

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación



PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA LA
UBICACIÓN, ENSAMBLE Y MANTENIMIENTO DE PARTES
DEL MOTOR DE UN AUTOMÓVIL UTILIZANDO REALIDAD
AUMENTADA

Reporte Técnico de Investigación presentado por:

Antonio Mansinas Vela 141127

Requisito para la obtención del título de:

INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Dra. Vianey Guadalupe Cruz Sánchez

Ciudad Juárez, Chihuahua, a 28 de Noviembre de 2019

Asunto: Liberación de Asesoría

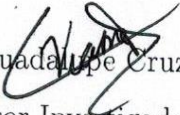
Mtro. Ismael Canales Valdiviezo
Jefe del Departamento de Ingeniería
Eléctrica y Computación

Presente.-

Por medio de la presente me permito comunicarle que, después de haber realizado las asesorías correspondientes al reporte técnico Prototipo de aplicación móvil para la ubicación, ensamble y mantenimiento de partes del motor de un automóvil, del alumno Antonio Mansinas Vela, de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, considero que lo ha concluido satisfactoriamente, por lo que puede continuar con los trámites de titulación intracurricular.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente


Vianey Guadalupe Cruz Sánchez
Profesor Investigador IIT

Ccp:
Coordinador del Programa de Sistemas Computacionales
Antonio Mansinas Vela
Archivo



Ciudad Juárez, Chihuahua, a 25 de Noviembre de 2019

Asunto: Autorización de Publicación

C. Antonio Mansinas Vela

Presente.-

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos solicitados, informo a usted que se autoriza la publicación del documento de Prototipo de aplicación móvil para la ubicación, ensamble y mantenimiento de partes del motor de un automóvil, para presentar los resultados del proyecto de titulación con el propósito de obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ivonne Robledo Portillo', written in a cursive style.

Ivonne Haydee Robledo Portillo

Declaración de Originalidad

Yo, Antonio Mansinas Vela, , declaro que el material contenido en esta publicación fue elaborado con la revisión de los documentos que se mencionan en el capítulo de Bibliografía, y que la solución obtenida es original y no ha sido copiada de ninguna otra fuente, ni ha sido usada para obtener otro título o reconocimiento en otra institución de educación superior.



Antonio Mansinas Vela

Agradecimientos

Me gustaria agradecer a mi asesora la Dra. Vianey Cruz Sanchez, por la ayuda que me brindó al desarrollar este proyecto aunado a la redacción del documento y sobre todo por la paciencia y sus consejos. También hacía los profesores que a lo largo de mi carrera me apoyaron y me aconsejaron para tomar el mejor rumbo posible en el ámbito laboral.

Antonio Mansinas Vela

Dedicatoria

Esta dedicatoria está directamente dirigida hacia mis padres, mi novia y mi hermana, ya que en toda ocasión recibí su más sincero apoyo, también me enseñaron a no rendirme y sobre todo a cumplir mis metas propuestas a lo largo de mi estancia en la universidad.

Antonio Mansinas Vela

Índice general

1. Planteamiento del Problema	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Guía de montaje visual utilizando realidad aumentada	4
1.1.2. Sistema holográfico digital para una pantalla de realidad aumentada en la rama automotriz	4
1.1.3. Sistema de realidad aumentada para el soporte del operador en ensamblajes colaborativos entre humanos y robots	5
1.1.4. Perspectiva de los operadores sobre la realidad aumentada como herramienta de soporte en el montaje de motores	6
1.1.5. Sistema de realidad aumentada para el entrenamiento virtual de ensamblaje de piezas	7
1.2. Definición del problema	7
1.3. Objetivo General	7
1.4. Objetivos Específicos	8
1.5. Justificación	8
2. Marco teórico	9
2.1. Realidad aumentada	9
2.1.1. Reconocimiento de patrones	10
2.1.2. Marcadores	10

2.2. Modelado en tres dimensiones (3D)	12
2.2.1. Métodos de modelado	13
2.2.2. Texturizado	14
2.3. Interfaz gráfica de usuario	16
3. Desarrollo del Proyecto	17
3.1. Producto propuesto	17
3.2. Descripción de la metodología	19
3.3. Análisis del proyecto	20
3.4. Diseño del proyecto	22
3.5. Desarrollo del proyecto	23
3.5.1. Desarrollo de modelos en 3d	23
3.5.2. Desarrollo de la aplicación móvil	28
3.6. Implementación	34
4. Resultados	37
4.1. Personas con conocimiento	37
4.2. Personas sin conocimiento	42
5. Conclusiones	46
5.1. Con respecto al objetivo de la investigación	46
5.2. Recomendaciones para futuras investigaciones	47
Bibliografía	48

Índice de figuras

1.1. Componentes digitales sobrepuestos ante un componente real.	5
2.1. Ejemplo de marcador QR.	11
2.2. Ejemplo de marcador circular.	11
2.3. Ejemplo de marcador de imagen.	12
2.4. Ejemplo de modelo en 3d.	13
2.5. Ejemplo de pixeles en textura.	14
3.1. Representación del producto propuesto.	18
3.2. Representación de las fases del proyecto en la metodología en cascada.	19
3.3. Requerimientos mínimos de hardware y software.	20
3.4. Características de software.	20
3.5. Partes del motor seleccionadas para modelar en 3d.	21
3.6. Diseño del marcador en Inkscape.	22
3.7. Malla inicial para modelado del depósito de líquido anticongelante en Blender.	23
3.8. Malla en 3d del depósito de líquido anticongelante modelada a partir de una imagen en Blender.	24
3.9. Malla en 3d del depósito completo.	25
3.10. Malla en 3d de la tapa del depósito.	26
3.11. Modelo en 3d del depósito terminado con colores.	27

3.12. Instrucciones para crear una cuenta en Vuforia y como ingresar un marcador en una base de datos.	28
3.13. Creación de proyecto en Unity con objetos en 3d.	29
3.14. Implementación de la base de datos de Vuforia en el proyecto de Unity.	29
3.15. Importación de elementos de Vuforia en Unity.	30
3.16. Configuración del proyecto para soportar la RA proporcionada por Vuforia.	30
3.17. Elemento creado de tipo Vuforia Engine y su configuración.	31
3.18. Colocación de licencia de Vuforia en Unity.	31
3.19. Elemento creado de tipo Vuforia Engine - ImageTarget con la base de datos activa.	32
3.20. Elementos que conforman la aplicación móvil.	33
3.21. Menú principal de la aplicación.	34
3.22. Pantalla de cómo utilizar la aplicación.	34
3.23. Menú para seleccionar las partes a ubicar.	35
3.24. Cámara activada con la parte ubicada con realidad aumentada.	35
3.25. Información acerca del filtro de aire.	36
3.26. Animación acerca de como ensamblar y desensamblar el filtro de aire.	36
4.1. Resultado de la pregunta uno, personas con conocimiento.	38
4.2. Resultado de la pregunta dos, personas con conocimiento.	39
4.3. Resultado de la pregunta tres, personas con conocimiento..	39
4.4. Resultado de la pregunta cuatro, personas con conocimiento.	40
4.5. Resultado de la pregunta cinco, personas con conocimiento.	40
4.6. Resultado de la pregunta seis, personas con conocimiento..	41
4.7. Resultado de la pregunta siete, personas con conocimiento.	41
4.8. Resultado de la pregunta uno, personas sin conocimiento.	42
4.9. Resultado de la pregunta dos, personas sin conocimiento.	43

ÍNDICE DE FIGURAS

4.10. Resultado de la pregunta tres, personas sin conocimiento. 43

4.11. Resultado de la pregunta cuatro, personas sin conocimiento. 44

4.12. Resultado de la pregunta cinco, personas sin conocimiento. 44

4.13. Resultado de la pregunta seis, personas sin conocimiento. 45

4.14. Resultado de la pregunta siete, personas sin conocimiento. 45

Resumen

Actualmente los automóviles juegan un rol importante en la vida del ser humano, ya que es una parte fundamental para recorrer distancias considerables o simplemente desplazarse de un lugar a otro. Por consiguiente, las personas que utilizan este medio de transporte deben de conocer los requisitos que un automóvil requiere, por lo que se necesita de un conocimiento específico para esto.

No es muy común que las empresas de la industria automotriz utilicen alguna herramienta que ayude en la capacitación de personal. Debido a lo anterior, surgió la idea de desarrollar una aplicación móvil que ayude a crear un aprendizaje breve y eficaz con el que no sólo se beneficie alguna empresa, sino también las personas que no tengan conocimiento acerca de la ubicación y mantenimiento de las partes del motor de un automóvil.

Esto se logró con la incorporación del software llamado *Blender* el cual ayudó en el diseño y desarrollo de los modelos en 3d y las animaciones, junto con el software llamado *Unity* el cual ayudó con el desarrollo de la aplicación móvil y la integración de la realidad aumentada proporcionada por la herramienta llamada *Vuforia* en donde se almacenaron los marcadores utilizados en la aplicación.

Para la validación del proyecto, se aplicaron 20 encuestas a dos distintos grupos de personas, como lo fueron personas con conocimiento en las partes del motor de un automóvil y personas sin conocimiento. Con base a las pruebas y encuestas realizadas a los usuarios se puede concluir que fue posible cumplir con el objetivo, ya que en la actualidad no se cuenta con una herramienta que brinde la facilidad y rapidez necesaria para ubicar una pieza en el motor de un automóvil y realizar el debido mantenimiento de esta.

Palabras clave: Realidad aumentada, marcadores, objetos en 3d, animaciones en 3d, aplicación móvil, *Android*, ubicación de partes de un automóvil.

Abstract

Nowadays cars play an important role in the life of the human being, since it is a fundamental part of traveling considerable distances or simply moving from one place to another. Therefore, people who use this means of transport must know the requirements that a car requires, so that specific knowledge is needed for this.

It is not very common for companies in the automotive industry to use a tool that helps in the training of personnel. Due to the aforementioned, the idea of developing a mobile application that helps create a brief and effective learning that not only benefits a company, but also people who have no knowledge about the location and maintenance of the parts of a car engine.

This was achieved with the incorporation of the software called *Blender* which helped in the design and development of 3d models and animations, together with the software called *Unity* which helped with the development of the mobile application and the integration of augmented reality provided by the tool called *Vuforia* where the markers used in the application were stored.

For the validation of the project, 20 surveys were applied to two different groups of people, such as people with knowledge in the motor parts of a car and people without knowledge. Based on the tests and surveys made to the users, it can be concluded that it was possible to meet the objective, since at present there is no tool that gives you the ease and speed to locate a part in the engine of a car and perform proper maintenance of this.

Key words: Augmented reality, markers, 3d objects, 3d animations, mobile application, *Android*, location of parts of a car.

Introducción

Las herramientas que incorporan la interacción entre el hombre y la máquina con la ayuda de la realidad aumentada, resultan útiles en la rama de la industria, como lo es la era de la industria 4.0, lo cual hace referencia a la cuarta revolución industrial que consta como primer paso en la automatización de todo lo que sea posible fabricar a través de una máquina y como segundo paso el intercambio de información mediante una interconexión entre los componentes que realizan alguna tarea en específico.

En la industria automotriz, como lo menciona el artículo *“Application of Augmented Reality Techniques in Through-life Engineering Services”* [1], la implementación de componentes virtuales en la rama automotriz ayuda a las personas a entender las cosas de una manera rápida, dinámica y concisa. Es por eso que las grandes industrias optan por desarrollar proyectos innovadores.

En el presente documento se desarrolló una solución que ayuda al problema de ubicar las partes de un motor durante el entrenamiento de personal en la rama automotriz con la ayuda de la realidad aumentada utilizando un dispositivo móvil inteligente.

En el capítulo 1 se mencionan algunos de los proyectos referentes y realizados con anterioridad. También se describe la problemática que se encontró al momento de identificar las partes del motor de un automóvil en personas sin conocimiento de mecánica automotriz básica.

En el capítulo 2 se definen los temas que se tomaron en cuenta para que este proyecto se pudiera llevar a cabo. En primera instancia se menciona qué es la realidad aumentada,

dónde se aplica, y qué tipos existen. Posteriormente, se explicarán dos de las tecnologías que van de la mano de la realidad aumentada, que son los marcadores y el reconocimiento de patrones, ambas partes con sus características correspondientes.

En el capítulo 3 se describe las herramientas y los pasos que se siguieron para el desarrollo completo de este proyecto, la descripción del producto final esperado, las distintas etapas que conforman la metodología y cómo se fue integrando cada paso para unirlos en una misma aplicación.

En el capítulo 4 se encuentran las pruebas que se realizaron a distintos grupos de usuarios y en el capítulo 5 se abordan las conclusiones a las que se llegaron tras el desarrollo de este proyecto.

Capítulo 1

Planteamiento del Problema

El presente capítulo se mencionarán algunos de los proyectos referentes y realizados con anterioridad. También se describirá cuál es la problemática que se encontró al momento de identificar las partes del motor de un automóvil en personas sin conocimiento de mecánica automotriz básica, por lo que se busca llevar a cabo una serie de tareas que ayuden a desarrollar una aplicación móvil para resolver este problema.

1.1. Antecedentes

A medida que transcurre el tiempo, la realidad aumentada se incorpora en la rama automotriz con más frecuencia, ya que esto puede ayudar a los usuarios a obtener una mejor experiencia al momento de utilizar un vehículo. Como lo menciona el libro “*Color Image Processing: Methods and Applications*” [2], la innovación de la tecnología ayuda a la realidad aumentada a crecer y abrirse a nuevas implementaciones con nuevos métodos de interacción hombre máquina.

A continuación, se mostrarán algunos proyectos que incorporan la realidad aumentada en la rama automotriz.

1.1.1. Guía de montaje visual utilizando realidad aumentada

El proyecto llamado “*Guía de montaje visual utilizando realidad aumentada*”, consiste en superponer información virtual sobre productos del mundo real, y de ese modo mejorar la percepción humana de la realidad.

La tarea de ensamblaje utilizada en este proyecto consiste en armar un rompecabezas tridimensional con nueve piezas. Las piezas deben colocarse en un cierto orden y en posiciones específicas. En las pantallas de Oculus, la pieza a seleccionar se resalta en verde y el lugar para colocarla está marcado con la misma forma y color. La pieza debe colocarse en la posición marcada con la misma forma, color y número que la pieza.

La realidad aumentada permite mejorar la guía visual a las personas con la ayuda de un par de lentes para la realidad aumentada llamados Oculus Rift y se evalúa mediante una tarea de ensamblaje simulada.

Las personas que utilizaron el sistema de realidad aumentada lograron completar la tarea de ensamblaje sin ningún tipo de errores en la colocación final de una pieza. Esto se espera ya que el sistema está diseñado para forzar al usuario para hacer lo correcto, y el usuario no tiene permiso para continuar con la siguiente pieza hasta que se coloque la primera correctamente [3].

1.1.2. Sistema holográfico digital para una pantalla de realidad aumentada en la rama automotriz

Una pantalla de visualización superior (por sus siglas en inglés “*HUD - Head Up Display*”) automotriz puede reducir la fatiga visual del conductor, así como también acorta el tiempo de visualización del tablero de instrumentos, por lo que el proyecto llamado “*Sistema holográfico digital para una pantalla de realidad aumentada en la rama automotriz*” resulta en una experiencia de manejo más segura y cómoda. La pantalla de visualización aumentada holográfica (por sus siglas en inglés *ARHUD - Augmented Reality Head Up Display*) tiene

una serie de ventajas significativas en comparación con las tecnologías tradicionales de HUD, con un menor consumo de energía, un mejor efecto de visualización, una mayor distancia de la imagen virtual, una estructura óptica simple y un tamaño de embalaje compacto. Este proyecto, desarrolló un sistema ARHUD holográfico, que incluye un modulador de luz espacial de cristal líquido sobre silicio de tiempo de respuesta rápido (LCoS SLM), proyección holográfica digital con láser 2D con patrón de holograma de una sola fase (PPOH) y óptica holográfica Sistema de HUD basado en elementos (HOE) [4].

1.1.3. Sistema de realidad aumentada para el soporte del operador en ensamblajes colaborativos entre humanos y robots

El objetivo del sistema de realidad aumentada para el soporte del operador en ensamblajes colaborativos entre humanos y robots es proporcionar información relacionada con la producción y el proceso, así como mejorar la inmersión de los operadores en los mecanismos de seguridad, dictados por el espacio de trabajo colaborativo. La principal funcionalidad es ayudar a los operadores en el proceso de ensamblaje visualizando todas las partes o componentes que se utilizarán (por ejemplo, tornillos, herramientas, pegamento, etc.) y su posición correspondiente con el objeto real. Por ejemplo, en la Figura 1.1, se visualizan el modelo 3D de un tambor, cuatro tornillos y la forma en que debe colocarse sobre el objeto real (eje).

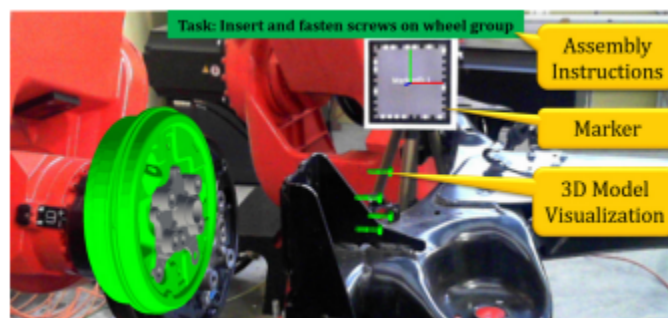


Figura 1.1: Componentes digitales superpuestos ante un componente real.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema que ayude a los operadores que trabajan en un entorno industrial híbrido entre humanos y robots y que les proporcione una inmersión en el conjunto de instrucciones de montaje en su campo de visión junto con la producción[5].

1.1.4. Perspectiva de los operadores sobre la realidad aumentada como herramienta de soporte en el montaje de motores

El presente sistema consta en tomar la perspectiva de los operadores sobre la realidad aumentada como herramienta de soporte en el montaje de motores con la ayuda de una aplicación que utiliza la incorporación de la realidad aumentada en un par de lentes, mediante los cuales proporcionan la inmersión en el mundo de la realidad virtual. Los lentes, por su acrónimo en inglés *AR-Glasses* ayudan al usuario que los porta a visualizar e interactuar con objetos o mensajes que a simple vista no se podrían observar. Los operadores se encuentran en una sección de montaje de un motor de la marca Volvo. Existen cuatro líneas de montaje, cada una con ocho estaciones secuenciales colocadas en una formación en U. Los motores se transportan en vehículos automatizados de una estación a otra y se detienen en un punto específico en cada estación. Cada operador sigue un motor desde la primer estación hasta la última. Después de la última estación se trasladan a la primera estación donde un nuevo motor los espera por lo que cada estación está equipada con un monitor que muestra la estación por completo con información específica. Los monitores están todos montados encima del motor en una posición fija con las instrucciones de montaje mediante modelos en 3D de cómo sería adecuado el ensamble de cada pieza [6].

1.1.5. Sistema de realidad aumentada para el entrenamiento virtual de ensamblaje de piezas

El presente proyecto titulado "Sistema de realidad aumentada para el entrenamiento virtual de ensamblaje de piezas", utiliza una cámara web convencional para fotografiar un lugar de trabajo referencial con un trabajador. Hay un marcador característico en la mesa de montaje. El entorno de software puede definir un plano y transponer datos de acuerdo con la posición de este marcador en el espacio del mundo real. La solución de software propuesta procesa los datos de imagen de la cámara web y agrega instrucciones de modelos virtuales en 3D a la imagen real. La imagen final se presenta en un monitor colocado frente al trabajador el cual representa una ruta para colocar una pieza en específico en la mesa de montaje [7].

1.2. Definición del problema

Si se opta por trabajar en una corporación automotriz o existe un interés personal para ubicar y dar mantenimiento a partes del motor de un automóvil, se necesita de un conocimiento básico, por lo que se requiere de una herramienta que sea interactiva y que capacite al usuario a ubicar y ensamblar las partes del motor de un automóvil.

1.3. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de aplicación móvil utilizando realidad aumentada para el ensamblaje y mantenimiento de los componentes del motor de un automóvil durante la capacitación de personal.

1.4. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos para el desarrollo de esta aplicación son los siguientes:

- Seleccionar el automóvil del cual se modelarán las partes del motor en 3D.
- Identificar los componentes del motor que se podrán manipular.
- Crear los modelos en 3D de los componentes que serán visualizados en la aplicación.
- Crear el marcador en donde se colocarán los modelos en 3D.
- Construir la aplicación móvil.

1.5. Justificación

Actualmente, la realidad aumentada empleada en el entrenamiento de personal, no es común en la industria automotriz o en escuelas de mecánica, por lo que las personas interesadas en aprender lograrían llevarlo a cabo de una manera interactiva.

Esta aplicación podría ayudar a resolver esos problemas como lo sería también la reducción de tiempos en entrenamientos y reducción de personal asignado para brindar el entrenamiento a nuevas personas.

Capítulo 2

Marco teórico

En este capítulo se definen los temas que se tomaron en cuenta para que este proyecto se pudiera llevar a cabo. En primera instancia se mencionará que es la realidad aumentada, dónde se aplica, y qué tipos existen. Posteriormente, se explicarán dos de las tecnologías que van de la mano de la realidad aumentada, que son los marcadores y el reconocimiento de patrones, ambas partes con sus características correspondientes. Por último, se expondrá qué es el modelado de figuras tridimensionales, tipos de modelado y qué son las interfaces gráficas y sus tipos.

2.1. Realidad aumentada

Antes de conceptualizar el tema de la Realidad Aumentada (RA), se explicará de manera simplificada la percepción, ya que para entender el concepto de realidad aumentada primero se tiene que conocer su fundamento.

La percepción consiste en recibir a través de los sentidos, las imágenes, sonidos, impresiones o sensaciones externas. Se trata de una función psíquica que permite al individuo captar e interpretar la información que fluye desde el entorno en el que se encuentra [8].

La RA permite añadir capas de información visual sobre el mundo real utilizando la tecnología, como dispositivos que pueden ser los teléfonos móviles, computadoras portátiles, etc. Esto ayuda a generar experiencias que aportan un conocimiento relevante sobre el entorno,

y además se recibe esa información en tiempo real.

La RA se compone de diferentes tipos, los cuales ayudan a que la interacción sea posible entre diferentes escenarios y usuarios. A continuación, se mostrarán algunos tipos de RA.

2.1.1. Reconocimiento de patrones

El reconocimiento de patrones o lectura de patrones representa una forma de leer objetos del mundo real, elementos los cuales proporcionan información virtual suplementaria al usuario en tiempo real. Los patrones se obtienen a partir de los procesos de segmentación, extracción de características y descripción, donde cada objeto queda representado por una colección de descriptores [9].

2.1.2. Marcadores

Los diferentes tipos de marcadores de RA son imágenes que pueden ser detectadas por una cámara y utilizadas con software como la ubicación de los componentes virtuales colocados en una escena. La mayoría son en blanco y negro, aunque los colores se pueden usar siempre que el contraste entre ellos puede ser reconocido correctamente por una cámara. Los marcadores de realidad aumentada simples, pueden consistir en uno o más formas básicas compuestas por cuadrados negros sobre fondo blanco [10]. A continuación, se describirán algunos de los tipos de marcadores planos comúnmente utilizados.

- Plantilla de marcador

Este tipo de marcadores consisten en cuadrados con bordes negros con un patrón al interior, como se observa en la Figura 2.1.

El primer paso para llevar a cabo el proceso de reconocimiento de este marcador es buscar los bordes negros los cuales conectan con grupos de pixeles debajo de un cierto límite de valores grises. Después, el contorno de cada uno de los grupos de pixeles son



Figura 2.1: Ejemplo de marcador QR.

extraídos y finalmente, los grupos rodeados por 4 líneas rectas serán seleccionados como marcadores potenciales.

- Marcador circular

Estos marcadores son usualmente utilizados en aplicaciones de fotogrametría (Técnica para obtener mapas y planos de grandes extensiones de terreno por medio de la fotografía aérea)[11], ya que estas requieren una alta precisión pero permiten procesar de manera local. Los círculos usualmente son semejantes uno del otro y son mapeados manualmente cuadro a cuadro por lo que es más sencillo diseñar un conjunto de marcadores cuadrados que un conjunto de varios de estos circulares. Como se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2: Ejemplo de marcador circular.

- Marcador de imagen

Este marcador utiliza imágenes naturales como marcadores. Los marcadores de imagen suelen tener un marco u otros puntos de referencia para ayudar a la detección y el cálculo de la colocación de este. Estos se identifican normalmente mediante coincidencias de patrones o características.

Las implementaciones que detectan imágenes sin marcos como lo son los marcadores de imagen, tienen la ventaja de que una aplicación RA puede operar en un entorno existente sin cambios en el entorno en sí [12], como se muestra en la Figura 2.3.



Figura 2.3: Ejemplo de marcador de imagen.

2.2. Modelado en tres dimensiones (3D)

El modelado se le conoce como el desarrollo de una representación esquemática visible de uno o varios objetos, elementos y propiedades que a través de un software especializado son procesados para así, convertirlos en una imagen o animación en 3 dimensiones [13]. Como se observa en la Figura 2.4. Hace alusión a un modelo en 3D donde el lado derecho le corresponde el proceso de diseño y a su lado izquierdo corresponde al modelo ya procesado y rellenado con colores.



Figura 2.4: Ejemplo de modelo en 3d.

2.2.1. Métodos de modelado

Cuando se desarrollan modelos en 3D, se puede optar por utilizar distintos métodos de modelado, dependiendo de si se empieza a crear el modelo desde cero o si ya existe una malla y se quiere reutilizar. A continuación, se describirán algunos métodos de modelado [14].

- Punto por punto

Consiste en duplicar vértices ya definidos y a partir de ellos crear polígonos. Es un proceso lento, pero con mayor precisión si se está trabajando con imágenes de referencia.

- Extrusión

En este método se utilizan los lados de polígonos ya definidos los cuales son moldeados para formar nuevos polígonos.

- Modelado de caja

Es uno de los métodos más utilizados ya que parte de una figura inicial como un cubo y mediante divisiones, modificaciones y movimientos de los polígonos que lo conforman, se crean modelos mucho más complejos.

- Esculpido digital

Está basado en la deformación libre de la malla como si fuera una escultura real. Es posible presionar, estirar, añadir o retirar material, suavizar y pulir sobre la geometría. También es uno de los métodos más utilizados para crear modelos de alta poligonización.

Una vez terminado el modelo deseado, la siguiente fase sería darle color, ya que, sin esta propiedad, el modelo sería una masa sólida inanimada. A continuación, se describirán las características que se requieren para terminar de modelar un objeto.

2.2.2. Texturizado

Una textura es un conjunto de mapas de información, mejor conocidos como "bitmaps", estos mapas de bits son información binaria que responde a un pixel correspondiente a un color en específico y que a su vez, un conjunto de pixeles son los que conforman una imagen, como lo muestra la Figura 2.5.

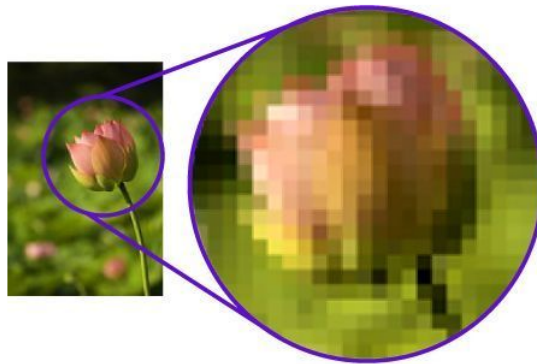


Figura 2.5: Ejemplo de pixeles en textura.

Hay una gran variedad de texturas que son utilizadas para dar diferentes efectos a los modelos. Las texturas que se utilizan normalmente para un modelo son las siguientes [15]:

- *Difuse*

Es la textura básica que da color a la piel, atuendo, ojos del personaje, etc. Estas no tienen ningún efecto especial sobre el modelo más que simple color.

- *Specular*

Es la textura que ilustra el brillo sobre el modelo. Se suele utilizar la textura de color para crear el brillo. Para que el motor gráfico detecte las partes que brillan, se trabaja en escala de grises, donde el color blanco puro será brillo máximo y el color negro será brillo cero.

- *Normal*

Es la textura que da detalle a los modelos, genera relieves en los ejes XYZ. Se creó por la necesidad de optimizar el rendimiento en los videojuegos, ya que, para conseguir un detalle elevado, se necesita que la geometría tenga muchos polígonos.

- *Displacement*

Es una textura que añade detalle a la geometría al igual que el normal. Sin embargo, éste desplaza físicamente los vértices de la malla.

- *Alpha*

Es una imagen en una escala de grises donde las áreas más oscuras serán las menos transparentes y las más claras contendrán la transparencia. Es la textura de transparencia que normalmente es usada para crear el cabello o el atuendo de un personaje.

En cuanto al desarrollo de estas texturas y su implementación al modelo, se encuentran distintas herramientas las cuales se encargan de impartir estas tareas.

- Adobe Photoshop

Principalmente se utiliza para crear los conceptos artísticos del modelo y la edición de texturas.

- AutoDesk 3Ds Max

Es uno de los programas más completos para el desarrollo de modelos, ya que permite realizar el modelado, texturización y animación.

- Zbrush

Este programa al igual que AutoDesk 3D, permite crear modelos, detallarlos y además crear y aplicar texturas a los modelos [16].

2.3. Interfaz gráfica de usuario

Una interfaz gráfica es un manera de interpretar la información que se encuentra almacenada ya sea de manera local o en una base de datos en donde a su vez, está procesada mediante instrucciones programadas las cuales ayudan a la interacción de un usuario con un dispositivo a través de ventanas, imágenes, íconos, campos de texto, menús, botones, etc.

La usabilidad en una aplicación móvil es la curva de aprendizaje y el manejo de la misma, esto se refiere al tiempo en el que el usuario asimila y entiende la navegación dentro de la interfaz.

La gestión y la organización de componentes dentro de una interfaz gráfica se clasifican mediante el entorno en donde se observarán ya que se pueden desarrollar para diferentes plataformas, como sistemas web, sistemas de escritorio y sistemas móviles por lo que también se considera hacia qué público estará dirigido dichas interfaces para definir cómo implementarlas. A continuación se mostrarán los tipos de interfaces gráficas.

- Interfaz de línea de comandos
- Interfaz gráfica de usuario
- Interfaz natural de usuario
- Interfaz de hardware

Capítulo 3

Desarrollo del Proyecto

En el presente capítulo se describirán las herramientas y los pasos que se siguieron para el desarrollo completo de este proyecto, la descripción del producto final esperado, las distintas etapas que conforman la metodología y cómo se fue integrando cada paso para unirlos en una misma aplicación.

3.1. Producto propuesto

Se desarrolló un prototipo de aplicación móvil en distintas plataformas tales como *Unity*, *Blender*, *InkScape* y *Vuforia*, con el cual se buscó asistir a las personas sin conocimiento sobre las partes del motor de un automóvil y así ubicar y aprender cómo se le da mantenimiento a ciertas partes del automóvil.

El prototipo se desarrolló con el objetivo de ser utilizado por empresas automotrices para el entrenamiento de personal para ubicar las partes del motor de un automóvil o bien para personas interesadas en aprender acerca de las partes de un automóvil.

El usuario de la aplicación, se deberá situar frente al automóvil con el cofre levantado, después abrir la aplicación en un dispositivo móvil de tal manera que la persona seleccione primeramente la parte del motor a ubicar, luego colocar el marcador físico en el centro del motor del auto, lo cual se menciona en un apartado específico de la aplicación. Posteriormente, la aplicación le mostrará la ubicación exacta de la parte seleccionada y si la persona lo

desea, puede observar una pantalla informativa de cuándo es el debido mantenimiento y sus advertencias, como también los pasos de cómo se debe de realizar dicho mantenimiento con la ayuda de una animación en 3D de las respectivas piezas. A continuación, se muestra una ilustración acerca de los pasos para llevar a cabo la funcionalidad del producto esperado en la Figura 3.1.



Figura 3.1: Representación del producto propuesto.

3.2. Descripción de la metodología

En el desarrollo del proyecto se seleccionó la metodología en cascada porque se adaptó a las fases necesarias para llevar a cabo dicho proyecto que son el análisis, diseño, desarrollo e implementación. Se optó por la metodología en cascada dado que el primer paso en este proyecto es analizar las partes que tendrán la interacción con el usuario, además, permitió pasar a las siguientes etapas que son el diseño y desarrollo de dichas partes de manera digital, colocarlas en una aplicación móvil, y por último implementarla en un auto real.

A continuación, se muestra un diagrama en cascada en la Figura 3.2 con las etapas que se siguieron durante el desarrollo del presente proyecto.

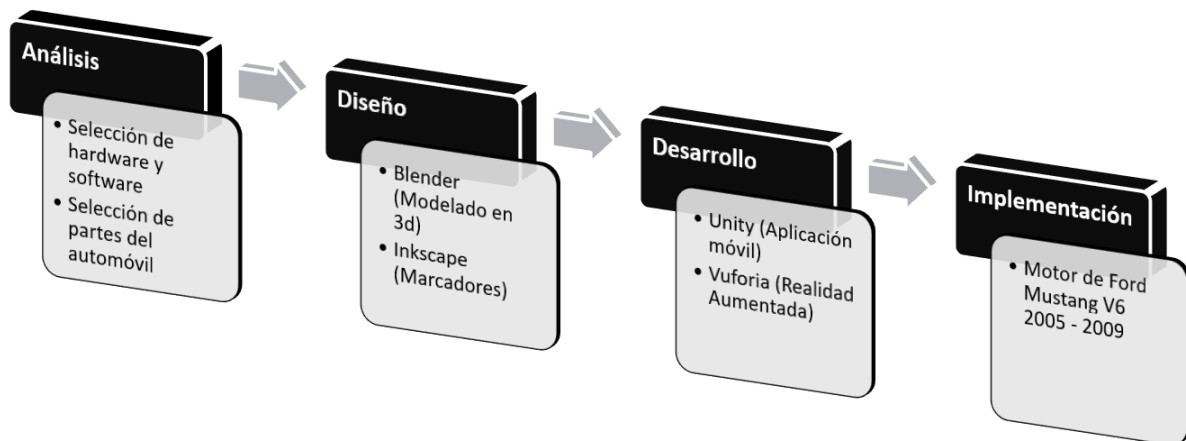


Figura 3.2: Representación de las fases del proyecto en la metodología en cascada.

3.3. Análisis del proyecto

El auto seleccionado en el proyecto favoreció el desarrollo de este, ya que se contaba con el mismo para llevar a cabo el diseño de las partes seleccionadas y las pruebas de funcionalidad.

En la Figura 3.3, se observan las especificaciones mínimas de hardware y software requeridas con los que se diseñaron los modelos en 3d, los marcadores, las interfaces gráficas y la aplicación móvil.

Hardware	Software
Computadora <ul style="list-style-type: none"> • Procesador: Intel Core i3 o AMD Radeon A8 • Tarjeta gráfica: Nvidia GeForce GT710 2 GB o AMD Radeon R7 240 2 GB • Memoria RAM: 4 GB • Disco duro: 150 GB • Sistema operativo: Windows 10 	Diseño <ul style="list-style-type: none"> • Modelos 3D: Blender • Marcadores: Inkscape • Interfaces gráficas: Inkscape
Celular <ul style="list-style-type: none"> • Procesador: Snapdragon 820 • Tarjeta gráfica: Adreno 530 • Memoria RAM: 2 GB • Memoria interna: 32 GB • Sistema operativo: Android Ice cream 	Desarrollo <ul style="list-style-type: none"> • Realidad aumentada: Vuforia • Aplicación móvil: Unity

Figura 3.3: Requerimientos mínimos de hardware y software.

Posteriormente, se observa en la Figura 3.4 tal las ventajas y características del software que se seleccionó para el diseño y el desarrollo del proyecto.

Software	Ventajas y características
Diseño <ul style="list-style-type: none"> • Blender • Inkscape 	<ul style="list-style-type: none"> • Software gratuito, modelaje en 3d y animaciones en 3d. • Software gratuito, diseño de marcadores e interfaces gráficas y edición básica de imágenes.
Desarrollo <ul style="list-style-type: none"> • Vuforia • Unity 	<ul style="list-style-type: none"> • Software gratuito, base de datos para marcadores y extensión de realidad aumentada para Unity. • Software gratuito, desarrollo de aplicación móvil y desarrollo de realidad aumentada.

Figura 3.4: Características de software.

Al desarrollar el prototipo, se realizó una investigación de las partes de un motor que requieren mantenimiento constante para conservar el auto en buen estado y que además brinden seguridad al usuario, aspectos mencionado en el artículo [12], Por lo que se optó en seleccionar las siguientes partes como se muestra en la Figura 3.5.



Depósito de líquido
anticongelante



Depósito de líquido de
dirección hidráulica



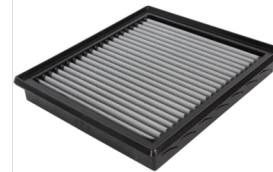
Tapón de aceite



Depósito de líquido
de frenos



Contenedor del filtro
de aire



Filtro de aire

Figura 3.5: Partes del motor seleccionadas para modelar en 3d.

3.4. Diseño del proyecto

Para que este proyecto funcionara se diseñó y se desarrolló un marcador, el cuál funcionó como un objetivo para colocar los objetos en 3d en la zona donde fue colocado dicho marcador. Se utilizó un software llamado “*Inkscape*” el cual permitió crear el siguiente marcador a base de figuras geométricas. A continuación, se muestra cómo se desarrolló dicho marcador en la Figura 3.6.

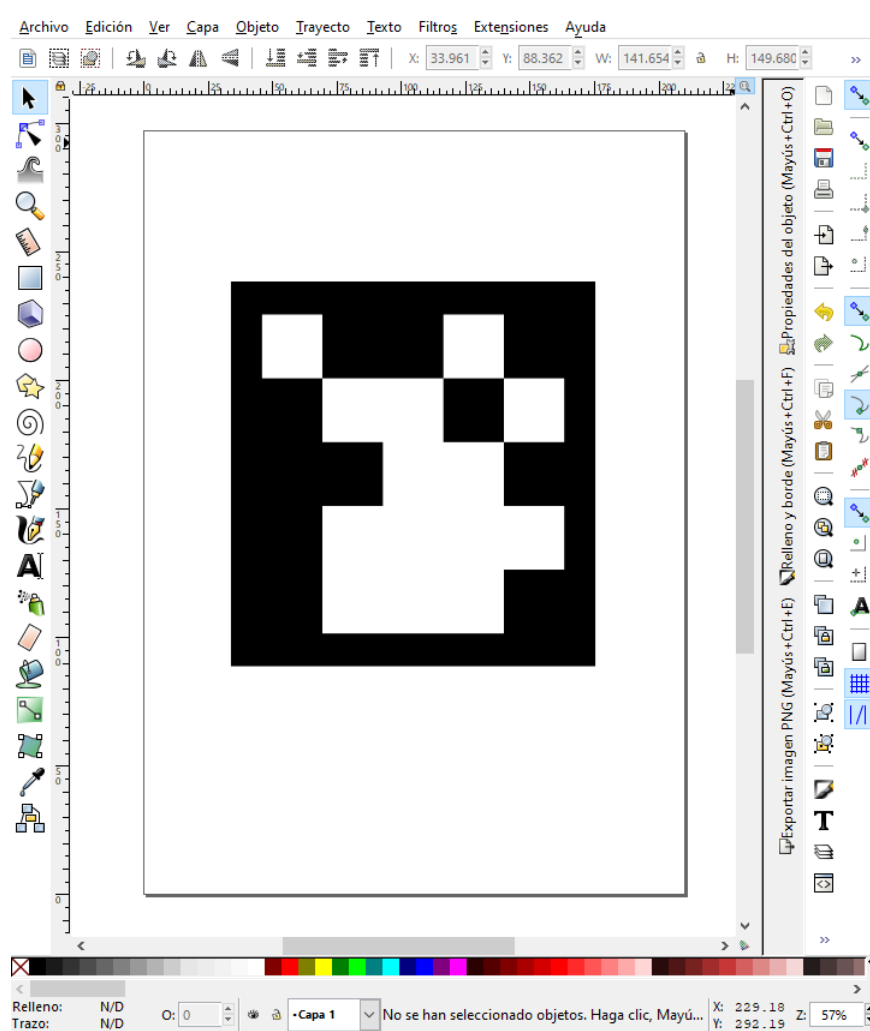


Figura 3.6: Diseño del marcador en Inkscape.

3.5. Desarrollo del proyecto

En la presente sección se especifica el desarrollo de los modelos en 3d de las partes del motor que se requirieron, así como la creación del marcador para reconocer el área en donde se colocan los modelos en 3d en la aplicación móvil y por último el desarrollo de dicha aplicación empleando la funcionalidad de la realidad aumentada.

3.5.1. Desarrollo de modelos en 3d

Para el inicio de esta etapa, se requirió una fotografía de cada parte del motor que se modeló en distintas posiciones para facilitar el diseño.

Después de contar con las imágenes adecuadas de cada parte, se colocaron en el programa llamado *Blender* el cual permite colocar una imagen y después empezar a trabajar la estructura principal en 2d sobre la imagen para utilizarla como ejemplo, en este caso se comenzó con un rectángulo que se colocó a la medida del depósito de la imagen para colocar una configuración en malla y después colocarle puntos de apoyo para empezar a modelarlo con base a la imagen de muestra.

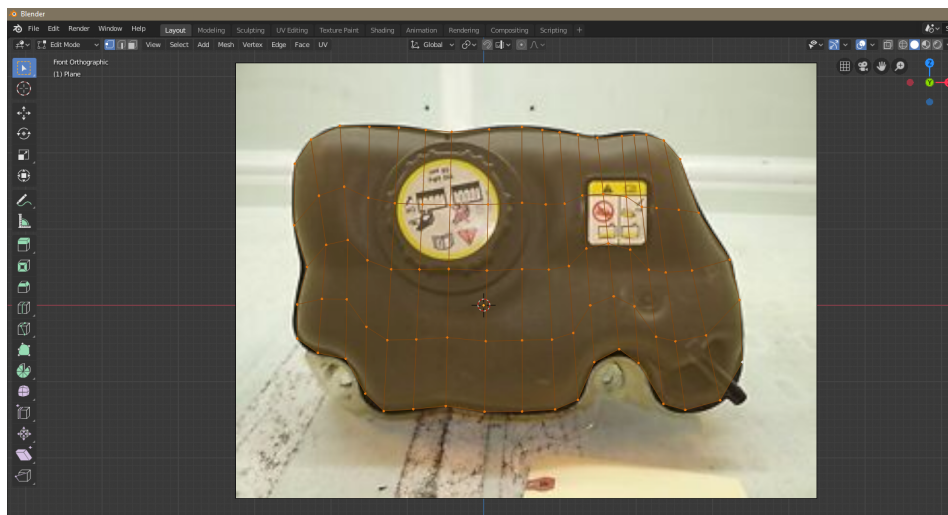


Figura 3.7: Malla inicial para modelado del depósito de líquido anticongelante en Blender.

El siguiente paso fue realizar una serie de extrusiones para dar profundidad y que el modelo se convierta de 2 dimensiones a tres dimensiones acorde a las medidas aproximadas de la imagen que se tienen del modelo. En la Figura 3.8 se puede observar en la base de arriba del depósito ya con una profundidad posterior y también una serie de indicadores de las herramientas que se utilizaron para lograr este resultado.

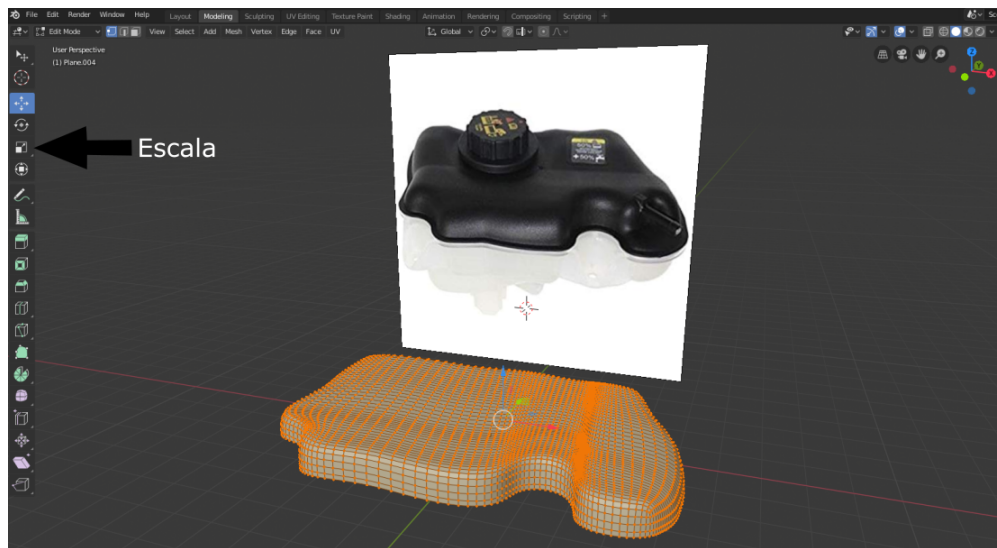


Figura 3.8: Malla en 3d del depósito de líquido anticongelante modelada a partir de una imagen en Blender.

Lo que resta para terminar en la parte superior del depósito es crear el borde que divide la parte superior con la inferior, por lo que se optó por realizar el método de escala - extrusión, que consiste en seleccionar toda el área y realizar una extrusión (en este caso fue todos los nodos de la parte inferior) y después en esa misma área realizar una escala para después volver realizar una extrusión y con eso crear el borde deseado con la misma figura del área seleccionada como se muestra en la Figura 3.9.

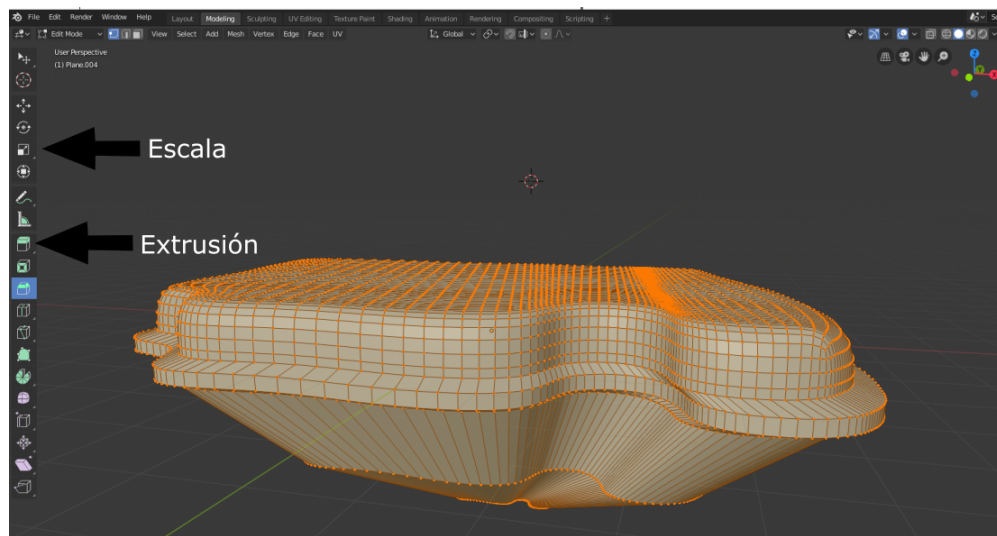


Figura 3.9: Malla en 3d del depósito completo.

El siguiente paso fue modelar la tapadera, para la cual se partió de un círculo el cual se aplicó el mismo método del depósito que fue el de escalado y extrusión, formando primero la parte de arriba y después la base en donde se coloca sobre el depósito. A continuación, se muestra en la Figura 3.10 la malla con las extrusiones bien definidas de la tapadera.

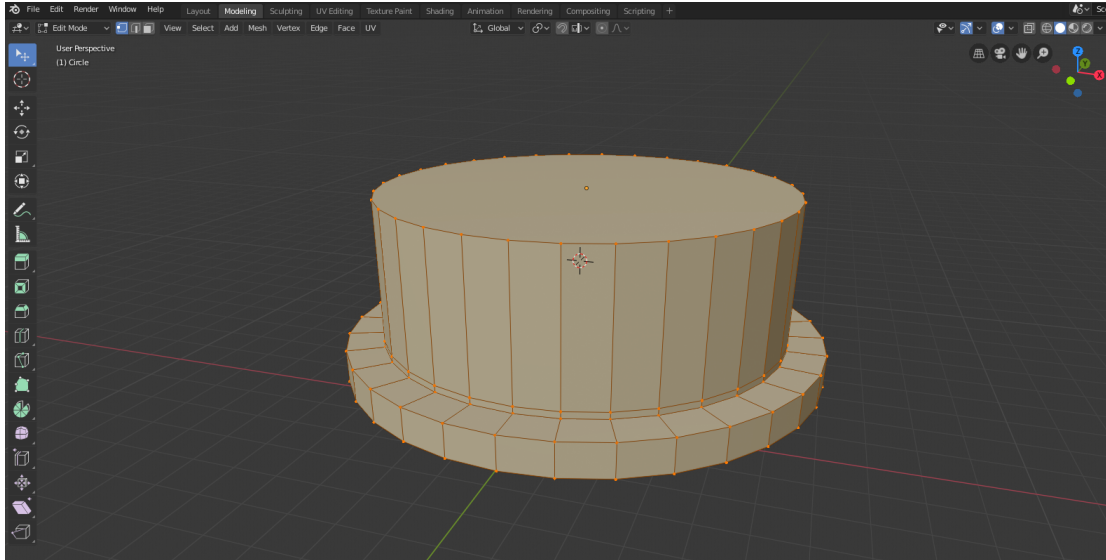


Figura 3.10: Malla en 3d de la tapa del depósito.

Como último paso, se colocó la tapadera en el lugar correspondiente del depósito para después unir todos los objetos en uno solo seleccionando los dos simultáneamente y utilizando un comando llamado *Join* que se ejecuta utilizando la tecla *Ctrl + J*, nuevamente seleccionado todo el objeto se utilizó la opción llamada *Shade Smooth*, la cual otorgó una textura suave sin bordes que le dio una apariencia más similar al depósito real.

Posteriormente, se le dio un color al objeto, que en este caso fue blanco la mitad de abajo y negro la parte superior, solamente se seleccionó el objeto, se hizo clic en el icono de *Context Material*, se agregó un nuevo material, se presionó en usar nodos y por último se seleccionó el color indicado para así dar por terminado el primer modelo. A continuación, se muestra una imagen de cómo se colocó el color al modelo en la Figura 3.11.

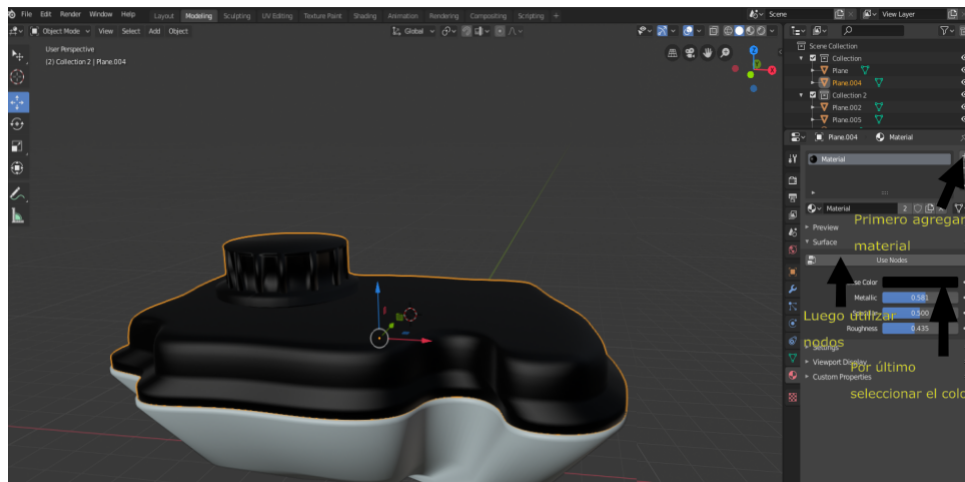


Figura 3.11: Modelo en 3d del depósito terminado con colores.

Para los otros cinco modelos, se utilizaron las mismas técnicas de modelado anteriormente mencionadas, ya que son piezas similares.

3.5.2. Desarrollo de la aplicación móvil

El primer paso para que la aplicación funcionara fue crear el marcador, después de creado se necesitó agregar dicho marcador a una plataforma llamada *Vuforia*, la cual permite utilizar la herramienta de realidad aumentada con una base de datos que *Vuforia* proporciona. Primero se creó una cuenta para acceder a la pestaña llamada *Develop* para crear una base de datos en el apartado llamado “Target manager” en donde por último se ingresa el marcador antes diseñado. En la Figura 3.12 se muestra cómo se llevó a cabo lo anterior.

The screenshot displays the Vuforia Developer Portal interface. At the top, the navigation menu includes 'Home', 'Pricing', 'Downloads', 'Library', 'Develop', and 'Support'. The 'Develop' tab is selected. Below the navigation bar, the 'Target Manager' section is highlighted. A table lists databases, with one entry 'AR' of type 'Device' having 2 targets and a modification date of 'Sep 12, 2019'. Below this, the 'AR' database details are shown, including a list of targets: 'markerflash2' and 'Marcador'. An 'Add Target' button is highlighted in red.

Database	Type	Targets	Date Modified
AR	Device	2	Sep 12, 2019

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
markerflash2	Single Image	★★★★★	Active	Sep 12, 2019 19:53
Marcador	Single Image	★★★★★	Active	Aug 27, 2019 16:32

Figura 3.12: Instrucciones para crear una cuenta en Vuforia y como ingresar un marcador en una base de datos.

Se creó un proyecto en un software llamado “Unity” el cual permite desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada como lo muestra la Figura 3.13.

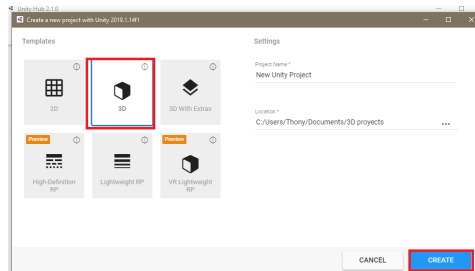


Figura 3.13: Creación de proyecto en Unity con objetos en 3d.

El siguiente paso en el proyecto fue incorporar la base de datos de “Vuforia” ya que se necesitó exportar las librerías de dicha plataforma al proyecto. Para ello se descargó un archivo de “Vuforia” y copiar una licencia que después se colocó en el proyecto de “Unity” al igual que el archivo antes descargado el cual se ejecutó con el proyecto abierto. A continuación, se muestra en la Figura 3.14 los pasos mencionados.

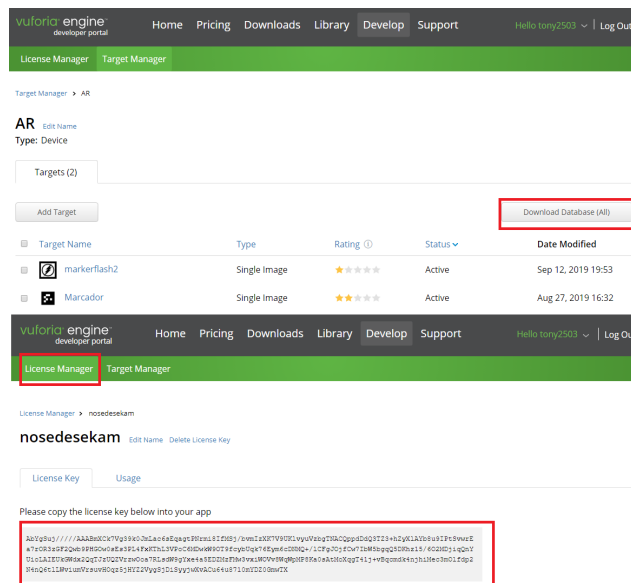


Figura 3.14: Implementación de la base de datos de Vuforia en el proyecto de Unity.

Posteriormente, se importó la base de datos de “*Vuforia*” en el proyecto, como se observa en la Figura 3.15.

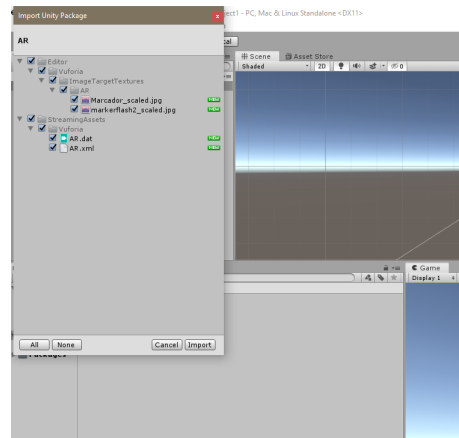


Figura 3.15: Importación de elementos de Vuforia en Unity.

Primero se configuró el proyecto para soportar la realidad aumentada proporcionada por la herramienta *Vuforia Engine*, como se observa en la Figura 3.16.

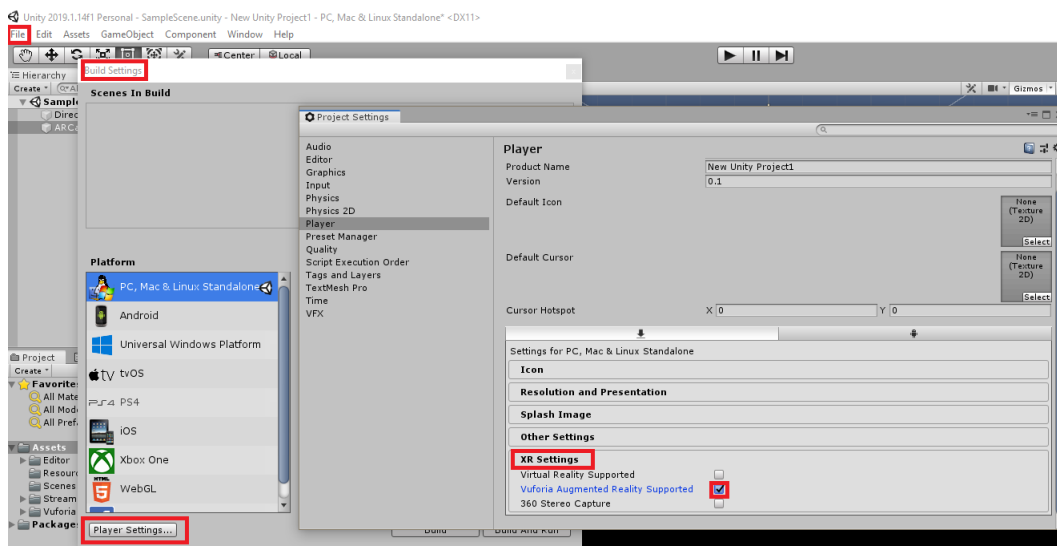


Figura 3.16: Configuración del proyecto para soportar la RA proporcionada por Vuforia.

Después se colocó la licencia de la base de datos de “Vuforia”, para esto se creó un elemento de tipo *Vuforia Engine* en el apartado *SampleScene* como se observa en la figura 3.17.

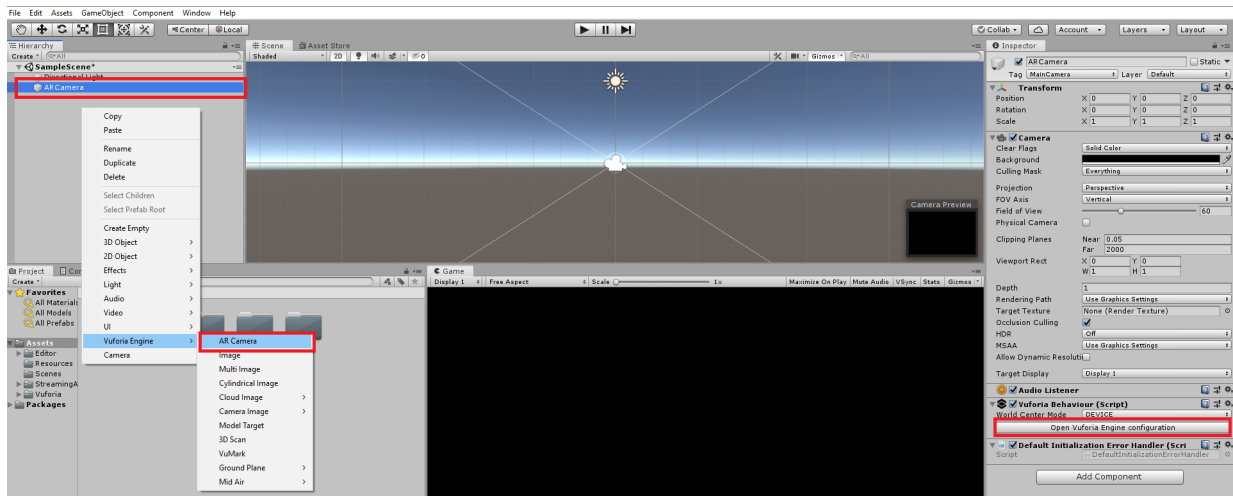


Figura 3.17: Elemento creado de tipo Vuforia Engine y su configuración.

Posteriormente, en la configuración de dicho elemento se seleccionó la opción de abrir la configuración de *Vuforia Engine* para después colocar la licencia como se observa en la figura 3.18.

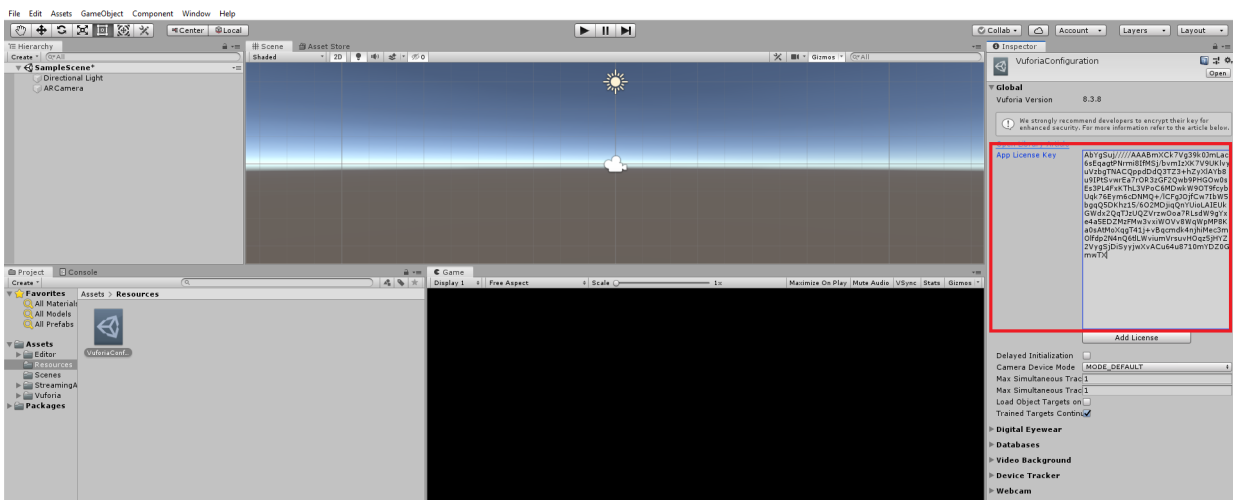


Figura 3.18: Colocación de licencia de Vuforia en Unity.

Después se obtuvo el acceso al marcador para proyectar los objetos en realidad aumentada y así se empezaron a crear las interfaces gráficas y la navegación de la aplicación como se observa en la figura 3.19.

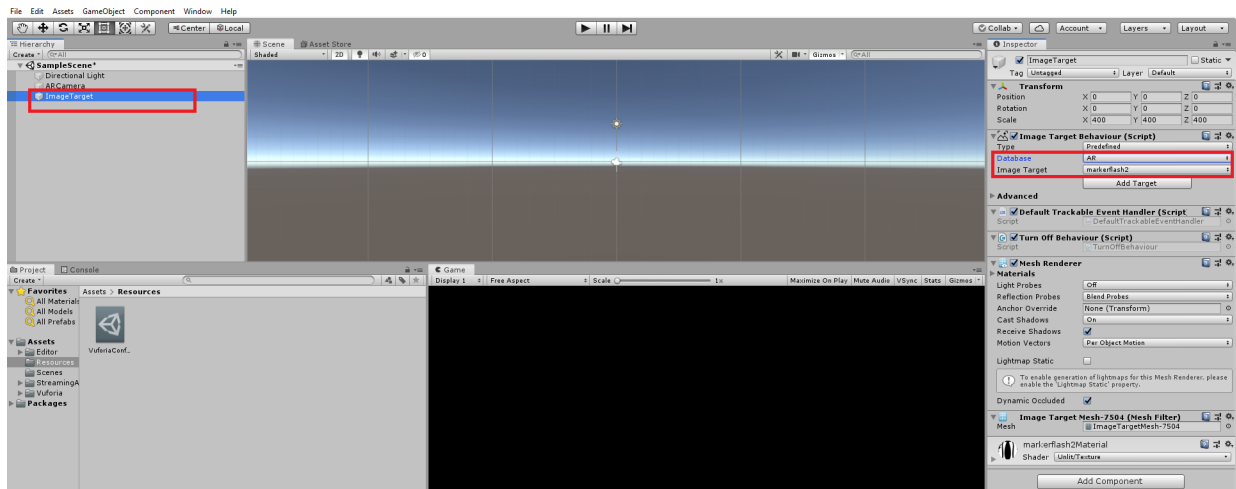


Figura 3.19: Elemento creado de tipo Vuforia Engine - ImageTarget con la base de datos activa.

Por último, para concluir con el proyecto se agregaron botones, lo cuales ayudaron con la interacción del usuario y la aplicación, donde cada botón es una parte del motor del automóvil. Estos botones disparan una acción que activa la cámara del dispositivo donde se esté ejecutando para después hacer lectura del marcador y por ende, desplegar en el dispositivo, el modelo en 3d resaltando la ubicación exacta en el motor real. Ver Figura 3.20

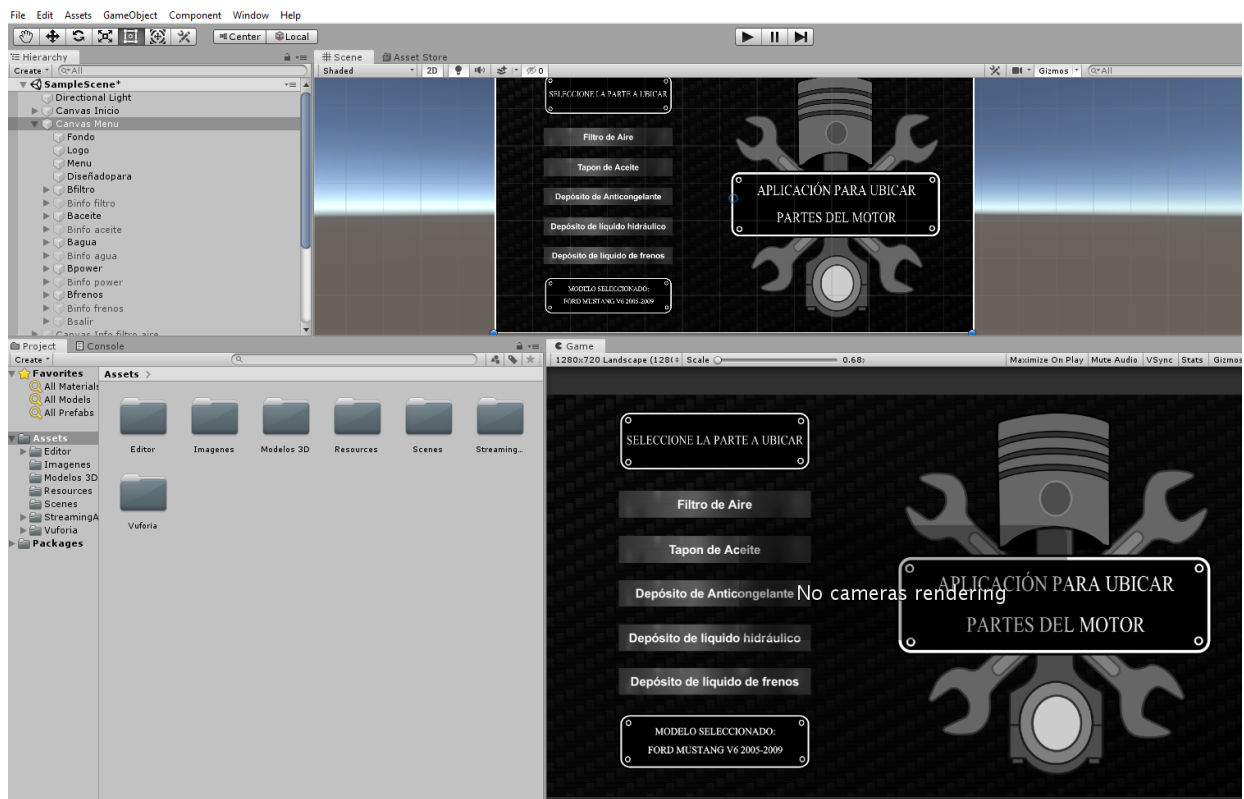


Figura 3.20: Elementos que conforman la aplicación móvil.

3.6. Implementación

La navegación de esta aplicación inicia con un menú para seleccionar entre utilizarla con marcadores o sin marcadores e incluso un botón con instrucciones de uso. A continuación, se muestra en la Figura 3.21.



Figura 3.21: Menú principal de la aplicación.

También en la primer pantalla de la aplicación se observa un botón para observar como se utiliza la aplicación como se muestra en la Figura 3.22.



Figura 3.22: Pantalla de cómo utilizar la aplicación.

Después de seleccionar la opción de utilizar marcador o sin marcador, aparece un menú para escoger la pieza del motor a ubicar como se muestra en la Figura 3.23.



Figura 3.23: Menú para seleccionar las partes a ubicar.

Una vez de seleccionada la parte del motor, se activa la cámara para ubicar la pieza con la ayuda de la realidad aumentada como se muestra en la Figura 3.24.



Figura 3.24: Cámara activada con la parte ubicada con realidad aumentada.

Posteriormente en el botón con la opción de ver información se muestran datos acerca de la pieza seleccionada como se observa en la Figura 3.25.

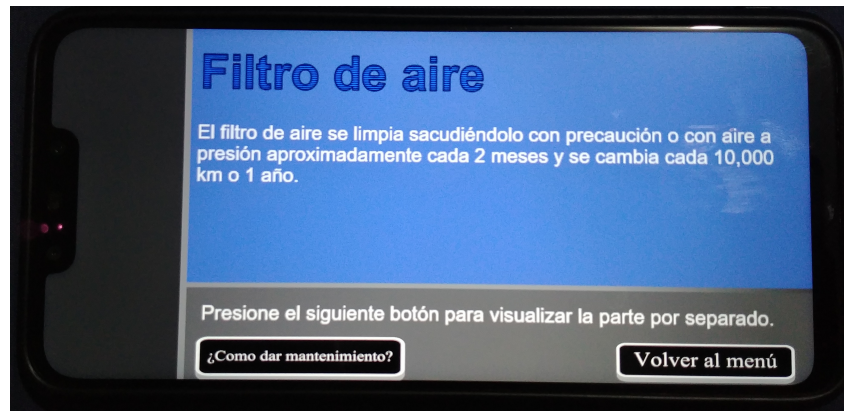


Figura 3.25: Información acerca del filtro de aire.

Por último se encuentra en el botón de Cómo dar mantenimiento, una breve animación de cómo realizar el debido ensamble y desensamble de la pieza seleccionada como se observa en la Figura 3.26.



Figura 3.26: Animación acerca de como ensamblar y desensamblar el filtro de aire.

Capítulo 4

Resultados

En el presente capítulo se encuentran las pruebas que se realizaron a distintos grupos de usuarios, las cuales se realizaron en personas con conocimientos en partes de automóviles y también para otro grupo de personas sin conocimiento de las partes de un automóvil, con el propósito de observar el funcionamiento de la aplicación y la respuesta de los usuarios seleccionados al utilizarla.

Para ello se realizaron encuestas distintas a los diferentes grupos de usuarios. La intención de evaluar la aplicación con los dos grupos de personas de distintos conocimientos, fue el impacto que tendría el utilizar la aplicación en el ámbito laboral o bien como una herramienta alterna a un manual instructivo.

A continuación se muestran las distintas preguntas que se aplicaron a los grupos de personas seleccionadas.

4.1. Personas con conocimiento

Se acudió al estacionamiento de las instalaciones del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ en donde se solicitó la ayuda de usuarios para efectuar pruebas en la aplicación. Detectando una respuesta positiva en el manejo de dicha aplicación.

Las pruebas iniciales se realizaron a 10 personas con conocimiento de partes de automóviles, los cuales se les indicó el funcionamiento de la aplicación y cómo se debe de manipular.

Una vez que se proporcionaron las instrucciones de uso, se observó que la navegación en el menú principal fue sencillo para los usuarios, ya que el 87% de los usuarios que utilizaron la aplicación respondieron a la primer encuesta que para ellos si fue fácil de utilizarla. A continuación, se observa una gráfica en la Figura 4.1 del porcentaje de las 15 personas que respondieron a la pregunta.



Figura 4.1: Resultado de la pregunta uno, personas con conocimiento.

Después de que los usuarios manipularan la aplicación, se les preguntó si las partes que se pueden manipular, son los óptimas. Como se observa en la Figura 4.2.

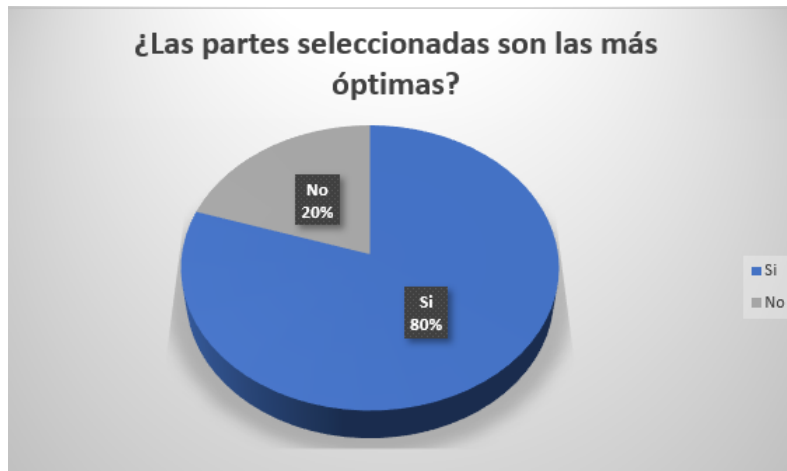


Figura 4.2: Resultado de la pregunta dos, personas con conocimiento.

Al momento en que los usuarios seleccionaron una pieza para ubicar se observó que la mayoría de las personas observaron con éxito el modelo en 3D que se despliega en la cámara del dispositivo en donde se realizaron las pruebas. A continuación se observa en la Figura 4.3 el porcentaje de las personas que observaron las piezas seleccionadas.

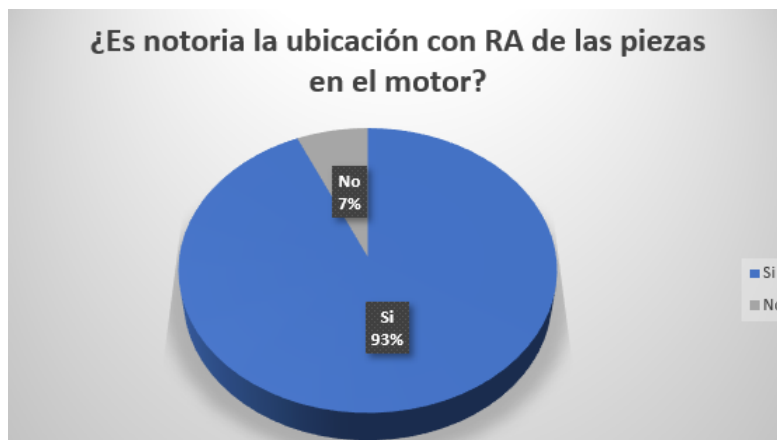


Figura 4.3: Resultado de la pregunta tres, personas con conocimiento..

Una vez observada la ubicación de las piezas, se tiene un apartado en donde se observa información de mantenimiento y advertencias por lo que se planteó la siguiente pregunta que se observa en la siguiente Figura 4.4.

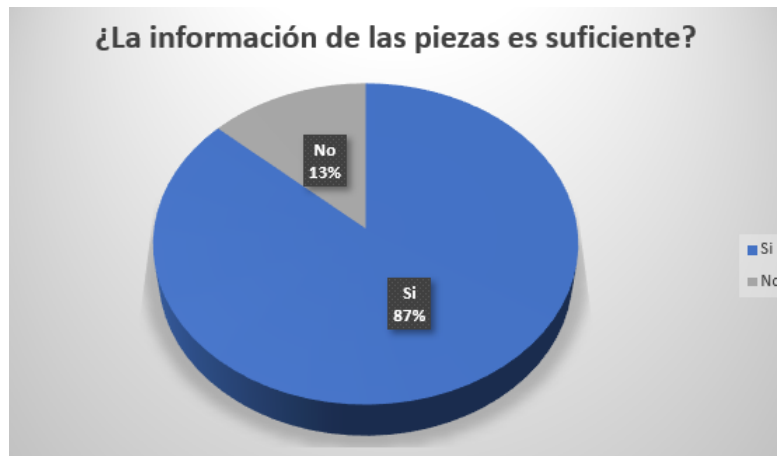


Figura 4.4: Resultado de la pregunta cuatro, personas con conocimiento.

Después de que los usuarios observaran la información, se tiene una guía de cómo quitar, ensamblar o brindar el debido mantenimiento dependiendo de la pieza seleccionada. Por lo que se planteó la siguiente pregunta de la Figura 4.5.

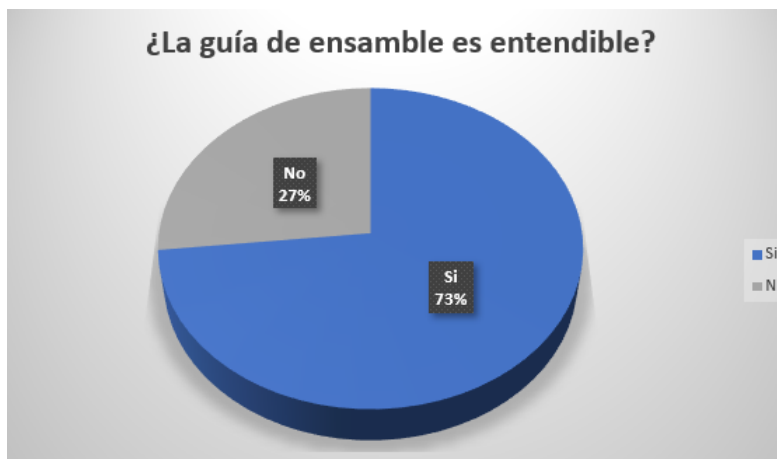


Figura 4.5: Resultado de la pregunta cinco, personas con conocimiento.

Cuando los usuarios acceden a la aplicación se observa un menú para seleccionar entre utilizar marcadores o no utilizarlos, por lo que se planteó la siguiente pregunta que se observa en la Figura 4.6.



Figura 4.6: Resultado de la pregunta seis, personas con conocimiento..

Por último se les preguntó a los usuarios si estarían dispuestos a utilizar la aplicación como una herramienta personal, como se observa en la Figura 4.7.



Figura 4.7: Resultado de la pregunta siete, personas con conocimiento.

4.2. Personas sin conocimiento

Las siguientes pruebas se efectuaron de igual manera con 10 usuarios seleccionados en el estacionamiento de las Instalaciones del instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ en donde se aseguró que los usuarios que accedieron a participar, presentaran interés en aprender y que no tuvieran algún conocimiento previo de la ubicación de partes del motor de un automóvil y su correspondiente mantenimiento. Por lo que se obtuvieron los siguientes resultados, partiendo con la primer pregunta de la encuesta que se observa en la Figura 4.8.

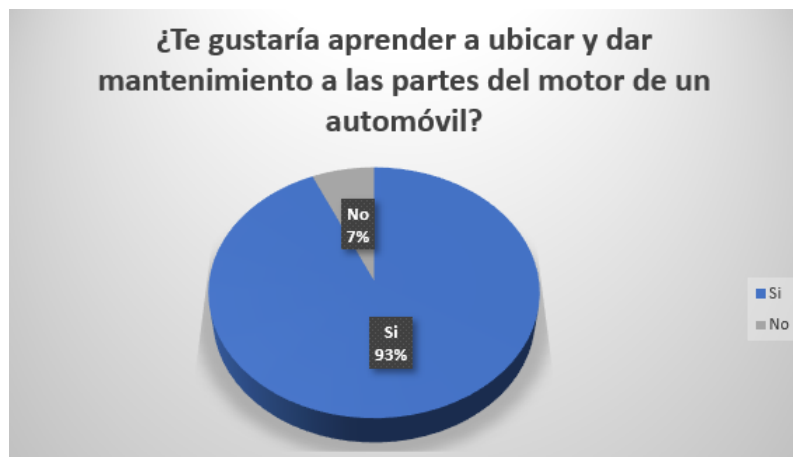


Figura 4.8: Resultado de la pregunta uno, personas sin conocimiento.

Una vez que los usuarios empezaron a interactuar con la aplicación se les preguntó si conocían las partes que se encontrarán en la aplicación. A continuación, se observa en la Figura 4.9 la respuesta de los usuarios.

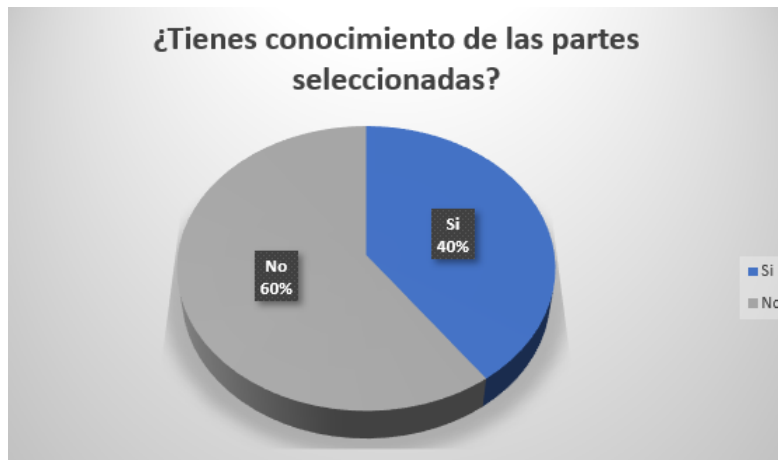


Figura 4.9: Resultado de la pregunta dos, personas sin conocimiento.

Ya que los usuarios no conocían la ubicación de las partes seleccionadas, se planteó esta pregunta, una vez observada la ubicación de alguna parte del motor en la aplicación. A continuación, se observa en la Figura 4.10 la respuesta de los usuarios.

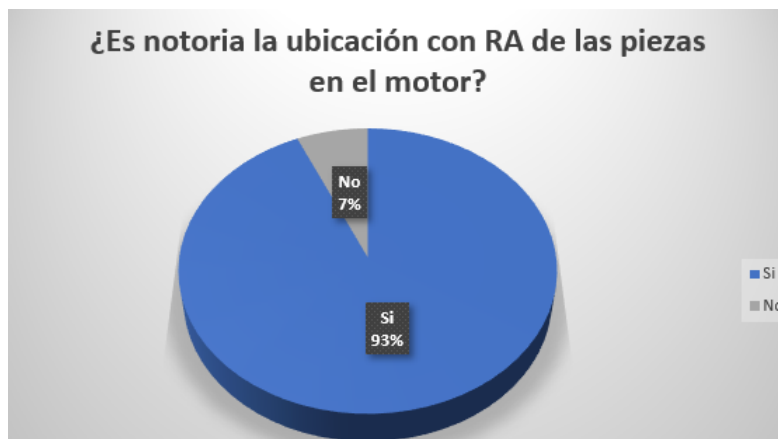


Figura 4.10: Resultado de la pregunta tres, personas sin conocimiento.

Dado que los usuarios seleccionados no tenían el conocimiento previo suficiente, se les brindó la siguiente pregunta dirigida en hacia el apartado de la información específica que tiene cada parte del motor, una vez ubicada en la aplicación. En la Figura 4.11 se observa la respuesta de los usuarios.

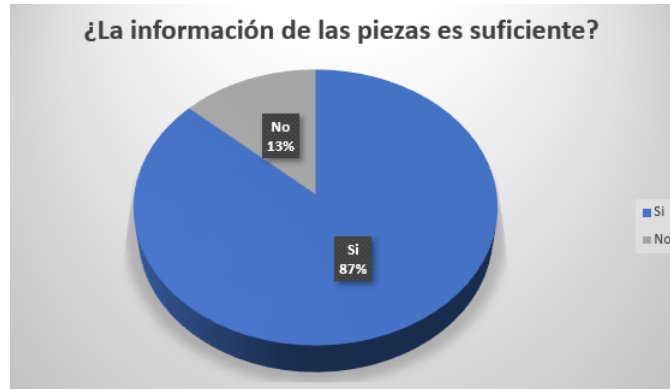


Figura 4.11: Resultado de la pregunta cuatro, personas sin conocimiento.

También se les brindó una pregunta acerca de la animación que se encuentra después de ubicar cada pieza, la cual muestra los pasos para quitar y ensamblar la pieza seleccionada. En la Figura 4.12 se observa la respuesta de los usuarios.

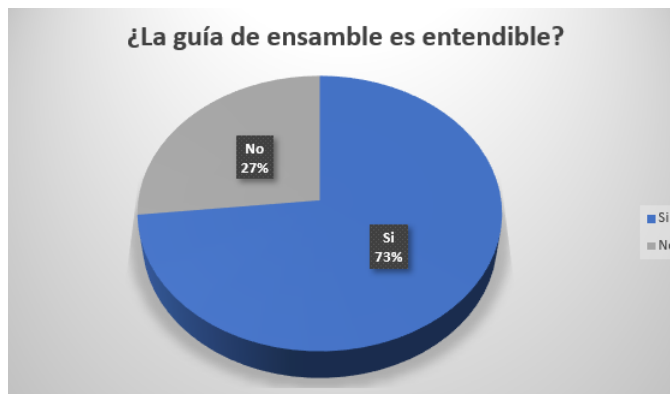


Figura 4.12: Resultado de la pregunta cinco, personas sin conocimiento.

En la siguiente pregunta de la encuesta se observó que la mayoría de los usuarios prefieren utilizar la aplicación sin marcadores, ya que esto implica solamente utilizar el dispositivo móvil, sin necesidad de algún objeto adicional. En la Figura 4.13 se observa la respuesta de los usuarios.

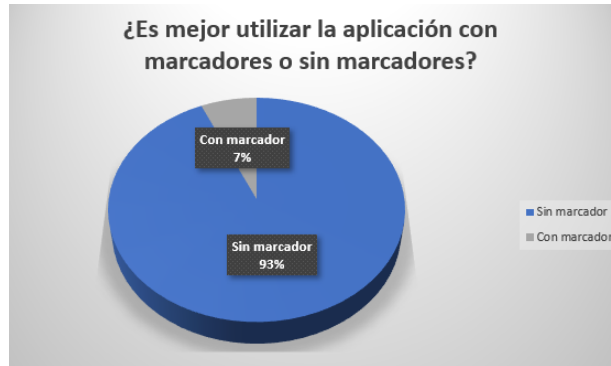


Figura 4.13: Resultado de la pregunta seis, personas sin conocimiento.

Por último, se les preguntó a los usuarios si utilizarían esta aplicación como un soporte personal, ya que estos usuarios presentaron un interés en aprender acerca de ubicar las partes y tener el conocimiento necesario para quitar y ensamblar las piezas deseadas de mantenimiento de un automóvil. Ver la Figura 4.14 para observar la respuesta de los usuarios.



Figura 4.14: Resultado de la pregunta siete, personas sin conocimiento.

Capítulo 5

Conclusiones

En el presente capítulo se abordarán las conclusiones a las que se llegaron tras el desarrollo de este proyecto con respecto al objetivo planteado al inicio del mismo, con la finalidad de validar las metas que fueron propuestas.

Por consiguiente, se encontrarán una serie de mejoras a futuro y sugerencias que se ofrecieron por parte de los usuarios que contribuyeron a las pruebas realizadas para la validación de este proyecto, con el fin de complementar la aplicación para una mayor utilidad tanto para la industria automotriz, como para soporte personal.

5.1. Con respecto al objetivo de la investigación

Con el desarrollo de esta aplicación móvil para el apoyo de las personas sin conocimiento de la ubicación y mantenimiento de las partes del motor de un automóvil, se logró comprobar que es pertinente contar con una herramienta personal para guiar al usuario en dónde encontrar las piezas deseadas en el motor de un automóvil y conocer cuál es la información necesaria con la que se debe tener para proceder a manipular dichas piezas en la vida real.

Con base a las pruebas y encuestas realizadas a los usuarios se puede concluir que fue posible cumplir con el objetivo, ya que en la actualidad no se cuenta con una herramienta que te brinde la facilidad y rapidez necesaria para ubicar una pieza en el motor de un automóvil y realizar el debido mantenimiento de la misma. La aplicación permitió la visualización de

las piezas del motor, mediante la realidad aumentada en un dispositivo móvil, aunado a una interfaz sencilla de manipular por los usuarios con conocimiento y sin conocimiento de mecánica automotriz.

Además, se comprobó que esta aplicación sería útil en la industria automotriz como una herramienta auxiliar para disminuir los tiempos de entrenamiento de personal que no cuenta con el conocimiento acerca de las partes que componen el motor de un automóvil y el debido mantenimiento que requiere cada una de ellas.

5.2. Recomendaciones para futuras investigaciones

- Desarrollo de modelos en 3D de partes del sistema de frenado y suspensión del automóvil.
- Ubicar con RA las partes que compone el sistema de frenado y suspensión del automóvil.
- Desarrollo de animación en 3D del ensamble del sistema de frenado y suspensión del automóvil.
- Brindar información de mantenimiento y advertencias de uso del sistema de frenado y suspensión del automóvil.
- Brindar posibles lugares en dónde comprar las piezas y herramientas necesarias para llevar acabo el mantenimiento de cada pieza.

Bibliografía

- [1] G. Dini and M. Dalle Mura, “Application of augmented reality techniques in through-life engineering services”, *Procedia CIRP*, vol. 38, pp. 14 – 23, 2015, Proceedings of the 4th International Conference on Through-life Engineering Services.
- [2] Rastislav Lukac and Konstantinos N Plataniotis, *Color image processing: methods and applications*, CRC press, 2018.
- [3] Anna Syberfeldt, Oscar Danielsson, Magnus Holm, and Lihui Wang, “Visual assembling guidance using augmented reality”, *Procedia Manufacturing*, vol. 1, pp. 98–109, 2015.
- [4] William Wang, Xiuling Zhu, Kenny Chan, and Peter Tsang, “Digital holographic system for automotive augmented reality head-up-display”, pp. 1327–1330, 2018.
- [5] Sotiris Makris, Panagiotis Karagiannis, Spyridon Koukas, and Aleksandros-Stereos Matthaiakis, “Augmented reality system for operator support in human–robot collaborative assembly”, *CIRP Annals*, vol. 65, no. 1, pp. 61 – 64, 2016.
- [6] Oscar Danielsson, Anna Syberfeldt, Magnus Holm, and Lihui Wang, “Operators perspective on augmented reality as a support tool in engine assembly”, *Procedia CIRP*, vol. 72, no. 1, pp. 45–50, 2018.
- [7] Petr Hořejší, “Augmented reality system for virtual training of parts assembly”, *Procedia Engineering*, vol. 100, pp. 699 – 706, 2015, 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2014.

- [8] James J Gibson, “The perception of the visual world.”, 1950.
- [9] Emiliano Aldabas-Rubira, “Introducción al reconocimiento de patrones mediante redes neuronales”, *IX Jornades de Conferències d’Enginyeria Electrònica del Campus de Terrassa, Terrassa, España, del 9 al 16 de Diciembre del 2002*, 2002.
- [10] Christian Koch, Matthias Neges, Markus König, and Michael Abramovici, “Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance”, *Automation in Construction*, vol. 48, pp. 18–30, 2014.
- [11] Vipulkumar P Chauhan and Dr Manish M Kayasth, *Augmented Reality Markers, It’s Different Types, Criterion for Best Fiducially Marker and Necessary Requirments to Selecing Application Oriented Markers*, India: South Gujarat University.
- [12] David Maniega Legarda, Pau Yànez Vilanova, Pablo Lara Navarra, et al., “Uso de un videojuego inmersivo 3d para el aprendizaje del español”, vol. 9, no. 2, pp. 101–121, 2011.
- [13] Alec Rivers, Frédo Durand, and Takeo Igarashi, *3D modeling with silhouettes*, vol. 29, Acm, 2010.
- [14] Yotam Gingold, Takeo Igarashi, and Denis Zorin, “Structured annotations for 2d-to-3d modeling”, vol. 28, no. 5, pp. 148, 2009.
- [15] Hao Su, Charles R Qi, Yangyan Li, and Leonidas J Guibas, “Render for cnn: Viewpoint estimation in images using cnns trained with rendered 3d model views”, pp. 2686–2694, 2015.
- [16] Robert Maier, Jörg Stückler, and Daniel Cremers, “Super-resolution keyframe fusion for 3d modeling with high-quality textures”, pp. 536–544, 2015.