

**PROTOTIPO SOFTWARE DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE REALIDAD
AUMENTADA PARA MEJORAR LA EXPERIENCIA DE USUARIO A NIVEL DE
INTERACCIÓN DEL PROYECTO EDITORIAL UIS “CAMINOS DE
SANTANDER”**

JUAN SEBASTIAN RONDÓN ARANGO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2021

**PROTOTIPO SOFTWARE DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE REALIDAD
AUMENTADA PARA MEJORAR LA EXPERIENCIA DE USUARIO A NIVEL DE
INTERACCIÓN DEL PROYECTO EDITORIAL UIS “CAMINOS DE
SANTANDER”**

JUAN SEBASTIAN RONDÓN ARANGO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

Director:

**GABRIEL RODRIGO PEDRAZA FERREIRA
Ph.D. CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Codirector:

**DUVÁN YAHIR SANABRIA ECHEVERRY
MAGISTER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMATICA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2021

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi carrera universitaria y de este proyecto muchas personas me han influido significativamente. Dejo unas palabras de agradecimiento en este libro para recordarlos en tiempos venideros.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo manifestado en múltiples formas y ocasiones, por aportar lo mejor para mi vida y siempre ser modelos para seguir.

A mi hermana por apoyar con sus conocimientos para el apartado grafico del proyecto.

Al director Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira y codirector Duván Yahir Sanabria Echeverry, por estar siempre dispuesto a ayudarme y compartir sus conocimientos para el desarrollo del proyecto.

A toda aquella persona que haya contribuido directa o indirectamente, Gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCION	16
1. OBJETIVOS	18
1.1. Objetivo General	18
1.2. Objetivos Específicos.....	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Introducción a la realidad aumentada	19
2.1.1.Definición.	19
2.1.2.Componentes básicos.	19
2.1.3.Historia y actualidad.....	21
2.2. Modelos tridimensionales.....	22
2.2.1.Procesos de modelado manual.....	22
2.2.2.Procesos de modelado automático.....	24
2.3. Entorno de desarrollo.....	26
2.3.1.Unity3D.	27
2.3.2.Android Studio.	27
2.3.3.Vuforia.....	28
2.3.4.GitHub.....	29
2.3.5.Illustrator.	29
2.4. Arquitectura de software	30
2.4.1.Diseño modular.....	30
2.4.2.Modelo vista controlador (MVC).....	30
3. ESTADO DEL ARTE	31
3.1. Augment.....	32
3.2. Loqueleo	33
4. METODOLOGÍA	35
4.1. Etapa de amaestramiento	35

4.1.1.Fase de aprendizaje.	36
4.2. Etapa de producción	36
4.2.1.Fase de requerimientos.	37
4.2.2.Fase de diseño.	37
4.2.3.Fase de prototipado.	38
4.2.4.Fase de validación.	38
4.3. Etapa de impresión	39
4.3.1.Fase de documentación.....	39
4.3.2.Fase de publicación.	40
5. ESTRUCTURA SOFTWARE	41
5.1. Requerimientos.....	41
5.1.1.Métricas	41
5.1.2.Requerimientos funcionales.....	42
5.1.3.Requerimientos no funcionales.....	48
5.1.4.Resumen de requerimientos	49
5.2. Interfaz cliente-Usuario	50
5.2.1.Métricas	50
5.2.2.Historias de usuario	50
5.2.3.Casos de uso	57
5.2.4.Diagramas de casos de uso UML	64
5.3. Desarrollo modular.....	67
5.3.1.Modulo 00 - Suministros.	68
5.3.2.Modulo 01 - General.	68
5.3.3.Modulo 02 - Menú Lateral.	68
5.3.4.Modulo 03 -Regresar Menú.	69
5.3.5.Modulo 04 - Escena Menú.	69
5.3.6.Modulo 05 - Escena Realidad Aumentada.....	71
5.3.7.Modulo 06 - Escena Visualizador 3D.....	71
5.3.8.Modulo 07 - Google.	71

5.3.9.Modulo 08 - Información Modelo.....	73
5.3.10.Modulo 09 - Ayuda.....	73
5.3.11.Modulo 10 - Links.....	75
5.3.12.Modulo 11 - Sonido.....	75
5.3.13.Modulo 12 - GPS.	76
5.3.14.Modulo 13 - Impresión de Pantalla.	76
5.3.15.Modulo 14 – Analíticas.....	77
5.4. Aplicación parametrizada.....	77
5.5. Diseño de las IU.....	78
5.6. Plan de pruebas.....	79
5.6.1.Dispositivos de prueba.....	80
5.6.2.Pruebas.....	80
5.6.3.Tabla de resultado de las pruebas.....	82
6. PROCESOS PARA GENERAR LOS MODELOS TRIDIMENSIONALES	84
6.1. Reconstrucción por nube de puntos.....	84
6.2. Fotogrametría	85
7. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	87
7.1. Actividades de interacción con el usuario	87
7.2. Preguntas para evaluar experiencia de usuario.....	88
7.2.1.Métricas	88
7.2.2.Preguntas.....	88
7.3. Resultados de la encuesta.....	89
8. CONCLUSIONES	98
9. RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Métricas de requerimientos.....	41
Tabla 2: Métrica de complejidad	41
Tabla 3: Requerimiento funcional 01.	42
Tabla 4: Requerimiento funcional 02.	42
Tabla 5: Requerimiento funcional 03.	43
Tabla 6: Requerimiento funcional 04.	43
Tabla 7: Requerimiento funcional 05.	43
Tabla 8: Requerimiento funcional 06.	44
Tabla 9: Requerimiento funcional 07.	44
Tabla 10: Requerimiento funcional 08.	45
Tabla 11: Requerimiento funcional 09.	45
Tabla 12: Requerimiento funcional 10.	45
Tabla 13: Requerimiento funcional 11.	46
Tabla 14: Requerimiento funcional 12.	46
Tabla 15: Requerimiento funcional13.	47
Tabla 16: Requerimiento funcional 14.	47
Tabla 17: Requerimiento funcional 15.	48
Tabla 18: Requerimiento no funcional 01.	48
Tabla 19: Requerimiento no funcional 02.	48
Tabla 20: Requerimiento no funcional 03.	49
Tabla 21: Resumen de requerimiento.....	49
Tabla 22: Métricas para la historia de usuario.	50
Tabla 23: Historia de usuario 001.	50
Tabla 24: Historia de usuario 002.	51
Tabla 25: Historia de usuario 003.	52
Tabla 26: Historia de usuario 004.	52
Tabla 27: Historia de usuario 005.	52
Tabla 28: Historia de usuario 006.	53

Tabla 29: Historia de usuario 007.	53
Tabla 30: Historia de usuario 008.	54
Tabla 31: Historia de usuario 009.	55
Tabla 32: Historia de usuario 010.	55
Tabla 33: Historia de usuario 011.	56
Tabla 34: Historia de usuario 012.	56
Tabla 35: Caso de uso 001.	57
Tabla 36: Caso de uso 002.	57
Tabla 37: Caso de uso 003.	59
Tabla 38: Caso de uso 004.	59
Tabla 39: Caso de uso 005.	60
Tabla 40: Caso de uso 006.	60
Tabla 41: Caso de uso 007.	61
Tabla 42: Caso de uso 008.	62
Tabla 43: Caso de uso 009.	62
Tabla 44: Caso de uso 010.	63
Tabla 45: Caso de uso 011.	64
Tabla 46: Dispositivos de prueba.	80
Tabla 47: Pruebas de funcionalidad.	80
Tabla 48: Resultados pruebas de funcionalidad.	82
Tabla 49: Software mínimo.	83
Tabla 50: Análisis SUS de los resultados.	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes Básicos para un servicio de realidad aumentada.	20
Figura 2: Representación de realidad aumentada sobre un marcador.	21
Figura 3: Modelado poligonal del terreno.....	22
Figura 4: Modelado Nurbs de una superficie	23
Figura 5: Esculpido digital de un modelo tridimensional.	23
Figura 6: Nube de puntos.	25
Figura 7: Fotogrametría.	26
Figura 8: Image Target.	29
Figura 9: Aplicación Augment.	32
Figura 10: Ventana principal de la aplicación “Loqueleo”	33
Figura 11: Ventana de ayuda de la aplicación “Loqueleo”	34
Figura 12: Ventana de realidad aumentada de la aplicación “Loqueleo”	34
Figura 13: Metodología del proyecto.....	35
Figura 14: Casos de uso ventana principal.....	65
Figura 15: Casos de uso realidad aumentada.	66
Figura 16: Casos de uso visualizador 3D	67
Figura 17: Menú lateral principal.....	69
Figura 18: Opción “Libro Digital”	69
Figura 19: Opción “Realidad Aumentada”.....	70
Figura 20: Opción “Visualizador 3D”	70
Figura 21: Restricción por no autenticación.....	72
Figura 22: Ayuda general “Ventana principal”	73
Figura 23: Ayuda específica “Realidad Aumentada”	74
Figura 24: Ayuda específica “Visualización 3D”	74
Figura 25: Aviso de redireccionamiento web.	75
Figura 26: Escena principal	78
Figura 27: Escena de realidad aumentada	79
Figura 28: Escena de visualización 3D	79

Figura 29: Pregunta 1.	90
Figura 30: Pregunta 2.	90
Figura 31: Pregunta 3.	91
Figura 32: Pregunta 4.	91
Figura 33: Pregunta 5.	92
Figura 34: Pregunta 6.	92
Figura 35: Pregunta 7.	93
Figura 36: Pregunta 8.	93
Figura 37: Pregunta 9.	94
Figura 38: Pregunta 10.	94
Figura 39: Pregunta 11.	95
Figura 40: Pregunta 12.	95
Figura 41: Métricas SUS.....	97

LISTAS DE ANEXOS

ANEXO A. Visualización del proyecto.....	103
ANEXO B. Procedimiento para cargar nuevos modelos tridimensionales	104

GLOSARIO

APLICACIÓN MÓVIL: Software informático diseñado para ser ejecutado en teléfonos inteligentes, tabletas u otros dispositivos móviles.

CÓDIGO QR: Imagen con barras y cuadros que mediante un lector óptico proporciona información al usuario sobre un tema específico.

ENTORNO DE DESARROLLO: Una IDE o entorno de desarrollo integrado es una aplicación informática que proporciona servicios para facilitar el desarrollo o programación de un software.

FOTOGRAMETRÍA: Técnica para obtener mapas y planos de grandes extensiones de terreno por medio de la fotografía aérea o terrestre.

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO: Conocida como GUI o UI (interfaz de usuario), es un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la informática y acciones disponibles para un usuario en la interfaz de un programa.

LIBRERÍAS: Es un programa que se integra dentro de un motor de desarrollo un IDE u algún otro para dotarlo de funcionalidad facilitar la programación.

MODELOS TRIDIMENSIONALES: Modelos en este caso informáticos que reproducen a escala elementos del mundo real, contextualmente para este proyecto, elementos con patrimonio histórico del libro “Caminos de Santander – A tabaco y medio.

PROTOTIPO FUNCIONAL: Ejemplar o primer modelo fabricado de una figura u otra cosa, para este caso en específico de una aplicación móvil funcional de realidad aumentada.

REQUERIMIENTOS: Peticiones o requisitos de un programa informático, en este caso para el desarrollo de una aplicación móvil.

SDK: Un Kit de Desarrollo de Software es un conjunto de herramientas para el desarrollo de Software que permite integrarse a un IDE y motores de desarrollo.

TARGET: Término usado para referirse a un objeto o imagen específica que se usa como referencia para posicionar objetos en la realidad aumentada.

UNITY 3D: Es un motor de desarrollo enfocado a videojuegos o software interactivos, que proporciona herramientas que facilitan la construcción de elementos tridimensionales.

VUFORIA: Es un SDK que permite la construcción de aplicaciones móviles basadas en realidad aumentada

RESUMEN

TÍTULO: PROTOTIPO SOFTWARE DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE REALIDAD AUMENTADA PARA MEJORAR LA EXPERIENCIA DE USUARIO A NIVEL DE INTERACCIÓN DEL PROYECTO EDITORIAL UIS “CAMINOS DE SANTANDER”*

AUTOR: JUAN SEBASTIAN RONDÓN ARANGO**

PALABRAS CLAVE: Aplicación móvil, Realidad Aumentada, Fotogrametría, Modelos tridimensionales, Unity 3D, Android, Autenticación con Google, Firebase.

DESCRIPCIÓN:

La realidad aumentada es usada con muchos propósitos hoy en día, entre los cuales se encuentran la publicidad, la construcción, la medicina, el entretenimiento, entre otros. La tecnología de este proyecto se encuentra enmarcado bajo el contexto educativo. Con la construcción de una aplicación móvil que implemente la realidad aumentada no solo se busca mostrar los alcances de esta tecnología y generar mejor experiencia de usuario sino también generar en el usuario motivación para leer el libro “Caminos de Santander”.

Este proyecto se enfoca en la construcción de una aplicación móvil de realidad aumentada denominada: ‘Caminos de Santander APP’ principalmente con el fin de mejorar la experiencia de usuario de los lectores. El aplicativo enseña a los usuarios objetos tridimensionales sobre las páginas del libro, he incentiva al usuario a adquirir o leer el libro mediante una interfaz gráfica inmersiva y diseñada para realidad aumentada. En este proyecto se superan diferentes obstáculos técnicos como la reconstrucción digital de un objeto tridimensional que represente una estructura u objeto físico del mundo real, la captura de la localización GPS en tiempo real usando el motor de desarrollo Unity con el fin de enviarle una notificación al usuario cada que se encuentre geográficamente cerca de un objeto o zona relacionada con un modelo tridimensional inmerso en la aplicación, la autenticación y la captura de datos básicos del usuario que ingresa a la aplicación usando Google y Firebase, la captación y procesamiento de gestos táctiles del usuario sobre el dispositivo, entre otros, donde se explican técnicamente para la construcción de esta aplicación.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Director: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira. Ph.D. Ciencias de la computación. Codirector: Duván Yahir Sanabria Echeverry. Magister en Ingeniería de sistemas e informática.

ABSTRACT

TITLE: PROTOTYPE SOFTWARE OF AN AUGMENTED REALITY MOBILE APPLICATION TO IMPROVE THE USER EXPERIENCE AT THE INTERACTION LEVEL OF THE UIS EDITORIAL PROJECT “CAMINOS DE SANTANDER”*

AUTHOR: JUAN SEBASTIAN RONDÓN ARANGO**

KEY WORDS: Mobile application, Augmented Reality, Photogrammetry, Three-dimensional models, Unity 3D, Android, Authentication with Google, Firebase.

DESCRIPTION:

Augmented reality is used for many purposes today, including advertising, construction, medicine, entertainment, among others. The technology of this project is framed within the educational context. Through the construction of a mobile application that implements augmented reality we do not only seek to show the scope of this technology and provide better user experience but also to motivate the user to read the book “Caminos de Santander”.

This project focuses on building an augmented reality mobile application called: 'Caminos de Santander APP' mainly to improve the user experience of the readers. The application shows users three-dimensional objects on the pages of the book, it encourages the user to acquire or read the book through an immersive graphical interface and designed for augmented reality. In this project different technical obstacles are overcome such as the digital reconstruction of a three-dimensional object that represents a structure or physical object of the real world, the capture of GPS location in real time using the development engine Unity in order to send a notification to the user each time he is geographically close to an object or area related to a three-dimensional model immersed in the application, the authentication and capture of basic data of the user who enters the application using Google and Firebase, the capture and processing of tactile gestures of the user on the device, among others, where they are technically explained for the construction of this application.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Systems and Computer Engineering. Director: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira. Ph.D. Science Computer. Co-director: Duván Yahir Sanabria Echeverry. Máster in Systems Engineering and Informatics.

INTRODUCCION

La Universidad Industrial de Santander con el apoyo de diferentes unidades académicas, departamentos, TeleUIS y el grupo de investigación Geomática gestión y optimización de sistemas, desea dar a conocer a través del libro interactivo “Caminos de Santander” los recorridos y senderos que han marcado historia y tienen una importancia cultural en la región.

La producción de un libro con este propósito debe contener una carga tanto estética y visual a través de fotografías y crónicas contadas desde los mismos caminos, hasta la inclusión novedosa de la realidad aumentada. (Universidad industrial de Santander, 2019)

Esta tecnología se incorpora al desarrollo y evolución de múltiples áreas de la industria y la sociedad, mejorando el ámbito de la educación, el deporte, la salud y el entretenimiento, entre otros. En la actualidad está siendo desarrollada por grandes compañías como; Apple, Microsoft y Google, y está siendo implementada por empresas como; Goldman Sachs, Gartner, Forrester, McDonald en el sector del marketing y Parramón en la industria de libros interactivos.

Implementar una aplicación que haga uso de la realidad aumentada en la creación literaria de “Caminos de Santander”, permitirá la interacción del lector con la historia plasmada en las páginas del libro, e incentivar una visión futura por recorrer estas rutas, promoviendo el senderismo o el turismo por estas zonas.

La construcción de una aplicación de realidad aumentada conlleva varios retos, como es la creación de una interfaz grafica inmersiva y diseñada para realidad aumentada, la reconstrucción digital de objetos físicos reales, la captura de la localización GPS en tiempo real usando el motor de desarrollo Unity, él envió de

notificaciones al usuario, la autenticación y la captura de datos básicos del usuario, el procesamiento de gestos sobre el móvil, entre otros aspectos explicados técnicamente en el proyecto.

OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo software de una aplicación móvil de realidad aumentada para mejorar la experiencia de usuario a nivel de interacción con el libro “Caminos de Santander” de un proyecto editorial UIS.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Especificar los requerimientos de la aplicación móvil con realidad aumentada.
2. Diseñar una interfaz gráfica que permita la navegación, manipulación e interacción con los modelos tridimensionales presentes en la aplicación.
3. Desarrollar un prototipo software de una aplicación móvil de realidad aumentada que permita la incorporación de modelos tridimensionales.
4. Definir y documentar el proceso para generar los modelos tridimensionales, presentes en la aplicación.
5. Realizar un conjunto de pruebas para evaluar la experiencia de usuario.

MARCO TEÓRICO

1.3. INTRODUCCIÓN A LA REALIDAD AUMENTADA

1.3.1. Definición. Para explicar en qué consiste la realidad aumentada, primero se deben hacer referencia a los sentidos humanos a través de los cuales percibimos el mundo que nos rodea, nuestra realidad física es entendida a través de los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. Siendo así, el concepto de realidad aumentada hace referencia a la percepción de objetos virtuales en el mundo real a través de estímulos sensoriales, como sonidos, videos, elementos 3D entre otros.

1.3.2. Componentes básicos. Para componer un servicio de realidad aumentada son necesarios 4 elementos básicos: (Telefonica, 2011)

1. Se requiere un elemento que capture las imágenes de la realidad que están viendo los usuarios, como una cámara del computador o teléfono móvil.
2. En segundo lugar, se requiere un elemento en el cual proyectar la mezcla de las imágenes reales con las imágenes sintetizadas, como puede ser un monitor o la pantalla de un teléfono móvil.
3. Luego, se requiere un elemento de procesamiento, o varios de ellos que trabajen en conjunto. El objetivo es interpretar la información del mundo real que recibe el usuario, generar la información virtual que cada servicio concreto necesite y mezclarla de forma adecuada. Estos elementos se encuentran en los PC, móviles o consolas.
4. Por último, se requiere un activador de realidad aumentada, como lo pueden ser la imagen que el usuario captura en tiempo real, un posicionamiento GPS, un marcador o código QR.

En este proyecto el elemento de captura es la cámara de un dispositivo móvil con sistema operativo Android 4.4 o superior, los elementos sintetizados a mostrar son objetos tridimensionales visibles a través de la pantalla del teléfono móvil, el elemento de procesamiento es la aplicación “Libro Caminos de Santander APP” y el activador de la realidad aumentada son imágenes del libro “Caminos de Santander” utilizadas como targets, códigos QR o eventos de usuario.

Figura 1: Componentes Básicos para un servicio de realidad aumentada

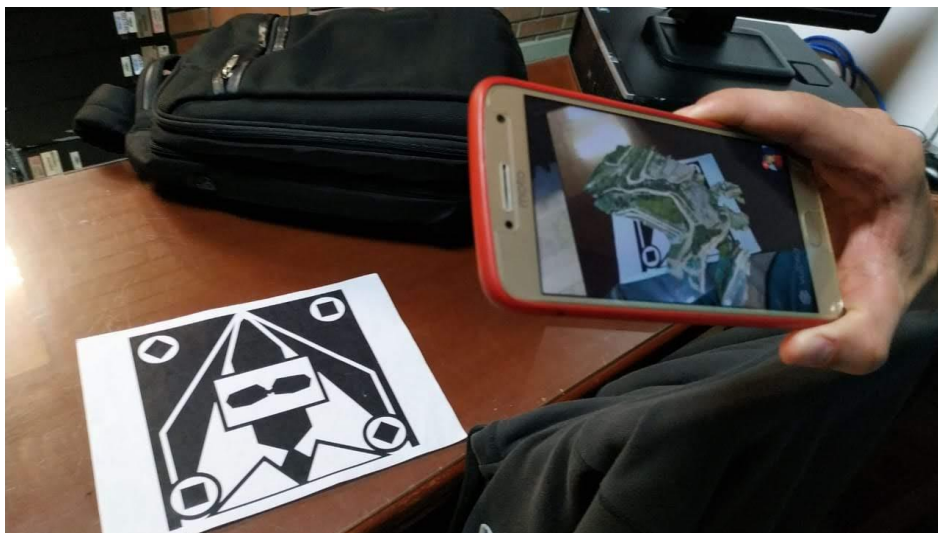


Fuente: Elaboración propia.

1.3.3. Historia y actualidad. La realidad aumentada es una tecnología nueva, la primera interfaz que introdujo conceptos de realidad aumentada fue desarrollada en los años 60 por Iván Sutherland en el “Head Mounted Display” usado con fines militares. (Juana, 2020) Sin embargo, la expresión de realidad aumentada se le atribuye al investigador Boeing Tom Caudel quien acuñó el término en 1990. (Bejerano, 2014) En el año 1998 se celebra el primer congreso internacional de realidad aumentada, el “International Workshop on Augmented Reality 98 IWAR 98” en San Francisco, hoy conocido como el “International Symposium on Mixed and Augmented Reality ISMAR” a cargo de la IEEE y reproducido cada año. En la actualidad esta tecnología es aplicada en el área militar, de publicidad, educación, medicina, construcción, entretenimiento entre otros campos. (Telefonica, 2011)

En este proyecto se aplica la tecnología de realidad aumentada bajo un contexto educativo, histórico y cultural, del departamento Santander, Colombia, mostrando modelos tridimensionales sobre las páginas de un libro y mejorando la experiencia del usuario a través de la aplicación construida como la interacción del lector.

Figura 2: Representación de realidad aumentada sobre un marcador.



Fuente: Elaboración propia.

1.4. MODELOS TRIDIMENSIONALES

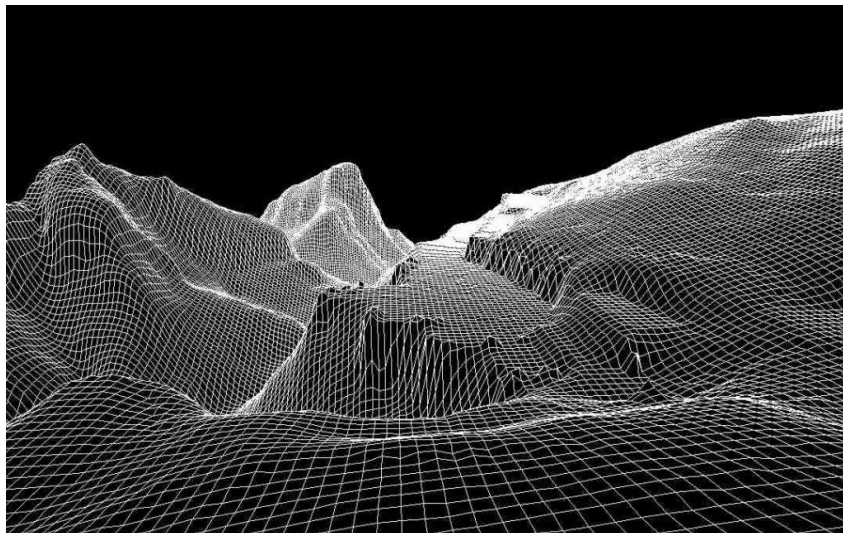
Los elementos inmersivos que se muestran en la pantalla del móvil son modelos tridimensionales que representa un objeto físico del mundo real. La creación de un modelo tridimensional puede ser manual o automática. (Artenet, 2021)

1.4.1. Procesos de modelado manual. Un modelo manual se puede crear a partir de los siguientes procesos: modelado poligonal, modelado de curvas o escultura digital, (Visual 4 Studio, 2019) procesos llevados a cabo en programas como Blender o Maya, o algún otro programa con estos fines.

Modelado poligonal

Este método consiste en construir el modelo 3D a partir de polígonos, y figuras geométricas, tomando como polígono base el triángulo, la distribución de una gran cantidad de estos a lo largo de un espacio tridimensional constituyendo una malla, generando la forma del modelo 3D. (Artenet, 2021)

Figura 3: Modelado poligonal del terreno.

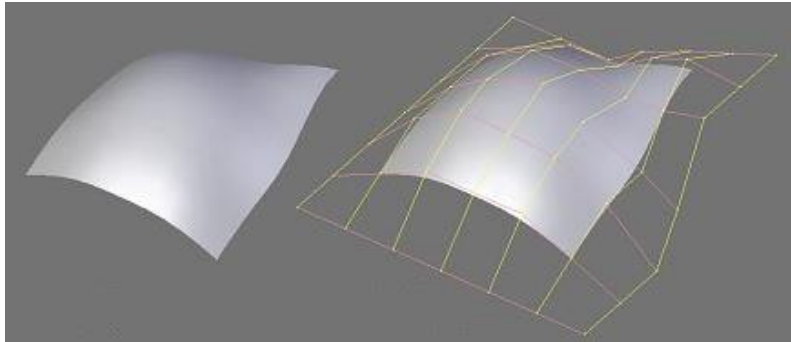


Fuente: <http://siiingenieria.es/services-item/modelos-digitales-terreno/>.

Modelado de curvas

Conocido como modelado Nurbs, consiste en localizar puntos en un espacio tridimensional y curvas que unen esos puntos para crear una superficie del modelo 3D. (Artenet, 2021)

Figura 4: Modelado Nurbs de una superficie

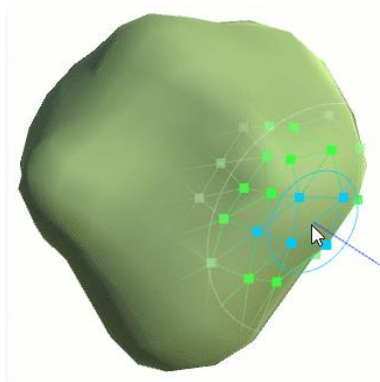


Fuente: <https://www.esi.uclm.es/www/cglez/fundamentos3D/02.02.Tecnicas.html>.

Esculpido digital

En este método, aunque también se empieza con una figura primitiva, se añade más superficie al modelo 3D con acciones de estiramiento, presión o aplastamiento de la malla generada, como si se estuviera esculpiendo en arcilla el mundo real. (Artenet, 2021)

Figura 5: Esculpido digital de un modelo tridimensional.



Fuente: <https://unity3d.com/es/unity/features/worldbuilding/polybrush>.

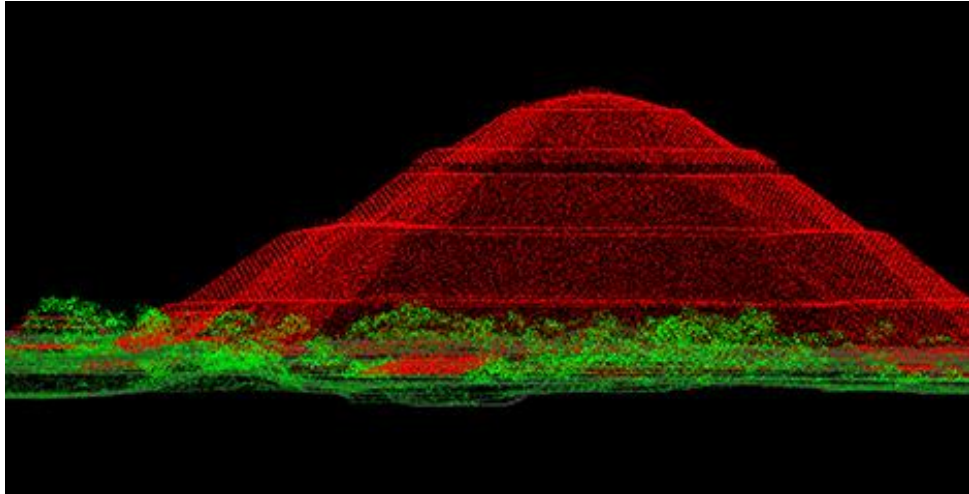
1.4.2. Procesos de modelado automático. En este proyecto los procesos de modelado manual son descartados debido a los altos niveles de detalle que requiere la construcción de un modelo 3D que represente un objeto físico del mundo real. Sin embargo, los métodos manuales son automatizados por algoritmos y descritos en los siguientes procesos para la construcción del modelo 3D.

Un modelado 3D automático es el proceso inverso al manual, para este proceso se requiere un suministro de datos que serán tratados y compilados por un software para recrear las texturas y la geometría de los modelos 3D a través de modelado poligonal, de curvas u otro algoritmo de reconstrucción 3D diferente.

Técnica Lidar

Acrónimo del inglés LIDAR, (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) permite Construir modelos 3D a partir de un escáner laser terrestre, este dispositivo dispara rayos de luz y captura el reflejo de estos al revotar contra las superficies, el dispositivo almacena la distancia, la posición y otros datos referentes al vértice o el punto en que los rayos de luz se reflejan. Cada vértice almacena información como la posición (x,y,z) y el color a través de una cámara fotográfica RGB, gran cantidad de estos vértices ubicados y ordenados con diferentes métodos generan lo conocido como una nube de puntos. (Arcgis, 2020)

Figura 6: Nube de puntos.



Fuente: <https://www.sigsa.info/geotecnologias/lidar/proyecto-mexico-lidar>.

Este proceso de construcción de un modelo tridimensional consta de varias etapas y es una alternativa en la elaboración de modelos 3D complejos y de gran tamaño. Primero, se requiere el escáner laser terrestre para escanear el entorno y que genere los vértices necesarios para la construcción de la nube de puntos, en la actualidad muchas compañías desarrollan estos escáneres y son utilizados en la industria de la geología, sismología y vehicular. Segundo, la nube de puntos generada por el software añadido al escáner maneja un formato '.las' que debe ser exportado a otro software con la capacidad de generar texturas y geometrías para el modelo 3D.

Para este proyecto se usó el escáner RIEGL VZ-200 (Riegl, 2020) para capturar la nube de puntos de las zonas geográficas involucradas en el proyecto y se usó el programa gratuito Meshlab para la reconstrucción de un modelo 3D a partir de la nube de puntos. La ocupación del espacio en memoria, la geometría, la textura y la extensión del modelo 3D que arrojaba este software hacia inviable esta opción, recurriendo a una metodología con un mayor espectro de posibilidades en su reconstrucción 3D.

Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica de construcción de objetos digitales tridimensionales a partir de múltiples fotos en diferentes ángulos de un objeto o una zona, estas fotos generalmente son tomadas con drones y procesadas en softwares para la reconstrucción del modelo tridimensional.

Figura 7: Fotogrametría.



Fuente: <http://geoplanos.cl/fotogrametría/>.

En este proyecto se usó el dron Phantom (Dji, 2020) para el proceso de fotogrametría, y el software Pix4D para crear los modelos tridimensionales, retocándolos al final del proceso en Blender para su posterior incorporación a Unity 3D.

1.5. ENTORNO DE DESARROLLO

El desarrollo del aplicativo móvil “Camino de Santander APP” requiere del uso de diferente software para su construcción, software que permitan una solución viable

a los desafíos técnicos de construir la aplicación. Teniendo en cuenta que la aplicación es para móviles Android y que se va a trabajar con modelos 3D y realidad aumentada, se procede a realizar un análisis de los diferentes softwares en el mercado que se emplearon en el proyecto.

1.5.1. Unity3D. Unity3D es un motor de desarrollo de contenido interactivo para múltiples plataformas, este software es usado tanto para el desarrollo de videojuegos como de contenido multimedia que implique el trabajo con realidad aumentada, como lo son el desarrollo de aplicaciones para móviles, animaciones para cine, entre otras áreas. Unity permite la programación en el lenguaje C# e integrarse con múltiples SDK y plataformas para contribuir a la elaboración de un mejor producto. (Unity, 2020)

En este proyecto se usa Unity como principal herramienta para el desarrollo de la aplicación móvil “Caminos de Santander APP”, desarrollando en esta los principales requerimientos de la aplicación.

1.5.2. Android Studio. es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones Android y se basa en IntelliJ IDEA, desarrollando aplicaciones mediante el lenguaje de etiquetas XML y el lenguaje de programación Java o Kotlin. (Developer Android, 2020)

Este proyecto usa este IDE para crear plugin anexos a Unity 3D que permiten el desarrollo y requerimientos como la captura de las coordenadas GPS, la captación e impresión de pantalla.

1.5.3. Vuforia. Es un kit de desarrollo de software (SDK) para realidad aumentada que permite la integración tanto con Android Studio como con Unity 3D. Este SDK es usado en este proyecto para anexar la realidad aumentada a la aplicación y lograr la compenetración entre modelos tridimensionales, GUI y la misma realidad aumentada. (Vuforia, 2020)

Este SDK ofrece múltiples herramientas para trabajar con realidad aumentada, usando tanto targets como objetos o el reconocimiento del mismo entorno dependiendo del hardware del dispositivo en que se ejecuta Vuforia. Este proyecto uso la herramienta de Image Target para la implementación de la realidad aumentada en la aplicación a través de las páginas del libro.

Image Target

Esta herramienta reconoce imágenes que Vuforia puede detectar y rastrear. El motor detecta la imagen y la compara con una imagen de una base de datos conocida. Una vez que se detecta el objetivo (la imagen), Vuforia rastreará la imagen y reproduce el contenido de realidad aumentada sobre ella.

Vuforia necesita de una base de datos para saber que imágenes son los targets y cuáles no, esta base de datos es creada desde una plataforma web que el mismo SDK proporciona y las imágenes en esta BD son PNG y JPG con un tamaño máximo a 2,25MB y un ancho mínimo de 320px.

Los objetivos o imágenes deben ser nítida cuando se hace la captación del elemento, en este caso la cámara del móvil, entre más contrastes de color presente la imagen objetivo, más vértices y más figuras geométricas se tengan, los resultados del reconocimiento mejoran durante la comparación con la base de datos.

Este proyecto usa como targets imágenes de las páginas del libro ‘Caminos de Santander’, la selección de las imágenes fue estratégico para la inducción de la realidad aumentada en el aplicativo móvil.

Figura 8: Image Target.



Fuente: <https://library.vuforia.com/features/images/image-targets.html>.

1.5.4. GitHub. Es una plataforma para el control de versiones, donde se puede crear, alojar, administrar y revisar códigos, proyectos, software de forma colaborativa. Es una herramienta para el trabajo en equipo, resolviendo problemas de caos en el código y uniendo sin errores las partes desarrolladas por cada programador. Igualmente revierte el código no deseado y admite el histórico entre las distintas versiones. (Github, 2020)

1.5.5. Illustrator. Illustrator es un software de diseño y edición gráfica vectorial, la aplicación “camino de Santander APP” requiere de una GUI que proporcione una buena experiencia de usuario, esta GUI y todos sus componentes; background, iconografía, logos, splash screen fueron diseñados por medio de este software.

1.6. ARQUITECTURA DE SOFTWARE

1.6.1. Diseño modular. El software se divide en módulos independientes que dan solución a los diferentes requerimientos del software, o se comunican entre ellos para abordar otros requerimientos, haciendo fácil la incorporación de futuros requerimientos, actualizaciones o modificaciones del software. considerando esto una buena práctica de programación. (Virtual.itca, 2020)

1.6.2. Modelo vista controlador (MVC). Es un patrón de arquitectura de software que utiliza tres componentes para separar la lógica y estructura de la aplicación. es decir, se separa en tres módulos; la vista (interfaz), el modelo (datos) y el controlador (controla los datos exhibidos en la interfaz). Este modelo de desarrollo es una buena práctica de ingeniería, haciendo más limpio y ordenado el código y su estructura a la vez que facilita su entendimiento y mantenimiento. (Uriel, 2015)

ESTADO DEL ARTE

Las aplicaciones de realidad aumentada han ido ganando terreno en todos sus sectores de aplicación, en el ámbito educativo la tienda de aplicaciones de Google ofrece en la actualidad diferentes aplicaciones de realidad aumentada, tanto para libros interactivos como para experimentación y entretenimiento didáctico.

Bajo los requerimientos de la aplicación construida en este proyecto y las aplicaciones ofertadas en la actualidad se recopiló información para construir una interfaz de usuario que se adapte a una aplicación que busca componer un libro y realidad aumentada.

En la búsqueda de referentes se consultaron aplicaciones de realidad aumentada como Augment, (Augment, 2020) Loqueleo, (Loqueleo, 2020) TableZombies Augmented Reality, (RA Zombies Tabla, 2020) The Tiny PrinceAR, (El principito RA, 2020) ARcuerpohumano, (Cuerpo humano RA, 2020) ARdinosaurios, (Dinosaurios AR, 2020) y Telegram, (Telegram, 2020) que, aunque no es una aplicación de realidad aumentada, proporciona referentes para la distribución de las preferencias de usuario en la interfaz principal.

De esta búsqueda se rescatan características de una aplicación como son conectarse a la aplicación por medio de Facebook o Google, tener un botón que lleve directamente al enlace de la PlayStore o de descarga de la misma aplicación para compartir, descargar o dejar una reseña, habilitar o deshabilitar el sonido y la impresión de pantalla sobre un modelo 3D, y la interacción intuitiva con el modelo.

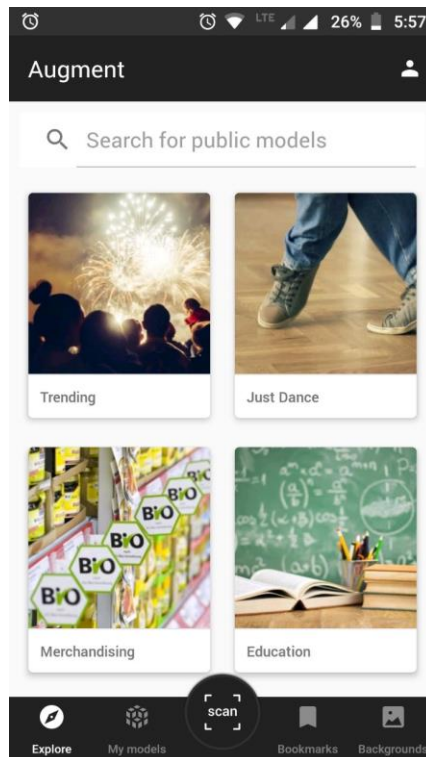
A continuación, se describen las dos aplicaciones principales que influyeron en el diseño de la aplicación 'Camino de Santander APP' y la distribución de la visualización de realidad aumentada.

1.7. AUGMENT

Es una plataforma web con aplicación para móviles Android que cuenta con diferentes herramientas de realidad aumentada, algunas características que se tuvieron en cuenta de esta aplicación para el desarrollo de 'Camino de Santander APP' son:

1. Representación de los modelos tridimensionales a visualizar.
2. Autenticación del usuario.
3. Botones de interacción con los modelos.
4. Forma de visualización de modelos 3D.

Figura 9: Aplicación Augment.



Fuente: Captura de pantalla de la aplicación Augment.

1.8. LOQUELEO

Es un proyecto de literatura infantil que implementa realidad aumentada para hacer libros interactivos, cuenta con plataforma web y aplicación móvil para la visualización de sus modelos en los libros, algunas características de esta aplicación son:

1. Menú interactivo que permite ver los créditos.
2. Guía de cómo usar la aplicación.
3. Retroalimentación al momento de enfocar el libro.
4. Interfaz intuitiva.
5. Menú de ayuda.

Figura 10: Ventana principal de la aplicación “Loqueleo”



Fuente: Captura de pantalla de la ventana principal de la aplicación “Loqueleo”

Figura 11: Ventana de ayuda de la aplicación “Loqueleo”



Fuente: Captura de pantalla de la ventana de ayuda de la aplicación “Loqueleo”

Figura 12: Ventana de realidad aumentada de la aplicación “Loqueleo”

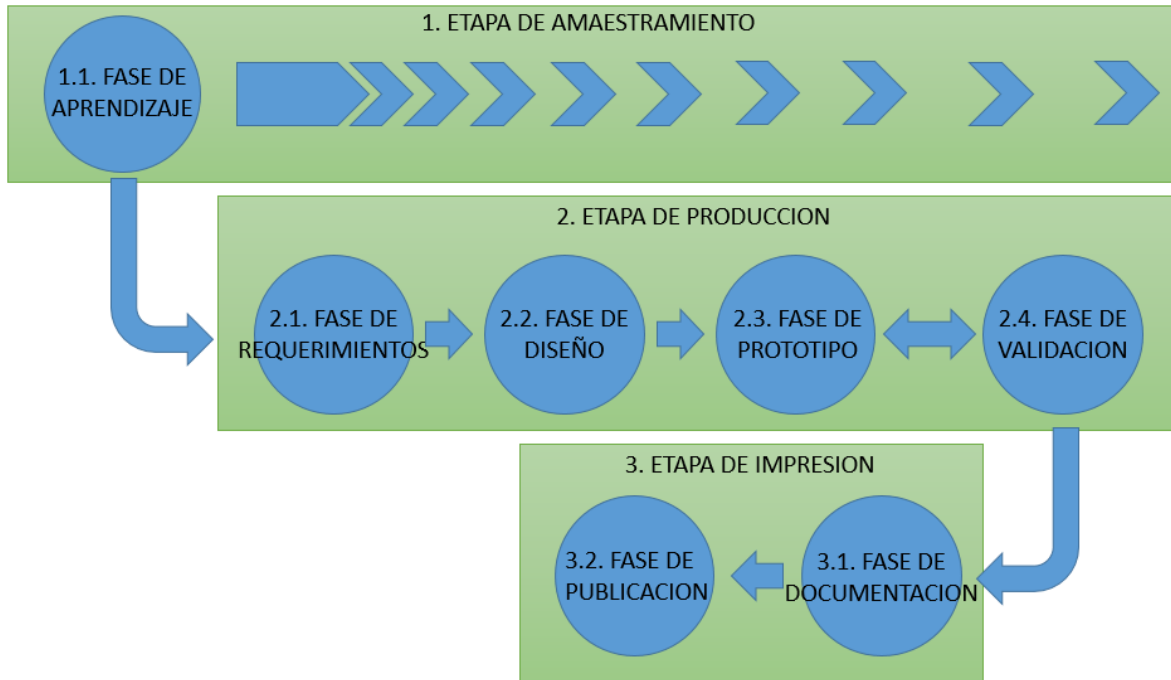


Fuente: Captura de pantalla de la ventana de realidad aumentada de la aplicación “Loqueleo”

METODOLOGÍA

En la siguiente imagen, se plantean y describen las diferentes etapas del proyecto.

Figura 13: Metodología del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

El aplicativo es desarrollado en tres etapas: amaestramiento, producción e impresión, cada etapa está compuesta por diferentes fases para el alcance del prototipo de aplicación.

A continuación, se presenta de forma jerárquica y detallada los objetivos a cumplir de cada etapa, las fases, las actividades a realizar en cada fase y los productos que se entregan al final de cada etapa o fase.

1.9. ETAPA DE AMAESTRAMIENTO

Esta etapa es donde se asimilan los parámetros básicos de todos los programas y procesos a usar a lo largo del proyecto, pero es una etapa que no tiene un ciclo cerrado, puesto que a medida que avanza el proyecto se adquiere nuevo conocimiento para la solución de tareas más complejas.

1.9.1. Fase de aprendizaje. En esta fase se asimila de forma básica y avanzada todas las herramientas de trabajo; Unity 3D, Android Studio, SDK de Vuforia, Blender, Pix4D. y el proceso de fotogrametría para la reconstrucción de modelos 3D.

Actividades realizadas

1. Cursos básicos y avanzados de Unity 3D realizados en la plataforma de Udeemy.
2. Consulta y realización de la reconstrucción de un modelo 3D a partir de la técnica de fotogrametría usando el software Pix4D.
3. Curso básico y avanzado del software Blender para edición de modelos 3D.
4. Consulta e investigación de los SDK que permiten manejar y gestionar la realidad aumentada dentro de la aplicación con base en los requerimientos que tendrá la aplicación.

Productos entregados

1. Una aplicación de iniciación que contenga un modelo 3D obtenido por fotogrametría y permita visualizar el modelo 3D desde un target o imagen física.

1.10. ETAPA DE PRODUCCIÓN

Esta etapa tiene distintas fases para la reconstrucción de modelos 3D, el desarrollo y la creación de la aplicación, la interconectividad entre la realidad aumentada y la interfaz gráfica intuitiva que promueva una experiencia de usuario

satisfactoria al lector, las evaluaciones de mejora de una experiencia de usuario y la validación de un buen y correcto funcionamiento del aplicativo.

1.10.1. Fase de requerimientos. En primer lugar, se generan los requerimientos a través de historias de usuario

Actividades realizadas

1. Definir los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación.

Productos entregados

1. Documento de requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación, apreciables en el apartado estructura software de este documento.

1.10.2. Fase de diseño. Se crea un boceto de la interfaz gráfica, la navegación y la interacción entre el usuario y el entorno gráfico del aplicativo, cómo es la interacción con el modelo 3D y la realidad aumentada, gestionando los lugares y apartados disponibles dentro del aplicativo.

Actividades realizadas

1. Realizar boceto del apartado gráfico del aplicativo (Mockup) y la redacción de sus interacciones y navegación.
2. Definir localidades donde se encontrarán las principales fusiones de la aplicación.
3. Realizar un prototipo de interfaz gráfica navegable con Unity3D, que cumpla con los requisitos definidos para la aplicación.

Productos entregados

1. Prototipo de interfaz gráfica de navegación para dispositivo móvil.

1.10.3. Fase de prototipado. En esta fase se realiza la reconstrucción de modelos 3D a partir de la técnica de fotogrametría para exhibir diferentes objetos en la aplicación. El boceto de la interfaz gráfica se lleva a Unity, y se agrega interactividad, se interconecta la funcionalidad de realidad aumentada y la interfaz gráfica.

Actividades realizadas

1. Reconstrucción de modelos 3D a partir de la técnica de fotogrametría de los objetos físicos reales a visualizar en la aplicación.
2. Desarrollo de la interfaz gráfica de navegación desde el motor de desarrollo Unity
3. Planteamiento de un proceso para la visualización e interacción con los modelos 3D.
4. Gestión y desarrollo de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación.

Productos entregados

1. Prototipo de la aplicación con el correcto funcionamiento de los requerimientos funcionales y no funcionales definidos en la fase de requerimientos.

1.10.4. Fase de validación. Este proceso no solo define y valida que la aplicación y sus funcionalidades estén comportándose de forma correcta, también evalúa la aplicación de realidad aumentada con el proyecto 'Caminos de Santander' y se realizan depuraciones para mejorar la experiencia del usuario de la aplicación.

Actividades realizadas

1. Realizar pruebas de usabilidad para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación y concordancia con los requisitos preestablecidos.

2. Evaluar la experiencia de usuario - UX mediante métodos de inspección, indagación y test.
3. Comparar los resultados obtenidos con evaluaciones de otras aplicaciones de realidad aumentada relacionadas con la experiencia de usuario. aumentada.

Productos entregados

1. Documentación de los datos recopilados y análisis de resultados, presentes en este documento
2. Prototipo de aplicación final con bugs corregidos.

1.11. ETAPA DE IMPRESIÓN

En esta etapa se crea la documentación necesaria para la entrega del libro referente al proyecto y la documentación necesaria para la usabilidad de la aplicación, conocida como manual de usuario. Lo anterior, compaginado en un mismo documento y suministrados en el proceso de producción del aplicativo móvil.

Posteriormente, se publica la aplicación en la nube para la difusión y usabilidad por parte de los consumidores finales o lectores del libro.

1.11.1. Fase de documentación. Al final de cada fase se recopilan entregables. En esta fase se compilan y se agrupan los entregables de forma coherente en un solo documento, con el fin de generar una documentación de las etapas del proyecto.

Actividades realizadas

1. Recopilación de los entregables de las fases anteriores.
2. Estructuración del documento final entregable del proyecto.

Productos entregados

1. Libro del proyecto de grado, manual de usuario y manual técnico o del desarrollador.

1.11.2. Fase de publicación. En esta última fase se procede a generar espacio en la nube para publicar la aplicación a los consumidores finales.

Actividades realizadas

1. Disposición del espacio en la nube de cómputo para el almacenamiento de la aplicación.
2. Gestionar el proceso de publicación de la aplicación.

Productos entregados

1. Aplicación final publicada en internet.

ESTRUCTURA SOFTWARE

A continuación, se muestra la lista de requerimientos del proyecto, el proceso por parte del usuario para el uso de las funcionalidades implementadas en la aplicación y el proceso de construcción de la aplicación.

1.12. REQUERIMIENTOS

1.12.1. Métricas

Tabla 1: Métricas de requerimientos.

Métricas de los requerimientos		
Criterios	Prioridad	Complejidad
métricas	Escala del 1 al 5. Donde 1 es de mayor prioridad y 5 es de menor prioridad.	Escala del 1 al 5. Donde 1 es menor complejidad y 5 es mayor complejidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Métrica de complejidad

Métricas para la complejidad	
Tarea	Complejidad
La función por implementar lleva a un enlace externo.	1
La función por implementar usa realidad aumentada.	2
La función por implementar requiere un algoritmo sencillo para su funcionamiento.	3
La función por implementar requiere un algoritmo complejo para su funcionamiento.	4
La función por implementar requiere servicios	5

Métricas para la complejidad	
externos a la app.	

Fuente: Elaboración propia.

1.12.2. Requerimientos funcionales

RF-01

Tabla 3: Requerimiento funcional 01.

ID	RF01	Nombre	Visualización con Targets.	
Complejidad	2	Prioridad	1	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
Los modelos 3D deben visualizarse sobre el libro implementando realidad aumentada y usando como targets imágenes del libro.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RF-02

Tabla 4: Requerimiento funcional 02.

ID	RF02	Nombre	Visualización sin Targets.	
Complejidad	3	Prioridad	3	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
Los modelos 3D deben poderse visualizar a voluntad del usuario sin necesidad de un target ni de realidad aumentada.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RF-03

Tabla 5: Requerimiento funcional 03.

ID	RF03	Nombre	Rotación con gesto táctil.	
Complejidad	4	Prioridad	2	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
El modelo 3D debe rotar sobre su eje según sea el sentido donde el usuario realice contacto sobre la pantalla del dispositivo móvil.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RF-04

Tabla 6: Requerimiento funcional 04.

ID	RF04	Nombre	Visualización 360°.	
Complejidad	2	Prioridad	1	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
El modelo 3D debe visualizarse desde todos los ángulos a medida que el usuario gira la cámara sobre el target.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RF-05

Tabla 7: Requerimiento funcional 05.

ID	RF05	Nombre	Zoom con gesto táctil.	
Complejidad	4	Prioridad	2	
Usuarios	Usuario.			

Descripción
El modelo 3D debe acercarse o alejarse de la cámara si el usuario hace un gesto de pellizco en la pantalla.
Consideraciones

Fuente: Elaboración propia.

RF-06

Tabla 8: Requerimiento funcional 06.

ID	RF06	Nombre	Información relevante sobre los modelos.	
Complejidad	3	Prioridad	3	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
La interfaz gráfica donde se visualiza el modelo 3D debe contener información sobre el modelo que se está visualizando.				
Consideraciones				
La información adicional debe ser acorde a la temática del libro.				

Fuente: Elaboración propia.

RF-07

Tabla 9: Requerimiento funcional 07.

ID	RF07	Nombre	Libro digital.	
Complejidad	4	Prioridad	4	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
La aplicación debe permitir que el usuario pueda entrar a leer el libro de forma digital.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RF-08

Tabla 10: Requerimiento funcional 08.

ID	RF08	Nombre	Preferencia de usuario.	
Complejidad	1	Prioridad	5	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
La aplicación debe tener un apartado donde el usuario pueda acceder a las configuraciones de sonido, notificación, autenticación.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RF-09

Tabla 11: Requerimiento funcional 09.

ID	RF09	Nombre	Ayuda.	
Complejidad	1	Prioridad	5	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
Debe existir un botón de ayuda donde el usuario pueda ver cómo usar las diferentes funcionalidades de aplicación.				
Consideraciones				
Preferiblemente que el botón visible y de rápido acceso al usuario. La ayuda debe ser intuitiva y práctica.				

Fuente: Elaboración propia.

RF-10

Tabla 12: Requerimiento funcional 10.

ID	RF10	Nombre	Captura de pantalla.	
-----------	-------------	---------------	----------------------	--

Complejidad	3	Prioridad	5
Usuarios	Usuario.		
Descripción			
La aplicación debe contar con un botón para realizar impresión de pantalla de forma rápida cuando se visualizan los modelos 3D.			
Consideraciones			

Fuente: Elaboración propia.

RF-11

Tabla 13: Requerimiento funcional 11.

ID	RF11	Nombre	Autenticación.	
Complejidad	5	Prioridad	4	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
Autenticación de usuario mediante cuentas de servicios en la nube como el correo electrónico de Google.				
Consideraciones				
Permite acceder a más funcionalidades de la aplicación para motivar al usuario a autenticarse.				

Fuente: Elaboración propia.

RF-12

Tabla 14: Requerimiento funcional 12.

ID	RF12	Nombre	Enlace web.	
Complejidad	1	Prioridad	5	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
Debe existir un botón que redirija al usuario a la página web oficial del libro.				

Consideraciones

Fuente: Elaboración propia.

RF-13

Tabla 15: Requerimiento funcional13.

ID	RF13	Nombre	Sonido.	
Complejidad	3	Prioridad	5	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
Debe existir un botón que active y desactive la música de ambientación de la aplicación.				
Consideraciones				
Preferiblemente si este botón se encuentra dentro del apartado de preferencias de usuario.				

Fuente: Elaboración propia.

RF-14

Tabla 16: Requerimiento funcional 14.

ID	RF14	Nombre	Notificación GPS.	
Complejidad	5	Prioridad	5	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
La aplicación debe enviar una notificación cuando detecta que el usuario se encuentra dentro de los límites de una zona geográfica determinada.				
Consideraciones				
Preferiblemente si la aplicación cuenta con un botón dentro del apartado de preferencias para activar o desactivar el envío de estas notificaciones.				

Fuente: Elaboración propia.

RF-15

Tabla 17: Requerimiento funcional 15.

ID	RF15	Nombre	Barra de avance de carga	
Complejidad	2	Prioridad	5	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
La aplicación debe mostrar una barra o porcentaje del avance de carga de cada elemento de la aplicación para informar al usuario.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

1.12.3. Requerimientos no funcionales

RNF-01

Tabla 18: Requerimiento no funcional 01.

ID	RNF01	Nombre	Interfaz gráfica	
Complejidad	3	Prioridad	2	
Usuarios	Usuario.			
Descripción				
La GUI debe facilitar la navegabilidad y la integración de la realidad aumentada con la aplicación.				
Consideraciones				

Fuente: Elaboración propia.

RNF-02

Tabla 19: Requerimiento no funcional 02.

ID	RNF02	Nombre	Compatibilidad	
Complejidad	3	Prioridad	2	
Usuarios	Usuario.			

Descripción
La aplicación debe ser compatible con más de una arquitectura hardware del dispositivo móvil en Android.
Consideraciones

Fuente: Elaboración propia.

RNF-03

Tabla 20: Requerimiento no funcional 03.

ID	RNF03	Nombre	Parametrización	
Complejidad	4	Prioridad	1	
Usuarios	Sistema			
Descripción				
La aplicación debe contar con parametrización a nivel de información y textos referentes a los modelos 3D y la aplicación general.				
Consideraciones				
Facilitar el proceso de actualización				

Fuente: Elaboración propia.

1.12.4. Resumen de requerimientos

Tabla 21: Resumen de requerimiento.

ID	Nombre
RF01	Visualización con Targets.
RF02	Visualización sin Targets.
RF03	Rotación con gesto táctil.
RF04	Visualización 360.
RF05	Zoom con gesto táctil.
RF06	Información relevante sobre los modelos.
RF07	Libro digital.

RF08	Preferencia de usuario.
RF09	Ayuda.
RF10	Captura de pantalla.
RF11	Autenticación.
RF12	Enlace web.
RF13	Sonido.
RF14	Notificación GPS.
RF15	Barra de avance de carga
RNF01	Interfaz gráfica
RNF02	Compatibilidad
RNF03	Parametrización

Fuente: Elaboración propia.

1.13. INTERFAZ CLIENTE-USUARIO

1.13.1. Métricas

Tabla 22: Métricas para la historia de usuario.

Métricas de las historias de usuario			
Crterios	Prioridad	Riesgo	Esfuerzo
métricas	Alta, Media, Baja	Alta, Media, Baja	Escala del 1 al 5. Donde 1 es menor esfuerzo y 5 es mayor esfuerzo.

Fuente: Elaboración propia.

1.13.2. Historias de usuario

HU-001

Tabla 23: Historia de usuario 001.

ID:	001	Nombre:	Visualizar modelos 3D con el libro.
Requerimiento:	Visualización con Targets.	ID/Requerimiento:	RF01

Esfuerzo:	2	Riesgo en desarrollo:	Alta
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Alta
Descripción:	El usuario quiere visualizar modelos 3D sobre imágenes del libro para obtener una mejor retroalimentación de la información presente en el libro.		
Prueba de aceptación:	El usuario apunta con la cámara de su dispositivo móvil a una imagen de una página determinada del libro y puede visualizar un modelo 3D sobre esa imagen.		

Fuente: Elaboración propia.

HU-002

Tabla 24: Historia de usuario 002.

ID:	002	Nombre:	Visualizar modelos 3D sin el libro.	
Requerimiento:	Visualización sin Targets.	ID/Requerimiento:	RF02	
Esfuerzo:	3	Riesgo en desarrollo:	Alta	
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Media	
Descripción:	El usuario quiere conocer y visualizar cuales son los diferentes modelos 3D que tiene la aplicación para poderlos visualizar posteriormente sobre el libro.			
Prueba de aceptación:	el usuario selecciona de una lista el modelo 3D que desea y puede visualizarlo dentro de la aplicación sin necesidad de apuntar con la cámara hacia el libro.			

Fuente: Elaboración propia.

HU-003

Tabla 25: Historia de usuario 003.

ID:	003	Nombre:	Leer libro digital.	
Requerimiento:	Libro digital		ID/Requerimiento:	RF07
Esfuerzo:	4		Riesgo en desarrollo:	Media
Usuario:	Usuario.		Prioridad en negocio:	Media
Descripción:	El usuario quiere leer el libro, pero no lo tiene en físico.			
Prueba de aceptación:	El usuario ingresa al módulo de lectura de libro y este es cargado para que el usuario puede leerlo.			

Fuente: Elaboración propia.

HU-004

Tabla 26: Historia de usuario 004.

ID:	004	Nombre:	Activar y desactivar sonido.	
Requerimiento:	Sonido.		ID/Requerimiento:	RF13
Esfuerzo:	1		Riesgo en desarrollo:	Baja
Usuario:	Usuario.		Prioridad en negocio:	Baja
Descripción:	El usuario quiere habilitar o deshabilitar el sonido			
Prueba de aceptación:	El usuario presiona un botón para habilitar o deshabilitar el sonido según sea el caso.			

Fuente: Elaboración propia.

HU-005

Tabla 27: Historia de usuario 005.

ID:	005	Nombre:	Abrir ayuda.	
Requerimiento:	Ayuda.		ID/Requerimiento:	RF09

Esfuerzo:	1	Riesgo en desarrollo:	Baja
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Media
Descripción:	El usuario desea saber lo que puede hacer la aplicación para interactuar con las funcionalidades de la aplicación.		
Prueba de aceptación:	El usuario presiona un botón que le brinda ayuda sobre lo que permite la aplicación.		

Fuente: Elaboración propia.

HU-006

Tabla 28: Historia de usuario 006.

ID:	006	Nombre:	Autenticación con Google	
Requerimiento:	Autenticación.	ID/Requerimiento:	RF11	
Esfuerzo:	5	Riesgo en desarrollo:	Alta	
Usuario:	Cliente	Prioridad en negocio:	Baja	
Descripción:	El usuario quiere acceder con Google a la aplicación para tener acceso a las funcionalidades que no están activas sin autenticarse.			
Prueba de aceptación:	El usuario oprime un botón en la sección de preferencias de usuario y este se autentica con Google dentro de la aplicación para permitir acceder a otras funcionalidades e información.			

Fuente: Elaboración propia.

HU-007

Tabla 29: Historia de usuario 007.

ID:	007	Nombre:	Activar y desactivar notificación GPS.	
------------	-----	----------------	--	--

Requerimiento:	Notificación GPS.	ID/Requerimiento:	RF14
Esfuerzo:	5	Riesgo en desarrollo:	Alta
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Baja
Descripción:	El usuario puede activar o desactivar la notificación GPS que arroja la aplicación si está cerca de alguna zona geográfica donde se captó algún modelo 3D presente en la aplicación		
Prueba de aceptación:	El usuario oprime un botón en la sección de preferencias de usuario y este activa o desactiva la notificación GPS según sea el caso.		

Fuente: Elaboración propia.

HU-008

Tabla 30: Historia de usuario 008.

ID:	008	Nombre:	Redireccionar página UIS	
Requerimiento:	Enlace web.	ID/Requerimiento:	RF12	
Esfuerzo:	1	Riesgo en desarrollo:	Baja	
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Baja	
Descripción:	El usuario quiere ser redirigido a la página web de la Universidad Industrial de Santander https://www.uis.edu.co			
Prueba de aceptación:	El usuario oprime la palabra UIS de color verde que aparece en la GUI y confirma la redirección en una ventana de alerta para el redireccionamiento al navegador web.			

Fuente: Elaboración propia.

HU-009

Tabla 31: Historia de usuario 009.

ID:	009	Nombre:	Redireccionar página del libro	
Requerimiento:	Enlace web.		ID/Requerimiento:	RF12
Esfuerzo:	1		Riesgo en desarrollo:	Baja
Usuario:	Usuario.		Prioridad en negocio:	Baja
Descripción:	El usuario quiere ser redirigido a la página web del libro “Caminos de Santander” https://caminosdesantander.uis.edu.co .			
Prueba de aceptación:	El usuario oprime el botón para ir a la web del libro en el listado de preferencias y confirma la redirección en una ventana de alerta.			

Fuente: Elaboración propia.

HU-010

Tabla 32: Historia de usuario 010.

ID:	010	Nombre:	Visualizar información de los modelos 3D	
Requerimiento:	Información relevante sobre los modelos.		ID/Requerimiento:	RF06
Esfuerzo:	2		Riesgo en desarrollo:	Medio
Usuario:	Usuario.		Prioridad en negocio:	Alta
Descripción:	El usuario puede visualizar en pantalla la información relevante, relacionada con el modelo tridimensional.			
Prueba de aceptación:	El usuario oprime un botón en la parte derecha de la pantalla que solo es visible si un modelo 3D se está mostrando en pantalla, y este le permite ver la información relacionada al			

	modelo.
--	---------

Fuente: Elaboración propia.

HU-011

Tabla 33: Historia de usuario 011.

ID:	011	Nombre:	Impresión de pantalla o Screenshot
Requerimiento:	Captura de pantalla.	ID/Requerimiento:	RF10
Esfuerzo:	4	Riesgo en desarrollo:	Alto
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Baja
Descripción:	El usuario quiere tomar una captura de pantalla de lo observado en la aplicación en cualquier momento de visualización del modelo 3D.		
Prueba de aceptación:	El usuario presiona un botón en la parte izquierda de la pantalla y este genera una captura de pantalla que se guarda automáticamente en la galería de archivos del dispositivo móvil.		

Fuente: Elaboración propia.

HU-012

Tabla 34: Historia de usuario 012.

ID:	012	Nombre:	Barra de avance de carga
Requerimiento:	Barra de avance	ID/Requerimiento:	RF15
Esfuerzo:	4	Riesgo en desarrollo:	Medio
Usuario:	Usuario.	Prioridad en negocio:	Baja
Descripción:	El usuario puede visualizar una barra de avance de carga de los objetos de la aplicación o cuando va a visualizar los		

	modelos 3D, con el fin de avisar al usuario.
Prueba de aceptación:	Cuando el usuario abre la aplicación o algún objeto de la aplicación (Modelos 3D) se despliega una barra de carga de avance.

Fuente: Elaboración propia.

1.13.3. Casos de uso

CU-001

Tabla 35: Caso de uso 001.

ID:	001	Nombre:	Visualizar modelos 3D sobre imágenes del libro.
Requerimiento:	Visualización con Targets.	ID/Requerimiento:	RF01
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario visualiza un modelo 3D sobre una imagen determinada del libro.		
Precondiciones:	Disposición del libro y dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean		
Postcondiciones:			
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario navega con las flechas de navegación y escoge la opción 'anima tu libro'. 3. La aplicación toma control de la cámara posterior del celular. 4. El usuario apunta con la cámara a una imagen en el libro. 5. La aplicación reconoce la imagen dentro de su base de datos y posiciona un modelo 3D sobre la imagen. 		
Flujos alternativos:			

Fuente: Elaboración propia.

CU-002

Tabla 36: Caso de uso 002.

ID:	002	Nombre:	Visualizar modelos 3D sin usar el libro.
------------	-----	----------------	--

Requerimiento:	Visualización sin Targets.	ID/Requerimiento:	RF02
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario visualiza un modelo 3D dentro de un apartado en la misma aplicación.		
Precondiciones:	Disposición de un dispositivo móvil con la aplicación instalada y Autenticado con Google.		
Postcondiciones:			
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario navega con las flechas de navegación y escoge la opción 'visualizador de modelos 3D'. 3. El usuario presiona el botón de preferencias (ubicado en la parte superior de la pantalla) y selecciona el botón 'Lista de modelos'. 4. La aplicación carga en un listado todos los modelos 3D que tiene. 5. El usuario selecciona del listado el primer modelo 3D. 6. La aplicación le muestra al usuario el modelo 3D seleccionado. 		
Flujos alternativos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario navega con las flechas de navegación y escoge la opción 'visualizador de modelos 3D'. 3. El usuario presiona el botón de preferencias (ubicado en la parte superior de la pantalla) y selecciona el botón 'Lista de modelos'. 4. La aplicación carga en un listado todos los modelos 3D que tiene. 5. El usuario selecciona del listado cualquier modelo 3D diferente al primero. 6. La aplicación le pide al usuario que se autentique con Google y le da la opción de hacerlo inmediatamente. 7. El usuario se autentica. 8. La aplicación le muestra al usuario el modelo 3D seleccionado. 		

Fuente: Elaboración propia.

CU-003

Tabla 37: Caso de uso 003.

ID:	003	Nombre:	Lectura del libro digital
Requerimiento:	Libro digital.	ID/Requerimiento:	RF07
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario accede al libro de forma digital dentro de un apartado en la misma aplicación.		
Precondiciones:	Estar autenticado con Google.		
Postcondiciones:	El usuario queda autenticado con Google.		
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación.2. El usuario navega con las flechas de navegación y escoge la opción 'Leer libro'.3. La aplicación carga el libro de forma digital.4. El usuario puede leer el libro y pasar las páginas		
Flujos alternativos:	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación.2. El usuario se dirige al apartado de preferencias de usuario.3. El usuario selecciona 'autenticarse con Google.4. El usuario vuelve a seleccionar la opción 'Leer Libro'.5. El usuario puede leer el libro y pasar paginas entre una y otra'.		

Fuente: Elaboración propia.

CU-004

Tabla 38: Caso de uso 004.

ID:	004	Nombre:	Abrir ayuda
Requerimiento:	Ayuda.	ID/Requerimiento:	RF09
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario accede a la ayuda de la ventana en la que se encuentre.		
Precondiciones:	Disposición del dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean		
Postcondiciones:			

Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario presiona el botón superior izquierdo 'Preferencias' 2. El usuario selecciona el botón 'Ayuda' 3. El usuario visualiza la ayuda 4. El usuario presiona el botón 'OK'
Flujos alternativos:	

Fuente: Elaboración propia.

CU-005

Tabla 39: Caso de uso 005.

ID:	005	Nombre:	Activar / Desactivar Sonido
Requerimiento:	Sonido.	ID/Requerimiento:	RF13
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario accede al apartado de configuración y pulsa el botón de 'Sonido'		
Precondiciones:	Disposición del dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean		
Postcondiciones:			
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario ingresa al apartado de preferencias. 3. El usuario presiona el botón de preferencias 4. La aplicación activa o desactiva los sonidos dependiendo del estado previo 		
Flujos alternativos:			

Fuente: Elaboración propia.

CU-006

Tabla 40: Caso de uso 006.

ID:	006	Nombre:	Activar / Desactivar GPS
Requerimiento:	Notificación GPS.	ID/Requerimiento:	RF14
Actores:	Usuario.		

Descripción:	El usuario accede al apartado de preferencias y pulsa el botón de 'activación GPS'
Precondiciones:	Disposición del dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean
Postcondiciones:	
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario ingresa al apartado de preferencias 3. El usuario presiona el botón de 'Activación GPS' 4. La aplicación muestra una alerta de lo que pasara 5. El usuario confirma la activación GPS 6. La aplicación Activa o desactiva la geolocalización GPS dependiendo del estado previa de la misma.
Flujos alternativos:	

Fuente: Elaboración propia.

CU-007

Tabla 41: Caso de uso 007.

ID:	007	Nombre:	Redireccionar a enlace externo de la UIS
Requerimiento:	Enlace web.	ID/Requerimiento:	RF12
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario en la misma ventana de inicio pulsa sobre la palabra que dice "UIS"		
Precondiciones:	Disposición del dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean		
Postcondiciones:			
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario pulsa sobre la palabra UIS 3. La aplicación muestra un mensaje que le indica al usuario que será redireccionado a otra aplicación 4. El usuario confirma la redirección. 		
Flujos alternativos:			

Fuente: Elaboración propia.

CU-008

Tabla 42: Caso de uso 008.

ID:	008	Nombre:	Redireccionar a enlace de la página del libro	
Requerimiento:	Enlace web.	ID/Requerimiento:	RF12	
Actores:	Usuario.			
Descripción:	El usuario accede al apartado de preferencias y pulsa el botón de “ir a la web del libro”			
Precondiciones:	Disposición del dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean			
Postcondiciones:				
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario descarga y ejecuta la aplicación. 2. El usuario ingresa al apartado de preferencias 3. El usuario pulsa sobre el botón ‘Ir a la página del libro’ 4. La aplicación muestra un mensaje que le indica al usuario que será redireccionado a otra aplicación 5. El usuario confirma la redirección. 			
Flujos alternativos:				

Fuente: Elaboración propia.

CU-009

Tabla 43: Caso de uso 009.

ID:	009	Nombre:	Visualización de información referente a modelos 3D	
Requerimiento:	Información relevante sobre los modelos.	ID/Requerimiento:	RF06	
Actores:	Usuario.			
Descripción:				
Precondiciones:	Estar dentro del apartado de visualización de modelos 3D o			

	de realidad aumentada y que un modelo 3D se encuentre cargado en pantalla
Postcondiciones:	
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa a la aplicación 2. El usuario se redirige al apartado de visualización de modelos 3D o de realidad aumentada 3. El usuario sigue los pasos para que aparezca un modelo en escena 4. La aplicación muestra el botón de información al lado derecho de la pantalla 5. El usuario lo pulsa 6. La aplicación muestra información relevante al modelo 3D en la parte inferior de la pantalla
Flujos alternativos:	

Fuente: Elaboración propia.

CU-010

Tabla 44: Caso de uso 010.

ID:	010	Nombre:	Captura de pantalla
Requerimiento:	Captura de pantalla o Impresión de pantalla.	ID/Requerimiento:	RF10
Actores:	Usuario.		
Descripción:			
Precondiciones:	Estar dentro del apartado de visualización de modelos 3D o de realidad aumentada		
Postcondiciones:			
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 7. El usuario ingresa a la aplicación 8. El usuario se redirige al apartado de visualización de modelos 3D o de realidad aumentada 9. El usuario sigue los pasos para que aparezca un modelo en escena 10. La aplicación muestra el botón de captura de pantalla al lado izquierdo de la pantalla 11. El usuario lo pulsa 		

	12. La aplicación captura y guarda una imagen de la pantalla en la galería de archivos del dispositivo móvil.
Flujos alternativos:	

Fuente: Elaboración propia.

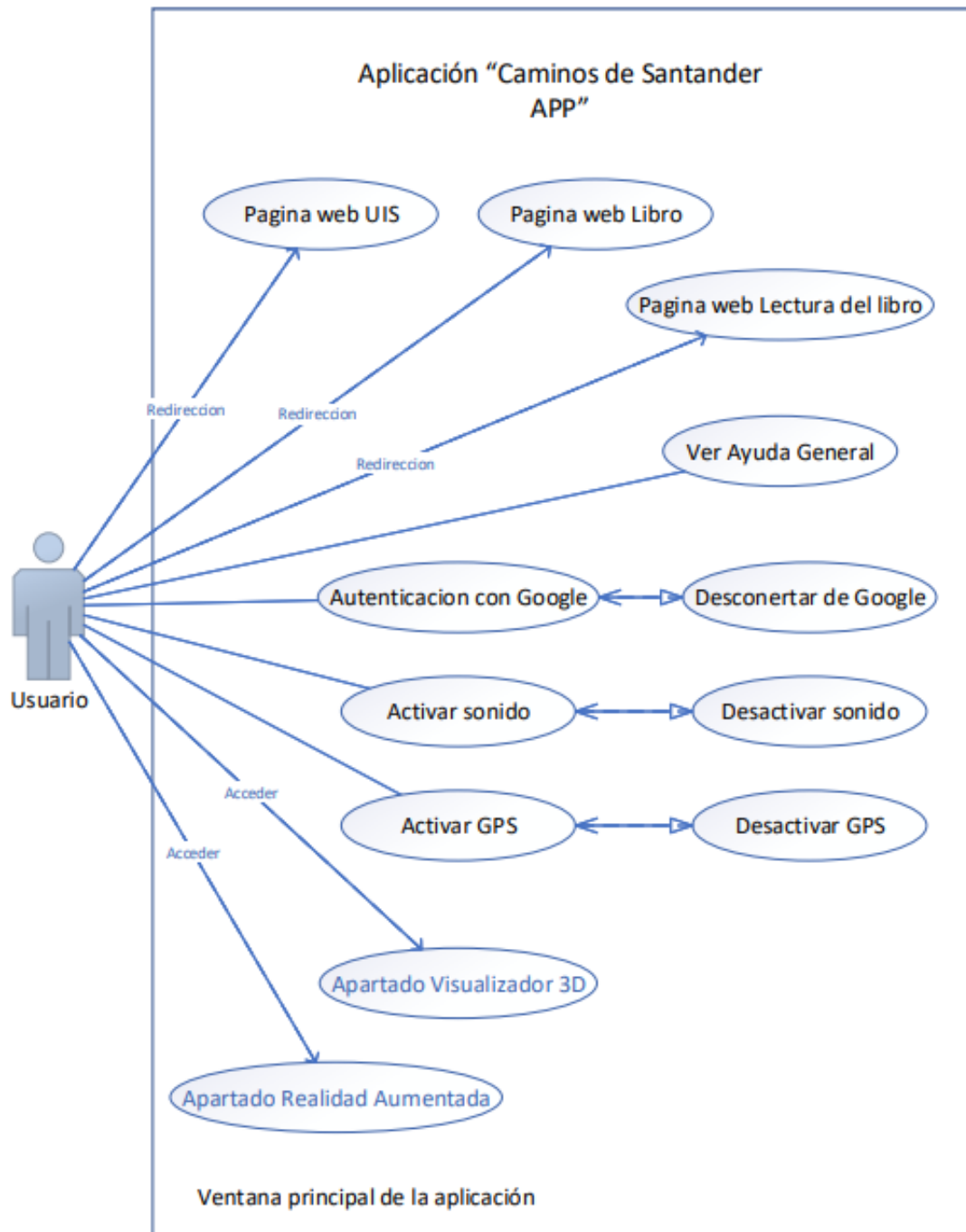
CU-011

Tabla 45: Caso de uso 011.

ID:	011	Nombre:	Acceder a la opción de preferencias
Requerimiento:	Preferencia de usuario.	ID/Requerimiento:	RF08
Actores:	Usuario.		
Descripción:	El usuario accede a la opción de preferencias desde cualquier ventana de la aplicación		
Precondiciones:	Disposición del dispositivo móvil con una versión de Android superior a Jelly Bean		
Postcondiciones:			
Flujo Normal:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa a la aplicación 2. El usuario localiza el botón superior izquierdo en la pantalla 3. El usuario pulsa sobre el botón 		
Flujos alternativos:	<p>El usuario ingresa a la aplicación</p> <p>El usuario cambia de ventana dentro de la aplicación</p> <p>El usuario localiza el botón superior izquierdo en la pantalla</p> <p>El usuario pulsa sobre el botón</p>		

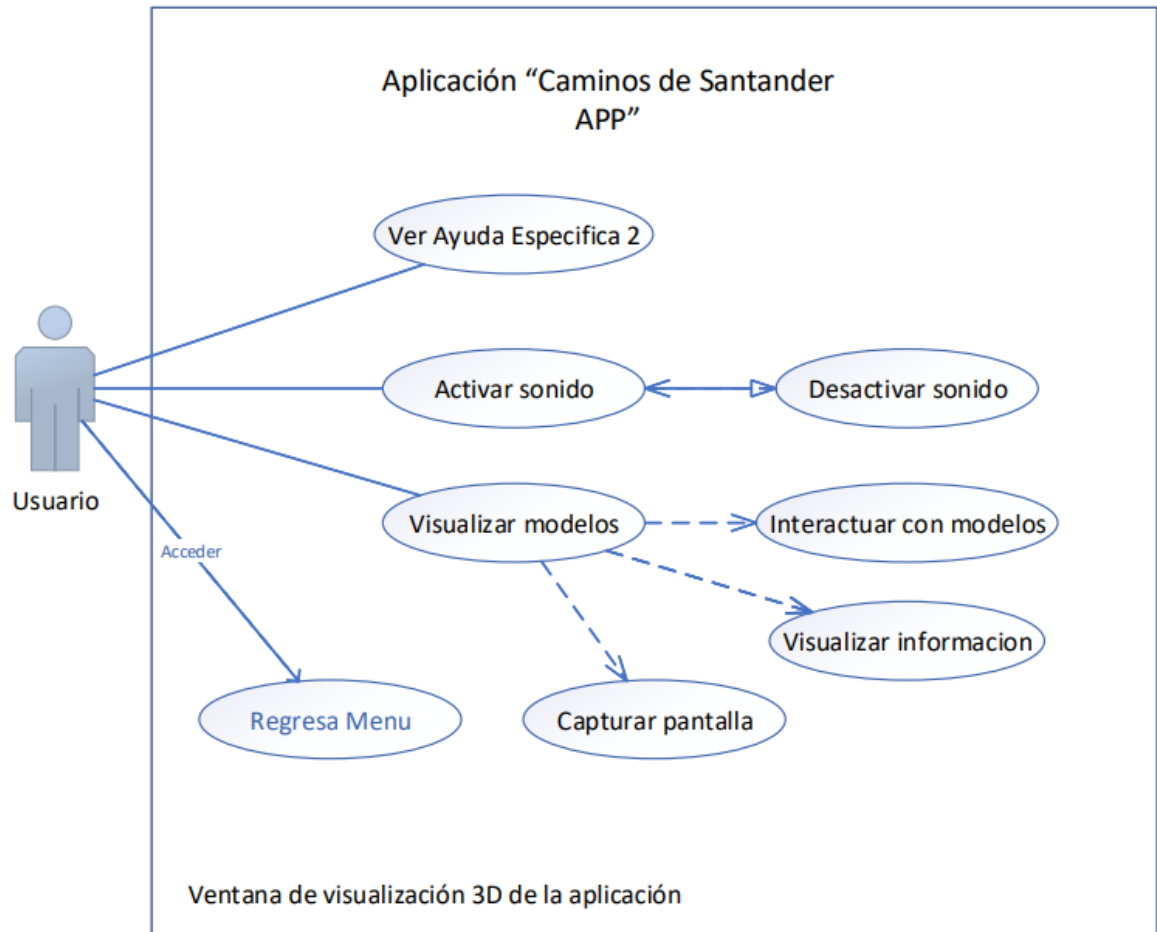
1.13.4. **Diagramas de casos de uso UML** Las siguientes figuras representan los diagramas de casos de uso.

Figura 14: Casos de uso ventana principal.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Casos de uso visualizador 3D



Fuente: Elaboración propia.

1.14. DESARROLLO MODULAR

La aplicación es construida con 15 módulos, cada uno codifica una funcionalidad, a continuación, se muestra el contenido de cada módulo y la capa de funcionalidad que le agrega al proyecto.

1.14.1. Modulo 00 - Suministros. Este módulo contiene todos los suministros que los demás módulos necesitan para trabajar, contiene los modelos 3D importados, los iconos, la iconografía, los sonidos, los videos y objetos prefabricados dentro de Unity que se utilizan en otros módulos, este es el módulo base y del cual hacen uso todos los demás módulos.

1.14.2. Modulo 01 - General. Este módulo contiene scripts generales para el funcionamiento de la aplicación, incluida la parametrización de los archivos, su codificación consiste en:

1. Codificar la orientación de la pantalla de la aplicación.
2. Capturar la información de los archivos XML y organizarla en listas.
3. Crear funciones de búsqueda de información en los archivos XML para ser llamadas desde todos los demás módulos.
4. Administrar y mostrar en forma de barra al usuario el porcentaje de carga de la ventana de la aplicación a la que está accediendo.

1.14.3. Modulo 02 - Menú Lateral. En este módulo se encuentran todas las preferencias de usuario, supliendo así el requisito de tener un apartado para todas las opciones que el usuario puede modificar, dentro de este módulo se pueden alojar botones para cumplir otras funcionalidades, botones pertenecientes a otros módulos, este módulo contiene una gran carga a nivel de GUI en la aplicación como de programación, su codificación consta de:

1. Crear función para mostrar u ocultar el menú lateral.
2. Crear animaciones de entrada y salida del menú en escena.
3. Asociar las variables del usuario cuando esta autenticado a los campos correspondientes para que se muestren en pantalla.

Figura 17: Menú lateral principal



Fuente: Elaboración propia.

1.14.4. **Modulo 03 -Regresar Menú.** Es una capa de navegación que le permite al usuario regresar a la ventana principal de la aplicación. Está compuesta por el botón de regresar al menú principal y por una función que realiza esta actividad.

1.14.5. **Modulo 04 - Escena Menú.** Este módulo le permite al usuario navegar entre las tres opciones principales de la aplicación y contiene funciones que son llamadas al presionar cada botón.

Figura 18: Opción "Libro Digital"



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19: Opción "Realidad Aumentada".



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Opción "Visualizador 3D"



Fuente: Elaboración propia.

1.14.6. Modulo 05 - Escena Realidad Aumentada. Este módulo agrupa diferentes módulos, para formar la ventana de la aplicación donde el usuario puede interactuar con los modelos de realidad aumentada sobre las páginas del libro, en este módulo se programa el movimiento en horizontal de los modelos tridimensionales visualizados sobre el libro y la interacción con los mismos, su codificación consta de:

1. Crear funciones que detecten los gestos táctiles sobre la pantalla del dispositivo.
2. Crear funciones roten y escalen los modelos, dependiendo de los gestos táctiles detectados
3. Crear funciones que muestren los modelos tridimensionales sobre los targets, guiado de la documentación de Vuforia.

1.14.7. Modulo 06 - Escena Visualizador 3D. Este módulo es tan importante como el módulo 07 ya que ambos agrupan funcionalidades implementadas en otros módulos para brindarle al usuario una experiencia completa, en este módulo adicional a lo que se codifica en el anterior, se programa la rotación vertical de los modelos tridimensionales vistos dentro de la misma aplicación.

1.14.8. Modulo 07 - Google. Es uno de los módulos más importantes dentro de la aplicación, este módulo está conectado a Firebase Auth, que permite al usuario autenticarse con Google en la aplicación, esta autenticación le permite al usuario acceder a funcionalidades deshabilitadas, suple el requerimiento de autenticación con Google y también contiene restricciones programadas para que el usuario no pueda acceder a funcionalidades específicas sin antes autenticarse.

Este módulo cuenta con una alerta que se muestra si el usuario trata de acceder a una funcionalidad no habilitada por falta de autenticación.

Figura 21: Restricción por no autenticación.



Fuente: Elaboración propia.

Su codificación consiste en:

1. Importar el sdk de Google para autenticaciones, descargado desde la documentación de Google.
2. Importar el sdk de Firebase Auth.
3. Crear el proyecto en Google Firebase.
4. Crear una llave de importación para todo el proyecto de unity.
5. Consultar el SHA1 mediante línea de comandos de la aplicación.
6. Crear las funciones que permiten conectarse al Backend de Firebase mediante la documentación oficial de la misma.]
7. Capturar los datos básicos del usuario autenticado como nombre y foto he integrarlos a la IU de la aplicación.

Por último, en Firebase se puede consultar una plantilla con todas las cuentas que han sido registradas en la aplicación, para futuros análisis de datos.

1.14.9. Modulo 08 - Información Modelo. Este módulo supe uno de los requerimientos principales de la aplicación, que el usuario pueda ver información referente a los modelos que se muestran en pantalla, para influenciarlo a seguir consultando más información dentro del libro, este módulo captura la información parametrizada del archivo XML con las funciones de búsqueda del módulo general.

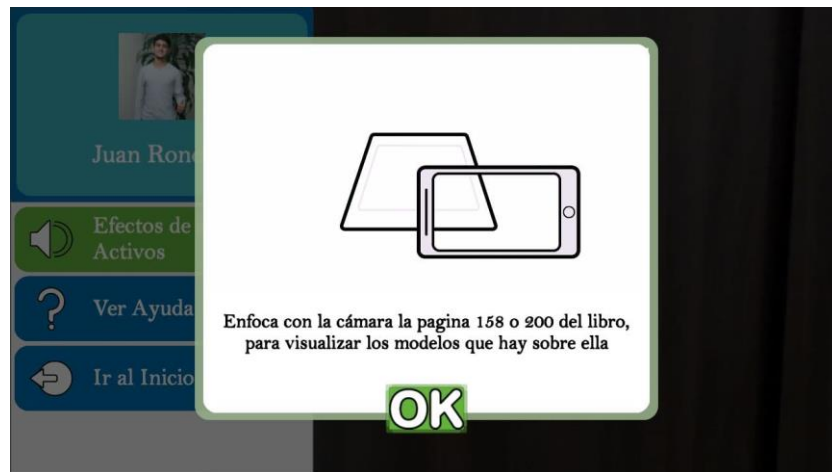
1.14.10. Modulo 09 - Ayuda. Este es un módulo netamente gráfico y supe el requerimiento de ayuda al usuario.

Figura 22: Ayuda general “Ventana principal”



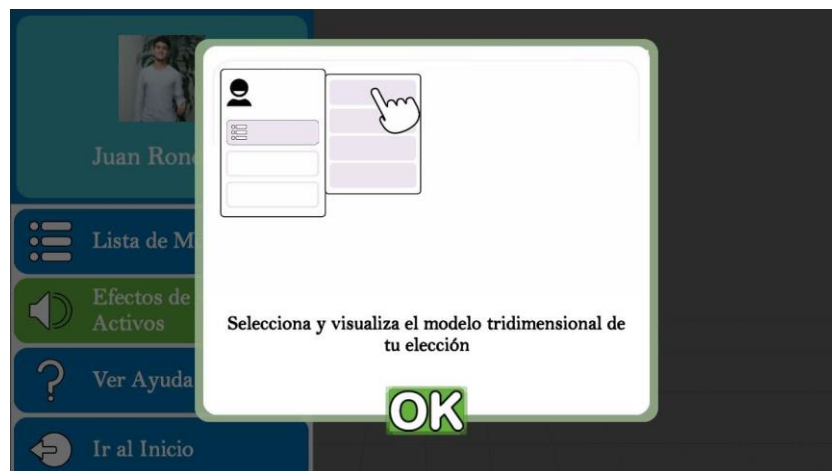
Fuente: Elaboración propia.

Figura 23: Ayuda específica “Realidad Aumentada”



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: Ayuda específica “Visualización 3D”



Fuente: Elaboración propia.

1.14.11. Modulo 10 - Links. Todos los links presentes en la aplicación pueden modificarse desde el archivo de parametrización, este módulo captura los link del archivo XML haciendo uso de las funciones de búsqueda del módulo general, contiene las funciones para redireccionar al usuario, acá también se administran los mensajes de alerta que la aplicación muestra antes de ser redireccionado al link en específico, este módulo suple los requerimientos donde el usuario debe ser redireccionado a una aplicación externa a “Caminos de Santander APP”.

Figura 25: Aviso de redireccionamiento web.



Fuente: Elaboración propia.

1.14.12. Modulo 11 - Sonido. Acá se almacenan y se guardan todos los sonidos presentes en la aplicación, además de contener funciones que los ejecutan y silencian, funciones llamadas desde los demás módulos en la aplicación, este módulo suple la funcionalidad de activar y desactivar sonido. Su codificación consiste en:

1. Importar y referenciar en variables los audios usados dentro de la aplicación.
2. Crear funciones que ejecuten cada audio.
3. Crear una función principal que silencie todos los audios.

4. Crear una función principal que permita que los audios sean activados.
5. Llamar desde cada módulo particular la función que contiene el audio a ejecutar.

La aplicación contiene una funcionalidad que le permite al usuario oprimir un botón para activar y desactivar los sonidos de la aplicación, este botón cambia su aspecto grafico dependiendo de si está o no bloqueada la ejecución de sonido, el apartado lógico para este funcionamiento también se encuentra dentro de este módulo.

1.14.13. Modulo 12 - GPS. Este módulo contiene un apartado lógico y un apartado gráfico. El apartado gráfico, contiene el botón con el que se activa y desactiva esta funcionalidad, mientras que el apartado lógico contiene los permisos que la aplicación requiere para capturar las coordenadas GPS, comprarlas con las coordenadas parametrizadas, de los modelos 3D y enviar una notificación al usuario en caso de que la comparación lo indique.

1.14.14. Modulo 13 - Impresión de Pantalla. Este módulo suple la funcionalidad “Captura de pantalla” expuesta en los requerimientos de la aplicación, el módulo contiene la animación que el botón efectúa en tiempo de ejecución y los scripts necesarios para realizar el screenshot, los pasos para la conclusión del módulo son:

1. Habilitar los permisos de escritura en las configuraciones del proyecto de Unity.
2. Crear una función en Android Studio que guarde una textura como imagen en una dirección específica dentro del dispositivo móvil.
3. Exportar el proyecto de Android como Plugin para Unity.
4. Llamar la función de Android desde el script del módulo en Unity y pasarle la textura como parámetro.

1.14.15. Modulo 14 – Analíticas. Como ultima capa del proyecto este módulo contiene los scripts que conectan con Firebase Analytics, estos scripts se comunican con Firebase y le comparten información sobre las escenas que abre el usuario y cuanto duran usando la aplicación. Para esto fue necesario dentro del Backend:

1. Importar el sdk que Firebase ofrece para las analíticas.
2. Codificar las funciones que permiten enviar a Firebase la información del dispositivo, como Firebase muestra en su documentación.
3. Ejecutar estas funciones en segundo plano al iniciar cada escena de la aplicación.

Este módulo permite llevar un seguimiento de los usuarios que se conectan a la aplicación a lo largo del tiempo y como futuras actualizaciones inciden en el uso de esta.

1.15. APLICACIÓN PARAMETRIZADA

Los textos referentes a información de los modelos tridimensionales y a la interfaz gráfica se encuentran en archivos XML. La parametrización se realizó mediante archivos configurables desde un Excel que permite modificar y anexar nuevos textos a la aplicación, hay dos archivos XML, uno para editar los textos sobre la aplicación y otro para editar los textos relacionados con los modelos 3D, cada archivo es editable desde el mismo documento de Excel, este documento se encuentra en el módulo 01 del proyecto. Los pasos requeridos para modificar un valor de texto en aplicación son:

1. Ingresar al archivo parametrización del módulo 01.
2. Modificar los valores requeridos.
3. Ubicarse en la pestaña programador de Excel.

4. Exportar el archivo como XML.
5. Guardarlo en la carpeta Assets/Resources/XMLs con el nombre 'ListaTextosXML'.

1.16. DISEÑO DE LAS IU

Cada escena del proyecto enfatiza en funcionalidades diferentes de la aplicación por lo que la interfaz gráfica debe ser acorde a la funcionalidad a operar en la escena.

La escena 1 o la ventana principal de la aplicación se enfoca en mostrar al usuario las diferentes funcionalidades.

Figura 26: Escena principal



Esta aplicación funciona con el libro "Caminos de Santander", un libro [UIS](#)

Fuente: Elaboración propia.

La escena 2 o escena de realidad aumentada guía al usuario a visualizar los modelos tridimensionales en el libro.

Figura 27: Escena de realidad aumentada



Fuente: Elaboración propia.

Por último, la escena 3 guía al usuario a visualizar los modelos tridimensionales sin necesidad del libro.

Figura 28: Escena de visualización 3D



Fuente: Elaboración propia.

1.17. PLAN DE PRUEBAS

A continuación, se presenta el plan de pruebas de la aplicación en su versión Beta, esta versión contiene bugs corregidos en la etapa de desarrollo, esta prueba

contempla tanto la eficacia de la funcionalidad como el tiempo de ejecución, por lo tanto, los resultados tendrán un valor en segundos para las pruebas que lo requieran

1.17.1. Dispositivos de prueba

Tabla 46: Dispositivos de prueba.

ID	Marca	Modelo	Versión Android	RAM	ROM
D01	Motorola	Moto G 5s	Marshmallow w. 6.0.1. API 23	4Gb	32Gb
D02	Motorola	Moto E4 Plus	Nougat. 7.1.1. API 24	2Gb	16Gb
D03	Samsung	Galaxy J6 Plus	Oreo. 8.1. API 27	3Gb	32Gb
D04	Samsung	SM - J110M	Lollipop. 5.1.1. API 22	512Mb	8Gb
D05	HTC	HTC Desire 626s	Lollipop. 5.0. API 21	512Mb	8Gb

Fuente: Elaboración propia.

1.17.2. Pruebas

Tabla 47: Pruebas de funcionalidad.

ID - Prueba	Nombre	Descripción
P01	Link 1	Abrir el link que redirecciona a la página web de la UIS.
P02	Link 2	Abrir link que redirecciona a la página web del libro.

P03	Link 3	Abrir link que redirecciona al libro digital.
P04	Ayuda 1	Abrir la ayuda del menú principal.
P05	Ayuda 2	Abrir la ayuda de la escena de realidad aumentada.
P06	Ayuda 3	Abrir la ayuda de la escena de visualizador 3D.
P07	Activar Sonido	Desactivar efectos de sonido efectos de sonido.
P08	Desactivar Sonido	Activar efectos de sonido.
P09	Google C1	Conectarse a Google desde el menú lateral.
P10	Google D	Desconectarse de Google.
P11	Google C2	Conectarse a Google desde el visualizador 3D
P12	RA1	Visualizar el modelo 'Puerto' sobre el libro.
P13	Interacción RA 1	Rotar el modelo 'Puerto' sobre el libro.
P14	Interacción RA 2	Escalar el modelo 'Puerto' sobre el libro
P15	Información RA	Visualizar la información del modelo 'Puerto' en la escena de realidad aumentada.
P16	Impresión de pantalla RA	Realizar una impresión de pantalla con el modelo 3D 'Puerto' sobre el libro
P17	RA2	Visualizar el modelo 'Tren' sobre el libro.
P18	V3	Visualizar el modelo 'Tren' en la escena de visualización 3D.
P19	Interacción V3 1	Rotar el modelo del 'Tren en la escena

		de visualizador 3D
P20	Interacción V3 2	Escalar el modelo 'Tren' en la escena de visualizador 3D
P21	Información V3	Visualizar la información del modelo 'Tren' en la escena de visualizador 3D.
P22	Impresión de pantalla V3	Realizar una impresión de pantalla con el modelo 3D 'Tren' en la escena de visualizador 3D
P23	V32	Visualizar el modelo 'Puerto' sobre en el visualizador 3D.

Fuente: Elaboración propia.

1.17.3. Tabla de resultado de las pruebas

Tabla 48: Resultados pruebas de funcionalidad.

Pruebas / Dispositivos	D01	D02	D03	D04	D05
P01	2,78s	3,12s	3,05s	3,75s	2,68s
P02	3,01s	3,67s	3,32s	4,05s	2,91s
P03	2,80s	2,87s	2,93s	4,05s	2,13s
P04	SI	SI	SI	SI	SI
P05	SI	SI	SI	SI	SI
P06	SI	SI	SI	SI	SI
P07	SI	SI	SI	SI	SI
P08	SI	SI	SI	SI	SI
P09	5,00s	4,62s	4,27s	5,2s	6,22s
P10	SI	SI	SI	SI	SI
P11	3,50s	2,54s	3,32s	3,28s	3,28s
P12	SI	SI	SI	SI	SI
P13	SI	SI	SI	SI	SI

P14	SI	SI	SI	SI	SI
P15	SI	SI	SI	SI	SI
P16	SI	SI	SI	SI	SI
P17	SI	SI	SI	SI	SI
P18	SI	SI	SI	SI	SI
P19	SI	SI	SI	SI	SI
P20	SI	SI	SI	SI	SI
P21	SI	SI	SI	SI	SI
P22	SI	SI	SI	SI	SI
P23	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados, las características software mínimas de un dispositivo para correr la aplicación son:

Tabla 49: Software mínimo.

Versión Android	RAM	ROM	Espacio mínimo
Lollipop. 5.0. API 21	2GB	8GB	412Mb

Fuente: Elaboración propia.

PROCESOS PARA GENERAR LOS MODELOS TRIDIMENSIONALES

Los modelos tridimensionales presentes en la aplicación son representaciones digitales de objetos en el mundo real, se exploraron dos métodos para sintetizar los objetos físicos en objetos digitales, para posteriormente anexar el procedimiento al libro.

1.18. RECONSTRUCCIÓN POR NUBE DE PUNTOS

El proceso de generar modelos tridimensionales necesita un dispositivo capaz de capturar una nube de puntos y suministrarla como objeto base para convertirla en un modelo 3D. El escáner usado que proporciona la nube de puntos para el trabajo es el RIEGL VZ-400.

El proceso constó de un escaneo al monumento de geometría ubicado en la Sede Central de las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander - UIS, este escaneo a través del software RiscanPro retorna un archivo en formato “.LAS”. El formato LAS es un archivo binario que mantiene toda la información procedente del sistema LiDAR y conserva la naturaleza de los datos y del sistema de captación. Posteriormente, se visualiza desde un equipo de cómputo mediante el software Riscan Pro, y se procede a recortar la nube de puntos para abstraer la parte correspondiente al monumento.

Los puntos que se almacenan en el archivo postprocesado “.LAS” tienen datos como el color del punto en el sistema RGB, y la posición (X, Y, Z) , estos datos son usados generalmente para calcular volúmenes y curvas de nivel de terreno. Sin embargo, en el caso particular a partir de la nube de puntos se genera la textura para la generación del modelo tridimensional, en este proceso se usan los siguientes tres programas: Pointfuse, MeshLab y 3Ds Max, pero con la desventaja

del costo computacional para generar un modelo tridimensional texturizado y el espacio en disco ocupado a nivel de Giga Bytes por el archivo generado, no funcional para el desarrollo en la aplicación móvil y no apto para una aceptable experiencia de usuario. Además, una nube de puntos genera detalles adicionales que no son apreciados desde la pantalla de un dispositivo móvil. Por lo anterior, se opta o por otra técnica para la generación de los modelos tridimensionales que se aplicarán en la Realidad Aumentada.

1.19. FOTOGRAMETRÍA

Como suministro base de este proceso se usa un conjunto de imágenes captadas a un objeto físico o terreno en específico mediante drones o vehículo aéreo no tripulado. Posteriormente, las imágenes son procesadas para generar el modelo 3D. Este proceso a diferencia de la técnica anterior genera modelos tridimensionales que ocupan menos espacio en disco a nivel de Mega Bytes y que pueden ser importados en la aplicación móvil de realidad aumentada.

En el proyecto se representan modelos tridimensionales que hacen referencia a áreas grandes del mundo real, por ejemplo: un puerto fluvial, por lo tanto, las fotografías captadas son aéreas utilizando el dron Phantom integrado a una cámara Go-Pro. Una vez se focaliza el área o terreno objetivo, se planifica el vuelo utilizando el software Pix4D que le indica al dron mediante coordenadas donde sobrevolar el terreno y la instrucción de las imágenes a captar.

La zona de estudio debe ser fotografiada con dos fotogramas consecutivos, lo que se conoce como un par estereoscópico, de manera que se obtenga una zona común o recubrimiento que permita extraer la información tridimensional. Seguidamente, mediante coordenadas GPS se identifican puntos de apoyo sobre la zona de estudio para la georreferenciación información.

Por último, se aplica la técnica de fotogrametría que consiste en dos fases: la primera, los fotogramas que componen el par estereoscópico se orientan de acuerdo con la geometría interna de la cámara de modo que cada recta normal de la fotografía corte en un punto preciso con su par y se orientan los fotogramas con respecto al terreno a partir de los puntos de apoyo, y la segunda fase, consiste en la restitución donde se determina las posiciones (X,Y,Z) de los objetos sobre las fotografías con ayuda de un equipo de alto rendimiento y el software Pix4D Mapper. Cabe resaltar, que el proceso descrito se realizó la captación y generación de los modelos tridimensionales presentes en la aplicación móvil.

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Este proyecto evalúa la experiencia de usuario por medio del sistema de evaluación SUS (System Usability Scale), (Measuring, 2021) un sistema de evaluación de experiencia de usuario a través de 10 preguntas que evalúan la usabilidad de la aplicación, a estas preguntas se le anexa un procedimiento previo que el usuario debe realizar en la app antes de responder, para construir un criterio del usuario frente a la app.

1.20. ACTIVIDADES DE INTERACCION CON EL USUARIO

Las siguientes actividades son diseñadas para que el nuevo usuario tenga una mínima interacción con la aplicación antes de evaluar su experiencia en el aplicativo:

1. Abrir la página web 'Caminos de Santander' desde la misma aplicación.
2. Abrir la página web de la UIS desde la misma aplicación.
3. Autenticarse con Google.
4. Acceder a la opción de ayuda presente en la ventana principal de la aplicación.
5. En el menú principal, navegar hasta el apartado de visualización de modelos tridimensionales y ver un modelo en pantalla (Cualquiera).
6. Interactuar con el modelo, rotando su posición.
7. Ver información del modelo tridimensional en pantalla.
8. Tomar una captura de pantalla del modelo visualizado.
9. Quitar el sonido de la aplicación.
10. Activar la notificación GPS
11. Si tiene el libro 'Caminos de Santander' abra el apartado de 'Realidad aumentada y enfoque con la cámara una de las páginas que la aplicación le sugiere'

12. Si realizo la actividad 12, interactúe con el modelo 3D, rotándolo y viendo la información que este dispone para mostrar.

1.21. PREGUNTAS PARA EVALUAR EXPERIENCIA DE USUARIO

Las siguientes preguntas fueron aplicadas a una población con acceso a la aplicación mediante un formulario de Google para evaluar su experiencia de usuario.

1.21.1. Métricas

Tabla 50: Métricas de la encuesta.

Métricas	
Criterios	Valoración
métricas	Escala del 1 al 5. Donde 1 es de menor satisfacción y 5 es de mayor satisfacción.

Fuente: Elaboración propia.

1.21.2. Preguntas

Tabla 51: Encuesta.

ID Pregunta	Preguntas de valor	VALORACION				
		1	2	3	4	5
P-01	¿Le mantiene informado la aplicación sobre lo que está ocurriendo?					
P-02	¿La aplicación es fácil de usar?					
P-03	¿Las diferentes funciones de la aplicación están bien integradas?					
P-04	¿Encuentra la aplicación muy consistente?					
P-05	¿Pudo interactuar con los modelos 3D con facilidad?					
P-06	¿Le gustaría que hubiera más modelos con los					

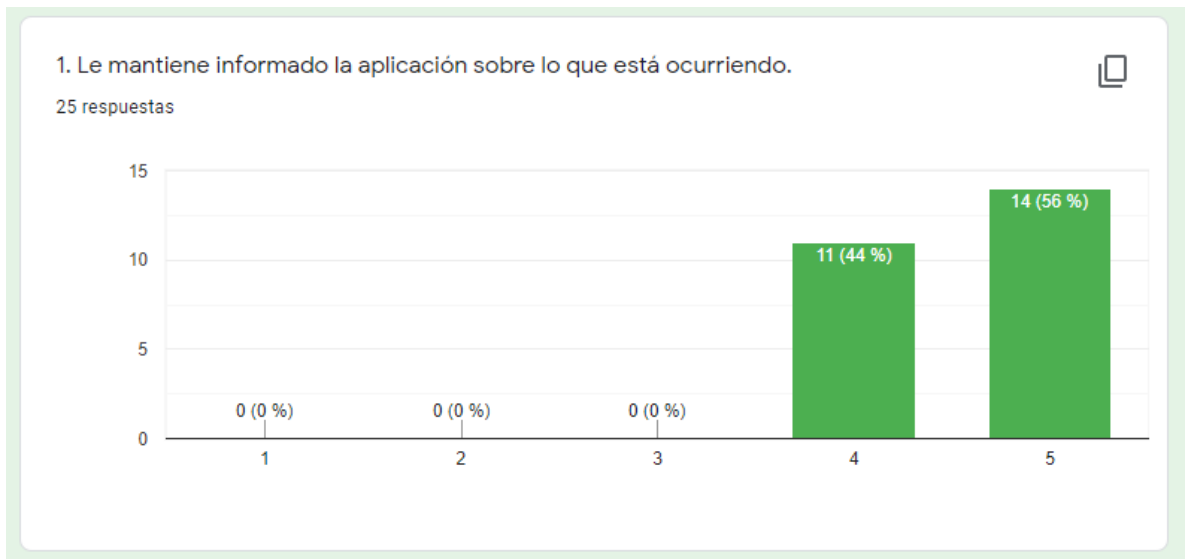
	cuales interactuar?					
P-07	¿Qué tan didáctica es la ayuda que le ofrece la aplicación?					
P-08	¿Cómo califica esta aplicación en comparación a otras aplicaciones similares?					
P-09	¿Recomendaría la aplicación?					
P-10	Si no tiene el libro ¿Le gustaría adquirirlo para visualizar los modelos 3D sobre las páginas de este? (si lo tiene no responda esta pregunta)					
P-11	Si tiene el libro ¿Es fácil ver los modelos 3D sobre el libro? (si no lo tiene no responda esta pregunta)					

Fuente: Elaboración propia.

1.22. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

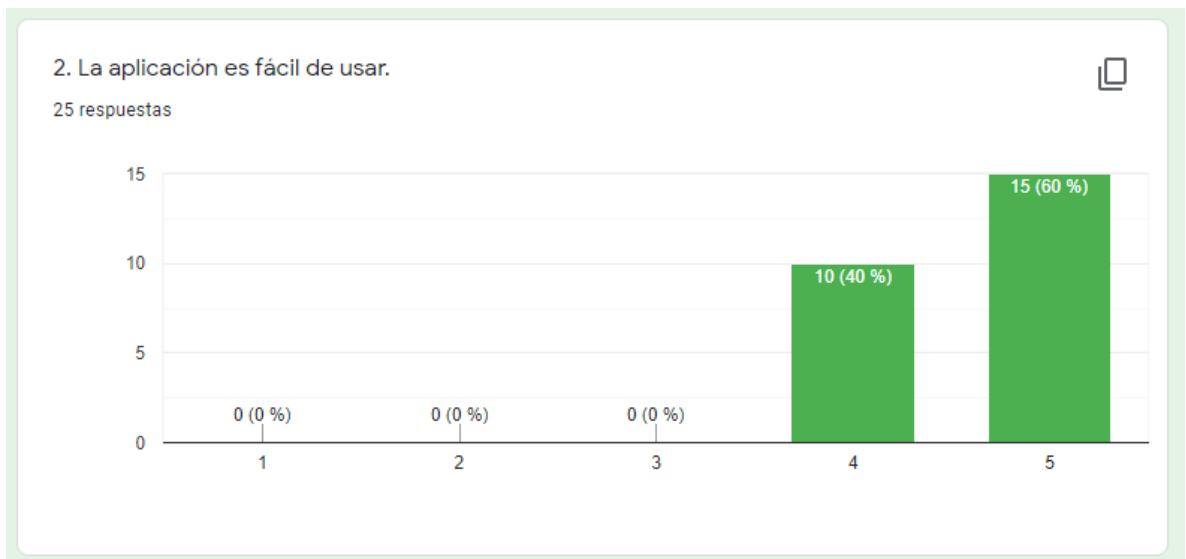
La siguiente información corresponde a los resultados de la encuesta para evaluar experiencia de usuario, las primeras nueve preguntas se enfocan en la facilidad, la consistencia y la integración de las funciones dentro de la aplicación, como se puede observar a continuación.

Figura 29: Pregunta 1.



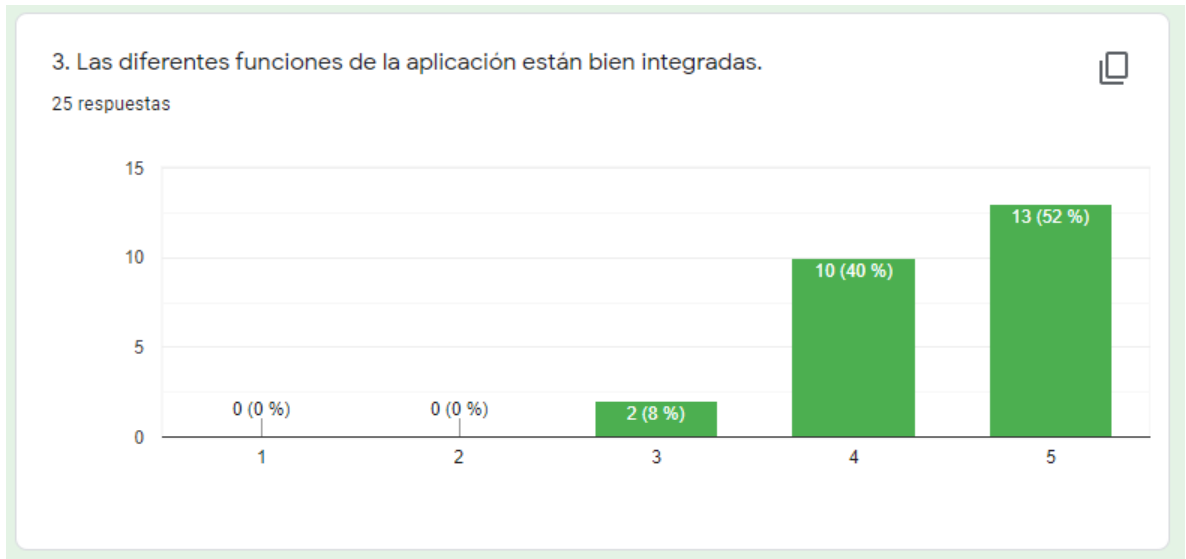
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30: Pregunta 2.



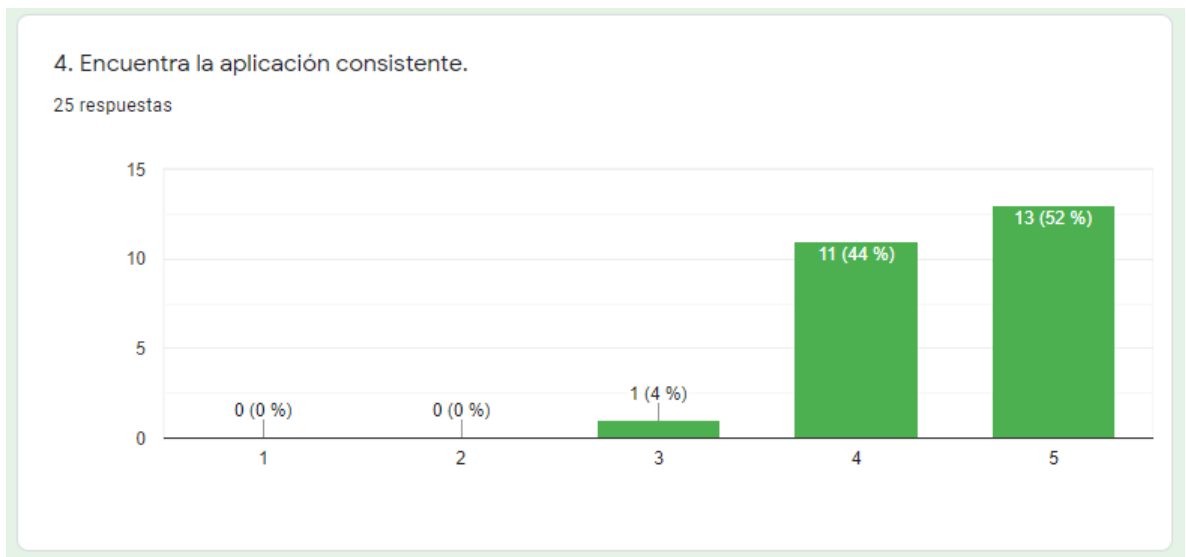
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31: Pregunta 3.



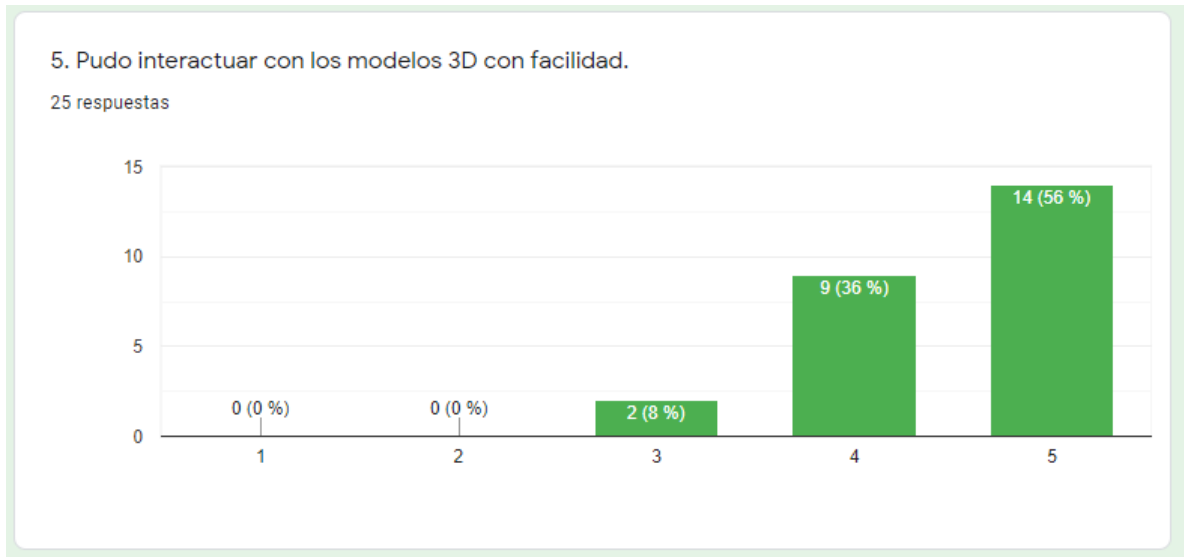
Fuente: Elaboración propia.

Figura 32: Pregunta 4.



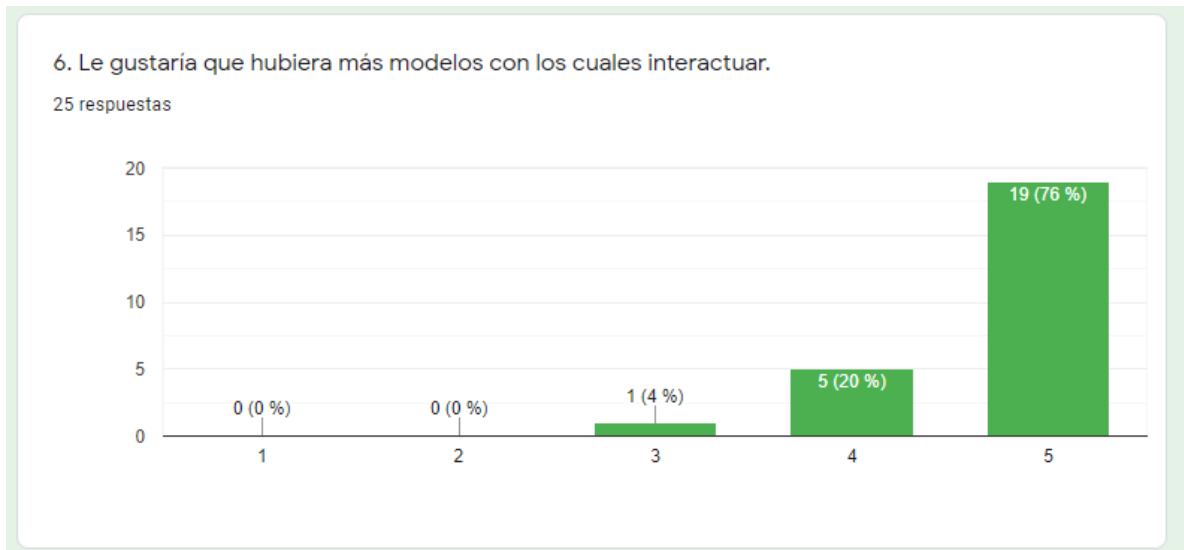
Fuente: Elaboración propia.

Figura 33: Pregunta 5.



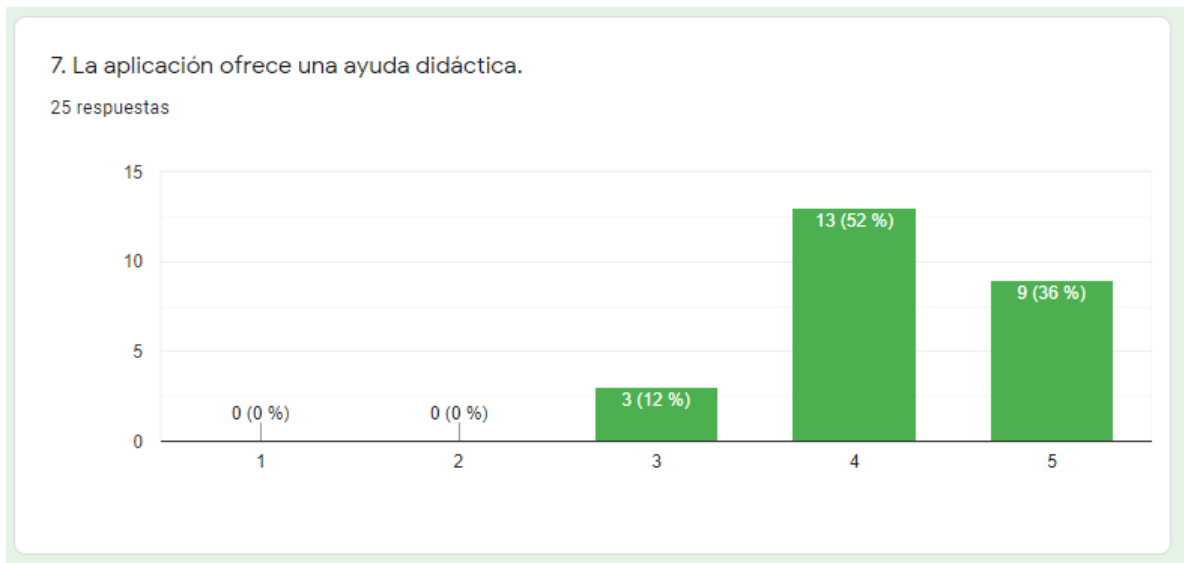
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34: Pregunta 6.



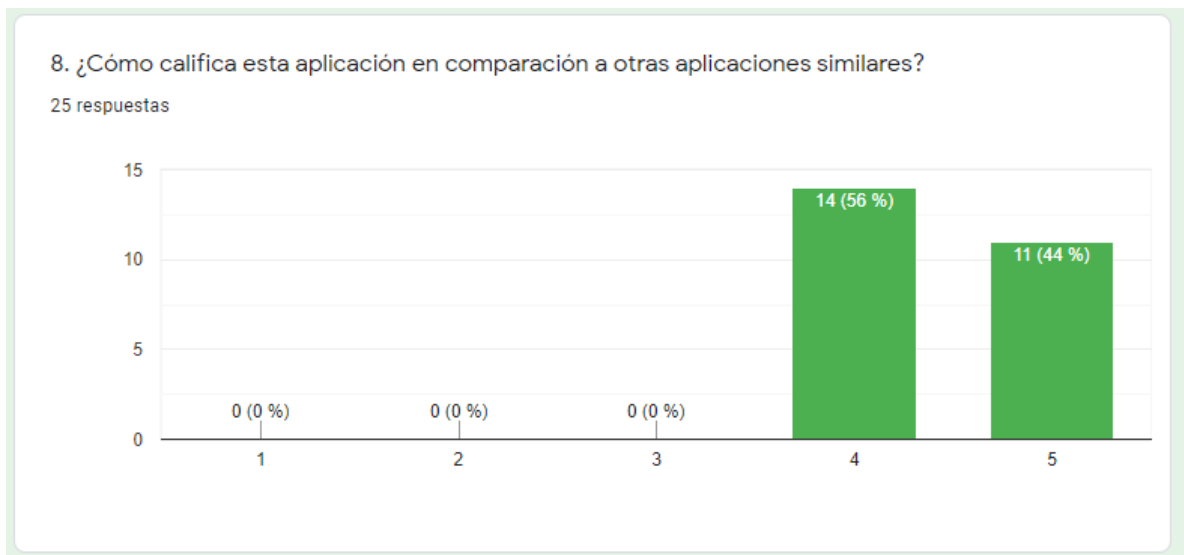
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: Pregunta 7.



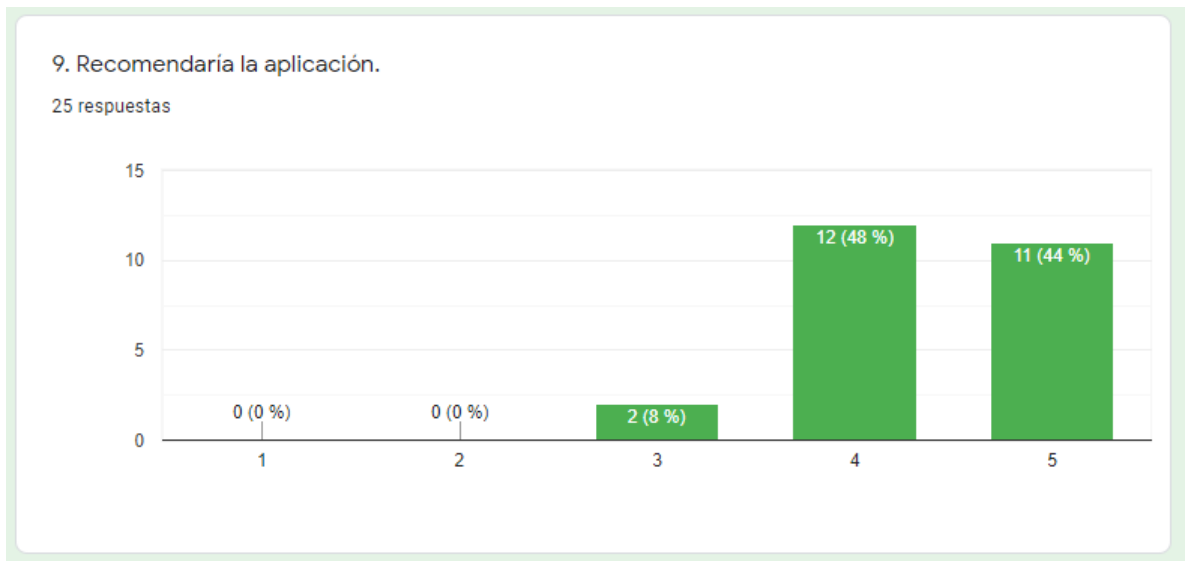
Fuente: Elaboración propia.

Figura 36: Pregunta 8.



Fuente: Elaboración propia.

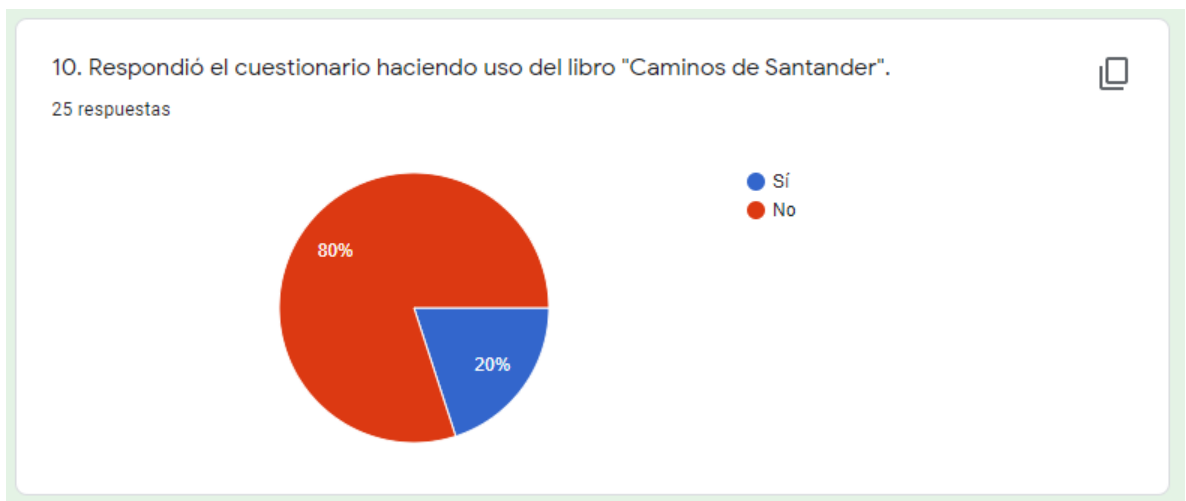
Figura 37: Pregunta 9.



Fuente: Elaboración propia.

La pregunta 10 divide la cantidad de encuestados en dos grupos, los usuarios con acceso al libro y los usuarios sin acceso al libro, generando una última pregunta dependiendo de la respuesta a la décima pregunta.

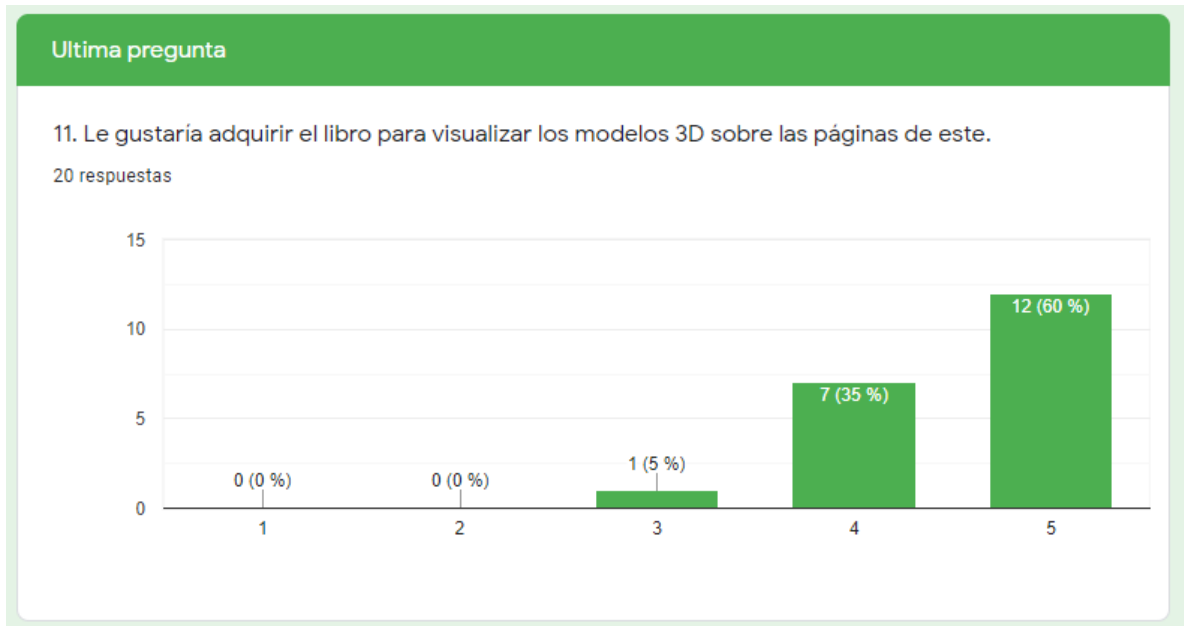
Figura 38: Pregunta 10.



Fuente: Elaboración propia.

Los usuarios sin acceso al libro responden la pregunta 11.

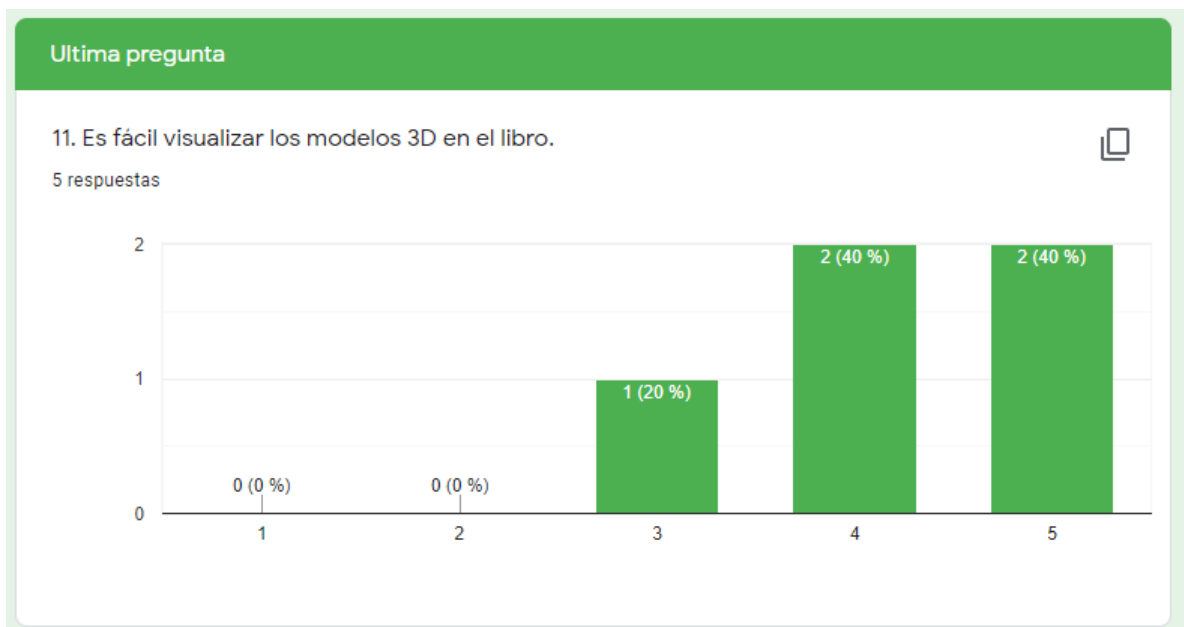
Figura 39: Pregunta 11.



Fuente: Elaboración propia.

Mientras que los usuarios con acceso al libro responden la pregunta 12.

Figura 40: Pregunta 12.



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra el valor ponderado de la evaluación bajo la métrica SUS.

Tabla 50: Análisis SUS de los resultados

PREGUNTA	RESULTADOS					PROMEDIO	VALOR PORCENTUAL	VALOR PONDERADO
	1	2	3	4	5			
1	0	0	0	11	14	4.56	91.2	91.2
2	0	0	0	10	15	4.6	92	92
3	0	0	2	10	13	4.44	88.8	88.8
4	0	0	1	11	13	4.48	89.6	89.6
5	0	0	2	9	14	4.48	89.6	89.6
6	0	0	1	5	19	4.72	94.4	94.4
7	0	0	3	13	9	4.24	84.8	84.8
8	0	0	0	14	11	4.44	88.8	88.8
9	0	0	2	12	11	4.36	87.2	87.2
11	0	0	1	7	12	4.55	91	89.6
12	0	0	1	2	2	4.2	84	
EXPERIENCIA DE USUARIO (SUS):								89.6

Fuente: Elaboración propia.

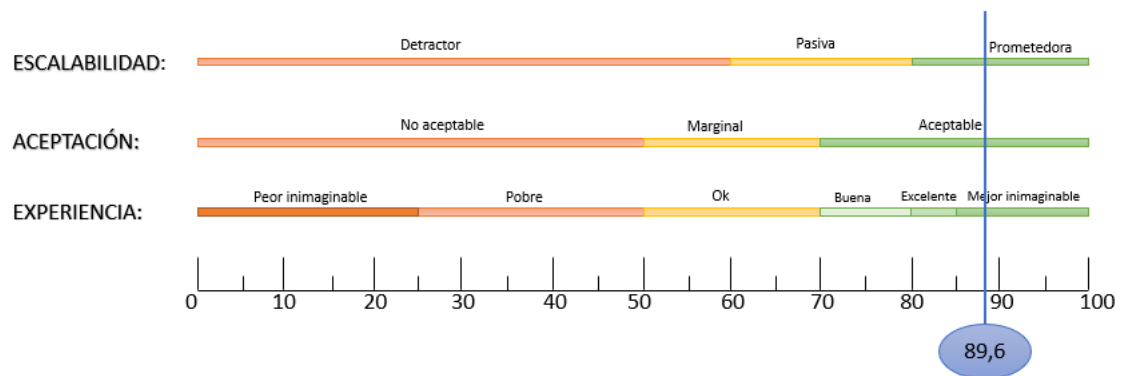
Cada pregunta consta de 5 respuestas las cuales presentan un valor de 1 a 5 según la arquitectura del cuestionario, 25 personas respondieron las 9 primeras preguntas, 20 la pregunta 11 y 5 la pregunta 12, por ende las dos últimas preguntas son ponderadas para obtener un solo valor porcentual equivalente al de las 9 primeras preguntas, todos los valores ponderados de los 10 resultados son promediados obteniendo un valor normalizado que servirá para evaluar 3 aspectos de la aplicación según la escala de usabilidad del sistema SUS

SUS evalúa 3 aspectos de una aplicación, la escalabilidad la aceptabilidad y la experiencia de usuario, según el rango porcentual obtenido en el cuestionario, SUS asigna un rango para cada aspecto a evaluar, en general, por encima de 70 el software o aplicativo recibe una calificación aceptable e inferior a 70 puede

mejorar, la base de datos de SUS asigna estos rangos al comparar las diferentes aplicaciones evaluadas con esta metodología y su impacto en el mundo.

A continuación, se presenta la escala de usabilidad según el sistema SUS y su comparativo con la aplicación desarrollada en el proyecto.

Figura 41: Métricas SUS



Fuente: Elaboración propia.

Dando como resultado una aplicación escalable, aceptable y con una excelente experiencia de usuario según los rangos definidos en las métricas de SUS.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta aplicación trajo consigo múltiples beneficios:

1. Se desarrollo una aplicación móvil de realidad aumentada que extiende el proyecto editorial UIS 'Caminos de Santander'.
2. Se desarrollo una aplicación móvil de realidad aumentada que extiende el proyecto editorial UIS 'Caminos de Santander'.
3. Se desarrollo una aplicación móvil de realidad aumentada que extiende el proyecto editorial UIS 'Caminos de Santander'.
4. Se desarrollo una aplicación móvil de realidad aumentada que extiende el proyecto editorial UIS 'Caminos de Santander'.
5. Se fortalece el uso de las TIC en el proyecto editorial UIS 'Caminos de Santander' con el uso de una aplicación móvil de realidad aumentada.

RECOMENDACIONES

1. Generar y añadir modelos tridimensionales adicionales a la aplicación móvil que enriquezcan la experiencia de usuario de los lectores del libro “Caminos de Santander”.
2. Optimizar el tamaño de la aplicación descargando los modelos tridimensionales directamente desde la nube
3. Integrar puntos de interacción con los modelos para aumentar la interacción de los usuarios con el modelo.
4. Utilizar el prototipo como plantilla para construir aplicaciones similares de nuevos libros de la universidad.

BIBLIOGRAFÍA

ARGIS. Que son los datos LIDAR. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data-.htm>.

ARTENET. Tecnicas de modelado 3D. [En línea]. [Consulta: 01 de Enero de 2021]. Disponible en: <https://www.artenet.top/arte-digital/modelado-3d/>.

AUGMENT. Aplicativo de realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.augment.com/>.

BLOGTHINKBIG. Pablo Bejerano. Historia de la realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Agosto de 2020]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/realidad-aumentada-origen>.

CUERPO HUMANO RA. Aplicativo de realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arnco.saldana2>.

DEVELOPER ANDROID. Documentacion Android Studio. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio>.

DINOSAURIOS AR. Aplicativo de realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wirfit.saldanajurassic>.

DJI. Dron Phantom. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.dji.com/products/phantom>.

EL PRINCIPITO RA. Aplicativo de realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.books2ar.epc>.

GITHUB. Sistema de control de versiones. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://github.com/>.

IDIS. Juana. Bigrafia de Ivan Sutherland. [En línea]. [Consulta: 01 de Enero de 2020]. Disponible en: <https://proyectoidis.org/ivan-sutherland/>.

LOQUELEO. Aplicativo de realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.loqueleo.com/>.

MEASURING. Jeff Sauro. Sistema de evaluacion SUS. [En línea]. [Consulta: 01 de Enero de 2021]. Disponible en: [https://measuringu.com/interpret-sus-score/#:~:text=The%20average%20score%20\(at%20the,the%20scores%20in%20the%20database.](https://measuringu.com/interpret-sus-score/#:~:text=The%20average%20score%20(at%20the,the%20scores%20in%20the%20database.)

RA ZOMBIES TABLA. Aplicativo de realidad aumentada. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.srg.tzcards>.

RIEGL. Instrumentaria laser para nube de puntos. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.riegl.com/nc/products/industrial-scanning/produktdetail/product/scanner/62/>.

TELEFONICA. Realidad aumentada en el mundo digital. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.fundaciontelefonica.com/cultura-digital/publicaciones/80/>.

TELEGRAM. Aplicativo de telecomunicaciones. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.telegram.messenger>.

UNITY. Motor de desarrollo. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://unity.com/es>.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Por los caminos de Santander las otras rayas del tigre. 2019. P. 1 – 5.

CODIGO FACILITO. Uriel. Modelo vista controlador. [En línea]. [Consulta: 22 de Febrero de 2020]. Disponible en: <https://codigofacilito.com/articulos/mvc-model-view-controller-explicado>.

VIRTUAL ITCA. Diseño modular. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/stis/33___diseo_modular.html.

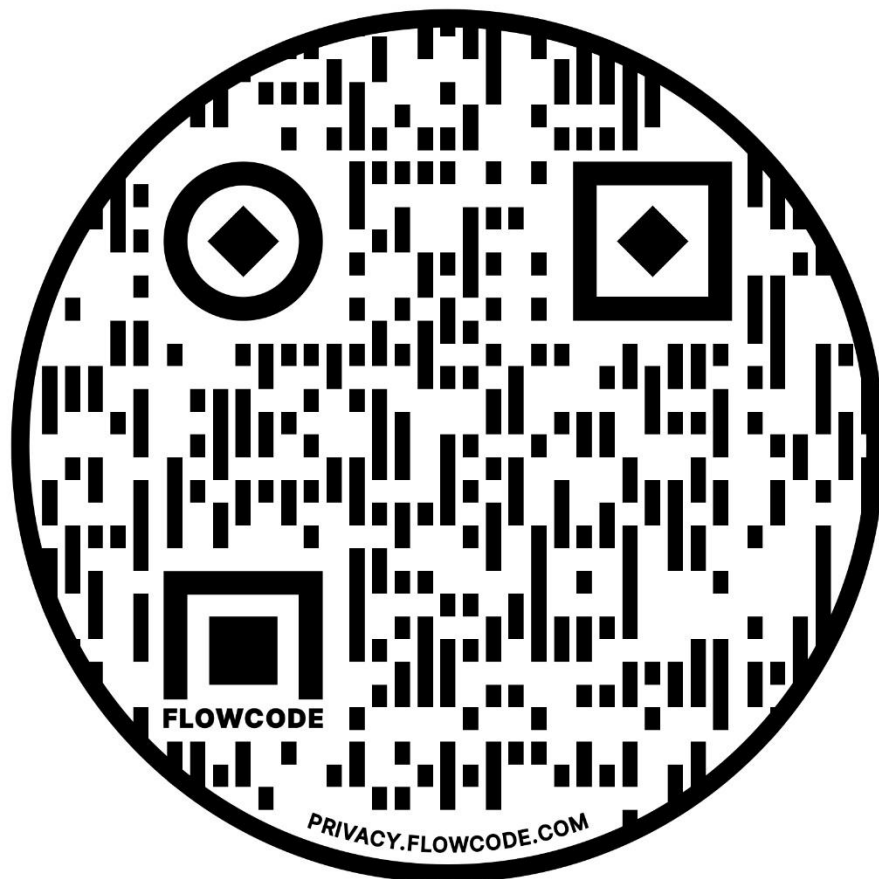
VISUAL 4 STUDIO. Tipos de modelado 3D. [En línea]. [Consulta: 25 de Febrero de 2020]. Disponible en: <https://visual4.es/modelado-3d-tipos-materiales-texturas/>.

VUFORIA. Documentacion Vuforia. [En línea]. [Consulta: 01 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://developer.vuforia.com/>.

ANEXOS

ANEXO A. VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO

El prototipo de la aplicación final se encuentra publicado con fines educativos sin ningún interés comercial en el enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1jWsjvVRD6isbPPwxjw-tPqxSplig3A43?usp=sharing>. También puede ser consultado de forma directa mediante el siguiente código QR, que también estará presente en la página oficial del libro 'Caminos de Santander' de forma temporal.



El código y documentación de la aplicación se encuentran en el enlace de GitHub: https://github.com/An-Bast-Donar/BookRA_CaminosDeSantanderAPP. Este contiene los procesos de inserción e implementación de nuevos modelos tridimensionales, el proceso de inserción de nuevos módulos y funciones y la parametrización de la aplicación.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO PARA CARGAR NUEVOS MODELOS TRIDIMENSIONALES EN LA APLICACIÓN

Para importar nuevos modelos tridimensionales al proyecto se requiere seguir los pasos acá expuestos:

1. Dentro de la carpeta 'Modelos 3D' del módulo Suministros se crea una subcarpeta que lleve por nombre el id del xml al que corresponde el modelo importado y el nombre de este (id_ nombre).
2. Se importa tanto la textura como el modelo tridimensional a la carpeta del paso anterior (preferiblemente si el modelo ya está procesado en un software de modelado 3D externo).
3. Crear una instancia del prefab 'MODELO 3D =S=' en la escena.
4. Anexar el modelo importado como hijo del prefab creado en el paso anterior.
5. Agregar de forma opcional al modelo importado el script 'Outline' del proyecto 'QuickOutline' y ajusto tamaño y color.
6. Ajustar el componente transform del modelo.
7. Indicar cual es el id de ese modelo en el XML en la ventana inspector de Unity.
8. Cambiar el nombre de la instancia del prefab y crear una variante en la misma carpeta del modelo importado.