Sitios Turísticos de Villa de Leyva. | 28 |
| 6.1.3 Herramientas de Desarrollo para Realidad Aumentada. | 29 |
| 6.1.4 Problemas Presentes en Aplicaciones de Realidad Aumentada. | 36 |
| 6.2 ESTADO DEL ARTE | 38 |
| 7. DISEÑO METODOLÓGICO | 40 |
| 7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 40 |
| 7.1.1 Método de Investigación. | 40 |
| 7.2 HIPÓTESIS | 40 |
| 7.2.1 Variables. | 40 |
| 7.3 POBLACIÓN | 41 |
| 7.4 FUENTES | 41 |
| 7.4.1 Primarias. | 41 |
| 7.4.2 Secundarias. | 41 |
| 7.5 INSTRUMENTOS | 41 |
| 7.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 42 |
| 8. DESARROLLO | 46 |

| | | |
|-------|---|----|
| 8.1 | ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN | 46 |
| 8.1.1 | Recopilación de documentos. | 46 |
| 8.1.2 | Determinación de la bibliografía acorde al proyecto. | 47 |
| 8.2 | DEFINICIÓN DE LA APLICACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS | 47 |
| 8.2.1 | Recolección de información. | 48 |
| 8.2.2 | Análisis de información. | 49 |
| 8.3 | INGENIERÍA DEL SOFTWARE | 50 |
| 8.3.1 | Análisis. | 51 |
| 8.3.2 | Diseño. | 51 |
| 8.3.3 | Desarrollo. | 55 |
| 8.3.4 | Pruebas. | 72 |
| | RESULTADOS | 73 |
| | CONCLUSIONES | 81 |
| | TRABAJO FUTURO | 82 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 83 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Aplicaciones de Realidad Aumentada..... | 26 |
| Tabla 2. Sitios turísticos de Villa de Leyva..... | 28 |
| Tabla 3. Referencias..... | 46 |
| Tabla 4. Estudio comparativo de herramientas..... | 49 |
| Tabla 5. Resultados de ¿Por qué sí? O ¿por qué no?..... | 92 |
| Tabla 6. Resultados de ¿Qué opinión le merece promover el turismo con aplicaciones móviles para su beneficio?..... | 92 |
| Tabla 7. RF - Ingresar a la aplicación..... | 96 |
| Tabla 8. RF - Localización del usuario..... | 96 |
| Tabla 9. RF - Visualización de la escena..... | 96 |
| Tabla 10. RF - Visualización de la información..... | 96 |
| Tabla 11. RF - Búsqueda de un sitio particular..... | 97 |
| Tabla 12. RF - Búsqueda de sitios por rango de distancia..... | 97 |
| Tabla 14. Caso de Uso Ingreso a la aplicación..... | 102 |
| Tabla 15. Caso de Uso Localización del usuario..... | 102 |
| Tabla 16. Caso de Uso Visualización de la escena..... | 103 |
| Tabla 17. Caso de Uso..... | 103 |
| Tabla 18. Caso de Uso Búsqueda sitio particular..... | 104 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Funcionamiento aplicación realidad aumentada..... | 22 |
| Figura 2. Funcionamiento AR basada en marcadores..... | 23 |
| Figura 3. Funcionamiento AR basada en la posición..... | 25 |
| Figura 4. Arquitectura de Android..... | 31 |
| Figura 5. Funcionamiento de Layar..... | 32 |
| Figura 6. Funcionamiento de Mixare..... | 33 |
| Figura 7. Funcionamiento Wikitude..... | 34 |
| Figura 8. Funcionamiento de Junaio..... | 35 |
| Figura 9. Funcionamiento de KHARMA..... | 36 |
| Figura 10. Esquema de fases y etapas de la metodología..... | 42 |
| Figura 11. Ingreso a la aplicación..... | 51 |
| Figura 12. Pantalla principal de la aplicación..... | 52 |
| Figura 13. Punto de interés a distancia..... | 52 |
| Figura 14. Ubicación del sitio turístico..... | 53 |
| Figura 15. Sitios turísticos por rango de búsqueda..... | 53 |
| Figura 16. Información general del sitio turístico seleccionado..... | 54 |
| Figura 17. Galería de imágenes..... | 54 |
| Figura 18. Ruta de acceso al sitio turístico..... | 55 |
| Figura 19. Integración SDK Layar..... | 56 |
| Figura 20. Llaves de Autenticación..... | 56 |
| Figura 21. Método Launch..... | 57 |
| Figura 22. Pantalla principal de la aplicación..... | 57 |
| Figura 23. Creación de una campaña..... | 58 |
| Figura 24. Archivo gradle..... | 59 |
| Figura 25. Interfaz gráfica..... | 60 |
| Figura 26. Controlador..... | 61 |
| Figura 27. Botón del tweet..... | 61 |
| Figura 28. Componentes del tweet..... | 61 |
| Figura 29. Integración Google Play Services..... | 62 |
| Figura 30. Salida obtención de huella SHA1..... | 63 |
| Figura 31. Google Developer Console..... | 63 |
| Figura 32. Configuración llave Android..... | 64 |
| Figura 33. Clave para aplicaciones Android..... | 64 |
| Figura 34. Archivo Manifest.xml..... | 64 |
| Figura 35. Modelo..... | 65 |
| Figura 36. Controlador..... | 65 |
| Figura 37. Vista..... | 66 |
| Figura 38. Dashboard de Heroku..... | 66 |
| Figura 39. Branch remoto..... | 67 |
| Figura 40. Push hacia Heroku..... | 67 |
| Figura 41. Aplicación desplegada en Heroku..... | 67 |
| Figura 42. Administrador del backend..... | 68 |
| Figura 43. Agregar POI..... | 69 |

| | |
|---|-----|
| Figura 44. Integración Layar - Backend | 70 |
| Figura 45. Sección Metadata | 70 |
| Figura 46. Sección Graphics..... | 71 |
| Figura 47. Sección Settings | 71 |
| Figura 48. Pantalla Principal de la Aplicación | 73 |
| Figura 49. Pantalla Visor de Realidad Aumentada | 74 |
| Figura 50. Pantalla Puntos de Interés..... | 75 |
| Figura 51. Pantalla Ubicación Punto de Interés | 76 |
| Figura 52. Pantalla Ruta al Punto de Interés | 77 |
| Figura 53. Pantalla Hashtag Twitter..... | 78 |
| Figura 54. Pantalla Twitter | 79 |
| Figura 55. Pantalla Twitter con Fotografía | 80 |
| Figura 56. Formato de la Encuesta..... | 87 |
| Figura 57. Resultados de Tipo de persona | 88 |
| Figura 58. Resultados de ¿Usted utiliza aplicaciones móviles?..... | 88 |
| Figura 59. Resultados de ¿Qué factor lo impulsa a utilizar aplicaciones móviles? | 89 |
| Figura 60. Resultados de ¿Actualmente qué aplicaciones móviles utiliza en sus actividades? | 89 |
| Figura 61. Resultados de ¿Sobre cuál(es) dispositivo(s) móvil(es) tiene aplicaciones en funcionamiento? | 90 |
| Figura 62. Resultados de ¿Cómo le parece la promoción del turismo en Villa de Leyva? | 90 |
| Figura 63. Resultados de ¿Qué mecanismos utiliza para guiarse en Villa de Leyva | 91 |
| Figura 64. Resultados de ¿Utilizaría una aplicación móvil en Villa de Leyva que le sirva como guía turístico? | 91 |
| Figura 65. Resultados de la Encuesta | 93 |
| Figura 66. Caso de Uso Ingreso a la aplicación | 99 |
| Figura 67. Caso de Uso Localización del usuario | 99 |
| Figura 68. Caso de Uso Visualización de la escena | 100 |
| Figura 69. Caso de Uso Visualización de la información | 100 |
| Figura 70. Caso de Uso Búsqueda sitio particular | 101 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo A. Encuesta a turistas y residentes de Villa de Leyva | 86 |
| Anexo B. Resultados de la Encuesta..... | 88 |
| Anexo C. Análisis de Resultados | 94 |
| Anexo D. Requerimientos Funcionales y No Funcionales | 96 |
| Anexo E. Casos de Uso | 99 |
| Anexo F. Especificación de Casos de Uso..... | 102 |

INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada es una forma de mezclar un enfoque de la realidad con objetos virtuales representados a través de dispositivos móviles o computadores, logrando un complemento de la percepción visual del usuario. Es así como la realidad aumentada fusiona objetos virtuales con capturas hechas mediante la cámara del dispositivo, logrando aumentar y superponer información útil para el usuario de elementos que se encuentran en su entorno.

En este proyecto se desarrollará una aplicación de realidad aumentada para agregar información turística relevante del municipio de Villa de Leyva, referente a sitios de interés común (restaurantes, hoteles, iglesias, sitios turísticos) para los usuarios, a través de un estudio complementario de conceptos, generalidades, características, aplicaciones y herramientas de la realidad aumentada, que permitan definir los mecanismos y las técnicas adecuadas para desarrollar la aplicación.

El desarrollo del proyecto utiliza una metodología de investigación que estipula una primera fase para recopilar la información necesaria (documentos, bibliografía, etc), con la cual se establecen las bases teóricas para el desarrollo de la aplicación; una segunda fase donde se especifique la definición de la herramienta a través del análisis de la información representada en la fase anterior por medio de cuadros comparativos y esquemas que definan una solución de acuerdo al planteamiento del problema; una tercera fase de ingeniería del software, que contempla el desarrollo de la aplicación como tal, donde se establecen el análisis de requerimientos, diseño (casos de uso, arquitectura, diagramas, etc), desarrollo (codificación) y pruebas que garanticen una aplicación acorde a las necesidades; y una cuarta fase que involucre la puesta en marcha de la aplicación que contemple etapas de implantación, pruebas a usuario final y corrección de los errores presentes durante la misma fase.

Como resultado de la aplicación se espera que sea una herramienta de ayuda turística, tanto para la comunidad local como para los turistas del municipio de Villa de Leyva, que sea fácil de usar, interactiva y agradable para los usuarios, con lo cual se puede aumentar la capacidad turística y comercial del municipio.

Además, como resultado del proyecto de investigación se pretende concretar un estudio que estipule las mejores prácticas como por ejemplo, diseño a partir de métodos de interacción, texto adaptable a la pantalla, clasificación de los dispositivos móviles; plataforma de desarrollo y arquitectura del sistema para la aplicación, que sirvan de base para nuevas soluciones que se acoplen al proyecto con nuevas tecnologías para la propuesta de futuras herramientas.

1. TÍTULO

HERRAMIENTA DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN TURÍSTICA DEL MUNICIPIO DE VILLA DE LEYVA

2. TEMA DEL PROYECTO

En la actualidad, los constantes cambios en la tecnología y el crecimiento ante la necesidad de nuevas y mejores tecnologías que eventualmente van surgiendo, permite que los usuarios regularmente se mantengan a la expectativa de las nuevas herramientas que emergen para satisfacer las necesidades de visualización e interactividad de prototipos que manejan volúmenes altos de información. Así, con la apertura de estas tecnologías emergentes, se genera un mayor conocimiento, además de nuevas formas de realizar actividades y funcionalidades.

Por lo tanto, el crecimiento constante en el desempeño en particular de computadores con mayor alcance en capacidades de graficación, ha permitido la inclusión de tecnologías de modelamiento y visualización tal como la Realidad Aumentada, la cual proporciona mayor entendimiento de hechos y fenómenos reales a través de la simulación en tres dimensiones y la interacción mediante un equipo especializado.

Es así, que a través de la realización de este trabajo, se pretende la investigación acerca de la forma concreta en la que se puede representar información turística del municipio de Villa de Leyva, utilizando técnicas de realidad aumentada, partiendo de la localización, a los usuarios que se encuentren en exteriores; información referente a los sitios de interés común como por ejemplo, restaurantes, hoteles, iglesias y sitios turísticos; donde se representen datos relevantes como nombre, historia, horarios de atención, rutas de acceso y precios.

Además, se especifica el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada compatible con dispositivos móviles, abarcando áreas desde su iniciación hasta su evaluación; enmarcando la investigación previa sobre información concerniente a la realidad aumentada y todos sus componentes que conlleven al proceso de desarrollo de la aplicación, donde se incluyan fases como análisis de información obtenida, análisis de requerimientos, diseño conceptual (diagramas, arquitectura, plataforma), diseño de interfaces (experiencia de usuario e interfaz de usuario), implementación, pruebas y corrección de errores, dentro de las cuales cada una llevará un seguimiento y un manejo de versiones para los informes presentados conforme a su evolución y evaluación.

2.1 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo de una herramienta con arquitectura cliente-servidor que contemple realidad aumentada con información geolocalizada para móviles, debe contar con dispositivos aptos para la herramienta, como los Smartphones de alta gama con cobertura 3G como mínimo debido a las necesidades de la misma, dichos dispositivos deben contar con una óptima conexión a internet que permita la

representación de la información en tiempo real, donde se contemplen dificultades como:

- Sincronización entre la información visualizada por la herramienta y la posición del usuario.
- Alineación entre los objetos tanto los reales como los agregados por la herramienta.
- Limitaciones en el ancho de banda de red al momento de transmitir información.
- Capacidad de procesamiento para realizar el renderizado por parte del dispositivo.
- Cantidad de memoria del dispositivo.
- Es indiscutible definir una limitación tecnológica en cuanto a la elección de la plataforma de desarrollo para la aplicación, ya que debido al enfoque del proyecto se debe tener en cuenta la plataforma Android, que aparte de ser libre, ofrece una amplia gama de información y de acople con las necesidades de la herramienta y representa un ahorro en tiempo y dinero por su facilidad de uso.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, las personas están expuestas a un sin número de escenarios de los cuales no poseen cierta información previa, por esta razón, es preciso que la obtengan del entorno a su alrededor por medio de herramientas virtuales que complementen el entorno real. Para la extracción de información previa existen aplicaciones que permiten la visualización de elementos virtuales en el ambiente real por medio de la realidad aumentada, sin embargo, presentan ciertas carencias en cuanto a la alineación y la superposición de los objetos, el seguimiento a los usuarios, entre otras.

La Realidad Aumentada es un paradigma novedoso de interacción con proyecciones de uso interesantes para un futuro, con implicaciones fundamentales en la producción y la utilización de contenidos, debido a que es una rama emergente de las nuevas tecnologías, que con la combinación de un conjunto de técnicas, y el acoplamiento de hardware y software replantea el entendimiento de lo que se conoce como realidad y plantea incógnitas en cuanto a la capacidad de percepción de los usuarios en la interacción con el mundo real. Además, plantea nuevos lenguajes y nuevos códigos, los cuales se deben considerar en el desarrollo del proyecto, para afianzar las funcionalidades del mismo y acoplar dichos lenguajes y códigos, de acuerdo a la estructura de la aplicación.

Dentro del desarrollo del proyecto, el punto central es la agregación de información turística mediante la herramienta de Realidad Aumentada, permitiendo así, captar información relevante de los lugares localizados alrededor del usuario, información que no tendría la oportunidad de percibir de otra forma en el municipio de Villa de Leyva, ya que por ser uno de los sitios turísticos predilectos por la sociedad nacional e internacional¹, no cuenta con una herramienta de realidad aumentada para dispositivos móviles que facilite la ubicación de los sitios de interés comunes y permita el desenvolvimiento de los usuarios por el municipio.

Además se tienen en cuenta problemas comunes de realidad aumentada que con el desarrollo de la herramienta se pretenden abarcar y proponer una solución óptima que se adapte a las necesidades del proyecto y de un punto de partida como solución genérica para otras herramientas futuras. Problemas enfocados en la necesidad de acoplar el mundo virtual y el real, lo que conlleva a la necesidad

¹ El Tiempo. (s.f.) Recuperado el 15 de Agosto de 2016
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-132246>

de alinear las coordenadas de los objetos de ambos mundos de manera que sean coherentes.

A dicho problema se le conoce como alineación o seguimiento y se presenta por la carencia de técnicas de procesamiento de imágenes, con la capacidad de detectar, reconocer y seguir, atributos que resaltan del medio y/o lugares, y técnicas de predicción que detectan con precisión, la dirección de visualización de los usuarios.

Otro problema importante a resolver es la interactividad de los usuarios con los objetos virtuales, debido a que la herramienta estará dirigida al público en general, y se puede presentar que algunos grupos de personas no estén directamente familiarizados con la tecnología y con los mecanismos propuestos en la herramienta.

Problema basado en la falta de desarrollo de una interfaz ergonómica. El punto a favor, de una interfaz ergonómica, es mantener el marco de trabajo centrado en el usuario, que facilita una mejor eficiencia, aprendizaje rápido y una mayor usabilidad.

Se deben tener en cuenta problemas como captura de datos y falta de actualización de la información. La herramienta debe presentar la utilización de los sensores del dispositivo móvil, para realizar la localización del usuario y ofrecerle la información pertinente, brindándole una forma eficiente de solucionar los problemas ya mencionados, con mecanismos que corroboren visualmente la información geolocalizada con la base de datos, que involucren la información actualizada y que coincida con la realidad.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBELMA

¿De qué manera, mediante el desarrollo del proyecto, se logran satisfacer las necesidades de la comunidad turística del municipio de Villa de Leyva, en su deseo de interactuar con los sitios de interés común a través de la utilización de la herramienta de realidad aumentada?

3.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Qué mecanismos teórico-prácticos se formularán para el uso de la realidad aumentada como herramienta de información turística en el manejo de la aplicación propuesta?
- ¿Qué métodos y técnicas serán aplicados para el plan de solución a los problemas de herramientas de realidad aumentada para dispositivos móviles, que se acoplen al funcionamiento de la aplicación propuesta?

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles, que permita el manejo de información turística geolocalizada del municipio de Villa de Leyva.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un estudio de conceptos teóricos, técnicos, manejo de técnicas y herramientas, para la creación de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles.

Definir las técnicas y los métodos que se aplicarán en la construcción de la herramienta de realidad aumentada, conforme a la funcionalidad de la aplicación para el manejo de la información turística.

Desarrollar la aplicación de realidad aumentada bajo los parámetros pertinentes que se acoplen al correcto funcionamiento de la misma.

Probar la herramienta en un dispositivo móvil específico, para verificar su funcionalidad.

5. JUSTIFICACIÓN

La realidad aumentada ha ido surgiendo como una nueva y diferente forma de representar información y generar aprendizaje y conocimiento que involucran labores cotidianas, a través de una combinación visual real del entorno y objetos virtuales generados, que permiten mejorar la percepción de visualización de los usuarios. Ofrece la posibilidad de la superposición de elementos virtuales en imágenes reales, con la capacidad de aumentar información útil del entorno que se percibe.

Es así como se pretende, a partir del entorno en donde se encuentra el usuario de la herramienta, presentar información turística de los sitios de interés del municipio de Villa de Leyva, ya que es un centro turístico por excelencia y no cuenta con una herramienta eficiente y fácil de usar, que mediante una captura a través de la cámara del dispositivo móvil, permita presentar información relevante y de interés común sobre los lugares o sitios que están establecidos en la ubicación del usuario.

El tema de Realidad Aumentada, representa una novedad, puesto que las nuevas tecnologías avanzan a pasos agigantados, así constituye un tema actual, de interés común y que puede llegar a constituir soluciones eficientes ante los nuevos problemas que acarrearán los avances tecnológicos. Además en la Facultad y en la Universidad, no existe hasta el momento, algún tipo de estudio (teórico o práctico), que tenga como tema central la realidad aumentada, por ende, el desarrollo de este proyecto contribuye a investigar en el área mencionada anteriormente y puede ser tomado como guía para la propuesta de futuras aplicaciones en otras disciplinas, además de fortalecer la línea de Redes de Aprendizaje y Educación del Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Nuevas Tecnologías (GIDINT), del Centro de Investigaciones de Ingeniería Alberto Magno (CIAM).

El desarrollo del proyecto ofrece la posibilidad de crear tanto una herramienta innovadora y actual que permita el manejo de información turística de una manera comprensible y novedosa, así como la creación de contenido valioso e inédito. Además el proyecto será la base para trabajos futuros de proyectos sólidos, por ejemplo, la ampliación a otros municipios del departamento para darle un entorno más turístico y más tecnológico, que involucren niveles teóricos que conlleven a nuevas y mejores aplicaciones de realidad aumentada, a través de la implementación de las tecnologías futuras y la resolución de problemas actuales que puedan ser resueltos con los resultados de trabajos presentes y la evolución que abarquen las nuevas técnicas de desarrollo.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1 MARCO TEÓRICO

6.1.1 Realidad Aumentada. La realidad aumentada (Augmented Reality, AR) consiste en la proyección de elementos virtuales sobre entornos reales con el objetivo de enriquecer la información que un usuario puede obtener respecto del ambiente en el que se encuentra inmerso (Ríos Vargas 2008) . “La información virtual sobre el medio ambiente y los objetos pueden ser almacenados y recuperados como una capa de información en la parte superior de la visión del mundo real”². Es así, como el sistema identifica la posición y las coordenadas del entorno real mediante el reconocimiento de patrones. Al momento de finalizar dicho proceso, se realiza la superposición de elementos virtuales sobre el escenario real, logrando que ambos escenarios sea percibidos de manera simultánea en un nuevo entorno, un entorno mixto.

Azuma (Azuma 1997) define las aplicaciones de Realidad Aumentada como aquellas que involucran las siguientes características:

- Combinación del entorno real con el virtual.
- Localización 3D.
- Interacción en tiempo real.

Así es, que lo que se pretende con la Realidad Aumentada es darle un complemento a los entornos reales, en lugar de reemplazarlos, consiguiendo así una capacidad mayor de realismo en las acciones cotidianas.

6.1.1.1 Funcionamiento. Para lograr un correcto funcionamiento y acoplamiento ideal, las aplicaciones de Realidad Aumentada tienen 3 subsistemas fundamentales: Visualización (salida), superposición de objetos virtuales en el mundo real (registro) y métodos de interacción:

Visualización: A través del uso de los dispositivos de visualización, por ejemplo, cascos, gafas, dispositivos móviles, etc.

Registro: Acoplamiento de los elementos virtuales con el mundo real a través del dispositivo, de tal forma que si el usuario cambia de posición los objetos parezcan conservar su posición.

²*Proyectoidis.* (s.f.). Recuperado el 6 de Abril de 2013, de <http://proyectoidis.org/realidad-aumentada/>

Interacción: Manipulación o modificación de objetos virtuales a través de métodos de interacción.

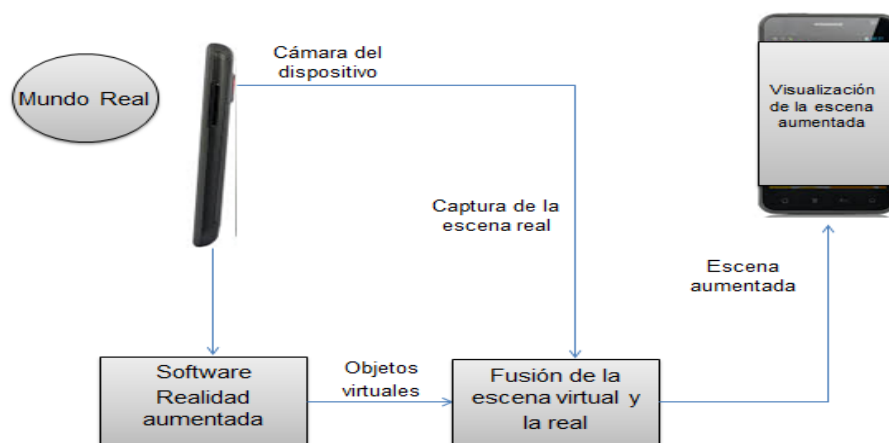
Una aplicación de realidad aumentada parte del registro tridimensional, de tal manera que ambos entornos (real y virtual) queden alineados en el espacio. Esto se logra, con el registro de las transformaciones espaciales que involucran los diferentes entornos de referencia (Portales Ricart 2007) , las coordenadas bidimensionales del objeto capturado con la cámara y las coordenadas tridimensionales tanto del entorno real como del virtual.

La información que es incorporada en el entorno mixto debe mantener una alineación con la realidad, lo que involucra que tanto el reconocimiento como el procesamiento sean efectuados de forma rápida y eficiente. Dicho proceso permite determinar en qué lugar hay que reemplazar un objeto real por uno virtual (Villareal Benítez y Heras Lara 2007) , además de permitir cuál elemento virtual debe aplicarse sobre el entorno real, involucrando la posición y la perspectiva.

Finalmente, el usuario obtendrá un entorno en el cual la realidad y la virtualidad se mezclan, creando un nuevo mundo: La realidad aumentada. Para ello, se utiliza una gran variedad de dispositivos.

En la Figura 1 se propone un esquema del funcionamiento de una aplicación de realidad aumentada donde se establece la escena del mundo real la cual se capta con la cámara del dispositivo y mediante el procesamiento de la escena virtual con la real a través del software especializado de realidad aumentada, se realiza el proceso de fusión de ambas escenas y se presenta el escenario aumentado en el dispositivo.

Figura 1. Funcionamiento aplicación realidad aumentada



Fuente: El Autor.

El acoplamiento de dichos procesos da como resultado un sistema con las siguientes características:

- Combinación de objetos reales y virtuales en nuevos entornos integrados.
- Aplicaciones interactivas.
- Las señales y su reconstrucción son en tiempo real.
- Los elementos virtuales y reales son registrados y correctamente alienados entre ellos y espacialmente, para obtener coherencia.

6.1.1.2 Tipos de Realidad Aumentada. Existen fundamentalmente dos tipos diferentes de realidad aumentada: realidad aumentada basada en marcadores, realidad aumentada basada en la posición.

• **Realidad Aumentada basada en marcadores o imágenes** Este tipo de AR funciona con la cámara web del dispositivo. Después de realizar la captura con la cámara, la aplicación de AR muestra un objeto animado en 3D. La aplicación entra en proceso cuando detecta un marcador (símbolos impresos en papel) o imágenes, en los que se superpone cierto tipo de información (imágenes, objetos 3D, video, etc.) después de ser reconocido por un software específico.

En la Figura 2 se muestra el funcionamiento de la realidad aumentada basada en marcadores donde se muestra el marcador detrás del dispositivo móvil, el cual lo capta a través de la cámara del mismo y por medio del software de realidad aumentada ejecutado en él, se hace el proceso de reconocimiento del marcador y se muestra el objeto aumentado definido para el caso.

Figura 2. Funcionamiento AR basada en marcadores



Fuente: El Autor

El procedimiento para experimentar AR basada en marcadores generalmente es:

- Imprimir el marcador correspondiente.
- Encender la cámara web.
- Abrir la aplicación.
- Ubicar el marcador delante de la cámara.
- El software identifica el marcador y superpone en el marcador el objeto.

El software en ejecución es capaz de realizar un seguimiento del marcador de tal manera que si el usuario lo mueve, el objeto 3D superpuesto también sigue ese movimiento, si se gira el marcador se puede observar el objeto 3D desde diferentes ángulos y si se acerca o se aleja, el tamaño del objeto aumenta o se reduce respectivamente (Reinoso 2012) .

Si se emplea una imagen como marcador, el proceso es muy similar, se ejecuta la aplicación correspondiente y se capta la imagen en cuestión con la cámara, luego de reconocer la imagen se produce la acción que corresponda (Reinoso 2012) .

• **Realidad Aumentada basada en la posición** Las aplicaciones de realidad aumentada basadas en GPS usan la posición del dispositivo móvil para encontrar puntos de referencia y representar a partir de estos lo que se conoce como “Puntos de interés” o POIs. Una vez que un POI o punto de referencia es visible en el dispositivo, el usuario puede interactuar con él para obtener información adicional sobre el POI, sobre el elemento del mundo físico al que etiqueta o para obtener direcciones que le permitan conocer su localización y llegar hasta él (Mateos 2010) .

Desde el 2009 se han venido desarrollando aplicaciones de realidad aumentada, donde utilizan el hardware de los dispositivos móviles para localizar y realizar la superposición de una capa de información sobre puntos de referencia o puntos de interés (POIs) del entorno donde se encuentra el usuario.

La localización es, actualmente, la forma más sofisticada de realidad aumentada. Se basa en el uso de:

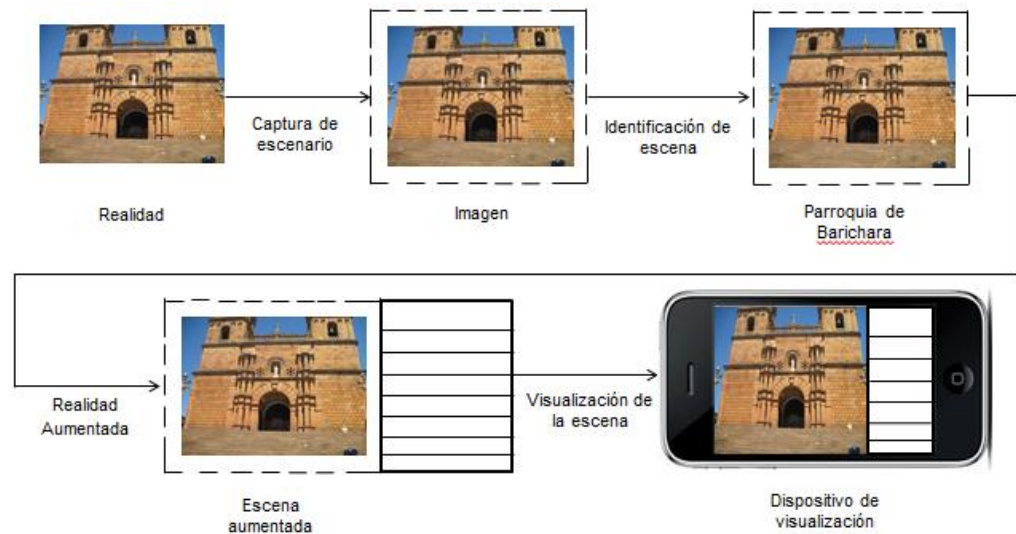
- GPS, para detectar la ubicación actual del usuario.
- La brújula, para detectar la orientación.
- El acelerómetro, para detectar la elevación y el ángulo.

Es así, que a través de internet se obtienen y se muestran los datos relacionados con lo que se ve en pantalla y se identifica lo que se ve por la cámara.

En la Figura 3 se muestra el funcionamiento de AR basada en la posición para la visualización de información relevante de un sitio turístico, capturado a través de la

cámara del dispositivo. Se observa primero el sitio el cual se quiere aumentar, luego se hace la captura de la imagen a través de la cámara del dispositivo, teniendo la imagen, se aplican los métodos y técnicas de realidad aumentada y se presenta la información relevante asociada a ese sitio turístico.

Figura 3. Funcionamiento AR basada en la posición



Fuente: El Autor basado en (López Pombo 2010)

Los servicios de localización son servicios que integran la ubicación de un dispositivo móvil con otra información para proveer un valor agregado al usuario (Schiller y Voisard 2004) .

6.1.1.3 Modelamiento 2D y 3D. El modelamiento 2D abarca dentro de sus diseños el ancho y alto de la pantalla, es decir, todos sus elementos son planos y contiene la textura visual; no involucra perspectivas de ningún tipo, no posee volumen, es por esto que la sensaciones espaciales dentro del diseño se rigen por indicadores, por ejemplo, las imágenes que están arriba del plano están más alejadas y viceversa.

Por otro lado, el modelamiento 3D involucra todo tipo de perspectivas, las figuras poseen volumen y utiliza diferentes formas del manejo del color para establecer características especiales de las figuras. El modelamiento 3D representa un esquema visual por medio de un conjunto de elementos, objetos y propiedades que hacen que una imagen plana se convierta en una figura.

6.1.1.4 Técnicas de Processing. Processing es un entorno de programación de código abierto y basado en Java cuyo principal punto fuerte es su facilidad de uso y permite a los creadores empezar rápidamente a generar sofisticadas

aplicaciones gráficas e interactivas al tiempo que minimiza la dificultad asociada a la compilación y generación de software (Mullen 2011) .

Processing establece mecanismos fundamentales para que el desarrollo se haga más fácil y rápido con los elementos suficientes para que el proyecto sea óptimo y de buena calidad:

- **Dibujar con Processing** Al ser processing un entorno de desarrollo que facilita la agregación de elementos gráficos de forma fácil y rápida, es sencillo adaptarse a las funciones de dibujo, lo que lo hace esencial en el proceso de aprendizaje.
- **Trabajar con clases** Processing es un lenguaje orientado a objetos basado en Java y por ende puede utilizar las bibliotecas de este, lo que facilita la creación de estructuras complejas (clases) y permite organizar el proyecto en función de las interacciones entre las clases y las instancias de objetos.

6.1.1.5 Aplicaciones de Realidad Aumentada. Existen un sin número de aplicaciones que ofrecen nuevas posibilidades de interacción en diferentes áreas específicas, por ejemplo, medicina, entretenimiento, marketing, publicidad, educación y cualquier campo que permita la adecuación de nuevas tecnologías con la necesidad de solucionar problemas. En la Tabla 1 se especifican algunas de ellas y sus características.

Tabla 1. Aplicaciones de Realidad Aumentada

| Aplicación | Descripción | Plataforma de desarrollo | Tipo AR | Área de conocimiento |
|-----------------------|--|--------------------------|--------------|----------------------|
| LearnAR | Es una aplicación de aprendizaje interactiva que involucra e-learning con AR. | Android | Marcadores | Educación |
| Google Sky Map | Identifica estrellas, constelaciones, planetas y cualquier cuerpo celeste que esté dentro del rango de búsqueda. | Android | Localización | Astronomía |
| Goggles | Permite la búsqueda en la web de objetos reales, a través del código de barras y su ubicación. | Android | Marcadores | Publicidad/Marketing |

| | | | | |
|-----------------------|--|--------------|--------------|-----------------------------|
| Word Lens | Permite traducir las palabras que se encuentran en una imagen, obteniendo una traducción instantánea. | iOS, Android | Marcadores | Turismo/ Entretenimiento |
| Point and Find | Permite capturar la imagen del póster de una película y obtiene información de la misma. También con el código de barras de un producto, se relacionan precios en otras tiendas. | Symbian | Localización | Publicidad/Marketing |
| Yelp Monocle | Permite la búsqueda de locales comerciales en el entorno en el que se encuentra el usuario. | Android, iOS | Localización | Turismo/ Entretenimiento |
| Tura Tunja | Permite a los usuarios ver a través de realidad aumentada los sitios de interés turísticos ubicados en la ciudad de Tunja. | Android, iOS | Localización | Turismo/ Entretenimiento |

Fuente: El Autor.

La aplicación planteada para el proyecto se basa en la plataforma de desarrollo Android que por su característica de ser libre, ofrece una amplia gama de información y de acople con las necesidades de la herramienta y representa un ahorro en tiempo y dinero por su facilidad de uso, sin dejar como una opción la adaptabilidad a otras plataformas de desarrollo.

Además, es una aplicación de AR basada en la localización y enfocada hacia el impulso del comercio en el municipio de Villa de Leyva, por lo que, tiene similitudes con herramientas como Tura Tunja y Yelp Monocle pero que la diferencian en la metodología de investigación y desarrollo, puesto que las mismas no tienen el soporte comparativo para definir la mejor opción de desarrollo y por

ende, el cubrimiento investigativo que abarca la evolución de una herramienta de AR enfocada a información turística.

6.1.2 Sitios Turísticos de Villa de Leyva. Villa de Leyva, al ser un sitio turístico por excelencia y de importante relevancia en el país y el departamento cuenta muchos con sitios y establecimientos de interés común que representan un conjunto de actividades que vinculan a los turistas con nuevas y mejores formas de ver y conocer el municipio. En la Tabla 2 se describen algunos de los sitios turísticos más representativos de Villa de Leyva.

Tabla 2. Sitios turísticos de Villa de Leyva

| Sitio | Foto | Características | Tipo |
|----------------------------------|---|--|------------------------|
| Plaza Mayor |  | Cuenta con 14.000 m ² y es el centro de festivales y celebraciones. | Histórico/ Cultural |
| Iglesia Parroquial |  | Símbolo de Villa de Leyva. Está ubicada en la plaza principal. Se levantó en la primera mitad del siglo XVII. | Histórico/ Cultural |
| Casa Museo Antonio Nariño |  | En honor al precursor de la independencia que murió en ese lugar. | Histórico/ Cultural |
| Museo El Fósil |  | Museo donde se exhibe un impresionante fósil de 20 metros. | Histórico/ Cultural |
| Hotel el Duruelo |  | Destino perfecto para descansar, compartir y conocer sitios turísticos. Especial para convenciones y reuniones | Hotelería |

| | | | |
|-----------------------------------|---|--|----------------------------|
| | | empresariales | |
| Hotel Getsemaní |  | Alternativa para los turistas que quieren estar cerca del centro histórico. Confortables habitaciones, piscina y spa. | Hotelería |
| Rakamandaka |  | Ubicado en el centro gastronómico “La Guaca”, ofrece comida tailandesa. | Restaurantes |
| San Cayetano |  | Ubicado en el centro gastronómico “La Guaca”, ofrece auténtica comida española. | Restaurantes |
| Cascada la periguera |  | La cascada principal tiene una caída de 15 m. Siguiendo el cauce se pueden visitar otras cascadas igualmente maravillosas. | Diversión/ Entretención |
| Desierto de Villa de Leyva |  | Entrando a Villa de Leyva al costado izquierdo se contempla el desierto, donde se practica el moto cross y el ciclo montaña. | Diversión/ Entretención |

Fuente: El Autor.

6.1.3 Herramientas de Desarrollo para Realidad Aumentada. A continuación, se presenta información relevante sobre las herramientas para desarrollar aplicaciones de AR para dispositivos móviles, con las cuales se pretende realizar el estudio y la investigación acorde al acoplamiento de las metas del proyecto.

6.1.3.1 Android. Es un sistema operativo basado en una modificación del Kernel de Linux para dispositivos móviles. Aunque el desarrollo inicial fue llevado a cabo por la empresa Android Inc., actualmente la plataforma pertenece a Google.

Android permite el desarrollo de aplicaciones mediante una SDK en lenguaje Java y un kit nativo (NDK) para lenguaje C. Una de las características que hace de Android un entorno atractivo para los desarrolladores es que el código fuente se encuentra bajo licencias de software libre y código abierto (López Pombo 2010) .

La arquitectura de Android se puede ver en la Figura 2 y está formada por los siguientes componentes:

- **Aplicaciones.** Incluye todas las aplicaciones instaladas en el dispositivo y las cuales deben ser ejecutadas en la máquina virtual Dalvik para garantizar la seguridad del sistema (Gironés 2012) . Entre ellas se encuentran las preinstaladas por los distribuidores (Gmail, cámara, etc.), las nativas y aquellas instaladas por el usuario (Martínez Lechón 2012) .

- **Framework de Aplicaciones.** Se compone de todas las clases y servicios disponibles para que las aplicaciones puedan realizar sus funciones. La gran mayoría están preparadas para comunicarse con la capa “Librerías” por medio de Dalvik. Su uso se extiende también a los desarrolladores que disponen de acceso a ellas para realizar las mismas operaciones, realizándose una reutilización de este código (Martínez Lechón 2012) .

- **Librerías.** Son un conjunto de librerías escritas en C/C++ y compiladas en el código nativo del procesador (Gironés 2012) . La mayoría son desarrolladas por los fabricantes para evitar operaciones repetitivas de comunicación con el dispositivo. Su uso libra a los desarrolladores de codificar ciertas operaciones y garantiza que éstas se realicen correctamente (Martínez Lechón 2012) . Entre las más importantes se encuentran AndAR y ARToolkit.

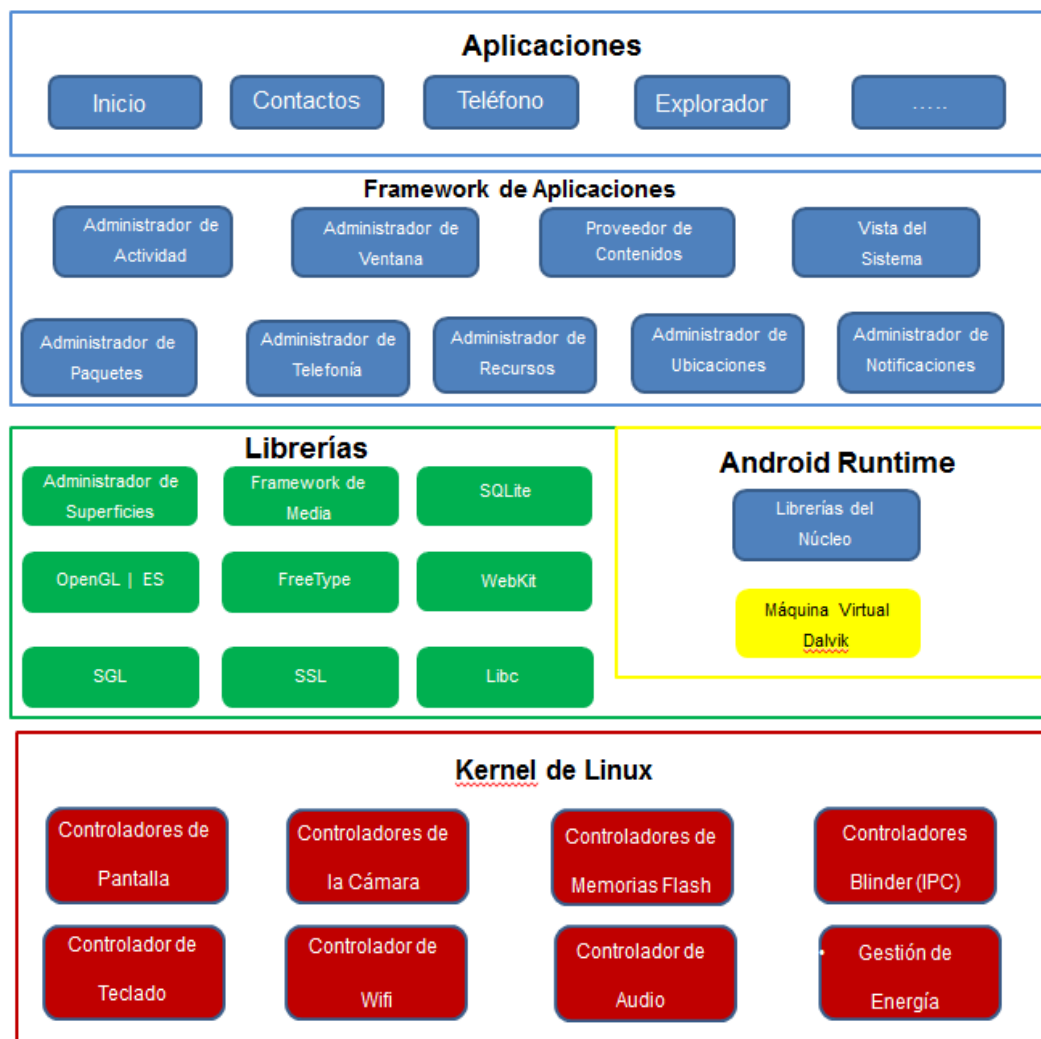
AndAR: Es un SKD de código abierto para Android para el desarrollo de aplicaciones de AR, basada en el reconocimiento de marcadores, provenientes de la librería ARToolkit, a través de una API escrita en Java. Facilita la carga de objetos 3D con formato .obj.

ARToolkit: Es una librería especializada desarrollada en C++ para realidad aumentada que permite la detección de marcadores específicos para realizar las tareas de superposición de imágenes.

- **Android Runtime.** Es una máquina virtual llamada Dalvik basada en registros, que facilita la optimización de recursos en ficheros ejecutables .dex. Su diseño ha sido optimizado al máximo para reducir al mínimo el uso de recursos y su ejecución está basada en registros debido a que los teléfonos móviles están optimizados para esta misma ejecución (Martínez Lechón 2012) .

- **Kernel de Linux.** El núcleo de Android actúa como capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila y está formado por el sistema operativo Linux, lo cual proporciona servicios como seguridad, manejo de memoria, multiproceso, pila de protocolos y soporte de drivers para dispositivos (Gironés 2012) .

Figura 4. Arquitectura de Android



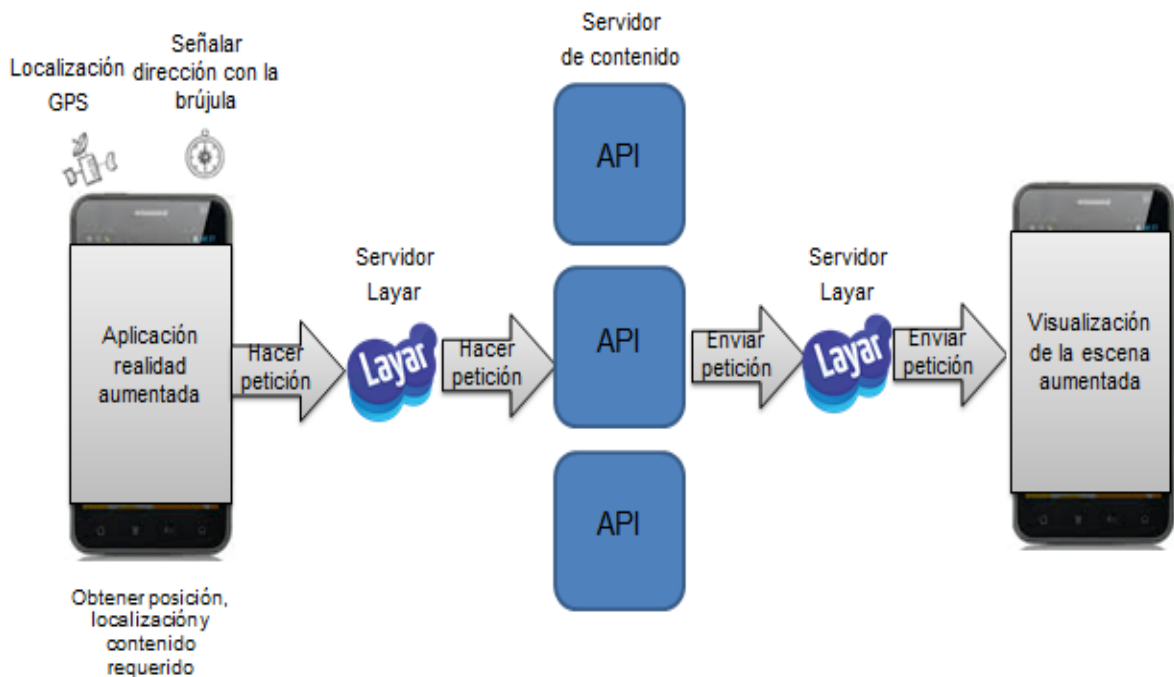
Fuente: El Autor basado en (Gironés 2012)

6.1.3.2 Layar. Es un navegador de AR, desarrollado para Android e iOS. Tiene licencia privativa por lo que no dispone de acceso al código fuente. El funcionamiento se basa en usar la información que proporciona el GPS y la brújula que posee el dispositivo, mientras la pantalla muestra lo que la cámara capta y sobre la misma, muestra información relativa en tiempo real de lo que capta alrededor.

Está basado en un sistema de capas que funcionan sobre el navegador y que pueden ser mostradas o no a elección del usuario. El desarrollador implementa estas capas, en 2D o 3D, para añadir información aumentada a la imagen real. El sistema se compone de la aplicación cliente que se ejecuta en el dispositivo, un servidor central que provee los datos y un servidor privado para que el desarrollador gestione esos datos y los envíe al servidor central para finalmente visualizarlos en la aplicación. Las capas definidas por el usuario pueden ser puestas a disposición de la comunidad de manera centralizada. La etapa de renderizado de objetos 3D está optimizada para su uso en dispositivos móviles (Serrano Mamolar 2012) .

En la Figura 5 se muestra el funcionamiento de Layar, el cual inicia con la aplicación de realidad aumentada para obtener la posición del lugar, la localización del usuario y el contenido requerido a aumentar mediante el GPS y la brújula del dispositivo; luego se hace la petición al servidor de Layar el cual verifica y establece el contenido requerido en algún servidor de contenidos disponible, y este lo envía al servidor de Layar nuevamente el cual lo procesa y lo muestra en el dispositivo.

Figura 5. Funcionamiento de Layar



Fuente: El Autor basado en (Layar 2010)

6.1.3.3 Mixare. Acrónimo de Mix Augmented Reality Engine. Es un framework de código abierto para AR, publicada bajo la licencia GPLv3. Está disponible para sistemas Android y para iOS.

Este framework permite construir aplicaciones completas y proporciona funciones para asociar coordenadas espaciales y texto. Es decir, su funcionalidad se resume a permitir asociar texto a localizaciones mediante posicionamiento GPS y acceso a datos por conexión de red. Las visualizaciones de Mixare están limitadas a cajas de texto e imágenes 2D (Serrano Mamolar 2012) . En la Figura 6, se muestra el esquema del funcionamiento de mixare, el cual a través de la aplicación Mixare se hace la petición a la fuente de los datos a mediante los puntos de interés guardados en las bases de datos de Wikipedia, esta los procesa y envía la información aumentada al dispositivo.

Figura 6. Funcionamiento de Mixare



Fuente: El Autor basado en (Mixare 2012)

6.1.3.4 Wikitude. Es un software para desarrollar aplicaciones de AR para dispositivos móviles, basado en reconocimiento de imágenes y modelado 3D, que muestra información relevante de los lugares que se encuentran alrededor del usuario, mediante las capturas que realiza la cámara web del dispositivo.

La herramienta genera realidad aumentada dependiendo de la ubicación del usuario y del entorno al que se enfrenta, ofreciendo una visión directa de una realidad “mejorada” con información adicional. Además, Wikitude está optimizado para el uso móvil basado en la localización.

En la Figura 7 se muestra el esquema del funcionamiento de Wikitude, el cual toma no solo la captura mediante la cámara del dispositivo a partir del punto de vista del usuario, sino que aumenta todo a su alrededor creando la sensación de un mundo virtual a través del dispositivo y luego representa la información que encuentre relevante, calculando la posición de los objetos virtuales basado en el GPS, la brújula y los sensores de movimiento del dispositivo.

Figura 7. Funcionamiento Wikitude



Fuente: El Autor.

6.1.3.5 Junaio. Es un navegador de AR, diseñado para dispositivos móviles 3G y 4G. Proporciona una API para que los desarrolladores de contenido puedan generar experiencias de AR móvil para un usuario final. Actualmente, está disponible para Android y iOS. Junaio es el primer navegador de AR que ha superado las limitaciones de precisión de navegación GPS, a través de marcadores LLA (Latitud, Longitud, Altitud).

Tiene el rótulo de ser el navegador de AR más avanzado, e incluye facilidad y rapidez al momento de encontrar lugares, buscar eventos, ver información adicional de productos, jugar, entre otros.

En la Figura 8, se muestra el funcionamiento de Junaio, dentro del cual a través de la escena captada se hace la petición de búsqueda de los puntos de interés al servidor de Junaio, el cual a su vez hace una petición a los servicios externos solicitados por el usuario, procesa la información y reenvía al usuario la escena aumentada.

Figura 8. Funcionamiento de Junaio



Fuente: El Autor basado en (Junaio 2012)

6.1.3.6 KHARMA. Es una nueva plataforma abierta para realidad aumentada que permite crear contenido utilizando herramientas de desarrollo web que ya están en uso generalizado incluyendo HTML, CSS y JavaScript. Este enfoque utiliza servidores web estándar para la entrega de contenido y permite implementar casi cualquier tecnología basada en la web en el entorno, lo que resulta en experiencias de AR mucho más enriquecedoras.

El KML / HTML Augmented Reality Mobile Architecture (KHARMA) permite a los desarrolladores de contenido crear contenido utilizando una versión extendida de GoogleEarth y alojarlo con archivos KML en servidores HTTP estándar. Establece un marco para múltiples canales simultáneos para utilizar el contenido entregado por múltiples fuentes, tales como el seguimiento de la información y la construcción de infraestructura. Se centra en el respeto a la función integral de seguimiento y de infraestructura dentro de la línea de edición y el tiempo real. Y, quizás lo más importante, la plataforma implementa varias técnicas para superar las incertidumbres de tecnologías de seguimiento actuales y se prepara para el futuro de un uso generalizado de seguimiento basado en la visión.

En la Figura 9, se muestra el funcionamiento de KHARMA, el cual establece comunicación con KML, HTML y Javascript a través del canal de realidad aumentada, el cual proporciona los datos geolocalizados. Por otra parte se presentan los servicios de seguimiento que están presentes al momento de la captura de la escena y se fusionan con los servicios de infraestructuras, los cuales establecen los puntos de interés, a partir de modelos 3D. Al integrar las 3 partes se obtiene la escena aumentada.

Figura 9. Funcionamiento de KHARMA



Fuente: El Autor basado en (Kharma 2012)

6.1.4 Problemas Presentes en Aplicaciones de Realidad Aumentada. Al desarrollar una aplicación de AR geolocalizada para dispositivos móviles se deben tener en cuenta problemas puntuales que se presentan tanto al momento de desarrollar la aplicación como al momento de utilizarla. A continuación se describen los más importantes y se presentan mecanismos de resolución que se deben plantear para el funcionamiento de la herramienta planteada.

6.1.4.1 Detección y Descripción de Puntos de Interés. Históricamente, la mayoría de los sistemas de visión por computador incluían un proceso de segmentación de la imagen en una etapa de bajo o mediano nivel (Faugeras 1993) . La segmentación es un proceso mediante el cual se intenta agrupar píxeles u otros rasgos de bajo nivel de una imagen para formar regiones conectadas y homogéneas, utilizando una medida de similitud y un análisis global de la imagen (Nájera Gutiérrez 2009) . A través de dicho proceso, se espera que cada punto de interés acople objetos reales, por ejemplo, un monumento, una casa, una pieza de herramienta, etc. De esta forma el análisis de alto nivel se podría simplificar gracias a la división semántica de las regiones (Nájera Gutiérrez 2009) .

Sin embargo, segmentar una imagen es un problema mal planteado para el caso general razón por la cual esta tarea ha resultado ser difícil en la práctica. Por lo tanto, desde la década de los noventa muchos de los sistemas de visión se han diseñado utilizando enfoques que no requieran una segmentación previa para resolver tareas como la detección y reconocimiento de objetos, recuperación de imágenes basada en contenido, entre otras (Unnikrishnan 2007) .

Entonces, para algunas aplicaciones puede resultar más práctica la utilización de un análisis local de la imagen, esto mediante la detección estable y la descripción representativa de regiones locales en la imagen. Este tipo de rasgos son muy pequeños en relación con la imagen y se les llama regiones de interés porque transmiten información que se considera visualmente interesante (Nájera Gutiérrez 2009) .

6.1.4.2 Renderizado remoto/local. La capacidad de procesamiento en los dispositivos móviles es uno de los componentes que rigen el diseño de sus aplicaciones. Una de las maneras de suprimir la carga sobre el procesador del dispositivo, en aplicaciones de visualización de información, es la separación de responsabilidades de renderizado desde el cliente hacia el servidor. Existen muchas aplicaciones que han intentado abordar el problema del renderizado mediante mecanismos como:

- Deducción de la posición y orientación del usuario mediante el GPS del dispositivo y se visualiza información relevante sobre el lugar localizado.
- Descarga de información geolocalizada desde una base de datos externa para luego realizar el renderizado en la pantalla del dispositivo.
- Representaciones 2D de un mundo 3D en el servidor, y enviar dicha representación al dispositivo, realizando el renderizado de manera remota.
- El servidor renderiza el modelo y envía la imagen resultante a un cliente que utiliza un algoritmo de 3D Warping para actualizar la visualización en el dispositivo evitando que el usuario perciba latencia (McMillan 1997) .
- Técnica híbrida de renderizado remoto y 3D warping. El servidor renderiza una imagen panorámica y le otorga a cada punto coordenadas cilíndricas. El cliente extrae la imagen que debe mostrar de la imagen panorámica renderizada (Boukerche y Wener 2006) .

Para efectos del desarrollo de la herramienta propuesta en este proyecto, se utiliza un modelo mixto de procesamiento de la información que será renderizada. El servidor tiene como objetivo procesar los objetos 3D para obtener de ellos una representación en wireframe, la cual es enviada luego de realizar el proceso, al cliente. El servidor también procesa los archivos KML para transformarlos en archivos X3D que pueden ser graficados por el cliente. El cliente recibe la información y se encarga de realizar el renderizado final mediante las capacidades del dispositivo móvil.

6.1.4.3 Latencia en la comunicación cliente/servidor. Cuando existe gran volumen de información que debe ser enviada del servidor al cliente, la latencia en

el envío de información se convierte en una dificultad. Cuando el usuario cambia de punto de vista por otro y no por el que está percibiendo, el cual ya está alineado con el mundo 3D, la petición del nuevo punto de vista debe viajar desde el dispositivo móvil (cliente) hasta el servidor, para que este realice el renderizado de la imagen, cambiando la posición de la cámara. Hasta el momento que la respuesta del servidor llega, el usuario sigue percibiendo el mundo 3D desde la misma posición anterior, la cual es inválida.

Existen 2 mecanismos fundamentales que abordan el problema de latencia:

- El servidor trata de predecir el movimiento del dispositivo móvil, de modo que pueda enviar información relevante con antelación, separando el video 3D del renderizado y el streaming, evitando sobrecargar a un solo servidor con todo el trabajo. Para evitar problemas de latencia la imagen renderizada puede ser manipulada por el dispositivo móvil para dar la apariencia de que la imagen está siendo vista desde un punto de vista diferente (Shi, et al. 2009) .
- Sistema que usa filtros de Kalman para fusionar datos de GPS diferenciales. El sistema usa GPS para obtener una aproximación a la posición del usuario con una alta inexactitud, y luego usa otras técnicas como giroscopios y magnetómetros para estimar formas diferentes la posición y orientación, y luego fusionar todas las medidas en una única estimación (Schall, et al. 2009) .

Para efectos del desarrollo de la herramienta propuesta en este proyecto, se utiliza un modelo de separación por paquetes de la información recibida, los cuales van a ser graficados de manera individual, así, si el servidor envía una gran cantidad de datos, el cliente puede graficar los datos conforme le van llegando, sin necesidad de esperar hasta que toda la información le haya llegado, permitiendo así una menor latencia entre la petición y su visualización.

6.2 ESTADO DEL ARTE

Existe una gran variedad de aplicaciones de realidad aumentada en muchas áreas de conocimiento, incluso en campos como el turismo, las cuales se relacionan con el desarrollo de la herramienta planteada y que contribuyen al planteamiento de una solución óptima y de calidad.

Cabe destacar que la realidad aumentada es un área que viene en evolución constante hace varios años, y que específicamente en campos relacionados con el turismo se vienen desarrollando herramientas e investigaciones desde el 2004, donde se definieron una serie de técnicas con AR para evaluar y mejorar la búsqueda de rutas (Goldiez 2004) por medio de experimentos para investigar el rendimiento en tareas de búsqueda con AR. Dichas técnicas han ido evolucionando tanto, que en la actualidad ya están definidos los métodos y las

capas necesarias para adaptar cualquier punto de interés a la aplicación (Layar 2010) y que permiten un ahorro de tiempo y esfuerzo en el desarrollo, los cuales se pueden emplear en mejores prácticas para el funcionamiento de la herramienta.

Tura Tunja es la única herramienta en el departamento destinada al turismo con realidad aumentada (Quiroga 2011) , la cual permite a los usuarios ver los sitios turísticos de la ciudad de Tunja, con una serie de características propias de la aplicación a través de AR. La aplicación planteada se asemeja a dicha herramienta, con la diferencia que en este proyecto se definen los parámetros comparativos necesarios para escoger la mejor metodología de desarrollo, la cual conlleve a una solución actual e innovadora que contemple las nuevas tecnologías.

Existen herramientas complementarias que contribuyen con aspectos como identificación de posición del usuario y visualización de sitios definidos en una base de datos para realizar estudios con dispositivos GPS (Mahecha, et al. 2010), aspectos que diferencian a la aplicación con el uso de dispositivos móviles y que prestarán el servicio por medio del GPS incorporado con una estructura amigable e interactiva para la facilidad de uso por parte del usuario.

Por otra parte, sobresale una aplicación para la manipulación y visualización de datos 3D georeferenciados que permite a los usuarios comparar información de sitios almacenados en una base de datos, con la información real vista por medio de la cámara del dispositivo (Wilches y Figueroa 2010) , con el fin de contrastar la información del sitio actual con lo que alguna vez pudo estar construido, facilitando para el desarrollo de este proyecto, los métodos y técnicas de visualización de objetos 3D y la superposición de objetos, con el fin de adaptarlos a la funcionalidad de la herramienta por medio de la búsqueda de puntos de interés y el contraste con la información a visualizar por medio de la pantalla del dispositivo móvil.

Además, existen navegadores de realidad aumentada que tienen características especiales y diferentes, las cuales apoyan de manera directa el desarrollo del proyecto, esencialmente en cuanto a la geolocalización de puntos de interés entorno a la posición del usuario (Wikitude 2012) , que permite identificar la manera de estipular los sitios turísticos en la aplicación a través del GPS, la brújula y el acelerómetro del dispositivo móvil con la facilidad y rapidez de marcadores LLA (Latitud, Longitud, Altitud) que ofrecen una mayor precisión de navegación para el usuario (Junaio 2012) , lo cual hace a la herramienta más potente y con tiempos de respuesta más eficientes.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Aplicada

Mediante este tipo de investigación se determinan las características de aplicación en varias disciplinas y teorías que son expuestas en el marco teórico, las cuales contribuyen a la generación de un conocimiento fortalecido que involucra propiedades y métodos teóricos y tecnológicos, que en un periodo de mediano plazo podrían convertirse en aplicaciones. La herramienta de realidad aumentada para dispositivos móviles desarrollada, por ejemplo, beneficiará a la comunidad turística y residente del municipio de Villa de Leyva.

7.1.1 Método de Investigación.

Método de Razonamiento Deductivo

Mediante la aplicación y el seguimiento de este método, se obtienen resultados, métodos y conclusiones para la resolución del problema planteado a partir de datos e información proporcionada, tanto así, que el ejemplo más claro es el desarrollo de la herramienta de realidad aumentada para dispositivos móviles con sus componentes.

7.2 HIPÓTESIS

El desarrollo de una aplicación móvil, a través de la utilización de la herramienta de AR, logrará satisfacer las necesidades de la comunidad turística del municipio de Villa de Leyva, en su deseo de conocer acerca de los sitios de interés comunes.

7.2.1 Variables.

- **Usabilidad de la aplicación.** La aplicación debe expresar la facilidad de uso a través de interfaces amigables e interactivas para que el usuario pueda utilizar la herramienta correctamente. Debe contar con un diseño simple, fácil, cómodo y sobre todo práctico, teniendo en cuenta que es una herramienta para todo público y que debe ahorrar tiempo en cuanto al uso de la información.
- **Desempeño de la aplicación.** Conforme a las etapas de desarrollo, la aplicación debe funcionar correctamente bajo los parámetros estipulados dentro de las características de los dispositivos móviles aptos para utilizar la aplicación (cámara, acelerómetro, brújula, entre otros) y las características propias para el manejo de la aplicación (GPS, conexión a internet, entre otros) que corresponden

con una relación directa en cuanto al desempeño de la herramienta, es decir, si se cuenta con las especificaciones básicas la aplicación debe tener un desempeño óptimo.

- **Número de sitios turísticos.** Para efectos de las pruebas iniciales de la aplicación se deben contar con un número aproximado de 20 sitios turísticos, que incluyan todos los tipos de sitios representados en la herramienta (históricos y culturales, hoteles, restaurantes, diversión y entretenimiento), que permitan avalar el funcionamiento de la herramienta y con los cuales se irán implementado el mayor número de sitios turísticos posibles para que el desempeño y la usabilidad de la aplicación sea completos.

7.3 POBLACIÓN

La población que se verá beneficiada con el desarrollo de la herramienta, es de forma general la comunidad turística que visite el municipio de Villa de Leyva y sus residentes, puesto que los turistas sabrán desplazarse de una mejor manera y llegar a los sitios de interés común que beneficien el comercio. Además incrementará el turismo en el municipio a raíz de la funcionalidad de la herramienta permitiendo así, que los turistas se sientan más cómodos y a gusto con el municipio y se interesen por conocer y explotar más sus sitios de interés.

7.4 FUENTES

7.4.1 Primarias. La búsqueda de la información se obtiene de resultados de estudios de diagnóstico, estudios estadísticos, cuadros comparativos, metodologías relevantes, entre otros, que definen las bases para el desarrollo de la herramienta.

7.4.2 Secundarias. Se obtienen de la exploración y la investigación en bases de datos especializadas, por ejemplo, SCOPUS, DirectScience, IEEEExplore, entre otros, para determinar información más detallada relacionada con el proyecto y el desarrollo de la aplicación.

7.5 INSTRUMENTOS

Se debe tener en cuenta que para realizar la investigación, los estudios y pruebas concernientes al desarrollo de la herramienta de realidad aumentada, forma parte esencial tanto la opinión de la comunidad turística como la de la comunidad residente del municipio de Villa de Leyva, acerca del uso de una aplicación de este tipo que permita el correcto funcionamiento de la misma y el afianzamiento de la comunidad con las nuevas tecnologías y los beneficios que estas pueden traer en la evolución, en este caso turística de un lugar.

Se hará uso de métodos de recolección de información tales como:

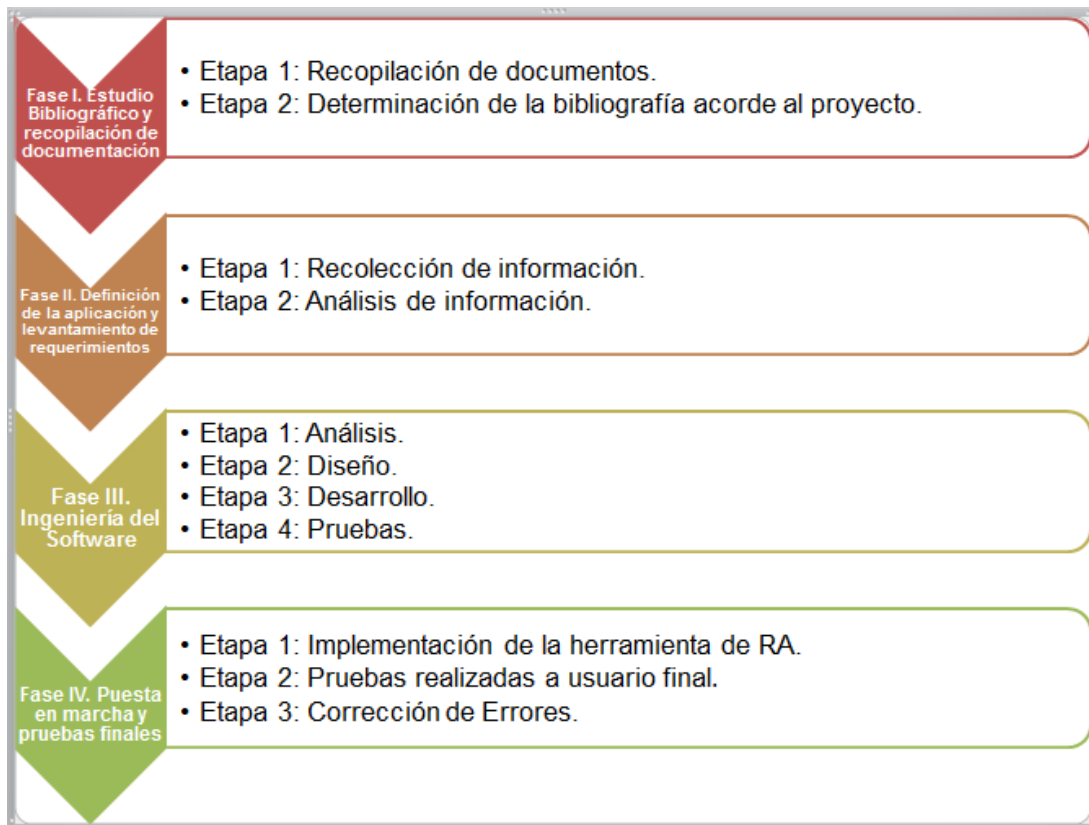
- Visitas. Realizando visitas al municipio de Villa de Leyva y revisando su información histórica y de interés común.
- Encuestas. Serán dirigidas por un lado a la comunidad turística con preguntas puntuales acerca de la combinación de la herramienta con el turismo, y por otro lado, a los residentes del municipio donde se ofrezca al entrevistado la capacidad de opinar acerca del proyecto (Ver Anexo B).

Además, se debe tener un registro estadístico del número de descargas de la aplicación y los comentarios generados luego de su uso para verificar el correcto desempeño de la misma y la usabilidad generada por la comunidad.

7.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la herramienta de realidad aumentada para dispositivos móviles está precisado por las siguientes fases y etapas definidas en la Figura 10.

Figura 10. Esquema de fases y etapas de la metodología



Fuente: El Autor.

Fase I. Estudio Bibliográfico y recopilación de documentación. Investigación de material bibliográfico y documentos pertinentes que sirvan como base para el análisis y desarrollo del proyecto en cuanto a la escogencia de la herramienta para el desarrollo de la aplicación y el tratamiento de los problemas planteados. Involucra todo tipo de material pertinente, teniendo en cuenta, libros, sitios web, artículos, consulta a expertos y trabajos de grado relacionados con el tema.

Etapa 1: Recopilación de documentos. Investigar y establecer toda la información relacionada con AR donde se incluyan conceptos, herramientas y generalidades sobre la misma.

- Investigación general sobre realidad aumentada.
- Especificación de herramientas para el desarrollo de aplicaciones de AR.
- Conceptos técnicos de problemas de AR.
- Informe de recopilación de información.

Etapa 2: Determinación de la bibliografía acorde al proyecto. Estipular la información y los documentos específicos que conlleven a enmarcar la investigación y el desarrollo del proyecto por la línea de AR enfocada en el turismo, que incluya conceptos técnicos, terminología apropiada e información relevante de acuerdo a los objetivos.

- Definición de conceptos específicos.
- Manejo de la terminología correspondiente.
- Estructura del marco teórico.
- Elaboración del estado del arte.

Fase II. Definición de la aplicación y levantamiento de requerimientos. Se realizan los estudios pertinentes para el diagnóstico, funcionamiento y manejo de aplicaciones de este tipo, de los recursos y mecanismos de una herramienta de AR, llevando a cabo el levantamiento de requerimientos y necesidades de los usuarios.

Etapa 1: Recolección de información. Identificar y plasmar en un documento la información necesaria y fundamental que sirva como base del estudio y el análisis para el posterior desarrollo de la aplicación.

- Marco de referencia.
- Observación directa.
- Estudio comparativo de herramientas.
- Informe recolección de información.

Etapa 2: Análisis de información. Identificar y plasmar en un documento el proceso terminado del análisis de información con datos que relacionen dicha información con los resultados posibles para empezar a construir la herramienta.

- Levantamiento y análisis de información.
- Requerimientos tecnológicos.
- Análisis de problemas de herramientas de AR.
- Informe análisis de información.

Fase III. Ingeniería del Software. Elección de la metodología de desarrollo de software, que se acople a los requerimientos estipulados en la fase anterior.

Etapa 1: Análisis. Realizar el documento de especificación de requerimientos donde se estipule las características esenciales del funcionamiento de la aplicación.

- Requerimientos funcionales y no funcionales.
- Informe requerimientos.

Etapa 2: Diseño. Representar los requerimientos necesarios mediante modelos, esquemas, diagramas que faciliten el entendimiento y posterior desarrollo de la herramienta. También es importante definir la arquitectura del sistema con la cual se establecen las bases de desarrollo de la aplicación.

- Modelado UML (Casos de Uso, Diagramas, etc.).
- Arquitectura.
- Plataforma.
- Informe diseño.

Etapa 3: Desarrollo. Transformar el diseño en el código de la aplicación teniendo en cuenta las restricciones, capacidades y características de las herramientas escogidas para el desarrollo de la aplicación.

- Codificación.
- Informe desarrollo.

Etapa 4: Pruebas. Establecer pruebas básicas internas que ayuden a la depuración de la aplicación para mejorar su funcionamiento y corregir errores encontrados durante las mismas.

- Pruebas iniciales.
- Depuración.
- Corrección de errores.

- Informe pruebas.

Fase IV. Puesta en marcha y pruebas finales. Implementación dando por empezado el proceso de funcionamiento de la herramienta de AR.

Etapa 1: Implementación de la herramienta de AR. Realizar la instalación y configuración de la herramienta con su respectivo documento que garantice el proceso y la evolución de las etapas. De ser necesario realizar las correcciones a que haya lugar y luego de avalar el funcionamiento, establecer la aplicación en las tiendas virtuales.

- Instalación y configuración de la herramienta.
- Pruebas.
- Corrección de errores.
- Informe instalación y configuración.

Etapa 2: Pruebas realizadas a usuario final. Realizar pruebas externas de la aplicación, es decir, descargar la aplicación de una tienda virtual y verificar su correcto funcionamiento. Además contar con las estadísticas de descarga y los comentarios establecidos por los usuarios para analizar su usabilidad y los resultados esperados.

- Iniciación de pruebas a los usuarios finales.
- Análisis de resultados obtenidos.
- Documentación de resultados.
- Informe usuario final.

Etapa 3: Corrección de Errores. Realizar el documento final de corrección de errores, teniendo en cuenta los informes finales de las fases y etapas anteriores para formalizar el funcionamiento y la usabilidad de la herramienta

- Preparación de documento errores y falencias corregidas.
- Informe corrección de errores.

8. DESARROLLO

Dentro del desarrollo de la metodología se estipulan las fases planteadas a desarrollar, las cuales son: fase I, estudio bibliográfico y recopilación de documentación, fase II, definición de la aplicación y levantamiento de requerimientos, fase III, ingeniería del software, fase IV, puesta en marcha y pruebas finales.

8.1 ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO Y RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN

Investigación de material bibliográfico y documentos pertinentes que sirven como base para el análisis y desarrollo del proyecto en cuanto a la escogencia de la herramienta para el desarrollo de la aplicación y el tratamiento de los problemas planteados. Involucra todo tipo de material pertinente, teniendo en cuenta, libros, sitios web, artículos, consulta a expertos, etc.

8.1.1 Recopilación de documentos. Se investigaron y establecieron todos los documentos relacionados con AR donde se incluyen conceptos, herramientas y generalidades sobre la misma. Además se incluye información de herramientas acopladas al proyecto durante la fase de desarrollo que no se habían tenido en cuenta en la fase investigativa.

Tabla 3. Referencias

| Material | Fuente | Tema |
|------------|---|---|
| Libros | GIRONÉS, Jesús Tomás, El gran libro de Android, México D.F., Alfaomega Grupo Editor S.A., 2012 BROSSIER, Veronique, Developing Android Applications with Adobe AIR, Sabastopol, O'Reilly Media, 2011 MULLEN, Tony, Realidad Aumentada. Crea tus propias aplicaciones, Tokio, Japón, Anaya Multimedia, 2011 SOOD, Raghav, Pro Android Augmented Reality, Berkely, USA, Apress, 2012 | Android, realidad aumentada, desarrollo de aplicaciones móviles, jquery mobile, geolocalización |
| Sitios Web | Junaio, Página Principal Junaio, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: http://www.junaio.com/ KHARMA, Página Principal, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: | Herramientas de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada |

| | | |
|-----------|--|--|
| | <p>https://research.cc.gatech.edu/kharma/</p> <p>Layar, Página Principal, 2010 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: https://www.layar.com/</p> <p>MATEOS, Camilo, Herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, 2010 [14 de Abril de 2013]. Disponible en Internet: http://www.bcultura.com/content/herramientas-para-el-desarrollo-de-aplicaciones-de-realidad-aumentada</p> <p>Mixare, Página Principal, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: http://www.mixare.org/</p> <p>Wikitude, Página Principal, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: http://www.wikitude.com/</p> | basada en la geolocalización |
| Artículos | <p>MAHECHA, Diego Rolando, <i>et al.</i>, REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGÍAS DE AVANZADA, Revista, Bucaramanga, Colombia, 2010</p> <p>MATTEO, Alfredo, <i>et al.</i>, LECTURA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, Revista, Caracas, Venezuela, 2001</p> <p>UNNIKRISHNAN, Ranjith, <i>et al.</i>, IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE (PAMI), Revista, Adelaide, Australia, 2007</p> <p>VILLAREAL BENÍTEZ, Jose Luis y HERAS LARA, Lisbeth, REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA, Revista, México D.F., México, 2007</p> | Realidad aumentada con android, imágenes 3D, inmersión |

Fuente: El Autor.

8.1.2 Determinación de la bibliografía acorde al proyecto. Se estructura el marco teórico (Ver 6.1) y se realiza el estado del arte (Ver 6.2).

8.2 DEFINICIÓN DE LA APLICACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

Realización de los estudios pertinentes para el diagnóstico, funcionamiento y manejo de aplicaciones de este tipo, de los recursos y mecanismos de una

herramienta de AR, llevando a cabo el levantamiento de requerimientos y necesidades de los usuarios.

8.2.1 Recolección de información. Se define la estructura del marco de referencia (Ver 6), se realiza una observación directa del municipio de Villa de Leyva para estipular sus zonas turísticas. Además se realiza un estudio comparativo de herramientas para definir la mejor opción acorde al desarrollo de la herramienta.

8.2.1.1 Observación Directa. Villa de Leyva está constituida principalmente por su centro histórico y cultural, definido por su estilo arquitectónico, calles empedradas y casas coloniales que embellecen la plaza principal. Esta zona histórica está enmarcada por la parroquia municipal, museos y casas-museos que ofrecen al turista una gran variedad de información cultural e histórica.

Alrededor de la zona histórica se encuentra una gran variedad de hoteles y restaurantes, los cuales ofrecen a los turistas un sin número de opciones en cuanto a comodidad y precios adaptándose a las necesidades de los mismos y ofreciendo la capacidad necesaria para acogerlos. Además, a las afueras del municipio también se encuentran hoteles y restaurantes campestres que permiten conocer la naturaleza y estar en contacto con el medio ambiente.

Existen una infinidad de sitios por conocer enmarcados dentro de planes turísticos y tours que permiten al turista empaparse de la naturaleza histórica, arqueológica, ambiental y de entretenimiento que ofrece Villa de Leyva, algunos desempeñados dentro del municipio y otros se desarrollan a las afueras del mismo, involucrando museos, cascadas, desiertos, zonas campestres para deportes extremos que hacen de Villa de Leyva un sitio turístico por excelencia y permite conocerlo de extremo a extremo.

8.2.1.2 Estudio Comparativo de Herramientas. En la tabla 4 se representan las principales herramientas de desarrollo de realidad aumentada, con las características necesarias para definir la más acorde a las necesidades del proyecto. Los ítems evaluados corresponden a consultas e investigaciones realizadas en la web sobre la funcionalidad y usabilidad de las herramientas. Además de la cantidad de información y documentación encontrada para cada herramienta, mecanismos de foros, tutoriales y tiempo de respuesta en atención al usuario.

Tabla 4. Estudio comparativo de herramientas

| | Layar | Mixare | Wikitude | Junaio | KHARMA |
|---------------------------|----------------|---------------|----------------|--------------------|---------------|
| Número de usuarios | 2 – 4 millones | 100 – 500 mil | 1 – 2 millones | 500 mil – 1 millón | 100 – 500 mil |
| Tutoriales | SI | SI | SI | SI | NO |
| API | SI | SI | SI | SI | SI |
| Soporte | EXCELENTE | BUENO | MUY BUENO | MUY BUENO | BUENO |
| Madurez | 5 años | 2 años | 3 años | 3 años | 2 años |
| Licencia | PRIVATIVO | LIBRE | LIBRE | LIBRE | LIBRE |

Fuente: El Autor.

Todas las aplicaciones están en constante evolución y crecimiento, tanto así, que cada una permite la creación y desarrollo de capas, es por esto, que para las necesidades del proyecto se elige trabajar con Layar, que a pesar de tener licencia privativa con una versión gratuita, tiene una madurez superior y un excelente soporte, dado por el mayor número de usuarios y de desarrolladores acoplados a la herramienta, la cual brinda al desarrollo de la aplicación los mecanismos idóneos para la solución planteada.

8.2.2 Análisis de información. Se realizó el levantamiento y análisis de información, donde se plasmaron los datos que relacionan dicha información con los resultados posibles para empezar a construir la herramienta, incluyendo los requerimientos tecnológicos de la misma y los problemas presentes en aplicaciones de realidad aumentada (Ver 6.1.4).

Para el levantamiento de información se definieron encuestas y entrevistas con el fin de evaluar factores como usabilidad e interactividad de la aplicación, los cuales son aspectos fundamentales para el levantamiento de los requerimientos funcionales y no funcionales, que a través de la aplicación de dichas técnicas se hacen más fáciles de definir para llegar a un diseño y posterior desarrollo óptimo y de calidad.

8.2.2.1 Entrevista La entrevista fue realizada a Albert Darío Estupiñan, Secretario de Cultura y Turismo de Villa de Leyva, con el fin de conocer la posición de la Secretaría de Cultura y Turismo y en general de la Alcaldía de Villa de Leyva, con respecto a la aplicación planteada para contribuir y expandir el turismo de una forma novedosa con nuevas tecnologías.

Se concluyó que a la Secretaría y a la Alcaldía les interesa promover el turismo de una manera novedosa e interactiva, con una aplicación llamativa y de calidad que permita a los turistas y residentes desenvolverse mejor en el municipio de Villa de

Leyva. Ya que para realizar una aplicación más robusta se hace necesario el pago de licencias (servidor Heroku y navegador de RA Layar), la Alcaldía por intermedio de la Secretaría de Cultura y Turismo gestionará con los establecimientos turísticos la manera de promover el proyecto y definirlo de una manera más compleja, sin embargo, la finalidad es establecer una aplicación móvil funcional que permita lo planteado en el proyecto.

8.2.2.2 Encuesta

- **Elaboración de Encuestas** Las encuestas se realizan con el fin de conocer la opinión de los turistas y residentes de Villa de Leyva en cuanto al uso de nuevas tecnologías y aplicaciones móviles que promuevan el turismo, además de tener en cuenta el punto de vista de los turistas y residentes de cómo debería ser la aplicación planteada en este proyecto, para analizar toda la información y así desarrollar una herramienta óptima, fácil de usar, interactiva y eficiente para los usuarios (Ver Anexo A).
- **Aplicación de Encuestas** Se definió aplicar las encuestas en la Plaza Principal de Villa de Leyva, estableciendo un número determinado de turistas (20) y de residentes (10). El número de encuestados se definió gracias a la colaboración de las personas el día en que se realizó la encuesta.
- **Tabulación de Resultados** Mediante la herramienta Google Forms se elabora el formulario de la encuesta con las preguntas determinadas, el cual se sincroniza con una hoja de cálculo a través de la herramienta Google Drive, desde donde se tabulan las respuestas y se puede graficar fácilmente (Ver Anexo B).
- **Análisis de Resultados** A partir de la tabulación de las respuestas y de graficar los resultados, se determinan las conclusiones de la encuesta con respecto a la propuesta planteada (Ver Anexo C).

8.3 INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Se estipula el proceso de ingeniería del software, que incluye análisis de requerimientos (funcionales y no funcionales), diseño y desarrollo de software e implementación y pruebas.

8.3.1 Análisis. Se estipula el documento de especificación de requerimientos donde se plasman las características esenciales del funcionamiento de la aplicación (Ver **Anexo D**). Además se definen los casos de uso (Ver **Anexo E**) que proporcionan mecanismos para la funcionalidad de la aplicación

8.3.2 Diseño. Se definen los archivos gráficos (comps) de cómo va a ser la aplicación, con los cuales se da una idea más clara del funcionamiento, la fiabilidad y la usabilidad de la misma.

8.3.2.1 Comps. Son archivos gráficos livianos que dan una idea de cómo van a ser utilizados los assets gráficos dentro de la aplicación.

En la Figura 11, se observa el dispositivo móvil, con el logo de la herramienta, dando a conocer que se está ingresando a la aplicación, luego de tenerla descargada e instalada en el dispositivo.

Figura 11. Ingreso a la aplicación



Fuente: El Autor.

En consecuencia, en la Figura 12, se muestra la pantalla principal de la aplicación, que depende de la cámara del dispositivo y desde la cual se realizan las tareas de localización del usuario y los puntos de interés de los sitios turísticos. En este caso, está ubicado en la Plaza Central de Villa de Leyva con vista hacia la Iglesia Parroquial donde ubica un punto de interés. Además, cuenta con un buscador para situar el sitio turístico deseado y los links de Facebook y Twitter para compartir la información.

Figura 12. Pantalla principal de la aplicación



Fuente: El Autor.

En la Figura 13, se hace referencia a un punto de interés localizado a una distancia considerable de la posición del usuario, con lo cual lo ubica y representa la información pertinente del sitio turístico, así como un botón que representa la ruta para llegar al sitio, y los links de Facebook y Twitter para compartir la información.

Figura 13. Punto de interés a distancia



Fuente: El Autor.

En consecuencia, en la Figura 14, se hace referencia al sitio turístico definido en la figura anterior, donde se estipulan los puntos de interés localizados sobre ese sitio (pueden ser varios dependiendo de la ubicación del sitio), se representa la

información pertinente a dicho sitio turístico y los links de Facebook y Twitter para compartir la información.

Figura 14. Ubicación del sitio turístico



Fuente: El Autor.

En la Figura 15, se muestran los sitios turísticos definidos dentro de un rango de distancia de búsqueda, donde se representa la información pertinente a cada sitio, la distancia existente desde la posición actual del usuario y un botón para cada sitio que lleva a la siguiente pantalla de la aplicación.

Figura 15. Sitios turísticos por rango de búsqueda



Fuente: El Autor.

En la Figura 16, se establece la información pertinente del sitio escogido en la figura anterior, donde se muestra una galería de fotos del sitio turístico, así como links de información adicional, información a través de audio y la ruta para llegar a dicho sitio.

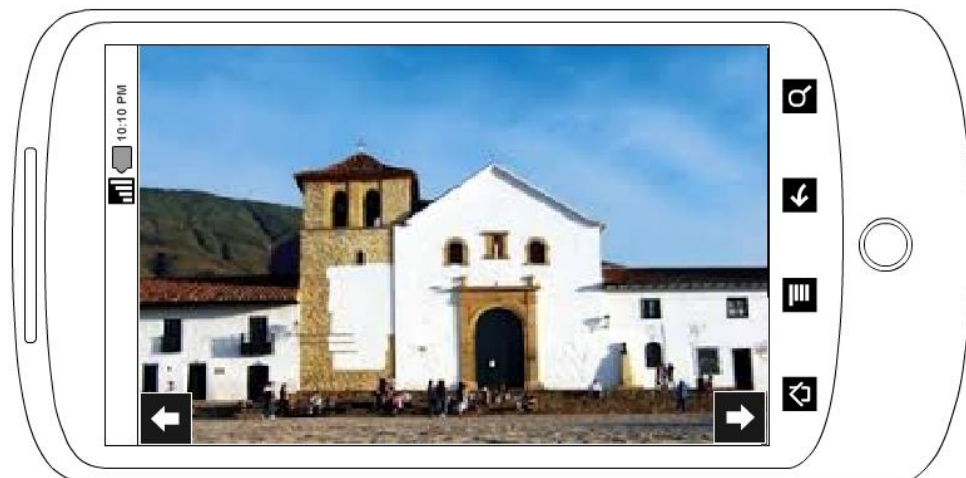
Figura 16. Información general del sitio turístico seleccionado



Fuente: El Autor.

Al seleccionar alguna imagen se dirige a una nueva pantalla donde se representa una galería de imágenes ampliadas del sitio turístico seleccionado, como se muestra en la Figura 17.

Figura 17. Galería de imágenes



Fuente: El Autor.

En la Figura 18, se muestra la ruta para llegar al sitio turístico seleccionado (Ver Figura 13), remarcando el punto de interés del sitio y la información pertinente al mismo.

Figura 18. Ruta de acceso al sitio turístico



Fuente: El Autor.

Cabe destacar, que las figuras anteriores son modelos iniciales de cómo podría quedar establecida la aplicación, pero dichos modelos están sujetos a cambios dependiendo de las características y propiedades del navegador de AR, en este caso Layar, el cual cuenta con unas reglas específicas que se deben seguir para la creación de la capa de la aplicación.

8.3.3 Desarrollo. Se estipula la codificación de la aplicación, la cual involucra la integración del SDK Layar con la plataforma Android, la creación del servidor, el cual permite la interacción de la aplicación con el usuario, la definición de los POI's (Points of Interest o Puntos de Interés) y como se crea cada uno. Además, la creación del backend con la respectiva definición del MVC (Modelo Vista Controlador) y la integración del mismo con Layar. También se involucran la integración del SDK Twitter y de Google Play Services con la aplicación para facilitar la funcionalidad de la misma.

8.3.3.1 Integración SDK Layar. Layar funciona como una pantalla “integrada” a la aplicación móvil, esto quiere decir que no es posible (al menos en la versión gratuita) crear una pantalla a medida para encontrar los puntos de interés.

Al utilizar Android Studio, la integración del SDK se hace a través del sistema de builds gradle.

En el archivo build.gradle a nivel de proyecto (Project:Villapp) el archivo luce como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Integración SDK Layar

```
// Top-level build file where you can add configuration options common to all sub-projects/modules.

buildscript {
    repositories {
        jcenter()
    }
    dependencies {
        classpath 'com.android.tools.build:gradle:1.1.0'

        // NOTE: Do not place your application dependencies here; they belong
        // in the individual module build.gradle files
    }
}

allprojects {
    repositories {
        jcenter()
        maven {
            url "http://sdk.layar.com/release"
        }
    }
}
```

Fuente: El Autor.

La línea **url "http://sdk.layar.com/release"** que permite a gradle descargar los archivos necesarios para su correcta compilación desde los repositorios de Maven.

Una vez hecho esto es necesario registrarse en la página de Layar como desarrollador (<https://www.layar.com/features/developers/>). El desarrollador debe ingresar datos personales y algunos datos de la aplicación como el nombre de la misma, el paquete de la app (com.example.model.app) para generar las llaves de autenticación.

De ésta manera, al finalizar la suscripción, el equipo de Layar enviará vía correo electrónico un par de llaves (OAuth Key y OAuth Secret) que servirán como métodos de autenticación para usar el API de Layar e identificar las capas pertenecientes a la aplicación registrada por el desarrollador.

Una vez obtenidas las llaves, el desarrollador deberá integrarlas dentro de la aplicación. Para esto se crea una clase utilitaria que contiene las llaves en constantes String estáticas, como se observa en la Figura 20.

Figura 20. Llaves de Autenticación

```
public static String OAUTH_KEY = "L0ngRbjGIKDiaQAe";
public static String OAUTH_SECRET = "nxqMjShYyZFadPIySgTpLNWUlkukbECO";
```

Fuente: El Autor.

Luego se crea un método para lanzar el activity de Layar dentro de nuestra app. Este método va en la clase que controla el elemento gráfico que inicia el proceso de lanzar layar, como se observa en la Figura 21.

Figura 21. Método Launch

```
public void launch(View view){  
    LayarSDK.initialize(this, Constants.OAUTH_KEY, Constants.OAUTH_SECRET);  
    LayarSDK.startLayarActivity(this, new Callback());  
}
```

Fuente: El Autor.

En éste caso el método **launch** es instanciado desde un botón para su ejecución. Como parámetro se toma el **view** asociado al botón.

Los dos métodos pertenecientes al SDK de Layar son *initialize* y *startLayarActivity*. *Initialize* realiza la autenticación en Layar por medio de las llaves de desarrollador y *startLayarActivity* inicia la captura de imagen con AR haciendo uso del Callback para capturar excepciones en caso de errores en autenticación o fallas en la red y para evitar la carga de trabajo en el hilo principal de la aplicación. El LayerName contiene un elemento String que vincula la aplicación con la campaña creada en el sitio de desarrolladores de Layar.

Luego de estructurar los métodos iniciales para la aplicación, la misma tendrá una apariencia similar a la observada en la Figura 22.

Figura 22. Pantalla principal de la aplicación

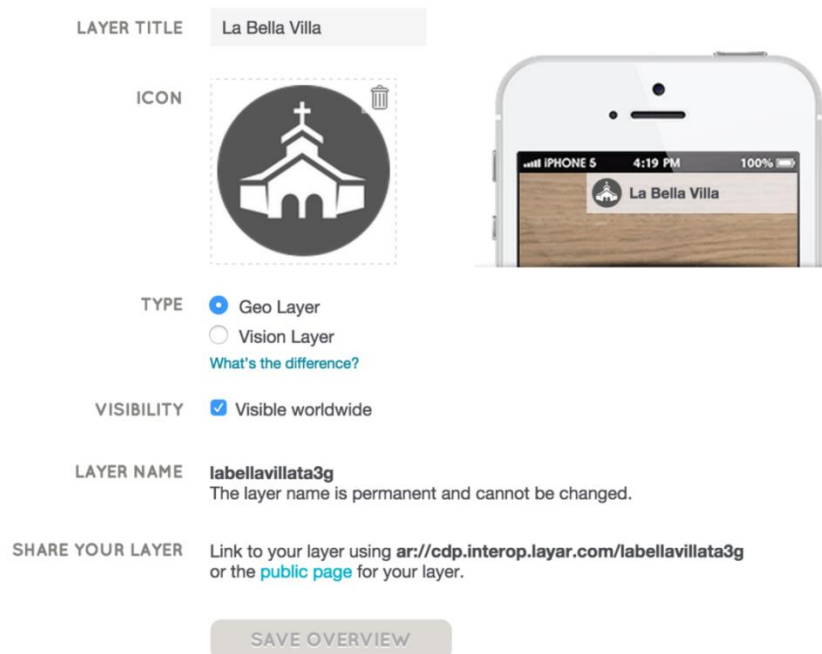


Fuente: El Autor.

8.3.3.2 Creación de Campañas GeoLayer en Layar. Layar permite la creación de campañas para medios impresos o, como en éste caso, la creación de campañas GeoLayer por medio de POI's, los cuales tienen asociados información de un punto geográfico en particular.


El primer paso para la creación de una campaña georreferenciada es ingresar a la dirección web de Layar Creator (<https://www.layar.com/my-layers>). Una vez allí se creará una nueva campaña, como se observa en la figura 23.

Figura 23. Creación de una campaña



The screenshot displays the Layar Creator interface for creating a new campaign. The 'LAYER TITLE' is 'La Bella Villa'. The 'ICON' is a circular icon of a church. The 'TYPE' is 'Geo Layer'. The 'VISIBILITY' is 'Visible worldwide'. The 'LAYER NAME' is 'labellavillata3g'. The 'SHARE YOUR LAYER' section provides a link to the layer and a public page. A 'SAVE OVERVIEW' button is visible at the bottom.

LAYER TITLE La Bella Villa

ICON 

TYPE Geo Layer Vision Layer [What's the difference?](#)

VISIBILITY Visible worldwide

LAYER NAME **labellavillata3g**
The layer name is permanent and cannot be changed.

SHARE YOUR LAYER Link to your layer using <ar://cdp.interop.layar.com/labellavillata3g> or the [public page](#) for your layer.

[SAVE OVERVIEW](#)

Fuente: Tomado de (<https://www.layar.com/my-layers>)

Los datos necesarios para crear la campaña son:

Layer Title: Título de la campaña.

Icon: Recurso gráfico que identificará la campaña.

Type: Se seleccionará GeoLayer como tipo de campaña.

Visibility: Si se desea que el layer solo sea visible en Colombia se agregará el país, de lo contrario puede seleccionarse Worldwide para que pueda ser explorada desde cualquier lugar del mundo.

Layer Name: Este campo se genera automáticamente y crea el String necesario para ser ingresado en la aplicación Android.

8.3.3.3 Integración de Twitter SDK. Twitter se integra a la aplicación con tres finalidades:

- Integrar un componente de social media dentro de la aplicación.
- Crear tendencias acerca de Villa de Leyva bajo el hashtag #Villapp.
- Medir el impacto y uso de la aplicación por medio del hashtag.

La integración se realiza de manera muy similar a Laya. Primero se tiene que crear una cuenta de desarrollador en el sitio <https://dev.twitter.com/>.

Una vez hecho esto, se solicita la instalación de un plugin para Android Studio denominado **FABRIC**. Fabric se encarga de descargar y agregar las líneas necesarias al archivo Project.gradle para integrar twitter a la aplicación. Las llaves de autenticación se agregan a la clase utilitaria correspondiente.

Cabe resaltar que la flexibilidad de gradle permite a plugins de terceros (en éste caso Twitter) hacer uso extensivo de Automation (generación de código a partir de scripts).

Una vez Fabric ha terminado el proceso el archivo gradle luce como se observa en la Figura 24.

Figura 24. Archivo gradle

```
apply plugin: 'com.android.application'
apply plugin: 'io.fabric'

repositories {
    maven { url 'https://maven.fabric.io/public' }
}

android {
    compileSdkVersion 21
    buildToolsVersion "21.1.2"

    defaultConfig {
        applicationId "com.layarapp.leyvapp"
        minSdkVersion 9
        targetSdkVersion 21
        versionCode 1
        versionName "1.0"
    }
    buildTypes {
        release {
            minifyEnabled false
            proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android.txt'), 'proguard-rules.pro'
        }
    }
}

dependencies {
    compile fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])
    compile 'com.android.support:appcompat-v7:21.0.3'
    compile 'com.layar:sdk:8.4.0*'
    compile('com.twitter.sdk.android:twitter:1.3.1@aar') {
        transitive = true;
    }
    compile 'com.shamanland:fab:0.0.8'
}
```

Fuente: El Autor.

Una vez se ha integrado el SDK se procede a insertar elementos de Twitter, en éste caso se hace autenticación por medio de OAuth.

- **Botón de Autenticación** El botón de autenticación contendrá el action a través de un listener que disparará el login a través de twitter.
- **Interfaz Gráfica** La interfaz está definida en el archivo xml de la actividad principal (activity_main.xml). Se extiende del modelo propio de Twitter de tal manera que se heredan los atributos de la interfaz de usuario con el fin de mantener la uniformidad del branding (colores, tamaños e iconos).

Figura 25. Interfaz gráfica

```
<com.twitter.sdk.android.core.identity.TwitterLoginButton
    android:layout_marginTop="5dp"
    android:layout_marginBottom="5dp"
    android:id="@+id/login_button"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content" />
```

Fuente: El Autor.

- **Controlador (Listener)** El controlador obligatoriamente tiene que estar en la actividad que renderiza el archivo xml donde se define la UI del botón de login. Este controlador (o listener) disparará una acción para permitir el login del usuario a través de la cuenta pre establecida en el teléfono o abrirá un navegador para introducir las credenciales.

Una vez se haya autenticado el usuario, la sesión permanecerá activa tanto tiempo como el usuario tenga activa la cuenta de twitter en el celular. Se evitó hacer una expiración de sesión teniendo en cuenta la experiencia de usuario.

Figura 26. Controlador

```
loginButton.setCallback(new Callback<TwitterSession>() {
    @Override
    public void success(Result<TwitterSession> result) {

        loginButton.setVisibility(View.GONE);
        tweetButton.setVisibility(View.VISIBLE);

        tweetButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                tweet();
            }
        });
    }

    @Override
    public void failure(TwitterException exception) {
        Toast.makeText(getApplicationContext(), "Intenta de nuevo", Toast.LENGTH_SHORT);
    }
});
```

Fuente: El Autor.

- **Tweet** Una funcionalidad agregada a este proyecto es la capacidad de generar tweets con un mensaje genérico que el usuario está en capacidad de editar pero siempre teniendo en cuenta el hashtag #Villapp.

El usuario puede lanzar un tweet una vez se encuentre logueado dentro de Villapp. El botón de login cambia su interfaz para convertirse en el disparador del tweet. Por ésta razón el listener para éste botón se encuentra en el método onSuccess del botón de login.

Figura 27. Botón del tweet

```
tweetButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        tweet();
    }
});
```

Fuente: El Autor.

Figura 28. Componentes del tweet

```
private void tweet(){
    TweetComposer.Builder builder = new TweetComposer.Builder(this)
        .text("Descubrí un lugar genial gracias a #Leyvapp");

    builder.show();
}
```

Fuente: El Autor.

Agregando éstas funcionalidades se crea un grado de interacción con la aplicación y se permite medir o crear tendencias e impacto entre los usuarios.

8.3.3.4 Integración Google Play Services. Google Play Services es una librería generada y mantenida por la división de Android perteneciente a Google. Esta librería contiene todas las API's y recursos propios de Google (Mapas, compras In-App, Billing, Google directions, voice search, entre otras). Se ha decidido incluir Google Play Services en éste proyecto con el fin de integrar los mapas de Google a la aplicación. La integración se hace a partir de la adición de una línea en el archivo gradle del proyecto.

Figura 29. Integración Google Play Services

```
compile 'com.android.support:appcompat-v7:21.0.3'  
compile 'com.google.android.gms:play-services-maps:7.3.0'  
compile 'com.android.support:support-v4:21.0.0'
```

Fuente: El Autor.

Cabe aclarar que también es necesario incluir las librerías de compatibilidad para brindar soporte de la aplicación a versiones antiguas de Android (froyo, gingerbread, ice cream sándwich).

Para poder hacer uso de los mapas es necesario firmar la aplicación con una llave provista por Google para cada una de sus API's. La aplicación se puede firmar en modo Debug (pruebas) y en modo de producción (para publicación en Google PlayStore). La firma en modo debug y en modo producción solo difiere en el keystore (almacén de llaves) seleccionado.

El primer paso para obtener ésta llave de API's es obtener la huella SHA1. Para ello se abre una consola CMD. Una vez abierta se debe navegar hasta el almacén de llaves debug.keystore y digitar el comando

keytool -list -v -keystore debug.keystore

Es probable que el almacén de llaves esté protegido por contraseña. La contraseña para el almacén genérico es "android". Es por esto que no se debe subir a la tienda de aplicaciones de google una app firmada en modo debug, ya que la seguridad de las llaves del API podrían verse vulneradas.

Lo que se obtiene al digitar el comando anterior, se muestra en la Figura 30.

Figura 30. Salida obtención de huella SHA1

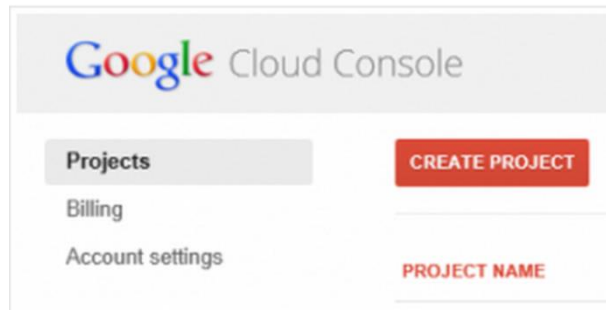
```
Nombre de Alias: androiddebugkey
Fecha de Creación: 22-ago-2014
Tipo de Entrada: PrivateKeyEntry
Longitud de la Cadena de Certificado: 1
Certificado[1]:
Propietario: CN=Android Debug, O=Android, C=US
Emisor: CN=Android Debug, O=Android, C=US
Número de serie: 53f7edcc
Válido desde: Fri Aug 22 20:26:36 COT 2014 hasta: Sun Aug 14 20:26:36 COT 2044
Huellas digitales del Certificado:
  MD5: D0:0A:5B:33:1D:5C:9B:B7:A2:C0:87:10:1D:0F:0D:A5
  SHA1: 22:5C:56:3D:DE:4E:09:5C:60:6F:60:36:3C:B3:EC:42:85:4C:75:E8
  SHA256: E7:7B:D1:9E:78:E2:71:04:BD:F3:E5:49:00:0D:56:68:5E:E8:71:5F:FC:
ED:72:A3:EF:2F:A5:F1:7E:BB:B4:D9
```

Fuente: El Autor.

Una vez obtenida la huella SHA1 se puede proceder a ingresar a la Google Developer Console (<https://console.developers.google.com/>) con el fin de solicitar la llave para el uso del API de mapas.

Cuando se haya ingresado se debe crear un nuevo proyecto, como se observa en la Figura 31.

Figura 31. Google Developer Console

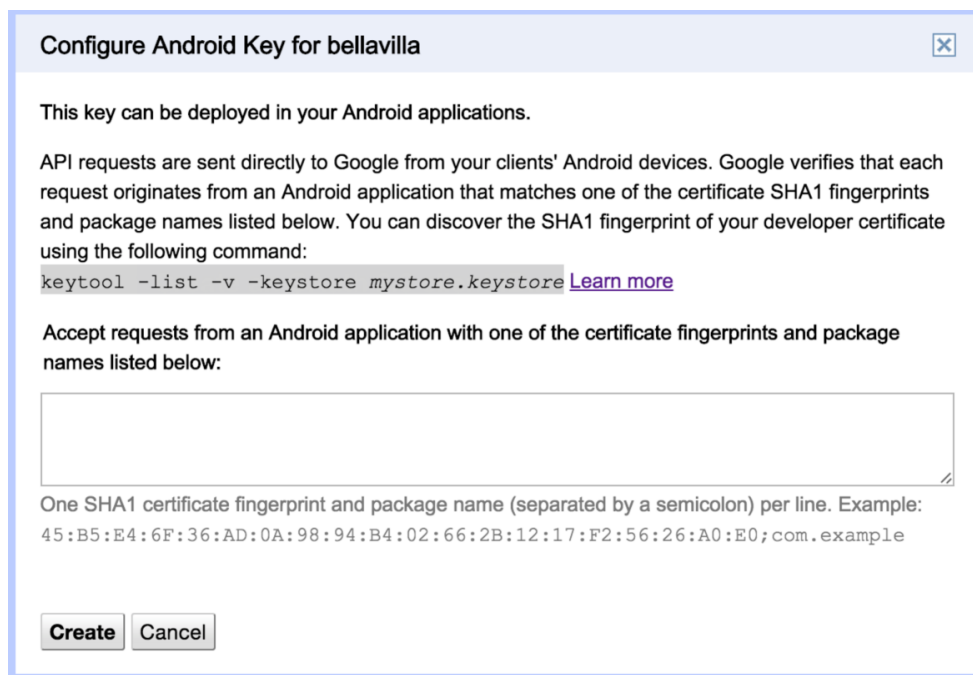


Fuente: Tomado de (<https://console.developers.google.com/>)

Una vez creado el proyecto se accede a la sección “API’s & Auth”. Se listan todas las API’s que están disponibles para los desarrolladores. Luego de eso se busca Google Maps Android API v2 y se activa por medio del botón dispuesto para tal fin.

El siguiente paso es ir a la sección “Credentials”. Seleccionar el API de mapas que previamente se ha autorizado y luego ingresar la huella SHA1 obtenida anteriormente junto con el nombre del paquete de la aplicación, las dos separadas por punto y coma (;) así: HuellaSHA1;com.ejemplo.app.

Figura 32. Configuración llave Android



Fuente: Tomado de (<https://console.developers.google.com/>)

Una vez se presiona el botón “create” se generará la llave necesaria para la integración de los mapas, como se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Clave para aplicaciones Android

Clave para las aplicaciones Android

| | |
|----------------------|---|
| Clave de la API | AlzaSyCllENel95o-nTnsqe05zm1nrF0TqqwHmU |
| Aplicaciones Android | 22:5C:56:3D:DE:4E:09:5C:60:6F:60:36:3C:B3:EC:42:85:4C:75:E8;com.layarapp.androidapp |
| Fecha de activación | 29 abr. 2015 12:40:00 |

Fuente: Tomado de (<https://console.developers.google.com/>)

La anterior clave se debe ingresar en el archivo Manifest.xml de la aplicación, como se observa en la Figura 34.

Figura 34. Archivo Manifest.xml

```
<!--Google Maps API Key v2.0 -->  
<meta-data  
  android:name="com.google.android.geo.API_KEY"  
  android:value="AlzaSyCllENeI95o-nTnsqe05zm1nrF0TqqwHmU"/>
```

Fuente: El Autor.

8.3.3.5 Backend. El backend de la aplicación está construido sobre el framework Django con python como lenguaje de desarrollo debido a su enorme flexibilidad y facilidad de uso y está conectado a una base de datos Postgres. Todo sobre la plataforma Heroku, la cual expone los servicios web necesarios para ser consumidos por la aplicación Android.

- **Modelo** El modelo resalta por su simplicidad debido a que lo único que debe retornar el backend son los POI's. El modelo describe los atributos que definen a un POI, como se muestra en la Figura 35.

Figura 35. Modelo

```
from django.db import models

class Poi(models.Model):
    longitude = models.FloatField()
    latitude = models.FloatField()
    title = models.TextField()
    description = models.TextField()
    footnote = models.TextField()
    url_image = models.TextField()
```

Fuente: El Autor.

- **Controlador** El controlador está encargado de retornar los POI's en formato JSON, de tal manera que el framework de Laya podrá obtener los datos y convertirlos a un objeto Java. En la Figura 36, se observa la estructura del controlador.

Figura 36. Controlador

```
import json

__author__ = 'carlosjesus'

class PoiController():
    def parsePois(self, pois):
        result = {}
        result['errorString'] = "ok"
        result['errorCode'] = 0
        result['layer'] = 'Villa de Leyva'
        hotspots = []
        for poi in pois:
            hotspots.append({
                'id': str(poi.id),
                'anchor': {
                    'geolocation': {
                        'lat': poi.latitude,
                        'lon': poi.longitude
                    }
                },
                'text': {
                    'title': poi.title,
                    'description': poi.description,
                    'footnote': poi.footnote
                },
                'imageUrl': poi.url_image
            })
        result['hotspots'] = hotspots
        return json.dumps(result)
```

Fuente: El Autor.

- **Vista** La vista está encargada de mostrar los elementos del modelo y que han sido procesados por el controlador. Para éste caso la vista permite la visualización de la información de los POI's.

Figura 37. Vista

```

import json
from django.shortcuts import render
from django.http import JsonResponse
from .controllers import PoiController
from .models import Poi

def all_pois(request):
    poi_controller = PoiController()
    pois = Poi.objects.all()
    all_data = json.loads(poi_controller.parsePois(pois))
    return JsonResponse(all_data)

```

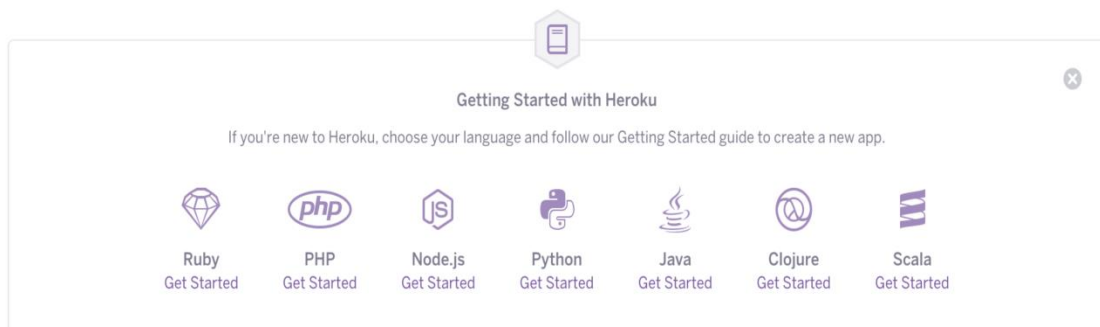
Fuente: El Autor.

- **Tests** Esta clase cumple la única función de establecer que la lógica creada para los POI's funciona de manera correcta.

Django provee la función de conexión a bases de datos y generación de Interfaz gráfica para el backend y generación de base de datos de acuerdo al modelo. Esta es otra de las razones por las cuales se eligió este framework.

- **Despliegue en Heroku** Luego de crear una cuenta en heroku (<https://www.heroku.com/>), la plataforma redirige hacia el dashboard. Allí se elige el lenguaje sobre el que está escrito el backend (Python en éste caso).

Figura 38. Dashboard de Heroku



Fuente: Tomado de (<https://www.heroku.com/>)

Luego de eso se realiza la integración con GIT (sistema de control de versiones) sobre el cuál se encuentra el código fuente del backend.

Como segundo paso se debe crear a través de una consola de comandos un branch remoto apuntando a heroku, como se muestra en la Figura 39.

Figura 39. Branch remoto

```
$ heroku git:remote -a falling-wind-1624  
Git remote heroku added.
```

Fuente: El Autor.

Una vez creado el branch se podrá hacer un push hacia heroku, el cual permite que el servidor inicie la comunicación, como se observa en la Figura 40.

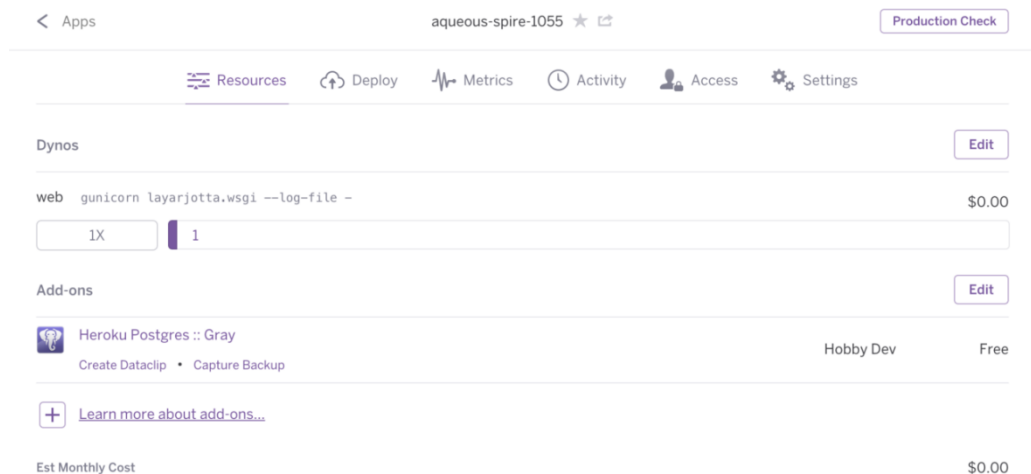
Figura 40. Push hacia Heroku

```
$ git push heroku master  
Initializing repository, done.  
updating 'refs/heads/master'  
...
```

Fuente: El Autor.

Como último paso, en el dashboard de heroku se muestra la aplicación correctamente desplegada, como se manifiesta en la Figura 41.

Figura 41. Aplicación desplegada en Heroku



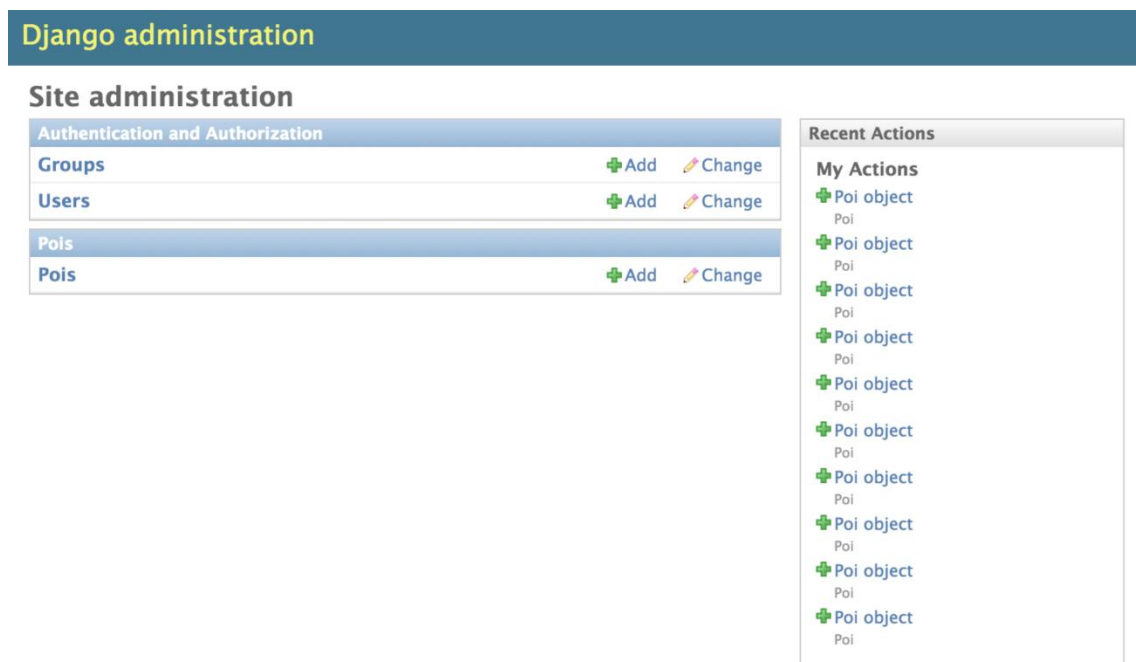
Fuente: Tomado de (<https://www.heroku.com/>)

Al ser una plataforma PAAS, el uso será cobrado de acuerdo a la cantidad de transacciones de datos por día, mes o año. Heroku despliega la base de datos de acuerdo al modelo creado en el backend y genera el servicio web con su correspondiente URL.

Para el caso de ésta aplicación el link es <https://aqueous-spire-1055.herokuapp.com/>

El administrador del backend tiene el aspecto mostrado en la Figura 42.

Figura 42. Administrador del backend



Fuente: Tomado de (<https://aqueous-spire-1055.herokuapp.com/>)

Para insertar un POI se da click sobre el link Add de la sección Pois. En la Figura 43 se muestran los atributos que identifican a cada POI.

Figura 43. Agregar POI

Django administration

Home > Pois > Add poi

Add poi

Longitude:

Latitude:

Title:

Description:

Footnote:

Url image:

Fuente: Tomado de (<https://aqueous-spire-1055.herokuapp.com/>)

8.3.3.6 Integración Layar-Backend. Como paso final en éste proyecto es necesario permitir la conexión entre Layar y el backend. El backend provee a través del servicio web los POI's y Layar se encarga de mostrarlos a través de la aplicación Android (Villapp).

La integración se hace en el portal de creación de campañas de Layar, en la sección API, como se muestra en la Figura 44.

Figura 44. Integración Layar - Backend

OVERVIEW
API
METADATA
GRAPHICS
SETTINGS
PERMISSIONS

API URL
Specify an http or https URL to your API endpoint that is configured to serve a [getPOIs response](#).

MINIMUM API VERSION

7.0 Version 7.0 introduces strict separation of Vision and Geo capabilities

7.1 Version 7.1 introduces HTML support

8.3 Version 8.3 introduces support for POI anchors and material overrides in 3D models

8.4 Version 8.4 introduces better media playback control and opacity animations

The minimum API version specifies which Layar app version is minimally required to view your layer's content. Users using a version of the app below the minimum version may see a message to upgrade to a newer version.

Fuente: Tomado de (<https://www.layar.com/my-layers/labellavillata3g/edit/api>)

En el campo API URL se introduce el link del web service generado por Heroku, y se selecciona la versión mínima del SDK de Layar utilizado, en éste caso la versión 8.4.

Las demás secciones observadas en la imagen contienen valores por defecto que aparecen directamente en la aplicación Android.

• **Sección Metadata** Esta sección contiene información básica (metadatos) de la capa asociada a la aplicación Android. En la Figura 45,

Figura 45. Sección Metadata

OVERVIEW
API
METADATA
GRAPHICS
SETTINGS
PERMISSIONS

The category and tags help users find your layer in the Layar app.

CATEGORY
Select a category that best matches your layer.

TAGS
Separate tags using a comma or a space. Maximum 15 tags.

The fields below are visible in the Layer info screen.

PUBLISHER

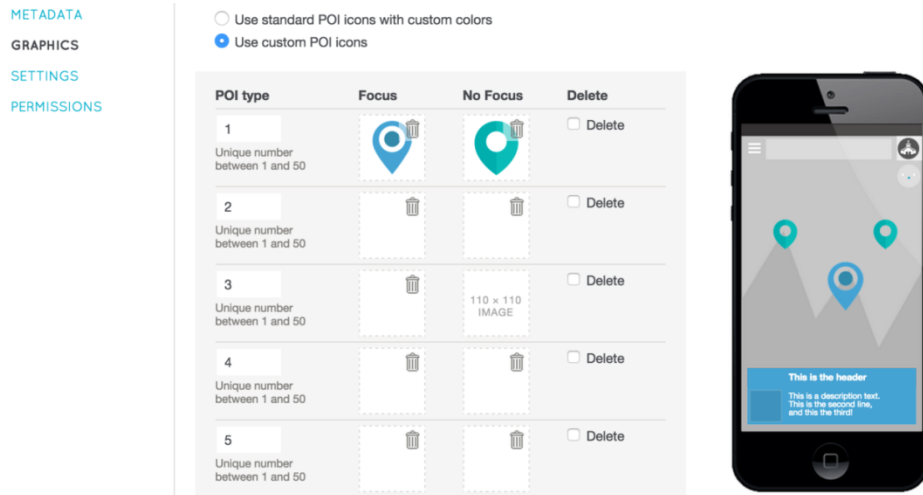
SHORT DESCRIPTION
Maximum 60 characters, including spaces.

LONG DESCRIPTION

Fuente: Tomado de (<https://www.layar.com/my-layers/labellavillata3g/edit/metadata>)

- **Sección Graphics** Como se observa en la Figura 46, esta sección contiene la configuración gráfica de los POI's. Tamaño, forma, icono, color.

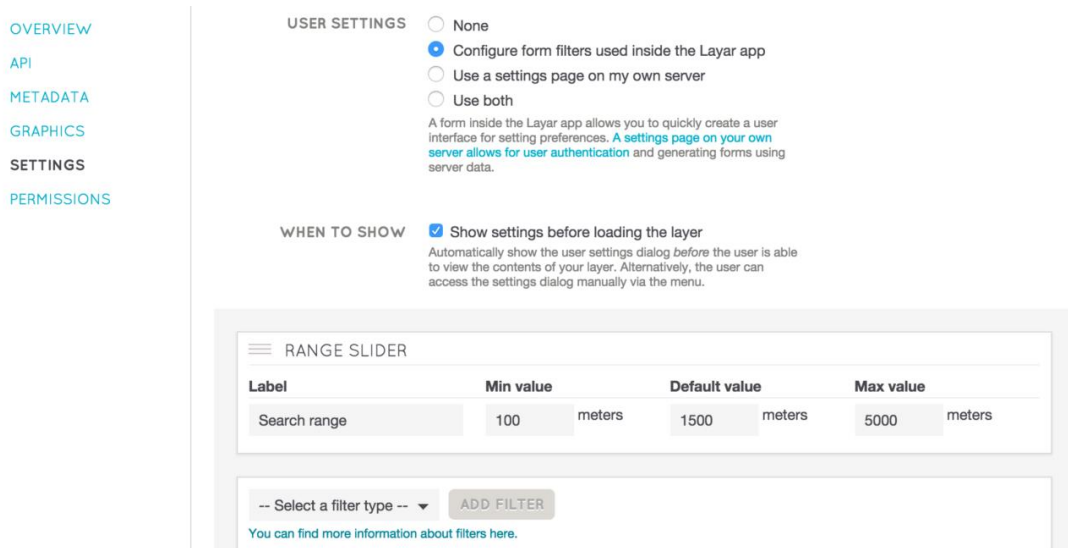
Figura 46. Sección Graphics



Fuente: Tomado de (<https://www.layar.com/my-layers/labellavillata3g/edit/graphics>)

- **Sección Settings** Esta sección permite configurar filtros que se añaden a la capa. Para la aplicación se ha creado un filtro que permite establecer el rango de búsqueda de POI's estableciendo un radio de 100 a 5000 metros, como se muestra en la Figura 47.

Figura 47. Sección Settings



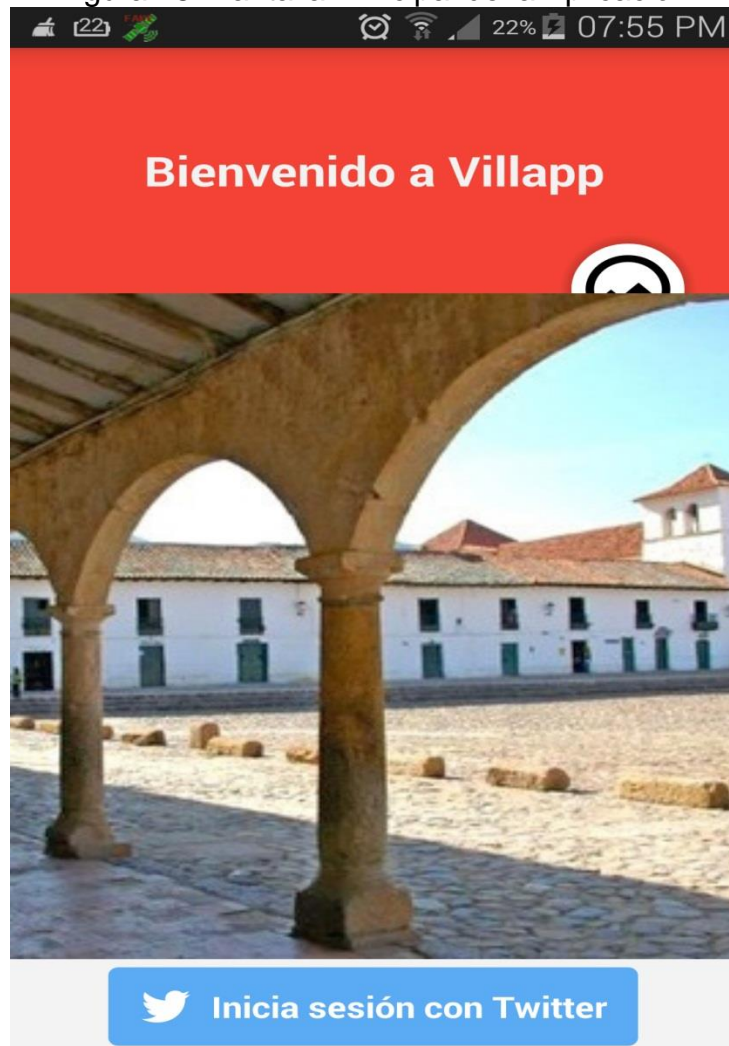
Fuente: Tomado de (<https://www.layar.com/my-layers/labellavillata3g/edit/settings>)

8.3.4 Pruebas. Las pruebas fueron realizadas en un dispositivo Android Samsung Galaxy S5 con 2 Gb de Internet, donde se verificaron características como la usabilidad y el desempeño de la aplicación, teniendo como resultado tiempos de respuesta óptimos en las consultas a los puntos de interés y la información, el manejo de la API de Google Maps y la interacción con Twitter. Además se valida que es una herramienta fácil de usar y amigable al usuario ya que maneja el mismo entorno donde interactúa (Ver RESULTADOS).

RESULTADOS

Luego de instalar el apk a través de un Gestor de Archivos, ingresamos a la misma donde se visualiza la pantalla principal de la aplicación como se muestra en la Figura 48, donde se presenta un encabezado de bienvenida, seguido de fotos aleatorias de Villa de Leyva y un link de acceso a Twitter.

Figura 48. Pantalla Principal de la Aplicación



Fuente: El Autor

Al tocar la pantalla, se dirige al visor de realidad aumentada de Layar como se muestra en la Figura 49, el cual trae la información de los puntos de interés definidos durante el desarrollo.

Figura 49. Pantalla Visor de Realidad Aumentada



Fuente: El Autor

Luego de la búsqueda de resultados, realizada mediante la consulta a la base de datos, se presentan los puntos de interés encontrados dentro del rango de la pantalla y se muestra la información del sitio más cercano, como se muestra en la Figura 50.

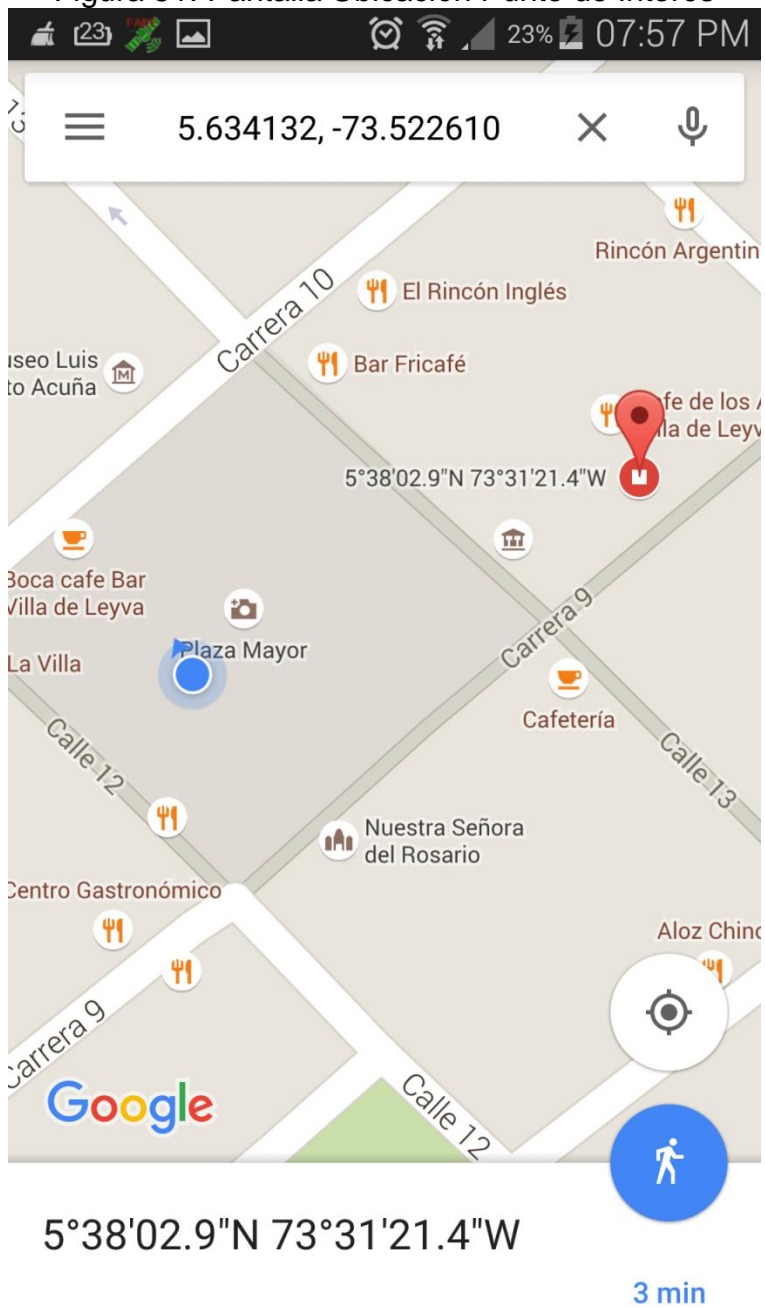
Figura 50. Pantalla Puntos de Interés



Fuente: El Autor

Al tocar la pantalla en la opción "Cómo llegar", se dirige a Google Maps y ubica el punto de interés referenciado en la Figura anterior, como se muestra en la Figura 51.

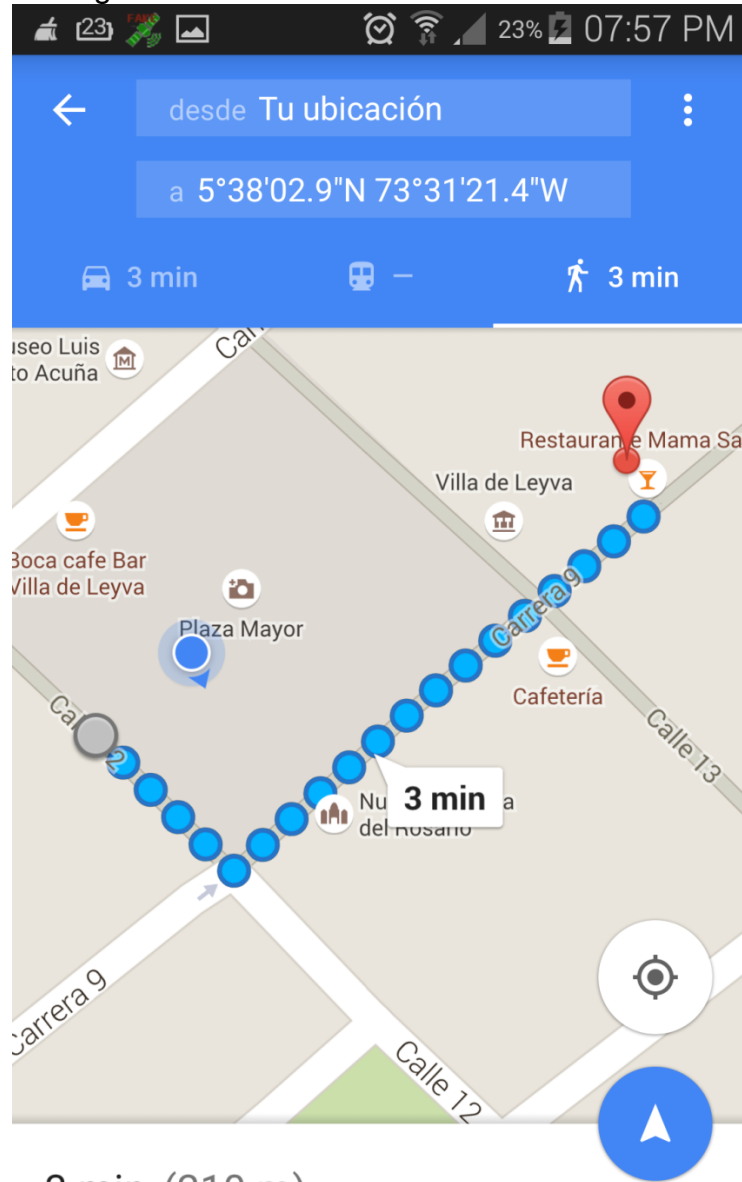
Figura 51. Pantalla Ubicación Punto de Interés



Fuente: El Autor

Al tocar la pantalla en el símbolo azul de “caminar”, la aplicación muestra la ruta desde la ubicación actual para llegar al punto de interés referenciado, como se muestra en la Figura 52.

Figura 52. Pantalla Ruta al Punto de Interés



3 min (210 m)

por Cl. 12 y Cra. 9

Fuente: El Autor

Al tocar la pantalla sobre la opción "Iniciar Sesión con Twitter" de la Figura 48, se dirige a la aplicación de Twitter para iniciar sesión, si ya se ha iniciado sesión muestra el hashtag #Villap con el que se va a diferenciar la aplicación en Twitter, como se muestra en la Figura 53.

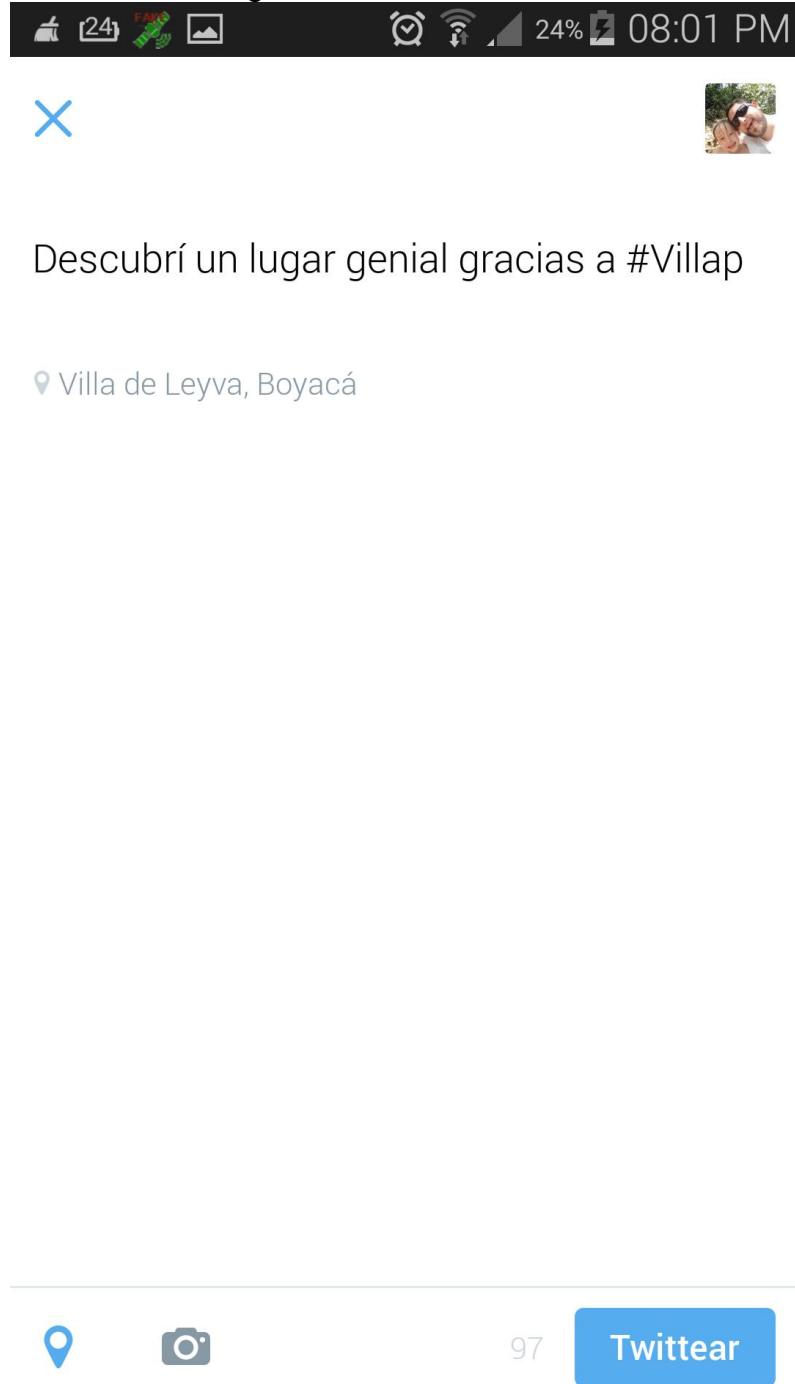
Figura 53. Pantalla Hashtag Twitter



Fuente: El Autor

Al presionar el hashtag #Villap, se dirige a la aplicación de Twitter para realizar un tweet con la información que el usuario desee, como se muestra en la Figura 54.

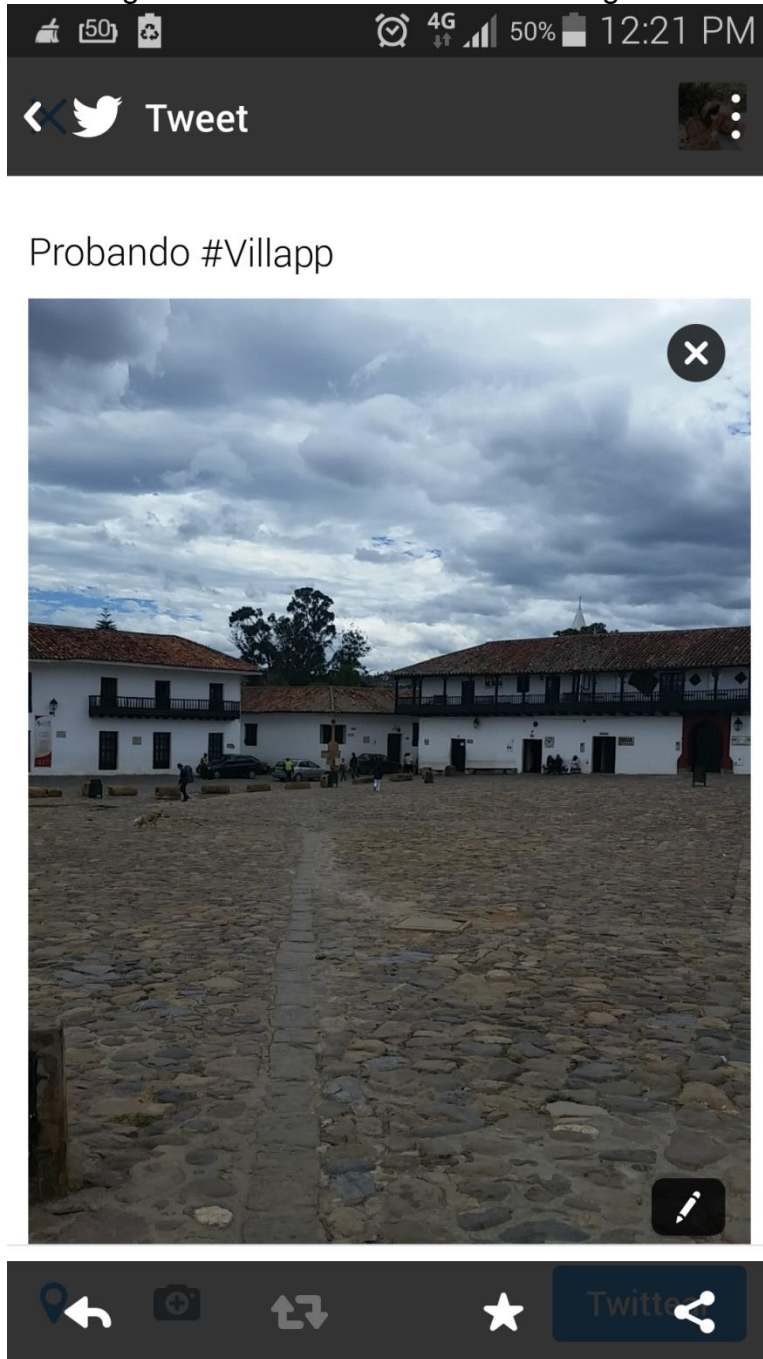
Figura 54. Pantalla Twitter



Fuente: El Autor

También el usuario puede compartir un tweet con una fotografía tomada en el punto de interés, como se muestra en la Figura 55.

Figura 55. Pantalla Twitter con Fotografía



Fuente: El Autor

CONCLUSIONES

El desarrollo de aplicaciones de este tipo permite enfocar nuevos métodos de aprendizaje y nuevas formas de investigación con el manejo de información innovadora.

El levantamiento de información se convierte en un punto de partida para generar conceptos, estudios y mecanismos acordes para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

El ambiente de realidad aumentada, como innovación tecnológica, facilita a los usuarios la experimentación de mecanismos que permiten un aprendizaje técnico, por medio de una necesidad turística y cultural.

Gracias a la plataforma de desarrollo Android, es posible contar entre otras con características de adaptabilidad y acoplamiento que permiten al desarrollador centrarse en el núcleo del proyecto, reduciendo tiempo y dinero.

Es fundamental contar con un proceso de ingeniería del software, debido a que se genera una documentación sólida e idónea, la cual es la base del proyecto que permite construir una aplicación de calidad.

TRABAJO FUTURO

Para un trabajo futuro, se podría aumentar el número de sitios turísticos en la aplicación, la información presentada y las imágenes relacionadas, dependiendo de la disposición de los dueños de los negocios y de la secretaría de cultura y turismo de Villa de Leyva, ya que se haría necesario comprar la licencia de Layar y contar con un servidor más robusto.

También podría implementarse en la aplicación la posibilidad de manejar otros municipios y ciudades del departamento y del país, haciendo de la misma una herramienta más completa que fortalezca la cultura y el turismo.

Dejar la propuesta del proyecto a consideración de la línea de Redes de Aprendizaje y Educación del Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Nuevas Tecnologías (GIDINT), del Centro de Investigaciones de Ingeniería Alberto Magno (CIAM), para que tengan unas bases sólidas que les facilite el desarrollo de aplicaciones basadas en georreferenciación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZUMA, Ronald, Survey of augmented reality, Malibú, USA, Hughes Research Laboratories, 1997

BOUKERCHE, Azzedine y WENER, Richard, Remote rendering and streaming of progressive panoramas for mobile devices, MULTIMEDIA '06 Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia, New York, 2006

BROSSIER, Veronique, Developing Android Applications with Adobe AIR, Sabastopol, O'Reilly Media, 2011

FAUGERAS, Olivier, Three-Dimensional Computer Vision (Artificial Intelligence), The Mit Press, 1993

GIRONÉS, Jesús Tomás, El gran libro de Android, México D.F., Alfaomega Grupo Editor S.A., 2012

GOLDIEZ, Brian, Techniques For Assessing And Improving Performance In Navigation And Wayfinding Using Mobile Augmented Reality, Tesis Doctoral, Universidad Central de la Florida, Orlando, USA, 2004

Junaio, Página Principal Junaio, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.junaio.com/>

KHARMA, Página Principal, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: <https://research.cc.gatech.edu/kharma/>

Layar, Página Principal, 2010 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: <https://www.layar.com/>

LÓPEZ POMBO, Héctor, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA, Tesis de Maestría, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, 2010

MAHECHA, Diego Rolando, *et al.*, REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGÍAS DE AVANZADA, Revista, Bucaramanga, Colombia, 2010

MARMOL, Pedro, *et al.*, APLICACIÓN MULTIMEDIA PARA CONSTRUIR UN RECORRIDO VIRTUAL POR LA TORRE DEL RELOJ, Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2009

MARTÍNEZ LECHÓN, José María, APLICACIÓN ANDROID CON REALIDAD AUMENTADA Y GEOLOCALIZACIÓN, Proyecto de Pregrado, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2012

MATEOS, Camilo, Herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada, 2010 [14 de Abril de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.bcultura.com/content/herramientas-para-el-desarrollo-de-aplicaciones-de-realidad-aumentada>

MATTEO, Alfredo, et al., LECTURA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, Revista, Caracas, Venezuela, 2001

McMILLAN, Leonard, AN IMAGE-BASED APPROACH TO THREE-DIMENSIONAL COMPUTER GRAPHICS, Tesis Doctoral, Universidad de Carolina del Norte, Carolina del Norte, USA, 1997

Mixare, Página Principal, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.mixare.org/>

MULLEN, Tony, Realidad Aumentada. Crea tus propias aplicaciones, Tokio, Japón, Anaya Multimedia, 2011

NÁJERA GUTIÉRREZ, Gilberto, REALIDAD AUMENTADA EN INTERFACES HOMBRE-MÁQUINA, Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F., México, 2009

PORTALES RICART, Cristina, ENTORNOS MULTIMEDIALES DE REALIDAD AUMENTADA EN EL CAMPO DEL ARTE, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2007

Proyectoldis, Realidad Aumentada, [6 de Abril de 2013]. Disponible en Internet: <http://proyectoidis.org/realidad-aumentada/>

QUIROGA, Juan, TurisMovil Tunja, 2011 [15 de febrero de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.turismovil.com.co/tunja/>

RA-Marcadores, Marcadores de Realidad Aumentada, 2010 [10 de Septiembre de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.informacioniphone.com/2011/07/atencion-desarrolladores-nuevo-sdk-de-realidad-aumentada-para-ios.html>

REINOSO, Raúl, AumentaME Realidad Aumentada y Educación, 2012 [14 de Abril de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.aumenta.me/?q=node/36>

RÍOS VARGAS, Mauricio, REALIDAD AUMENTADA: UN NUEVO PARADIGMA DE INTERACCIÓN USUARIO-COMPUTADOR, Tesis de Maestría, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, 2008

SCHALL, Gerhard, *et al.*, Global pose estimation using multi-sensor fusion for outdoor augmented reality, ISMAR '09 Proceedings of the 2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Washington, USA, 2009

SCHILLER, Jochen y VOISARD, Agnes, Location-Based Service, San Francisco, USA, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2004

SERRANO MAMOLAR, Ana, HERRAMIENTAS DE DESARROLLO LIBRES PARA APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA CON ANDROID, Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2012

SHI, Shu, *et al.*, Real-time remote rendering of 3d video for mobile devices, MM '09 Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia, New York, USA, 2009

SOOD, Raghav, Pro Android Augmented Reality, Berkely, USA, Apress, 2012

UNNIKRISHNAN, Ranjith, *et al.*, IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE (PAMI), Revista, Adelaide, Australia, 2007

VALENCIA MARTÍNEZ, Mauricio Alejandro y VARGAS VALENCIA, David, ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA VISITAS VIRTUALES 3D INTERACTIVAS POR INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Proyecto de Pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2007

VilladeLeyva, Página Principal, [15 de Febrero de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.villadeleyva.net>

VILLAREAL BENÍTEZ, Jose Luis y HERAS LARA, Lisbeth, REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA, Revista, México D.F., México, 2007

Wikitude, Página Principal, 2012 [22 de Octubre de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.wikitude.com/>

WILCHES, Daniel y FIGUEROA, Pablo, VISUALIZACION DE INFORMACIÓN URBANA GEOREFERENCIADA POR MEDIO DE REALIDAD AUMENTADA. BOGOTÁ: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2010

Anexo A. Encuesta a turistas y residentes de Villa de Leyva

En la Figura 48, se observa el formulario utilizado para realizar las encuestas a los turistas y residentes de Villa de Leyva.

Figura 56. Formato de la Encuesta

Tipo de persona *

Turista

Residente

¿Usted utiliza aplicaciones móviles? *

Sí

No

¿Qué factor lo impulsa a utilizar aplicaciones móviles? *

Curiosidad

Necesidad

Por publicidad

Diversión

Otro:

¿Actualmente qué aplicaciones móviles utiliza en sus actividades? *

Servicio hotelero

Servicio de transporte

Servicio de alimentación

Servicio de guía turístico

Comunicación

Entretenimiento

Ninguno

Otro:

¿Sobre cuál(es) dispositivo(s) móvil(es) tiene aplicaciones en funcionamiento? *

Celular

Tablet

Computador portátil

Consola de video juegos

Ninguno

Otro:

¿Sobre cuál(es) dispositivo(s) móvil(es) tiene aplicaciones en funcionamiento? *

Celular

Tablet

Computador portátil

Consola de video juegos

Ninguno

Otro:

¿Cómo le parece la promoción del turismo en Villa de Leyva? *

Excelente

Buena

Regular

Mala

¿Qué mecanismos utiliza para guiarse en Villa de Leyva? *

Ej: Google maps, portal de internet, búsqueda en google

Preguntándole a alguien

Aplicaciones móviles

Direcciones

Búsqueda en internet

Otro:

¿Utilizaría una aplicación móvil en Villa de Leyva que le sirva como guía turístico? *

Sí

No

¿Por qué sí? O ¿por qué no? *

¿Qué opinión le merece promover el turismo con aplicaciones móviles para su beneficio? *

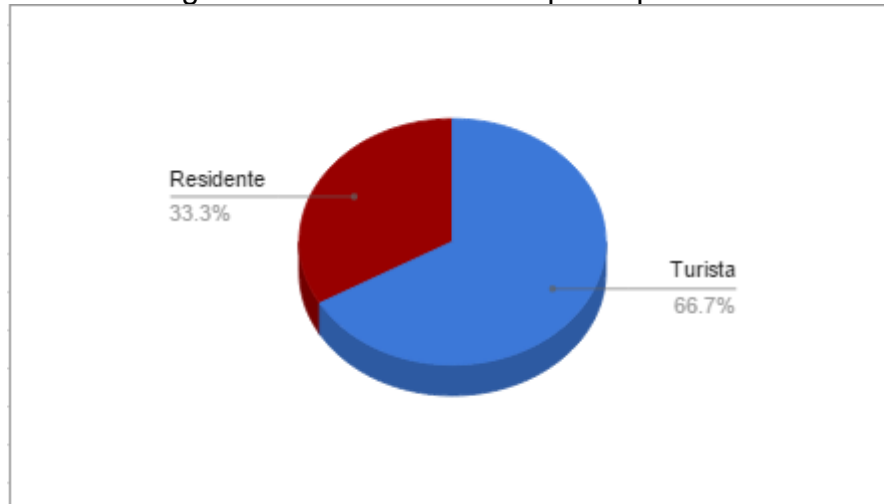
Fuente: El Autor

Anexo B. Resultados de la Encuesta

Se obtienen los siguientes resultados a las preguntas, de la información suministrada por los encuestados (Ver Figura 65):

- Tipo de persona Del total de los encuestados, el 66.7% son turistas y el 33.3% son residentes de Villa de Leyva.

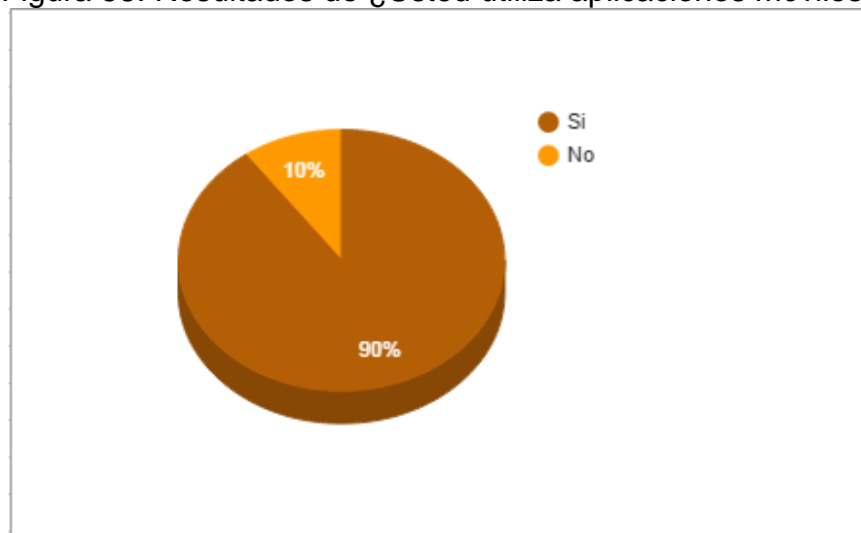
Figura 57. Resultados de Tipo de persona



Fuente: El Autor

- ¿Usted utiliza aplicaciones móviles? El 90% de los encuestados afirma utilizar aplicaciones móviles, mientras que el 10% restante dice no utilizarlas.

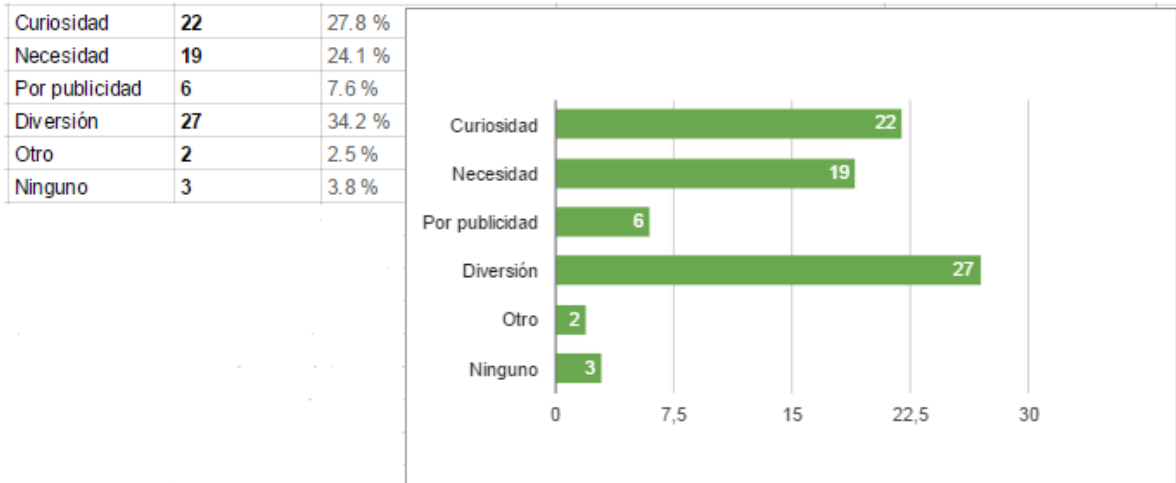
Figura 58. Resultados de ¿Usted utiliza aplicaciones móviles?



Fuente: El Autor

- ¿Qué factor lo impulsa a utilizar aplicaciones móviles? Un 34.2% de los encuestados lo hace por diversión, un 27.8% por curiosidad, un 24.1% por necesidad, un 7.6% por publicidad, un 3.8% por ninguno y un 2.5% por otro factor.

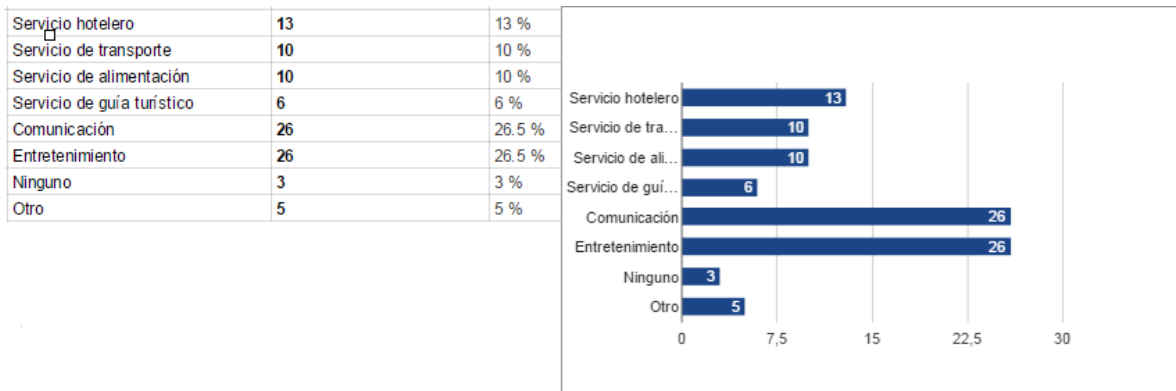
Figura 59. Resultados de ¿Qué factor lo impulsa a utilizar aplicaciones móviles?



Fuente: El Autor

- ¿Actualmente qué aplicaciones móviles utiliza en sus actividades? El 26.5% de los encuestados utiliza aplicaciones de comunicación, al igual que un 26.5% de entretenimiento, por otro lado un 13% de servicio hotelero, un 10% de servicio de transporte, al igual que un 10% de servicio de alimentación, un 6% de servicio de guía turístico, un 5% utiliza otro tipo de aplicaciones y un 3% no utiliza.

Figura 60. Resultados de ¿Actualmente qué aplicaciones móviles utiliza en sus actividades?

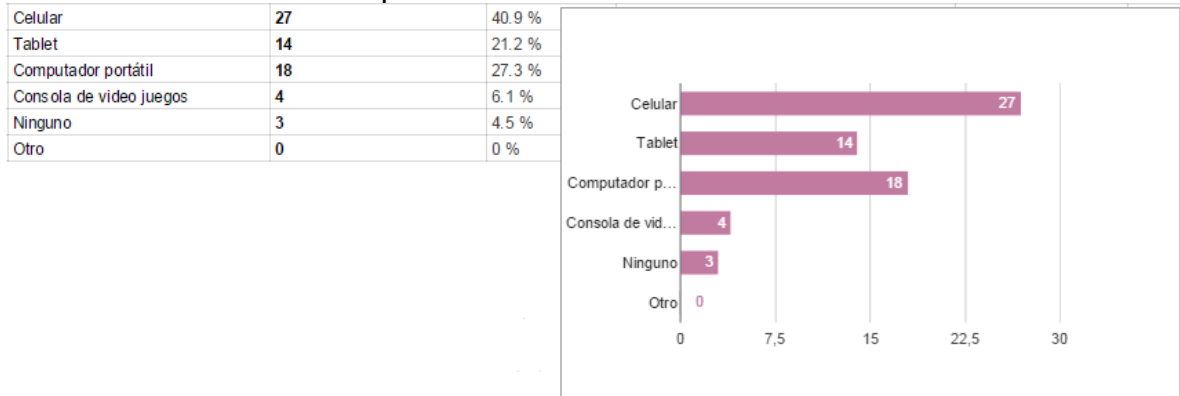


Fuente: El Autor

- ¿Sobre cuál(es) dispositivo(s) móvil(es) tiene aplicaciones en funcionamiento? Del total de los encuestados un 40.9% tiene aplicaciones en el celular, un 27.3%

en el computador portátil, un 21.2% en la Tablet, un 6.1% en la consola de video juegos y un 4.5% no tiene aplicaciones en ningún dispositivo.

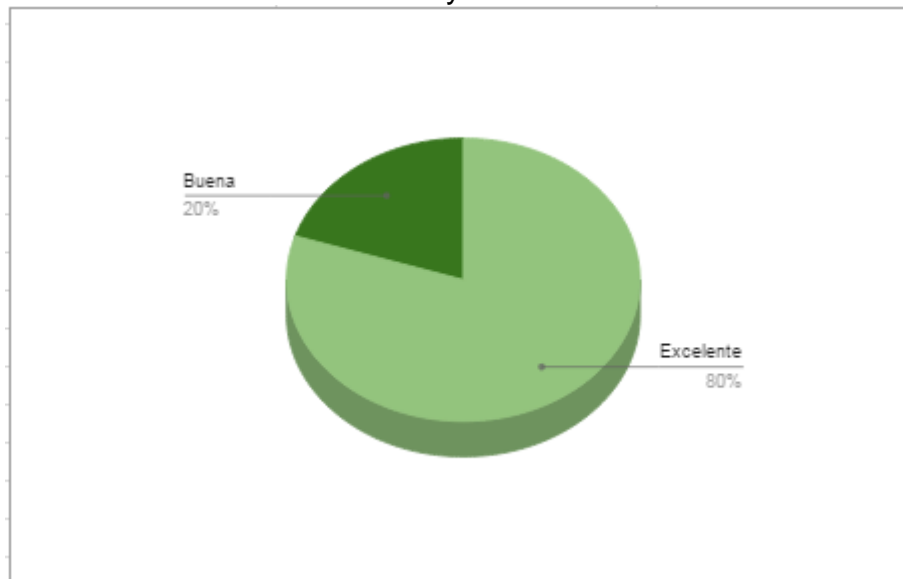
Figura 61. Resultados de ¿Sobre cuál(es) dispositivo(s) móvil(es) tiene aplicaciones en funcionamiento?



Fuente: El Autor

- ¿Cómo le parece la promoción del turismo en Villa de Leyva? Un 80% de personas respondieron que la promoción del turismo es excelente, un 20% que es buena y ninguno respondió que era regular o mala.

Figura 62. Resultados de ¿Cómo le parece la promoción del turismo en Villa de Leyva?



Fuente: El Autor

- ¿Qué mecanismos utiliza para guiarse en Villa de Leyva? Un 35.6% de personas lo hace por medio de búsqueda en internet, un 31.5% preguntándole a alguien, un 17.8% por direcciones y un 15.1% mediante aplicaciones móviles.

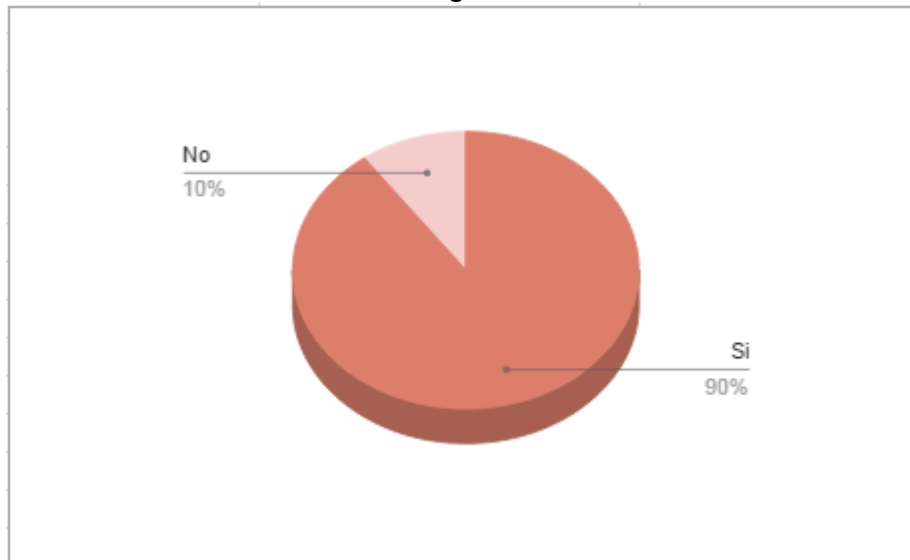
Figura 63. Resultados de ¿Qué mecanismos utiliza para guiarse en Villa de Leyva



Fuente: El Autor

- ¿Utilizaría una aplicación móvil en Villa de Leyva que le sirva como guía turístico? Un 90% de los encuestados respondió que sí y un 10% que no.

Figura 64. Resultados de ¿Utilizaría una aplicación móvil en Villa de Leyva que le sirva como guía turístico?



Fuente: El Autor

- ¿Por qué sí? O ¿por qué no? Al ser una pregunta abierta se identifican variables comunes en las respuestas dadas por los encuestados. Un 25% respondieron porque sería de ayuda y conocimiento, un 21% porque sería interesante, curioso y divertido, al igual que un 21% siempre y cuando sea fácil de usar y sin costo, un 14% porque apoyan las nuevas tecnologías, igual que un 14% porque ahorrarían tiempo y dinero y 3% al que no le interesa.

Tabla 5. Resultados de ¿Por qué sí? O ¿por qué no?

| | | |
|----------------------------------|----|-----|
| Ayuda y conocimiento | 14 | 25% |
| Interesante, curioso y divertido | 12 | 21% |
| Fácil de usar y sin costo | 12 | 21% |
| Nuevas tecnologías | 8 | 14% |
| Ahorro tiempo y dinero | 8 | 14% |
| No le interesa | 3 | 3% |

Fuente: El Autor

- ¿Qué opinión le merece promover el turismo con aplicaciones móviles para su beneficio? Al ser una pregunta abierta se identifican variables comunes en las respuestas dadas por los encuestados. Un 32.7% opina que impulsaría más el turismo y al municipio, un 25.5% opina que es una idea genial, un 21.8% lo hace por utilizar aplicaciones nuevas, un 12.7% por tener información a la mano y un 7.3% no opina o no le interesa.

Tabla 6. Resultados de ¿Qué opinión le merece promover el turismo con aplicaciones móviles para su beneficio?

| | | |
|-----------------------------------|----|-------|
| Impulsa al turismo y al municipio | 18 | 32.7% |
| Una idea genial | 14 | 25.5% |
| Aplicaciones móviles nuevas | 12 | 21.8% |
| Información a la mano | 7 | 12.7% |
| No le interesa | 4 | 7.3% |

Fuente: El Autor

Figura 65. Resultados de la Encuesta

| Tipo de persona | ¿Usa usted alguna aplicación móvil? | ¿Qué tanto lo utiliza? | ¿Además de que aplicaciones móviles utiliza en sus actividades? | ¿Sabe usted (describir) cómo utilizarlas? | ¿Cómo le parece utilizar en Villa de Leyva? | ¿Qué mecanismos utiliza para guiarse en Villa de Leyva? | ¿Utiliza una aplicación que le sirva como guía turística? | ¿Por qué sí o ¿por qué no? | ¿Qué opinión le merece promover el turismo con aplicaciones móviles para el desarrollo? |
|-----------------|-------------------------------------|---|--|---|---|---|---|--|--|
| Turista | Si | Correcta, Diversión | Servicio Notero, Entrenamiento | Celular, Computador portátil | Excelente | Aplicaciones móviles, Búsqueda en Internet | Si | Se usa una herramienta interesante, además que está en la computadora de las nuevas tecnologías. | Genial y más si es gratis, además de generar más turismo desde una perspectiva de desarrollo sostenible. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión, Educación | Servicio de transporte, Comunicación, Entrenamiento, Servicios financieros | Celular, Tablet | Excelente | Preguntándole a alguien, Aplicaciones móviles, Búsqueda en Internet | Si | Se usa bastante tanto para el turismo como para la diversión del turista. | Excelente, porque permite a turista conocer una muy buena idea, ya sea a través de datos, aplicaciones y generar ser geniales como que utilizan los procesos para poder conocer más y mejor. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión, Educación | Servicio Notero, Servicio de transporte, Servicio de alimentación, Comunicación, Entrenamiento | Celular, Tablet, Computador portátil | Excelente | Aplicaciones móviles, Búsqueda en Internet | Si | Porque es necesario para el turista, y porque no utiliza si hay que estar pendiente de la información que está por de usar y también porque no utiliza aplicaciones, además soy de Villa de Leyva, no me parece necesario. | Es una idea innovadora y más aún en Villa de Leyva, ya he usado Google Maps y es muy buena pero sería una idea más interesante. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Servicio Notero, Servicio de guía turística, Comunicación, Entrenamiento | Celular, Tablet, Computador portátil | Buena | Preguntándole a alguien, Directorios, Búsqueda en Internet | Si | Se está diseñando, además que no basta necesitar de buscar a alguien para conocer algún sitio y porque podría conocer sitios que aún no conozco. | Si se para promover el turismo en Villa de Leyva, tendría que ver que tanto impacto tendría, me parece que la ciudad ya es turística por excelencia, pero podría funcionar una idea genial, las aplicaciones móviles sirven para todo y si me han de ayudar, cuando está en Villa de Leyva hay que usarlas, siempre y cuando sea bueno, bonito y gratis... |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Servicio de transporte, Servicio de alimentación, Comunicación, Entrenamiento | Celular, Tablet, Computador portátil | Excelente | Aplicaciones móviles, Búsqueda en Internet | Si | Porque es necesario de ayuda para el turista, eso sí que sea gratis y fácil de usar. | Las aplicaciones móviles están cada vez más buenas y si ayudan ahora en el turismo es genial así como también en la vida de Leyva y en la vida de los demás. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Servicio Notero, Servicio de guía turística, Comunicación, Entrenamiento | Celular, Tablet, Computador portátil | Buena | Preguntándole a alguien, Aplicaciones móviles, Búsqueda en Internet | Si | Porque me gustaría que me ayudara a conocer lugares que aún no conozco, siempre y cuando sea fácil de usar y gratis. | Yo vielo mucho, y para los turistas es esencial tener aplicaciones que le ayude en todo, para el turista sería favorable ya que podría conocer más lugares. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Comunicación, Entrenamiento | Celular, Computador portátil | Excelente | Preguntándole a alguien, Directorios, Búsqueda en Internet | Si | Porque ayudaría a mucha gente a que no se pierda, además que es muy útil y también, tener una aplicación para el turista en Villa de Leyva sería un enfoque moderno para el turista. | El beneficio es para todos, todo lo que sea de ayuda para los turistas y a turistas más de turismo mucho mejor. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Servicio Notero, Comunicación, Entrenamiento | Celular, Tablet | Buena | Preguntándole a alguien, Búsqueda en Internet | Si | Porque proporcionaría una ayuda fundamental al turista, además de estar a la vanguardia de las nuevas tecnologías, eso sí que sea fácil de usar y sobre todo gratis. | Todo lo que me beneficia está dispuesto a usarlo y si es para conocer más sitios y saber más de ellos, mucho mejor. |
| Turista | No | Ninguno | Ninguno | Ninguno | Excelente | Preguntándole a alguien, Directorios | No | Porque no me llama la atención ninguna aplicación, prefiero el estilo antiguo de recibir y preguntar. | Promover el turismo es genial pero con aplicaciones no sé que tanto impacto positivo pueda tener. |
| Turista | No | Ninguno | Ninguno | Ninguno | Excelente | Preguntándole a alguien, Directorios | No | Porque sería de mucha ayuda, uso Google Maps pero no sé por qué razón, una aplicación dedicada al turista en Villa de Leyva me encantaría mucho y también, ya que estoy muy seguro de que voy a usarla. | Para mí beneficio todo lo que venga, me gusta estar al tanto de la tecnología y si es para el turismo y mejorar la economía porque no promueve. |
| Turista | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Servicio Notero, Servicio de transporte, Comunicación, Entrenamiento | Celular, Computador portátil | Excelente | Aplicaciones móviles, Búsqueda en Internet | Si | Porque me llama la atención mucho más sobre las nuevas tecnologías. | Hay que estar al tanto de las nuevas tecnologías y el beneficio, por ejemplo para residentes, las aplicaciones móviles sirven para muchos turistas y a pesar de que vivan en la ciudad por comodidad. |
| Residente | Si | Correcta, Necesidad, Diversión | Comunicación, Entrenamiento, Servicios financieros | Celular | Excelente | Preguntándole a alguien, Directorios, Búsqueda en Internet | Si | Porque sería bueno para turistas, como una guía turística y a pesar de que vivan en la ciudad por comodidad. | Para mí beneficio, yo el beneficio, por ejemplo para residentes, las aplicaciones móviles sirven para muchos turistas y a pesar de que vivan en la ciudad por comodidad. |

Fuente: El Autor

Anexo C. Análisis de Resultados

Se analizan a continuación las preguntas de la encuesta a partir de las respuestas obtenidas de la misma.

- Tipo de persona Se diferencia un mayor número de turistas puesto que estos son los usuarios potenciales de la aplicación, además que proporcionan información valiosa para el desarrollo de la misma. Por otro lado, el punto de vista de los residentes es también importante, puesto que ellos determinan el impacto que puede tener en la promoción del turismo y en el posible mejoramiento de la calidad de vida.
- ¿Usted utiliza aplicaciones móviles? Como el 90% de los encuestados utiliza alguna o varias aplicaciones móviles, se evidencia que están interesados en las nuevas tecnologías y en conocer aplicaciones que les traigan algún beneficio. En contraste con el 10% restante que no utiliza aplicaciones es porque seguramente son personas de edad avanzada o gente que en definitiva no está interesada en la tecnología, pero no es un factor determinante para la calidad de la aplicación planteada.
- ¿Qué factor lo impulsa a utilizar aplicaciones móviles? Se evidencian 3 factores fundamentales, curiosidad, necesidad y diversión, los cuales abarcan el 86% del resultado a la pregunta planteada, concluyendo que la aplicación debe contener características interesantes y divertidas que faciliten la interacción con el usuario, además de constituirse en una herramienta fundamental para el desarrollo del turismo en Villa de Leyva.
- ¿Actualmente qué aplicaciones móviles utiliza en sus actividades? El 53% de los encuestados utiliza aplicaciones de comunicación y entretenimiento, es por esto que la aplicación debe estar sincronizada con redes sociales para que el usuario tenga un canal de comunicación abierto, además de contener elementos llamativos que permitan al usuario familiarizarse fácilmente con el entorno. El 39% respondieron que utilizan aplicaciones de servicios hoteleros, transporte, alimentación y guía turístico, teniendo en cuenta esto, es fundamental acoplar sitios turísticos de este tipo para que el usuario se sienta más a gusto con la aplicación y pueda llegar más fácilmente a su sitio de interés.
- ¿Sobre cuál(es) dispositivo(s) móvil(es) tiene aplicaciones en funcionamiento? En general se utiliza más el celular o Smartphone, es por esto que el dispositivo principal para la aplicación va a ser el mismo, pero teniendo en cuenta que también hay respuestas significativas en cuanto a tablets y computadores pòrtatiles, la aplicación deberá acoplarse a este tipo de dispositivos.

- ¿Cómo le parece la promoción del turismo en Villa de Leyva? La gran mayoría opina que la promoción es excelente, entonces se debe tener cuidado con la promoción de la aplicación para hacerles ver que es una manera más fácil y rápida de promover el turismo, además de contar con elementos de nuevas tecnologías y estar a la vanguardia.
- ¿Qué mecanismos utiliza para guiarse en Villa de Leyva? Una mayoría importante realiza búsquedas en internet (Google Maps) para ubicarse en el municipio, otra mayoría simplemente le pregunta a alguien; teniendo en cuenta estas respuestas, la aplicación contendrá el API de Google Maps para que el usuario se involucre fácilmente con el funcionamiento de la aplicación, además de trazar sus propias rutas y poder buscar sitios turísticos dentro de un rango establecido.
- ¿Por qué utilizaría una aplicación móvil en Villa de Leyva que le sirva como guía turístico? Dentro de las respuestas a esta pregunta se pueden evidenciar varias variables fundamentales dentro de las cuales están facilidad de uso, gratuidad, ayuda, ahorro, diversión, curiosidad y nuevas tecnologías. Es de resaltar que la aplicación planteada debe tener en cuenta y cumplir cada una de estas variables, satisfaciendo las necesidades de los usuarios.
- ¿Qué opinión le merece promover el turismo con aplicaciones móviles para su beneficio? Al igual que la pregunta anterior se identifican variables como impulso al turismo y al municipio, una idea genial y aplicaciones móviles nuevas, dando a entender la necesidad de esta aplicación, siendo una idea innovadora y que permite la promoción del turismo de una forma diferente y el conocimiento del municipio desde otro punto de vista, haciendo llamativa la propuesta y más interesante visitar Villa de Leyva.

Anexo D. Requerimientos Funcionales y No Funcionales

Requerimientos Funcionales

Tabla 7. RF - Ingresar a la aplicación

| | |
|----------------|---|
| Descripción | El usuario ingresa a la aplicación después de tenerla instalada en el dispositivo móvil |
| Entradas | Pantalla principal de la aplicación |
| Fuente | Archivo .apk instalado en el dispositivo |
| Salidas | Visualización de la escena |
| Requerimientos | Descarga de la aplicación |

Fuente: El Autor.

Tabla 8. RF - Localización del usuario

| | |
|----------------|--|
| Descripción | Por medio de la conexión a internet se establece la posición del usuario con respecto al GPS, la brújula y el acelerómetro del dispositivo |
| Entradas | Longitud, latitud y altitud del dispositivo |
| Fuente | GPS, brújula y acelerómetro del dispositivo |
| Salidas | Ninguna |
| Requerimientos | Dispositivo móvil con conexión a internet, GPS, brújula y acelerómetro |

Fuente: El Autor.

Tabla 9. RF - Visualización de la escena

| | |
|----------------|---|
| Descripción | A través de la cámara del dispositivo, se realiza la captura del entorno para definir el punto de interés |
| Entradas | Escena capturada por la cámara |
| Fuente | Puntos de interés guardados en la base de datos |
| Salidas | Escena visualizada con los puntos de interés |
| Requerimientos | Tener guardados los puntos de interés en la base de datos |

Fuente: El Autor.

Tabla 10. RF - Visualización de la información

| | |
|-------------|--|
| Descripción | Descripción del sitio turístico a través de los puntos de interés localizados en tiempo real |
| Entradas | Estipulación de los puntos de interés deseados |
| Fuente | Información almacenada en la base de datos |
| Salidas | Visualización en pantalla de la descripción del sitio turístico |

| | |
|----------------|---|
| | acorde a los puntos de interés estipulados |
| Requerimientos | Sincronización de la información en tiempo real |

Fuente: El Autor.

Tabla 11. RF - Búsqueda de un sitio particular

| | |
|----------------|--|
| Descripción | Por medio de la ubicación del punto de interés particular para el sitio turístico deseado, se visualiza la información del mismo y estipula la ruta para llegar a él |
| Entradas | Estipulación del punto de interés deseado |
| Fuente | Identificación del punto de interés |
| Salidas | Visualización en pantalla de la descripción del sitio turístico acorde al punto de interés estipulado y su respectiva ruta para llegar a él |
| Requerimientos | Sincronización de la información en tiempo real |

Fuente: El Autor.

Tabla 12. RF - Búsqueda de sitios por rango de distancia

| | |
|----------------|--|
| Descripción | El usuario visualiza la foto, la información pertinente y la distancia que hay al sitio de interés dependiendo de un rango de distancia estipulado |
| Entradas | Rango de distancia deseado |
| Fuente | Identificación de los puntos de interés |
| Salidas | Visualización en pantalla de la foto, la descripción del sitio turístico acorde al rango de distancia estipulado. |
| Requerimientos | Sincronización de la información en tiempo real |

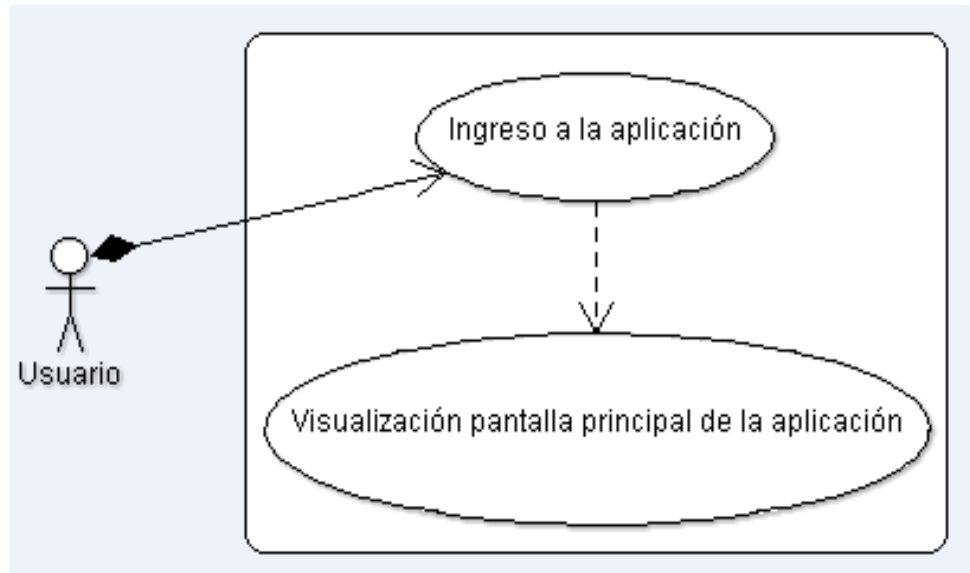
Fuente: El Autor.

Requerimientos No Funcionales

- **Características Dispositivo Móvil** El dispositivo debe contar con GPS, brújula digital y acelerómetro para estipular la localización del usuario al momento de usar la aplicación. Además, es necesaria una conexión a internet para con ello comunicarse con el servidor y realizar las tareas necesarias.
- **Fiabilidad** La aplicación debe brindar un óptimo rendimiento al momento que el usuario requiera hacer uso de la misma, así también, que la aplicación en estado de ejecución no debe colapsar en ningún momento, salvo cuando no haya conexión a internet. Los recursos hardware y software que la aplicación ocupe en el dispositivo móvil no deben generar conflicto con las demás aplicaciones instaladas en el mismo.
- **Usabilidad** La aplicación definida debe ser fácil de usar por el usuario, teniendo en cuenta que los usuarios son ilimitados y debe contar con una interfaz amigable y que se adapte a las características del dispositivo y las necesidades del usuario.

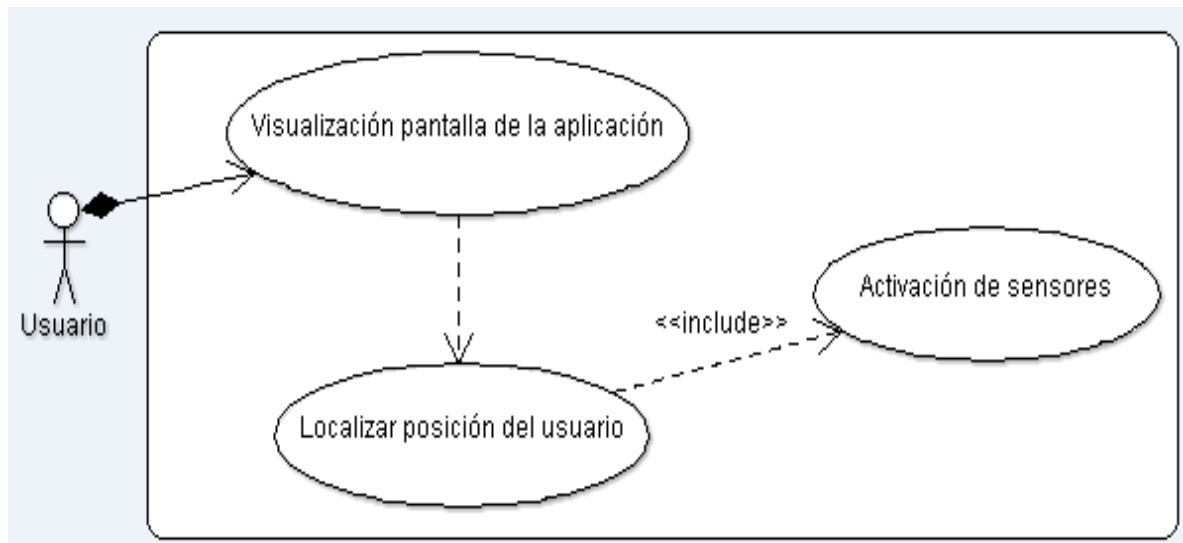
Anexo E. Casos de Uso

Figura 66. Caso de Uso Ingreso a la aplicación



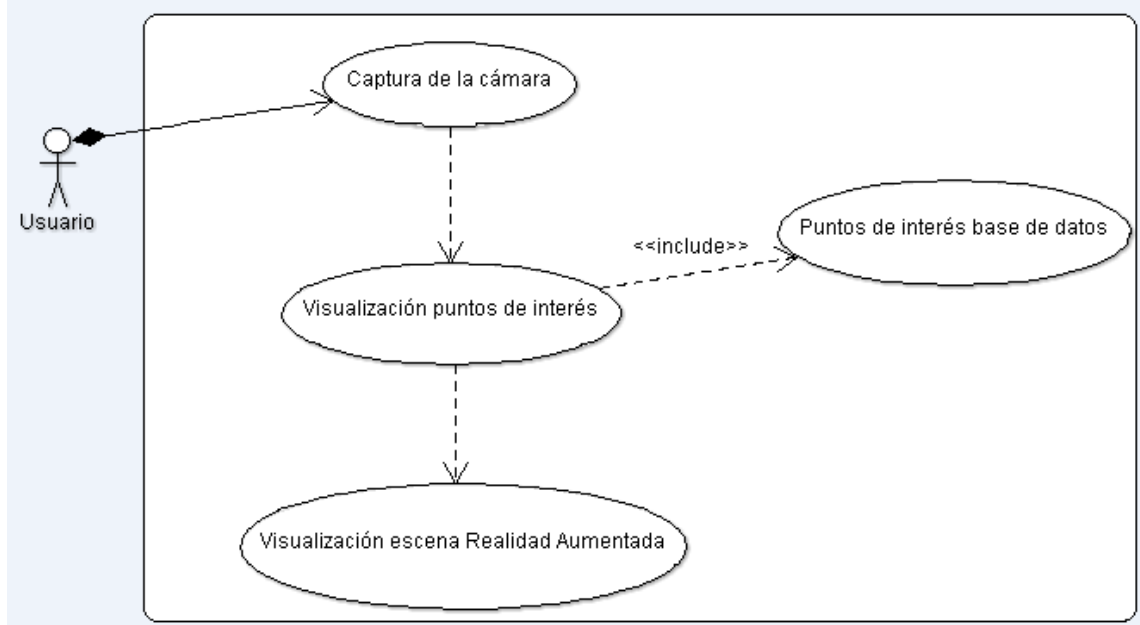
Fuente: El Autor.

Figura 67. Caso de Uso Localización del usuario



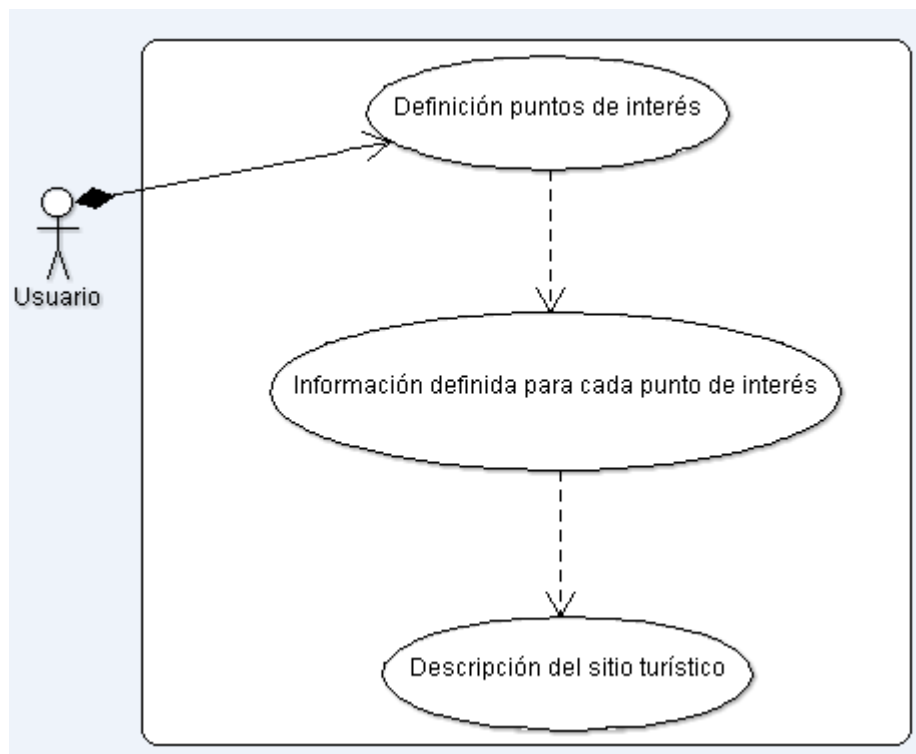
Fuente: El Autor.

Figura 68. Caso de Uso Visualización de la escena



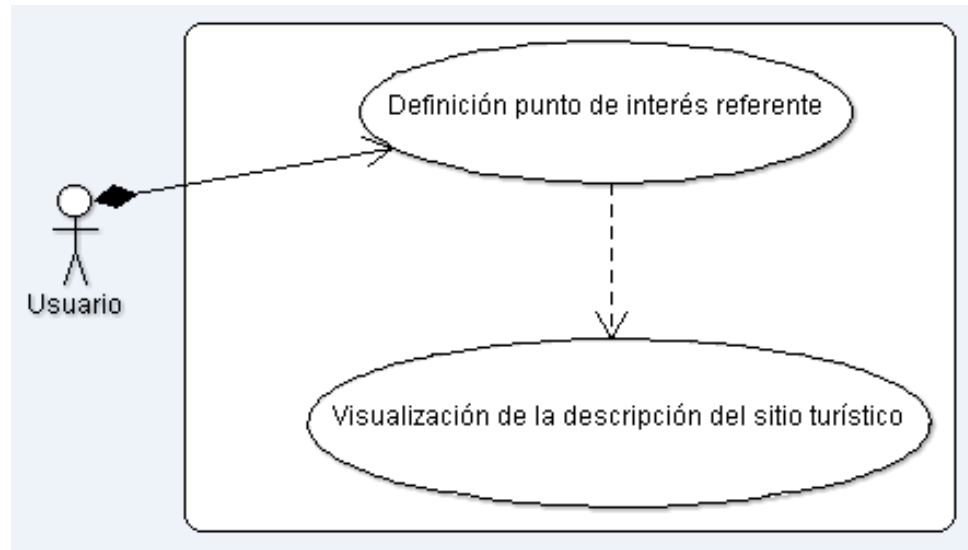
Fuente: El Autor.

Figura 69. Caso de Uso Visualización de la información



Fuente: El Autor.

Figura 70. Caso de Uso Búsqueda sitio particular



Fuente: El Autor.

Anexo F. Especificación de Casos de Uso

A continuación se describe la funcionalidad de los casos de uso

Tabla 13. Caso de Uso Ingreso a la aplicación

| | |
|------------------------|--|
| Caso de Uso: | Ingreso a la aplicación |
| Actores | Usuario |
| Tipo | Normal |
| Propósito | Ingresar a la aplicación |
| Precondiciones | Aplicación instalada en el dispositivo |
| Flujo Principal | El servidor solicita la llave principal asignada a la aplicación |
| Poscondición | Pantalla principal de la aplicación |
| Excepciones | No Aplica |

Fuente: El Autor

Tabla 14. Caso de Uso Localización del usuario

| | |
|------------------------|---|
| Caso de Uso: | Localización del usuario |
| Actores | Usuario |
| Tipo | Inclusión |
| Propósito | Definir la posición del usuario |
| Precondiciones | Activación del GPS del dispositivo |
| Flujo Principal | Por medio de los sensores del dispositivo se determina la posición del usuario (latitud, longitud, altitud) |
| Poscondición | Posición exacta del usuario |
| Excepciones | No Aplica |

Fuente: El Autor

Tabla 15. Caso de Uso Visualización de la escena

| Caso de Uso: | Visualización de la escena |
|------------------------|--|
| Actores | Usuario |
| Tipo | Inclusión |
| Propósito | Determinar los puntos de interés a partir de la posición del usuario |
| Precondiciones | Conexión a internet |
| Flujo Principal | A través de la cámara del dispositivo se visualizan los puntos de interés cercanos a la posición del usuario |
| Poscondición | No Aplica |
| Excepciones | No Aplica |

Fuente: El Autor

Tabla 16. Caso de Uso

| Caso de Uso: | Visualización de la información |
|------------------------|---|
| Actores | Usuario |
| Tipo | Normal |
| Propósito | Presentar la información referente a los puntos de interés |
| Precondiciones | Almacenamiento de los puntos de interés en la base de datos |
| Flujo Principal | Consultas a la base de datos que devuelvan la información definida para los puntos de interés |
| Poscondición | No Aplica |
| Excepciones | Si no existe conexión a internet no se presenta información |

Fuente: El Autor

Tabla 17. Caso de Uso Búsqueda sitio particular

| Caso de Uso: | Búsqueda sitio particular |
|------------------------|--|
| Actores | Usuario |
| Tipo | Normal |
| Propósito | Presentar la información referente a un punto de interés seleccionado |
| Precondiciones | Consulta a la base de datos del punto de interés seleccionado |
| Flujo Principal | Escoger un punto de interés visualizado en pantalla, con el cual se realiza la consulta a la base de datos y se presenta la información almacenada |
| Poscondición | No Aplica |
| Excepciones | Si no existe conexión a internet no se presenta información |

Fuente: El Autor