



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA CON
REALIDAD AUMENTADA PARA EL ENTRENAMIENTO TÉCNICO
DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO.**

AUTOR: CRISTIAN FERNANDO TANDAZO TANDAZO

DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO SEGOVIA TROYA MSc.

Ibarra, junio 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL ENTRENAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO**” presentado por el señor: **TANDAZO TANDAZO CRISTIAN FERNANDO** con número de cédula **093062299-8**, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 18 días del mes de junio del 2021.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS MARCELO
SEGOVIA TROYA**

Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya MSc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0930622998		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tandazo Tandazo Cristian Fernando		
DIRECCIÓN:	Guayaquil - Coop. Flor del Norte Mz. 990 Sl. 17		
EMAIL:	cftandazot@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	3112128	TELÉFONO MÓVIL:	0958725467

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL ENTRENAMIENTO TÉCNICO DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO
AUTOR:	Tandazo Tandazo Cristian Fernando
FECHA:	18/06/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de junio de 2021.

EL AUTOR:

Nombre: Tandazo Tandazo Cristian Fernando
C.C. 093062299-8

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado principalmente a Dios por brindarme la confianza espiritual, sabiduría y sobre todo permitirme cumplir con cada una de mis metas propuestas en el transcurso de mi vida. A mis padres Alcívar y Catalina por su apoyo moral e incondicional que con sus palabras sabias me guiaron por el camino correcto.

A mis hermanas Lucky y Jacqui, por su amor, bondad, apoyo, y la constante dedicación otorgada que permitieron hacer esto posible. Con mucho cariño a mi querido hermano Marlon, por su ejemplo de lucha, sacrificio, esfuerzo y dedicación, para demostrar que no existen límites ni edades para cumplir con un sueño anhelado. A mi cuñada Amanda, por la confianza otorgada en los años de mi formación profesional.

Cristian Tandazo

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por la vida que me brinda, que con su inmenso amor me ha dado la sabiduría suficiente para continuar con la formación en mi etapa profesional como en la vida cotidiana, para día a día ir avanzando un escalón más hasta llegar a la cúspide de mi carrera.

Expreso mi más sincero agradecimiento y cariño a mi familia, especialmente a mis hermanos por su apoyo incondicional que a través de los recursos brindados hacen posible cumplir esta etapa de mi vida, y sobre todo por los ejemplos de superación y humildad, enseñándome a valorar cada sacrificio y obstáculo que se presente.

Extiendo un enorme agradecimiento, aprecio y consideración a la institución en la que me formé tanto de manera profesional como humana que es la Universidad Técnica del Norte, específicamente a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por impartirme enseñanza y aprendizaje, donde mediante esfuerzo y dedicación todo se puede lograr.

Agradezco de manera especial al Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya MSc., quien supo impartir sus conocimientos y a la vez guiarme durante todo el proceso del trabajo de grado. De igual forma agradezco a los asesores Ing. Fausto Tapia MSc., e Ing. Ramiro Rosero MSc., quienes han aportado con sus conocimientos para que la culminación del presente trabajo se lleve a cabo de la mejor manera.

Cristian Tandazo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivos específicos	1
1.2. Justificación	1
1.3. Alcance	2
1.4. Antecedentes	3
1.5. Sistema de frenos	4
1.5.1. Principio de funcionamiento	5
1.5.2. Elementos del sistema de frenos	6
1.5.2.1. Pedal del freno	6
1.5.2.2. Servo freno	7
1.5.2.3. Cilindro maestro	7
1.5.2.4. Frenos de disco	8
1.5.2.5. Frenos de tambor	9
1.5.2.6. Freno de estacionamiento.	9
1.6. Mantenimiento vehicular	10
1.6.1. Mantenimiento predictivo	10
1.6.2. Mantenimiento preventivo	11
1.6.3. Mantenimiento correctivo	11
1.6.4. Mantenimiento programado	11
1.7. Diseño asistido por computador	12
1.7.1. Solidworks	12
1.7.2. Catia V5	12

1.7.3. Autocad	13
1.8. Realidad virtual y realidad aumentada	13
1.8.1. Realidad virtual (VR)	13
1.8.2. Realidad aumentada (AR)	14
1.8.3. Componentes de (AR)	14
1.8.4. Softwares (AR)	15
1.8.4.1. Unity 3d	15
1.8.4.2. Vuforia	16
1.8.4.3. Java Sdk	16
1.8.4.4. Unity Remote	16
CAPÍTULO II	17
2. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Materiales	17
2.1.1. Blender	18
2.1.2. Unity	19
2.1.3. Motor gráfico de vuforia	20
2.1.4. Model Target Generator	21
2.1.5. Visual Studio	22
2.1.6. Solidworks	23
2.2. Proceso para el diseño de elementos	23
2.2.1. Desmontaje de elementos	24
2.2.2. Medidas de diseño	25
2.2.3. Diseño y modelación de elementos	29
2.3. Desarrollo de la aplicación AR	35
2.3.1. Plataforma de diseño	36
2.3.1.1. Configuración de la plataforma	38
2.3.1.2. Configuración de Vuforia	39
2.3.2. Diseño de escena	40
2.3.3. Integración de paneles	42

2.3.3.1. Componentes de visualización	44
2.3.3.2. Componentes de interacción	46
2.3.4. Animación de elementos	47
2.3.5. Programación de botones	49
CAPÍTULO III	51
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1. Obtención del diseño de elementos	51
3.1.1. Diseño del sistema de frenos de disco	53
3.1.2. Diseño del sistema de frenos de tambor	57
3.1.3. Diseño del freno de estacionamiento	58
3.1.4. Diseño del servofreno	59
3.1.5. Obtención del archivo de elementos diseñados	60
3.2. Registro de usuario MTG	62
3.3. Descripción de la aplicación	65
3.3.1. Diseño de la aplicación	67
3.3.1.1. Configuración de escena	69
3.4. Paneles de interacción App	70
3.4.1. Panel de información	70
3.4.2. Paneles elementos	73
3.4.3. Panel fallas y soluciones	77
3.4.4. Panel entrenamiento	80
3.4.4.1. Animación del sistema de frenos	82
3.4.4.2. Programación en botones animación	88
3.5. Pruebas de realidad aumentada	91
CAPÍTULO IV	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
4.1. Conclusiones	102

4.2. Recomendaciones	103
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	Especificaciones técnicas del vehículo	17
2.2	Requisitos del sistema Blender	18
2.3	Acceso al sistema Unity	19
2.4	Requisitos del sistema Unity	20
2.5	Acceso al sistema Vuforia	20
2.6	Requisitos del sistema SolidWorks	23
2.7	Herramientas para el desmontaje de elementos	25
2.8	Submúltiplos del milímetro	26
2.9	Medidas frontales del tambor de freno	27
2.10	Medidas laterales del tambor de freno	28
2.11	Posiciónn de escena	41
2.12	Escala del panel principal	42
3.1	Ubicación de elementos de disco	53
3.2	Ubicación de elementos de tambor	57
3.3	Botones de funcionamiento	68
3.4	Ruta de botones fallas	77
3.5	Descripción de la función botones fallas	79
3.6	Animación y textura de elementos	83
3.7	Secuencia de animación frenos de disco	85
3.8	Secuencia de animación frenos de tambor	85
3.9	Características de los dispositivos	92
3.10	Escala de puntuación	95
3.11	Valores de puntuación	100
3.12	Tiempo y temperatura de procesos	100
3.13	Rendimiento de la aplicación multimedia en dispositivos	101

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Distribución de frenos	5
1.2	Posicionamiento del pedal de freno con respecto al servofreno	7
1.3	Elementos del disco de frenos	8
1.4	Partes del freno de tambor	9
1.5	Realidad aumentada	14
1.6	Reconocimiento mediante objetos	15
2.1	Model Target Generator	22
2.2	Diagrama de diseño de elementos	24
2.3	Medición con instrumentos	27
2.4	Dibujo dimensionado en 2D	28
2.5	Acotaciones de diseño	30
2.6	Operación de diseño	31
2.7	Matriz circular	32
2.8	Diseño del tambor de freno	33
2.9	Montaje de pernos	34
2.10	Diagrama de diseño de la aplicación	35
2.11	Unity Hub	37
2.12	Ventana principal de Unity	37
2.13	Motor gráfico de Vuforia	40
2.14	Integración Canvas	41
2.15	Panel principal	43
2.16	Fondo del panel principal	44
2.17	Textura de imagen	45
2.18	Material de objetos	46
2.19	Configuración botón	47
2.20	Animación del elemento 3D	48
2.21	Ventana Animator	48
2.22	Creación de un Script	49

2.23 Ventana de trabajo de Visual Studio	50
3.1 Diagrama de obtención del diseño de elementos	52
3.2 Componente base del ensamble	54
3.3 Ensamble mangueta y disco	55
3.4 Simetría izquierda de la porta pastillas	56
3.5 Diseño del sistema de frenos de disco	56
3.6 Diseño del sistema de frenos de tambor	58
3.7 Diseño del freno de estacionamiento	59
3.8 Diseño del servofreno	60
3.9 Sistema de frenos STL	61
3.10 Sistema de frenos FBX	62
3.11 Registro en Vuforia	62
3.12 Target Manager	63
3.13 Licencia de activación	64
3.14 Tarjeta de modelo	65
3.15 Flujograma de funcionamiento en la aplicación	66
3.16 Ícono de la aplicación	67
3.17 Menú principal	68
3.18 Configuración escena	69
3.19 Panel Información	70
3.20 Configuración del panel información	71
3.21 Configuración del botón información	72
3.22 Activación del botón información	72
3.23 Panel información	73
3.24 Ventanas de configuración	74
3.25 Componente de animación	75
3.26 Paneles elementos 1 y 2	75
3.27 Paneles elementos 3 y 4	76
3.28 Paneles elementos 5 y 6	76
3.29 Ubicación de los botones	78
3.30 Panel fallas y soluciones	78
3.31 Modelo activador de escena	81
3.32 Propiedades del MTG	81

3.33 Panel entrenamiento	82
3.34 Sistema de frenos 3D	83
3.35 Animación del sistema de frenos	86
3.36 Carpeta de animaciones	86
3.37 Dirección de animaciones sistema disco	87
3.38 Dirección de animaciones sistema tambor	88
3.39 Contador lógico	89
3.40 Texto de información disco	89
3.41 Texto de información tambor	90
3.42 Diálogo de información	90
3.43 Diagrama de funcionamiento de la aplicación AR	91
3.44 Activación de tarjeta	92
3.45 Vehículo Hatchback	93
3.46 Reconocimiento de vehículo	94
3.47 Desmontaje de elementos 1	95
3.48 Desmontaje de elementos 2	96
3.49 Desmontaje de elementos 3	96
3.50 Desmontaje de elementos 4	97
3.51 Posición del sistema de frenos 1	97
3.52 Posición del sistema de frenos 2	98
3.53 Posición del sistema de frenos 3	99

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.	Plano disco de freno y manzana	109
2.	Plano mordaza	110
3.	Plano mangueta de dirección	111
4.	Plano pastilla de freno	112
5.	Plano porta pastillas	113
6.	Plano plato porta piezas y manzana	114
7.	Plano zapata de freno	115
8.	Plano muelles de retención	116
9.	Plano mecanismos de ajuste	117
10.	Plano servofreno y pedal de freno	118
11.	Programación de escenas	119
12.	Programación de animación en el sistema de disco	120
13.	Programación de animación en el sistema de tambor 1	121
14.	Programación de animación en el sistema de tambor 2	122
15.	Programación salir de la aplicación	123

RESUMEN

En el presente trabajo de grado, desarrollo de una aplicación multimedia con realidad aumentada para el entrenamiento técnico del sistema de frenos de un vehículo, se emplearon fundamentos teóricos basados en documentación bibliográfica como parte de los objetivos planteados para el análisis de las herramientas tecnológicas que permitan el acceso a la información oportuna para el mantenimiento vehicular, así como el diseño y modelación de elementos mecánicos, estos últimos fueron diseñados una vez que se realizó el respectivo desmontaje del sistema de frenos en el vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5”, donde se utilizó el software computacional SolidWorks 2020 en la versión estudiantil, lo cual permitió obtener el modelo de objeto 3D necesario para la proyección de realidad aumentada. La creación y diseño de App fue realizada mediante el programa computacional Unity3D de acceso libre, donde se importaron los diferentes contenidos como: información, objetos, imágenes, entre otros. En lo que respecta a la exportación de información se utilizó Blender como software para la conversión de datos necesarios en la plataforma de Unity3D. Además, se instaló el motor gráfico de Vuforia, y el modelo generador de objeto o Model Target Generator, para el acceso al contenido de realidad aumentada mediante el uso de una licencia estudiantil. La App posee el activador de objetos que entrega información adecuada en un tiempo real de los distintos elementos que conforman el sistema de frenos, esta información es proyectada a través de la pantalla de un dispositivo móvil. Finalmente, se realizaron las pruebas en el vehículo antes mencionado donde se pudo observar en el modo “Entrenamiento” de la aplicación AR el proceso de mantenimiento y funcionamiento de elementos del sistema de frenado, donde los dispositivos de gama baja presentaron un tiempo de 14 segundos en respuesta a los procesos, un 37,50 % de rendimiento, y una temperatura promedio de funcionamiento de 53,5 °C que afecta parcialmente a los recursos del sistema operativo móvil y la batería. Sin embargo, en smartphones de gama media en adelante se obtuvo un mejor resultado con un tiempo de 5 segundos a una temperatura de 45 °C en el funcionamiento, y un aumento del rendimiento a 90,00 % en la plataforma diseñada. Son por medio a estos valores obtenidos que determinan que la propuesta de estudio otorga fiabilidad.

ABSTRACT

In the present degree work, development of a multimedia application with augmented reality for the technical training of the brake system of a vehicle, theoretical foundations based on bibliographic documentation were used as part of the objectives set for the analysis of technological tools that allow access to timely information for vehicle maintenance, as well as the design and modeling of mechanical elements, the latter were designed once the respective disassembly of the brake system was carried out in the vehicle "Chevrolet Aveo Family 1.5", where it was used SolidWorks 2020 computational software in the student version, which allowed obtaining the 3D object model necessary for augmented reality projection. The creation and design of the App was carried out using the free access Unity3D computer program, where the different contents were imported, such as: information, objects, images, among others. Regarding the export of information, Blender was used as software for the conversion of the necessary data in the Unity3D platform. In addition, the Vuforia graphics engine was installed, as well as the object generator model or Model Target Generator, for access to augmented reality content through the use of a student license. The App has the object activator that provides adequate information in real time of the different elements that make up the brake system, this information is projected through the screen of a mobile device. Finally, tests were carried out on the aforementioned vehicle, where it was possible to observe in the "Training" mode of the AR application the process of maintenance and operation of elements of the braking system, where the low-end devices presented a time of 14 seconds in response to processes, 37,50 % performance, and an average operating temperature of 53,5 °C which partially affects the resources of the mobile operating system and the battery. However, on mid-range smartphones onwards, a better result was obtained with a time of 5 seconds at a temperature of 45 °C in operation, and an increase in performance to 90,00 % on the designed platform. It is through these obtained values that determine that the study proposal provides reliability.

INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz se emplea una inspección, chequeo y mantenimiento de los diferentes sistemas que componen el vehículo mediante el uso de instrumentos mecánicos, industriales e hidráulicos donde esta operación es realizada por el personal de mantenimiento de un taller o casa comercial. “El procedimiento de mantenimiento correctivo depende del conocimiento y la decisión humana para ubicar el componente dañado” (Yepez, Alsayed, & Ahmad, 2019, pág. 7). Por tal motivo, el sistema de frenos de un vehículo es uno de los principales elementos de seguridad vehicular, el desconocimiento sobre el funcionamiento de este tipo de sistema genera un mal proceso de mantenimiento, puesto que no hay una herramienta tecnológica que permita al operador conocer las piezas, elementos y funcionamiento del sistema, antes de empezar a realizar una reparación o mantenimiento. En base a esta argumentación la presente investigación se considera importante al implementar el uso de una herramienta tecnología que permite al usuario realizar un entrenamiento para el mantenimiento del sistema de frenos de un vehículo mediante realidad aumentada, la cual permite proyectar contenido e información en tiempo real a través de dispositivos móviles. El desarrollo de esta aplicación tiene como objetivo principal permitir que el usuario de sistemas operativos Android, conozcan la manera adecuada de manipular las herramientas y elementos del sistema de frenos en el momento que lo requiera, mediante información multimedia transmitida en tercera dimensión a través de un smartphone o tableta inteligente, así como el procedimiento para el desmontaje de estos elementos mediante la elaboración de un diseño en 3D donde se compruebe la ubicación exacta del componente por medio de diferentes animaciones que contienen los elementos utilizando un lenguaje de programación. Además, esta herramienta permite la conexión entre hombre y máquina, donde mediante estudios futuros se pueda incorporar nuevos sistemas que poseen el vehículo para ampliar el conocimiento automotriz.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. OBJETIVOS

Mediante el uso de los objetivos en una investigación, se logra establecer el alcance y el propósito hacia donde se pretende llegar de la manera más clara y precisa. El objetivo general se enfoca a toda la información del estudio en cuestión, mientras que los objetivos específicos serán todas aquellas actividades que se ejecutan en el transcurso de la investigación para poder cumplir con el objetivo general.

1.1.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación multimedia con realidad aumentada para el Entrenamiento Técnico del sistema de frenos del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5”.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar teóricamente los elementos del sistema de frenos de un vehículo y el uso de aplicaciones multimedia con realidad aumentada.
- Diseñar y modelar los elementos que conforman el sistema de frenos del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5” mediante un software computacional.
- Crear y diseñar una aplicación multimedia con realidad aumentada en 3D para el Entrenamiento Técnico del sistema de frenos vehicular.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de grado está enfocado en brindar una nueva alternativa e innovación tecnológica que ayude al desarrollo de la ejecución y manipulación del sistema de frenos de un vehículo, por medio de realidad aumentada (AR), estableciendo elementos que contengan

la información más importante para el uso adecuado en la operación de este sistema. Hoy en día existe información multimedia que se encuentra almacenada en plataformas virtuales no gratuitas, esto conlleva a un proceso de mantenimiento empírico.

Con la realidad aumentada, que forma parte de una plataforma digital en la que se puede diseñar múltiples herramientas para el campo automotriz como; soporte técnico especializado, datos de piezas o componentes elementales, que dan a conocer el sistema de frenos de una forma más práctica, sencilla, visual y de rápido acceso, antes del desmontaje de cualquier pieza en el automotor, esta herramienta brinda una mejor ejecución para el personal de mantenimiento de un taller, institución o una casa comercial.

De tal manera este proyecto contribuye con los objetivos del Plan Nacional De Desarrollo Todo Una Vida, en donde se menciona en el Objetivo 5: “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria” (Senplades, 2017, pág. 80). En su literal 6 señala que se debe promover la tecnología para el desarrollo público.

Son por medio a estos objetivos que se da a cabo el presente proyecto, mediante la implementación de realidad aumentada en el campo automotriz, el cual brinda una mejor formación profesional y de desarrollo a la transferencia tecnológica, en la que se aplican todos los conocimientos adquiridos en la Universidad Técnica de Norte, referente al diseño y modelamiento 3D.

1.3. ALCANCE

La presente investigación se basa en el desarrollo de la aplicación multimedia con realidad aumentada para sistemas operativos Android, la cual permite al usuario realizar un mantenimiento del sistema de frenos hidráulico de un vehículo marca “Chevrolet Aveo Family 1.5”, a través de información visual de multimedia con una interacción en el entorno del mundo real.

Para el diseño de esta aplicación se utiliza el software Unity 3D de libre acceso con plugins que forman parte de la interfaz de este sistema, y para el modelamiento de las piezas que conforman el sistema de frenos, se lleva a cabo mediante el uso del programa SolidWorks 2020 freeware.

Mediante la aplicación se puede simular la operación que debe realizar el operador para manipular el sistema de frenos a través de realidad aumentada, para lo cual dispone de cuatro ventanas de fácil acceso para el usuario, llevando a cabo el uso de las múltiples herramientas: en donde la primera ventana se puede realizar una inspección visual acerca del contenido e información que contiene la aplicación como instructivo para el usuario, segundo se implementa una ventana para el uso adecuado de la información de cada uno de los elementos de este sistema, tercero se tiene una ventana de entrenamiento mediante realidad aumentada en la cual se puede realizar el proceso de mantenimiento del sistema de frenos, cuarto se utiliza una ventana de acceso para el conocimiento de fallas, averías y soluciones que presenta el sistema de frenos de forma general como contenido de ayuda para el usuario, y por último se deja una ventana libre para disposición de futuros sistemas que cuenta el vehículo, con la finalidad de que esta herramienta tecnológica automotriz sea más completa.

1.4. ANTECEDENTES

El sistema de frenos de un vehículo fue diseñado como un elemento de seguridad para que un automotor se pueda detener cuando el usuario lo requiera, estos sistemas conforme han pasado los años, van perfeccionando en cuanto a su funcionamiento y tipos de materiales que se utiliza para la elaboración. “La cantidad de componentes interactivos aumenta una y otra vez” (Müller, Hönig, & Lunde, 2018, pág. 1255). Como electrónicos, mecánicos y de diseño, con la finalidad que se disponga de un mejor frenado en un tiempo reducido para brindar una mayor seguridad a los ocupantes de un automóvil.

(Niu & Jiang, 2017, pág. 218), señaló que “En las últimas décadas, la rápida evolución del escenario industrial ha aumentado la relevancia económica del mantenimiento en todos los sectores de la industria”. El campo automotriz está en un constante crecimiento, con los nuevos modelos y diseño de frenos, pero no se sigue una secuencia en el proceso de revisión,

mantenimiento y corrección de los elementos que conforman el sistema de frenado, esto ha generado fallas en su funcionamiento, los daños también se han producido debido al método tradicional empleado, que carece de nuevas tecnologías con los nuevos modelos automotrices.

En los últimos años han existido avances tecnológicos que facilitan la operación de diversas actividades en la industria. “La Realidad Aumentada (AR) es una interacción innovadora hombre-máquina que superpone componentes virtuales en un entorno del mundo real con muchas aplicaciones potenciales en diferentes campos” (Dini & Mura, 2015, pág. 14). Donde puede ser utilizada como una herramienta de apoyo fundamental.

En el sector norte del Ecuador no se ha ejecutado ningún estudio que involucre la realidad aumentada (AR), con la Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, sin embargo, en la Universidad Técnica del Norte, se realizó una investigación de comparación de tres tipos de herramientas virtuales. “Comparativa de tres herramientas de realidad aumentada utilizando una metodología de medición de software ISO 25010” (Elizabeth, Vaca, Fausto, & Fierro, 2018, pág. 14). En donde se demuestra que la herramienta Vuforia, es la mejor puntuada para el desarrollo de una aplicación (AR), en el caso en cuestión.

1.5. SISTEMA DE FRENOS

El sistema de frenos es la seguridad activa más importante del vehículo, con lo que es necesario cumplir con las normas establecidas por la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J670e “La terminología dinámica de vehículos”, la cual trata acerca de los lineamientos y definiciones que debe tener este sistema.

Asimismo, basándose en la norma ISO 611 y DIN 70024. Las cuales menciona acerca de los equipamientos que debe contar el sistema de frenado. “Conjunto de todas las instalaciones de frenos de un vehículo, que sirven para disminuir la velocidad o el cambio de dicha velocidad, para llevar el vehículo al estado de reposo o mantenerlo en dicho estado” (Dietsche, 2005, pág. 792).

1.5.1. Principio de funcionamiento

Para que se lleve a cabo el funcionamiento del sistema de frenos se emplea el principio de Pascal. “Lo que ahora se conoce como prensa hidráulica para presentar su teoría de cómo un líquido puede funcionar como una máquina para multiplicar la fuerza” (Chalmers, 2017, pág. 83). La teoría es aplicada para el sistema de frenos de un vehículo. “Cuando la presión aplicada sobre el pedal, la relación del pedal aumenta, lo que conduce al aumento gradual de la fuerza de salida para la misma cantidad de fuerza de entrada aplicada” (Deepa, Yashwant Singh, Mukesh Varma, & Khakhar, 2018, pág. 13606). Esto quiere decir, que el conductor puede accionar el sistema de frenos con una fuerza mínima, ya que a través del circuito cerrado y por medio del fluido hidráulico, dicha fuerza se incrementa.

El sistema de frenos tiene como misión principal detener el vehículo cuando el conductor lo requiera, el desplazamiento del automotor genera una energía conocida como cinética, los frenos logran detener esta energía a través de la fuerza de fricción que se produce con el contacto entre superficies de desgaste, tales como; pastilla de freno y disco de freno; zapata de freno y tambor de freno, estos elementos al estar en contacto generan suficiente fricción, tales que, la energía cinética se convierte en una energía calorífica, por tal motivo es indispensable el diseño de frenos que extraigan el calor rápidamente.

Dentro de la normativa DIN 74000 se menciona cinco formas de distribución de los frenos, de los cuales se presenta a continuación:

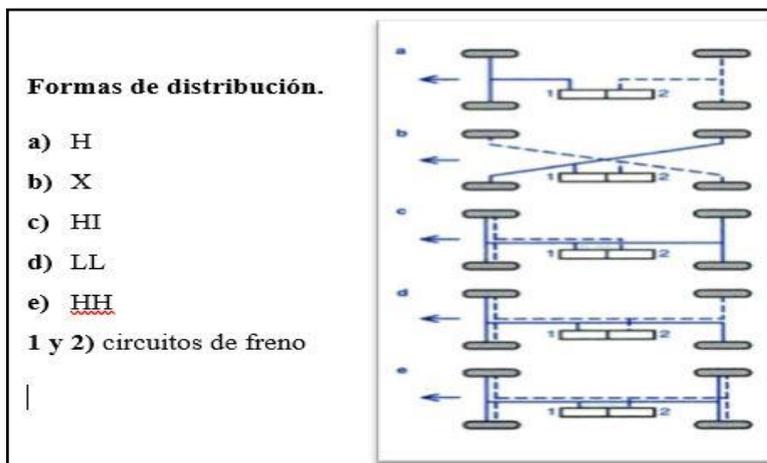


Figura 1.1 Distribución de frenos
(Post, Schmidt, Kant, & Ralf, 2003, pág. 27)

En la Figura 1.1 se aprecia los diferentes tipos de distribución de frenos, el literal (a) cuenta con una distribución de frenado tipo **H**, en donde el primer circuito es para el eje delantero, y el segundo circuito se dispondrá hacia el eje trasero, en la segunda distribución (b) se tiene en forma de **X**, en donde, el primer circuito de frenado es para la rueda delantera izquierda y la rueda posterior derecha, y el circuito secundario está destinado para la rueda delantera derecha y la rueda posterior izquierda, las últimas tres formas de distribución son poco utilizadas debido al número de elementos que poseen y en caso de avería existe una mayor probabilidad de que el sistema falle.

En los vehículos actuales se implementan las distribuciones de frenado tipo (**H & X**), ya que tienen un menor número de elementos y mecanismos, facilitando además el mantenimiento y purga del sistema de frenos. “La purga de frenos es el proceso de eliminar las burbujas de aire presentes en los sistemas de frenos hidráulicos” (Mo, 2020,pág. 319).

1.5.2. Elementos del sistema de frenos

En la actualidad los vehículos convencionales de turismo utilizan frenos hidráulicos, denominados; freno de disco y freno de tambor, por lo general van dispuestos en posición delantera por discos, y los frenos de tambor en la parte posterior. Además, cuenta con un sistema de freno auxiliar o de emergencia por accionamiento manual mediante varillaje o cable, generalmente este sistema se lo conoce como freno de mano.

1.5.2.1. Pedal del freno

Es un elemento mecánico del sistema, ubicado en la cabina del conductor entre los pedales de acelerador (derecha), y embrague (izquierda). El diseño es en forma de palanca, logrando así transmitir el movimiento del pie del conductor hacia el cilindro maestro, el cual produce la presión necesaria en el fluido hidráulico logrando detener el vehículo. Al retirar el pie del freno éste vuelve a su posición inicial, gracias a los muelles y a la presión del líquido presente en el circuito.

1.5.2.2. Servo freno

Servofreno o hidrovac, contribuye a la fuerza de presión en el sistema hidráulico, reduciendo la fuerza que ejerce el conductor al pisar el pedal de freno. Además, gracias a la implementación de este elemento se puede resolver la problemática en los discos de freno, de los cuales se necesita ejercer una mayor energía para detener el vehículo.

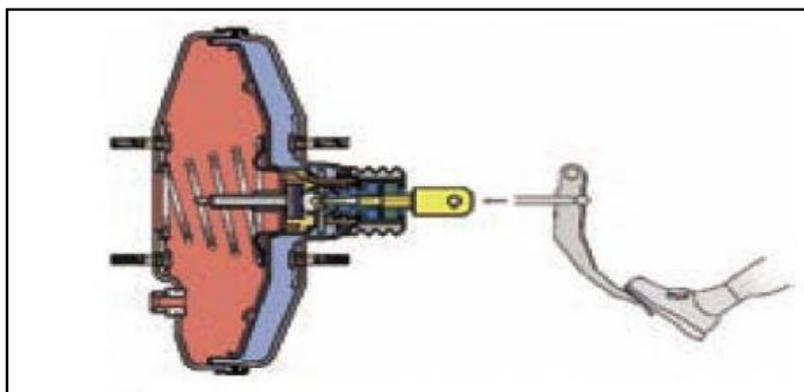


Figura 1.2 Posicionamiento del pedal de freno con respecto al servofreno
(Águeda, Navarro, Gómez, Garcia, & Gracia, 2009, pág. 188)

En la Figura 1.2 se puede observar la ubicación del servofreno entre la bomba o cilindro maestro, y el pedal del freno. Cuenta con cuatro elementos principales como; cámara de vacío, cámara de trabajo, cilindro hidráulico y válvula de retención o control.

1.5.2.3. Cilindro maestro

La bomba de freno es un cilindro hueco cuyo interior está mecanizado con precisión, tanto en acabado superficial como en la medida del diámetro, para que los émbolos puedan deslizarse con buen ajuste, con poco rozamiento y sin fugas del líquido de frenos. (Martí Parera, 1993, pág.47)

En la actualidad se emplean cilindros maestros de doble accionamiento en donde se utilizan dos elementos de bombeo en un solo cuerpo de la bomba. Cuando el pedal de freno es accionado por medio del empujador o varilla, se transmite el movimiento hacia el primer émbolo, manteniendo su hermeticidad gracias a los retenes de cada uno. A causa de esto, se

genera una presión dentro de la cámara y logra vencer la resistencia del muelle que se encuentra entre ambos elementos de bombeo. El tornillo o tapón de despiece permite la liberación de los elementos para su correcta regulación, y el retén garantiza que no ingrese al sistema ninguna partícula de impureza.

1.5.2.4. Frenos de disco

Los frenos de disco se encuentran ubicados entre el conjunto de suspensión, dirección y la rueda. poseen un menor número de piezas. El funcionamiento del disco de frenos lo realiza a través de la fricción que existe entre la pastilla y el mismo, los desgastes por el roce de estos segmentos serán los materiales de sacrificio en donde se producen ruidos. “Para un correcto diseño y operación de los discos de freno, es necesario considerar diferentes aspectos, tales como la geometría, el tipo de material, la resistencia mecánica, la temperatura máxima, la deformación térmica, la resistencia al agrietamiento, entre otros” (García León et al., 2018, pág.9).

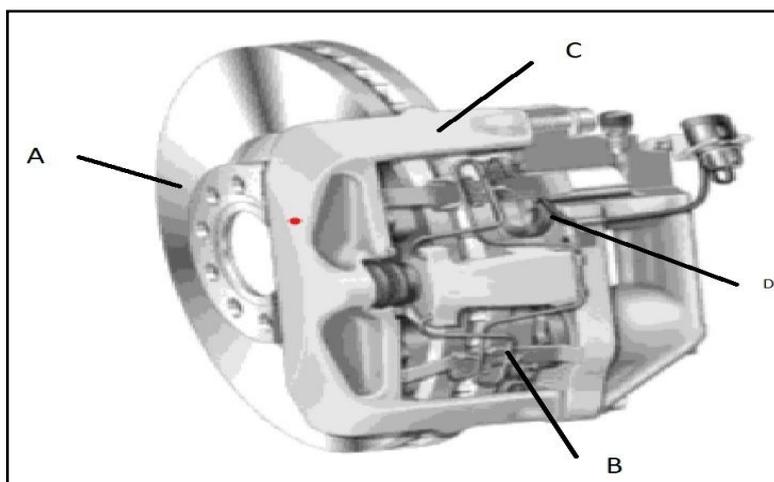


Figura 1.3 Elementos del disco de frenos
(Alonso Perez, 2014, pág. 165)

Como se puede observar en la Figura 1.3 el freno de disco está conformado por cuatro elementos principales; donde el elemento (A) denominado disco, está acoplado por medio de un buje hacia la punta o eje de transmisión que produce el giro de la rueda. La mordaza (C) o también llamado caliper, es donde se encuentran montadas las pastillas de freno (B), que son accionadas por un pistón (D) a causa de una presión hidráulica generada en el

cilindro maestro, el cual produce el empuje de las pastillas contra el disco generando una fricción entre ellos, logrando así detener el vehículo.

1.5.2.5. Frenos de tambor

Es un mecanismo de accionamiento cerrado, ubicado en las ruedas posteriores de los vehículos de turismo. “El freno de tambor se denomina también freno de zapatas interiores ya que estas se encuentran en el interior del tambor de freno” (Domínguez Soriano & Ferrer Ruiz, 2018, pág. 235). Esto genera que la temperatura de trabajo sea mayor entre las piezas de fricción.

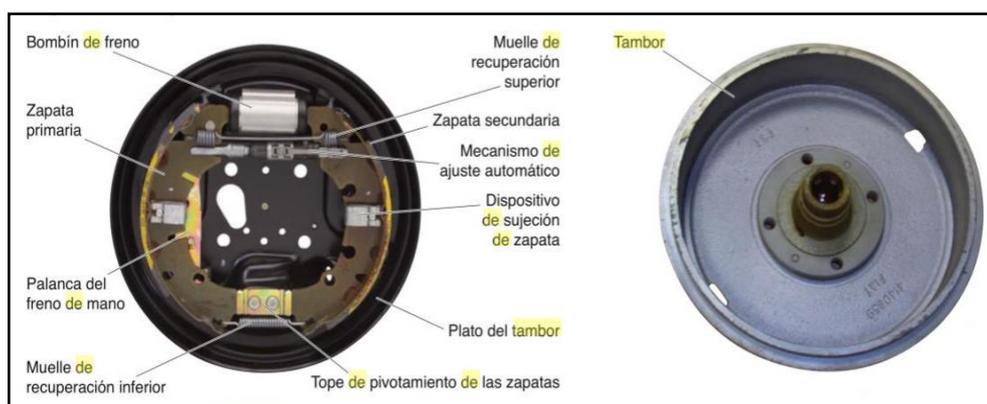


Figura 1.4 Partes del freno de tambor
(E. J. Domínguez & Ferrer, 2013, pág. 163)

Como se observa en la Figura 1.4 en donde sus principales elementos están conformados por el bombín de freno, zapatas de freno, tambor de freno y mecanismos de regulación o recuperación, todos ellos sujetos al plato porta piezas o también llamado plato porta frenos. Además, en la ilustración se presenta un tambor de freno con su buje el cual permite que pueda moverse libremente.

1.5.2.6. Freno de estacionamiento.

Se encuentra situado entre el asiento del conductor y pasajero, su accionamiento se lo realiza por medio de una palanca, al tirar de esta mueve un trinquete en la posición deseada y se

bloquea a través de su rueda dentada. Para tensionar los dos cables de cada rueda posterior, posee un igualador capaz de aplicar la misma tensión para cada cable, este a su vez tira el mecanismo de palanca de accionamiento, quedando así frenada las ruedas posteriores. Además, se utiliza un pulsador manual situado en la misma palanca para liberar la tensión.

Los vehículos modernos utilizan frenos de estacionamiento electrónico con cable, y electromecánico. El primer sistema se acciona por medio de un interruptor que permite el paso de corriente al motor eléctrico en el eje trasero, el cual gira tensando un cable donde va sujeta las zapatas de freno. Mientras tanto que, el sistema electromecánico no posee cables, y en sustitución de esto contiene una unidad de control electrónico y un motor eléctrico, el cual actúa impulsando a los bombines de freno.

1.6. MANTENIMIENTO VEHICULAR

Los vehículos contienen una gran cantidad de sistemas y componentes para su perfecto funcionamiento, entre estos de tipo mecánico, eléctrico, y electrónico. El estado óptimo de cada uno de estos elementos pone a disposición el uso del vehículo en cualquier momento.

El mantenimiento es el conjunto de operaciones y trabajos que se hacen sobre una máquina, que puede incluir o no la sustitución o reparación de componentes o sistemas, con el fin de mantener su buen estado de uso y funcionamiento, o bien de restituirlo si ha dejado de funcionar correctamente por causa de una avería. (González Payá, 2013, pág. 269)

1.6.1. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento ayuda a predecir la falla de algún componente en el sistema. Un claro ejemplo es por medio de la observación del indicador de temperatura del motor, ubicado en el tablero de la cabina del conductor. Es decir, si la temperatura excede los valores nominales, esto indica que existe algún daño interno en el motor o elementos defectuosos.

1.6.2. Mantenimiento preventivo

Previene la falla de algún elemento del sistema del vehículo, esto se realiza mediante una inspección y sustitución de cualquier componente para evitar el daño. Para la sustitución de piezas o elementos se puede realizar mediante dos parámetros fundamentales.

Tiempo: se establecen periodos de mantenimiento de acuerdo con los estudios realizados por las casas comerciales o fabricantes del vehículo, estos pueden ser por meses, semanas, o kilometraje.

Estado: corresponde al estado que se encuentran los elementos que no pueden ser definidos por un periodo de tiempo. En sustitución de esto se emplea el método de inspección por desgaste, tales como; pastillas de freno, zapatas de freno, o neumáticos.

1.6.3. Mantenimiento correctivo

Se realiza cuando ocurre algún daño o problema que ha dejado al vehículo sin funcionamiento. “Consiste en reparar o sustituir componentes o sistemas de la máquina o vehículo que han fallado y han provocado una avería, de manera que funciona de forma defectuosa o, simplemente, ha dejado de funcionar” (González Payá, 2013, pág. 270). Este tipo de mantenimiento se lo lleva acabo en un mayor tiempo y dinero.

1.6.4. Mantenimiento programado

“Consiste en un mantenimiento que integra todos los anteriores, eligiendo el más adecuado para cada elemento o sistema y asegurando la operatividad del vehículo” (González Calleja, 2016, pág. 2). Por medio de planes de mantenimiento que previamente han sido programados, con el fin de tener en stock todos los repuestos y materiales que se han de utilizar en la respectiva operación, con el fin de mantener la productividad de la empresa.

1.7. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR

El Diseño Asistido Por Computador (CAD), permite al diseñador utilizar múltiples herramientas que brindan un mejor aporte para el trabajo, y poder visualizar de mejor manera cualquier elemento antes de ser fabricado.

El ordenador se ha introducido en el área del diseño hasta tal punto, que está cambiando las formas, hábitos y procesos de trabajo de las ingenierías; desde el primer momento se ha utilizado en los centros de diseños, aprovechando su potencia de proceso y cálculo. (Ferré Masip, 1988, pág. 8)

1.7.1. SolidWorks

Es un programa de diseño mecánico en 3D, que permite al diseñador visualizar piezas hasta la superficie más mínima requerida. Además, el hecho de contar con numerosos complementos y aplicaciones de simulación, fabricación, administración de datos y documentación de productos hace que SolidWorks se convierta en algo más que un software de CAD 3D, y permita adaptarse a las necesidades de cada empresa, permitiendo a sus usuarios personalizar el programa para disponer de las herramientas necesarias para su actividad. (Rodríguez Vidal, 2015, pág. 14)

1.7.2. Catia V5

(Cidoncha, 2007, pág. 12), menciona que “CATIA V5, cuyas siglas en inglés significan Computer Aided Three Dimensional Interactive Application, es un programa que proporciona nuevas soluciones de diseño y fabricación y está ocupando un puesto de privilegio en el modelado sólido dentro del ámbito profesional”. Es uno de los softwares más completos en la actualidad utilizados por empresas automotrices, eléctricas, industriales, aeronáuticas y electrónicas.

1.7.3. AutoCad

Es un programa de diseño de planos 2D y modelamiento en 3D, para esto último es necesario contar con experticia suficiente debido a la complejidad del modelado. Es utilizado en arquitectura e ingeniería como principio de introducción al diseño CAD, no obstante, el surgimiento y la actualización del software ofrecen múltiples prestaciones.

1.8. REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

Es una herramienta tecnológica que brinda un mejor punto de vista para cualquier uso y aplicación, dentro de esto se encuentra la realidad aumentada para el montaje de cableado de una cabina de avión, diseñado por dos ingenieros de la compañía Boeing, En donde se superpone el diagrama eléctrico dentro del entorno de la cabina, haciendo más fácil la instalación eléctrica. Para llevar a cabo la Realidad Aumentada (AR) y la Realidad Virtual (VR), se utiliza diferentes elementos, entre uno de estos se encuentra las gafas virtuales, de las cuales se utiliza para una visión estereoscópica. Como dice, (Juang et al., 2013, pág. 506) “La visión estereoscópica consiste en generar imágenes separadas para los ojos izquierdo y derecho, respectivamente”. De esta manera se logra tener una visión tridimensional. “Partiendo de esta técnica, aparecieron las primeras máquinas de realidad virtual, la primera, inventada en 1957, aunque la patente es de 1962, fue la Sensorama” (Navarro et al., 2018, pág. 19).

1.8.1. Realidad Virtual (VR)

“La realidad virtual se describe a menudo como un conjunto de tecnologías que permiten a las personas experimentar de forma inmersiva un mundo más allá de la realidad” (Bellalouna, 2020, pág. 637). Para ello la realidad virtual, utiliza equipos como gafas, cascos y guantes, en los cuales se transmiten la información a través de movimientos que realiza el usuario, y se da a conocer al mismo, de esta forma la persona pierde el contacto con el mundo real, encontrándose inmerso en un mundo virtual, este último factor es importante por lo que restringe la movilidad del usuario.

1.8.2. Realidad Aumentada (AR)

Es la superposición de figuras en el entorno real y virtual, donde los usuarios pueden navegar e interactuar libremente, teniendo una visión tridimensional de cualquier objeto. “Además, tras los recientes logros tecnológicos, la realidad aumentada (AR) es una forma próxima de mostrar una variedad de datos de una manera más fácilmente perceptible e intratable” (Mourtzis et al., 2020, pág. 151). En donde no es necesario la colocación de equipos especiales, simplemente con el uso de un smartphone o tableta inteligente.

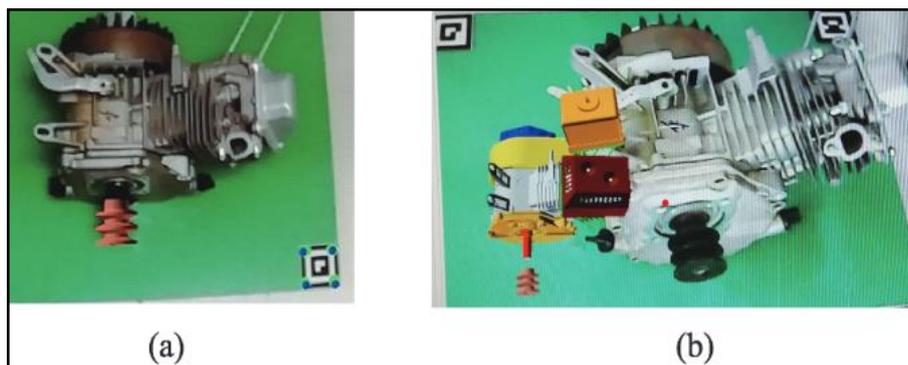


Figura 1.5 Realidad aumentada
(Li et al., 2019, pág. 631)

Como se observa en la Figura 1.13 un motor de motocicleta de dos tiempos, donde el lado izquierdo (a) se tiene una visualización o superposición precisa del ensamblaje del motor de arranque, esto quiere decir, que se presenta los puntos de ubicación donde se deberá colocar respectivamente la pieza, mientras que, en el literal (b) se tiene una superposición imprecisa.

1.8.3. Componentes de (AR)

La combinación de distintos componentes tanto software como hardware, son indispensables para el escenario de realidad aumentada. Por este motivo, se utiliza la pantalla de un smartphone o tableta para la entrega de información. “El GPS y los sensores se usan principalmente en el teléfono inteligente” (Ajit Singh, 2020, pág. 37).

Los activadores pueden ser códigos (QR) o conocidos como códigos de barras de respuesta rápida, para lo cual es necesario el uso de una secuencia de figuras impreso en un formato

de papel para la lectura de estos. Sin embargo, existen activadores que utilizan el reconocimiento mediante formas, objetos, facial, sensores, entre otros. El reconocimiento por objetos en escenarios donde exista una figura o forma sólida, y para el respectivo reconocimiento de puntos que tenga el objeto, se debe realizar en un lugar libre de piezas secundarias, es decir, el espacio en el que se va a escanear el objeto debe estar dentro de un recuadro donde exista una luz natural y que solo se encuentre el objeto a escanear.



Figura 1.6 Reconocimiento mediante objetos
(Perdikakis et al., 2015, pág. 254)

Mediante la Figura 1.15 se puede apreciar la superposición de elementos en 3D de un vehículo eléctrico como una fuente de herramienta para el estudio y entrenamiento automotriz.

1.8.4. Softwares (AR)

Para el desarrollo de aplicaciones en (AR) se debe analizar con los sistemas que se cuenta en la actualidad, como un ordenador especificaciones y características de este, así también el sistema Android y/o IOS, debido a que el sistema cuenta con diferentes requerimientos. Dentro del estudio de aplicaciones de (AR), se tiene una gama amplia de softwares que se pueden utilizar para realizar la misma.

1.8.4.1. Unity 3D

(Imbert et al., 2013, pág. 364), indica que “Unity es un motor de desarrollo totalmente integrado para crear juegos y otros contenidos interactivos en 3D, y la plataforma Vuforia permite escribir una única aplicación nativa que se ejecuta en casi todos los teléfonos

inteligentes y tabletas”. Además de la creación de videojuegos en esta plataforma, también se puede crear escenas en 3D como paisajes, personas, objetos o piezas.

1.8.4.2. Vuforia

Es una plataforma de software que nos permite crear Apps de Realidad Aumentada de manera muy sencilla e intuitiva. Permite a los desarrolladores añadir funciones de visión artificial para reconocer imágenes y objetos del mundo real, pudiendo añadir objetos virtuales asociados a posteriori e interactuar con ellos. (Navarro et al., 2019, pág. 112)

1.8.4.3. Java SDK

(Bublík & Virius, 2014, pág. 124), menciona que “La API del compilador de Java se utiliza para obtener AST de las fuentes de Java dadas en la primera iteración. Esta API es gratuita y está incluida en Java SDK”. Esto quiere decir que, Java permite la comunicación en un lenguaje de programación para la compilación del programa, debido a que Unity 3D utiliza el API de Java.

Con las constantes actualizaciones que se tiene en el transcurso del tiempo, se toma en cuenta la versión y tipo de software que se utiliza para que no genere códigos de error, en caso de Unity en la última actualización ya no utiliza SDK (Kit de Desarrollo de Software), en sustitución a esto para Android utiliza NDK (Kit de Desarrollo Nativo).

1.8.4.4. Unity Remote

Es creado para ayudar a la compilación y evitar que se produzcan errores, además entrega una mejora en la visualización de la aplicación que se pretende desarrollar.

Unity Remote es una APP (Existe tanto para Android como iOS) que nos permite conectar un dispositivo físico (Smartphone o Tablet) a Unity 3D permitiendo usar el hardware de este (pantalla multitáctil, acelerómetro, brújula o giroscopio) en la depuración de la APP. (Navarro et al., 2019, pág. 115).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

En el desarrollo de este proyecto, para la creación y diseño de una aplicación multimedia con Realidad Aumentada (AR), fue necesario obtener los elementos del sistema de frenos del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5” el cual fue elegido previamente.

El vehículo cuenta con las características técnicas que se presentan mediante la Tabla 2.1

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del vehículo

Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo Family
Motor	1 500 cc en Línea SOHC
Potencia HP / rpm	83 / 5 600
Torque Nm / rpm	128 / 3 000
Frenos delanteros	Disco ventilado
Frenos posteriores	Tambor
Frenos ABS	No equipado
Distancia entre ejes	2 480 mm
Ancho del vehículo	1 670 mm
Distancia ancha entre sistemas de frenos	Disco y Tambor 1 420 mm
Neumáticos	185 / 60 R14
Rines	14 pulg

Para el proceso de diseño en los elementos del sistema de frenado y de la aplicación, no fue necesario utilizar ningún equipo especial. Sin embargo, se utilizaron únicamente los siguientes softwares computacionales:

- Blender (2.90 2020)
- Unity3D (2019 4.10f1)

- Motor gráfico de Vuforia (9.5.4)
- Model Target Generator de Vuforia
- Visual Studio (2019)
- SolidWorks (2020).

Estos softwares fueron instalados previamente desde las páginas web oficiales. Mencionando que, cada uno de estos cuenta con un acceso libre para la descarga.

2.1.1. Blender

Blender es una herramienta multiplataforma de modelado y animación 3D. Mediante una interfaz gráfica que puede recordar a otros programas como 3D Studio (aunque ambos productos difieren bastante), permite diseñar objetos, personajes y escenas en 3 dimensiones con las técnicas más diversas. (Suau Pérez, 2011, pág. 13)

En el proyecto en cuestión, Blender fue utilizado exclusivamente para la exportación de archivos STereoLithography (STL) proveniente de SolidWorks a FilmBox (FBX) para Unity, estos tipos de archivos tanto (STL) como (FBX) indican que no cuentan con características de colores ni textura. Este tipo de formato es compartido comúnmente para la transferencia de objetos tridimensionales que soporta la realidad aumentada.

Para la instalación de Blender se tomaron en cuenta los siguientes requisitos de la Tabla 2.2 necesarios para el funcionamiento en el ordenador.

Tabla 2.2 Requisitos del sistema Blender

Procesador	Core i5 o AMD Ryzen 5
Generación	Séptima o superior
Núcleos	Cuatro o superior
Memoria RAM	8 GB o superior
Disco duro / sólido	256 GB o superior
Tarjeta gráfica	1 GB o superior

2.1.2. Unity

Como se menciona en el capítulo anterior, Unity es un programa computacional generalmente utilizado para la creación de videojuegos. Sin embargo, cuenta con desarrolladores para ejecutar aplicaciones en múltiples plataformas como Android, Windows, IOS, PS4, entre otros. Asimismo, brinda múltiples herramientas para la creación de realidad aumentada.

En la siguiente Tabla 2.3 se observa el porcentaje de acceso al contenido del software en sus múltiples funciones, en la cual presenta un porcentaje bajo en la generación de modelos 3D, por lo cual se recurrió al uso de otra plataforma para realizarlos. Sin embargo, entre las demás características ofrece el mejor de los desempeños y el acceso libre del contenido.

Tabla 2.3 Acceso al sistema Unity

Características	Porcentaje
Generación de modelos 3D	10 %
Aplicaciones Android	100 %
Reconocimiento de imágenes 3D	100 %
Tarjetas de activación	100%
Gráficos	55 %
Licencia estudiantil	100 %
Archivos de instalación	76 %

Entre los archivos de instalación ofrece el método de descarga a través de la página oficial de Unity3D, donde se escogieron los diferentes plugin necesarios para la activación de la cámara en realidad aumentada y versiones de textura con mejor renderizado.

Por tal motivo, fue escogido como el software principal para cumplir con el diseño de la aplicación multimedia. Sin embargo, se tomaron en consideración los requisitos operacionales que brinda un mejor funcionamiento en la plataforma de diseño.

Para el correcto funcionamiento del sistema operativo de Unity se cumplieron con los siguientes requisitos que se muestran en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Requisitos del sistema Unity

Procesador	Core i5
Generación	Séptima o superior
Núcleos	Cuatro o superior
Memoria RAM	16 GB o superior
Disco duro / sólido	256 GB o superior
Tarjeta gráfica	2 GB o superior

2.1.3. Motor gráfico de Vuforia

Permite el soporte de realidad aumentada en las diferentes plataformas de diseño. Es decir, configura la interfaz del sistema operativo para Android, IOS, plataformas de Windows, y cualquier proyecto de aplicación móvil que utilice realidad aumentada.

En la Tabla 2.5 se aprecia un notable acceso al sistema de funcionamiento. Sin embargo, no contiene generación de modelos 3D, para lo cual fue necesario insertar el objeto diseñado a través de softwares dedicados, entre sus características principales permite la generación de realidad aumentada.

Tabla 2.5 Acceso al sistema Vuforia

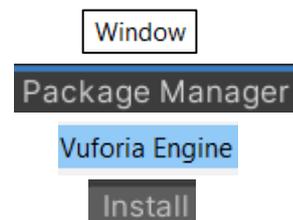
Características	Porcentaje
Generación de modelos 3D	0 %
Aplicaciones Android	100 %
Reconocimiento de imágenes 3D	100 %
Tarjetas de activación realidad aumentada	100%
Gráficos	75 %
Licencia estudiantil	100%

Brinda una licencia estudiantil y de acceso libre al igual que el software computacional Unity3D, a diferencia de los diferentes de los programas de cómputo que existen en la actualidad.

Unity permite la instalación de este software a través de su paquete de administradores de componentes. Sin embargo, para generar la descarga de la versión más actualizada, fue necesario contar con un registro de usuario desde la página oficial de Vuforia, permitiendo de esta manera acceder a las licencias gratuitas que proporciona a nivel académico y sin fines de lucro.

A continuación, se presenta la manera en que se realizó la instalación del paquete de datos mediante Unity3D, para lo cual se eligen los siguientes pasos:

- Iniciar “Unity”.
- Elegir “Window”.
- Seleccionar “Package Manager”.
- Buscar “Vuforia”.
- Elegir “Instalar”.



Una vez cumplido con la instalación de Vuforia Engine, se permitió el acceso para la creación del Model Target Generator (MTG), que es la activación de objeto 3D que se utilizó para escanear el vehículo “Chevrolet Aveo Family” a través de esto, se permite la proyección de una imagen en la pantalla del dispositivo móvil enmarcada por medio de una burbuja con el contorno del vehículo seleccionado.

2.1.4. Model Target Generator

Model Target Generator (MTG), pertenece al Kit de Desarrollo de Software (SDK) en Vuforia, permite obtener la tarjeta activadora en AR mediante un modelo u objeto en 3D, con la particularidad que el objeto debe cumplir las siguientes características: sólido, inmóvil, múltiples polígonos en su diseño, y colorido.

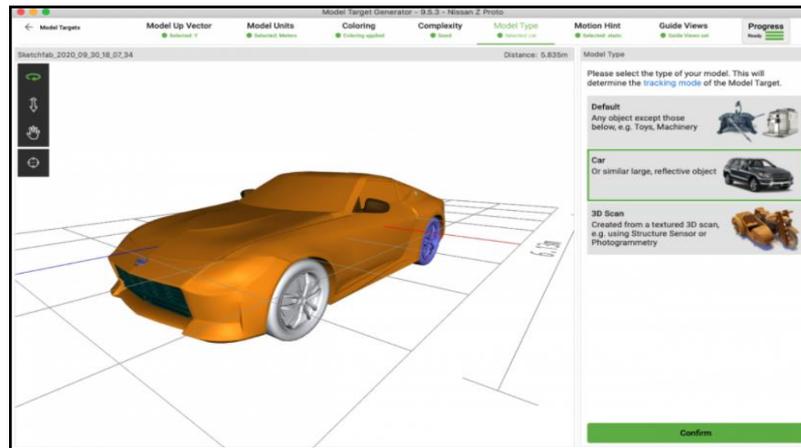


Figura 2.1 Model Target Generator
(Captura de MTG aplicación)

En la Figura 2.1 se observa la ventana principal de (MTG) para generar el modelo de destino de un vehículo 3D, de esta forma similar se realizó el procedimiento para la obtención del reconocimiento del vehículo designado para la aplicación.

2.1.5. Visual Studio

(Hugon, 2018, pág. 17), menciona que “Visual Studio es la interfaz de desarrollo de Microsoft. Se compone de un conjunto de herramientas que permiten a los desarrolladores crear aplicaciones para las plataformas .net”. Su significado está relacionado con los servicios de internet y casos a fines. Además, permite la creación de programas en Windows, aplicaciones Web, y cualquier dispositivo móvil.

En este caso de investigación se utilizó el C-Script de Visual Studio para el lenguaje de programación en las diferentes animaciones de realidad aumentada, como: botones de funcionamiento, animación, escenas y enlaces web.

El acceso a diferentes comandos difieren entre las versiones que tenga, para lo cual fue necesario revisar la versión instalada y consultar mediante la página web oficial la escritura necesaria.

Los requisitos para la implementación de esta interfaz se incorporan dentro de los parámetros establecidos por el software Unity 3D. Es decir, comparten las mismas características técnicas para un ordenador.

2.1.6. SolidWorks

Como se indicó en el capítulo anterior, SolidWorks es un software de Diseño Asistido por Computador (CAD), que permite el diseño, modelación, simulación y ensamble de cualquier elemento mecánico.

El programa (CAD) fue utilizado para el proceso de diseño de los elementos que conforman el sistema de frenos del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5”. Cumpliendo con las especificaciones técnicas que se muestran en la Tabla 2.6 para el funcionamiento del sistema en SolidWorks.

Tabla 2.6 Requisitos del sistema SolidWorks

Procesador	Core i7 o superior
Generación	Séptima o superior
Núcleos	Ocho o superior
Memoria RAM	16 GB o superior
Disco duro / sólido	256 GB o superior
Tarjeta gráfica	2 GB o superior

2.2. PROCESO PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS

En este apartado se indica el proceso que se realizó para la elaboración de los componentes, piezas y elementos que conforman el sistema de frenado, para esto se elaboró un flujograma de obtención del diseño en tres dimensiones del sistema.

El proceso se inició identificando cada uno de los elementos que conforman el sistema de frenos para la respectiva selección del desmontaje de aquellos elementos necesarios para la toma de medidas. Como siguiente paso se utilizó el software computacional SolidWorks, el cual permitió diseñar y modelar cada una de las respectivas piezas. Finalmente se realizó una inspección en cada una de las medidas diseñadas en los distintos elementos, que permitieron corroborar con la obtención del diseño del sistema de frenos.

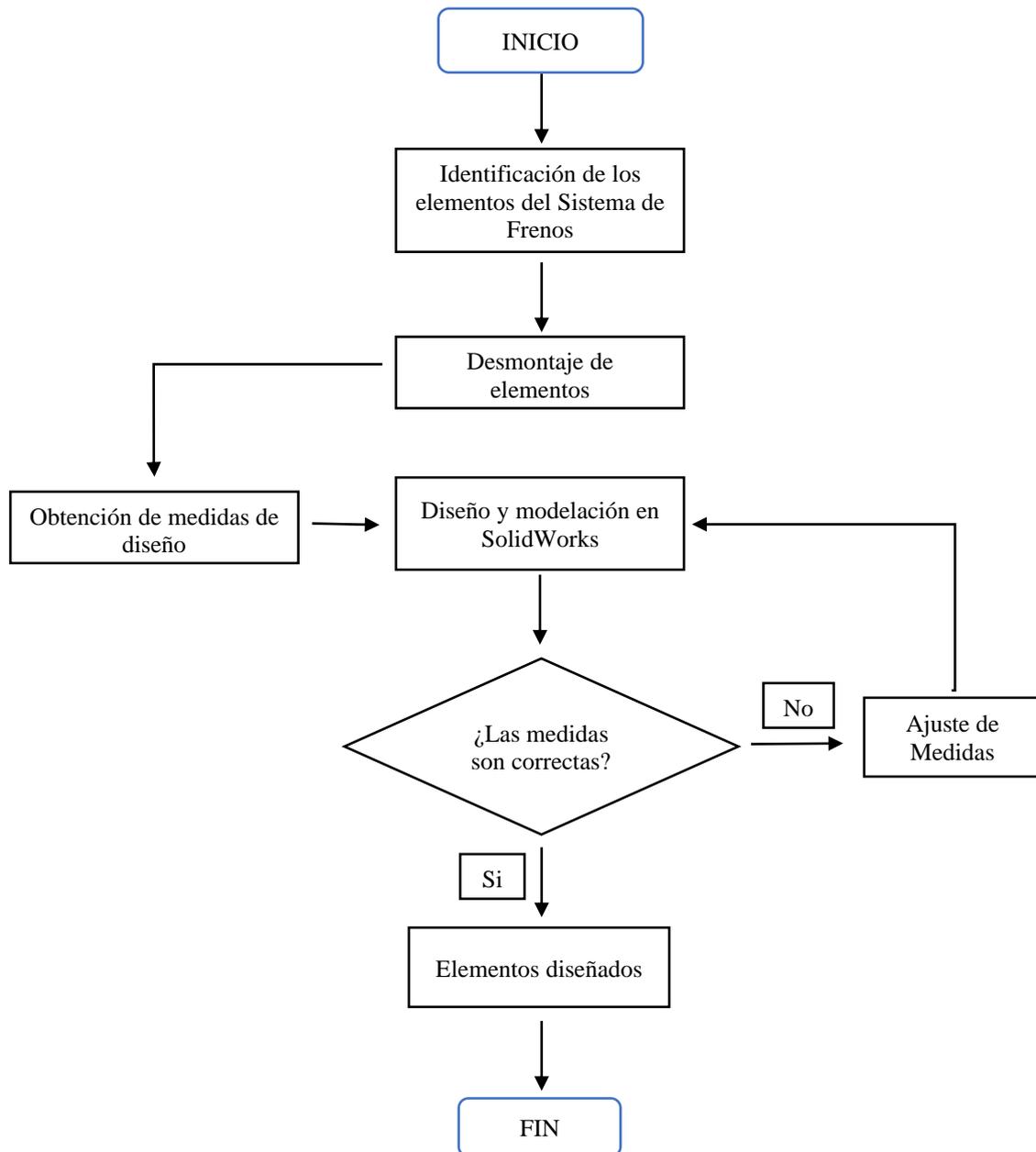


Figura 2.2 Diagrama de diseño de elementos

En la Figura 2.2 se muestra el diagrama de flujo en el proceso para el diseño CAD utilizando el software computacional SolidWorks.

2.2.1. Desmontaje de elementos

El vehículo se posicionó de manera estable siguiendo los pasos de seguridad que indica el manual de mantenimiento, mediante el uso de soportes o caballetes en la estructura señalada

para el respectivo desmontaje de los componentes del sistema de frenos tanto de disco como tambor, una vez asegurado el vehículo se procedió al desmontaje de elementos, utilizando las distintas herramientas como se pueden observar en la Tabla 2.7

Tabla 2.7 Herramientas para el desmontaje de elementos

Herramientas	Capacidad	Unidades
Gato hidráulico	5 t	1
Caballetes automotrices	5 t	4
Juego de Llaves mixtas de ½ pulg		12
Juego de dados rachas de ½ pulg		14
Destornillador plano		2
Destornillador estrella o Phillips		1
Pinza mecánica		1
Martillo mecánico		1

El desmontaje de cada uno de los elementos permitió obtener las medidas técnicas de fabricación del sistema de frenos del automóvil, de este modo se facilitó el trabajo para el dimensionamiento de las partes. Cabe mencionar que, elementos como: servofreno, freno de mano, cañerías, cilindro principal, pedal de freno, plato porta zapatas, y bombines de frenos quedaron ubicados en el propio sitio debido a que el desmontaje de estos era innecesario.

2.2.2. Medidas de diseño

Dentro del primer criterio de medidas para el diseño, se escogió el Sistema Internacional de Unidades (SI), El sistema métrico o sistema internacional es el sistema de medida más utilizado. Su unidad básica de longitud es el metro. A partir de ella se obtienen sus distintos múltiplos y submúltiplos, multiplicando y dividiendo, respectivamente, por 10. (Frenoll, 2011, pág. 26)

Siendo el metro la unidad de medida con poca precisión para el diseño mecánico de elementos automotrices, se recurrió al milímetro el cual representa la milésima parte del metro.

El milímetro a su vez cuenta con submúltiplos como se observa en la Tabla 2.8 de la cual se escogió la centésima parte del milímetro como factor de precisión para las medidas de diseño y calibración.

Tabla 2.8 Submúltiplos del milímetro

Milímetro	1 <i>mm</i>
Décima de milímetro	0,1 <i>mm</i>
Centésima de milímetro	0,01 <i>mm</i>
Milésima de milímetro o mica	0,0001 <i>mm</i>

Fuente: (Domínguez, Esteban José Ferrer, 2017, pág. 37)

Como segundo criterio, se consideró el sistema de coordenadas cartesianas para iniciar el trazado de medidas desde el centro de una pieza hacia los demás ejes, de este modo facilita la ubicación de los elementos.

La relación al sistema de ejes X, Y y Z con una superficie plana que hayamos seleccionado. El eje Z queda representado como un eje normal a la superficie, y le es designado el número 3, así como el 1 para el eje X, y el 2 para el eje Y. (Vásquez Angulo, 2012, pág. 37)

Una vez defino los criterios de medidas se procedió a realizar el levantamiento de datos de cada una de las respectivas piezas. Sin embargo, debido a la forma de diseño de cada una fue indispensable el uso de instrumentos de medición, por lo cual se utilizó un calibrador pie de rey con un dimensionamiento de $(150 \times 0,01) \text{ mm}$ de precisión, el cual permite recolectar medidas de distancia tanto de exterior, interior y de profundidad.

Está compuesto por una regla de acero graduada, sobre la que se encuentra una abrazadera o carro deslizante que forma la boca móvil. Los bordes de la abrazadera tienen forma biselada y en ellos se encuentra grabado el nonio o vernier. (Frenoll, 2011, pág. 28)

En lo que respecta a distancias superiores a los 150 *mm* se empleó el instrumento llamado flexómetro o metro, el cual dispone de una cinta enrollable tipo metálica donde se encuentra enmarcado las medidas del (SI).



Figura 2.3 Medición con instrumentos

Como se puede observar en la parte superior de la Figura 2.3 corresponde a la medición del diámetro exterior del pistón de freno utilizando el calibrador pie de rey, mientras tanto que, en la parte inferior se utilizó el flexómetro para la medición del tambor de freno.

El calibrador pie de rey cuenta con dos unidades selectivas tanto en milímetros como pulgadas, por este motivo se escogió únicamente las unidades en milímetros, y de la misma forma se aplicó en el flexómetro, con el fin de evitar errores de medición.

Mediante la Tabla 2.9 se muestra los datos de medias obtenidas para el diseño del tambor de freno, desde un punto de vista frontal.

Tabla 2.9 Medidas frontales del tambor de freno

Nombre	Ø diámetro (mm)	Nombre	Ø diámetro (mm)
Tambor externo	220,00	Pernos	14,00
Buje	60,00	Tornillos	7,07
Tambor interno	148,00	Resalto de tambor	240,00

En la Tabla 2.10 se aprecia las distintas medidas como profundidad, espesor, chaflán y redondeo desde la vista lateral del elemento.

Tabla 2.10 Medidas laterales del tambor de freno

Nombre	Distancia (mm)	Profundidad (mm)	Redondeo (mm)	Chaflán (mm)
Cara frontal 1	148,00	58,00	2,00	9,90
Cara frontal 2	220,00	51,00	2,00	
Cara frontal 3	240,00	16,00	2,00	

Obteniendo los datos de las tablas tanto de vista lateral como frontal, se procedió a dibujar el trazado de líneas de la superficie del tambor de freno.

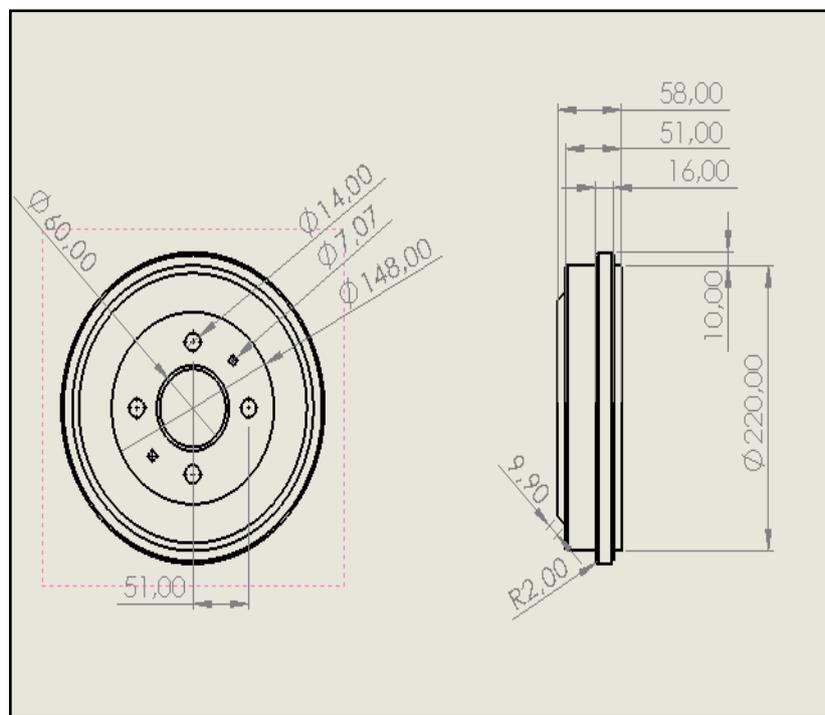


Figura 2.4 Dibujo dimensionado en 2D

El dibujo de trazado de líneas se representa mediante la Figura 2.4 donde se observa un radio de 2,00 mm el cual representa el redondeo de todas las caras en la superficie del diseño.

Los criterios de diseño y recolección de medidas mencionados fueron aplicados a cada una de las piezas del sistema de freno. Por lo tanto, no se consideró necesario la representación esquemática de cada uno de estos.

2.2.3. Diseño y modelación de elementos

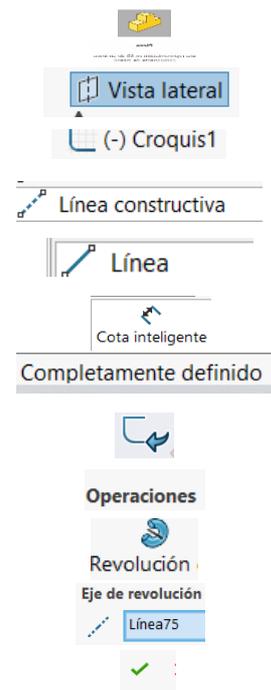
Para el Diseño Asistido por Computador (CAD), se utilizó el software computacional SolidWorks 2020 versión estudiantil, el cual permite diseñar, ensamblar y simular cualquier tipo de pieza industrial en 3D.

En lo que respecta al diseño de los elementos del sistema de frenos, primero se identificó la posición de cada elemento en el vehículo, para iniciar el diseño de forma ordenada. De esta manera, se procedió a diseñar el primer elemento llamado tambor de freno.

SolidWorks permite realizar una pieza iniciando con un plano y croquis mediante el sistema de coordenadas “x, y, z”, esto permite marcar el punto de inicio del diseño, un factor muy importante que se consideró para los cambios estructurales de la pieza.

El diseño del tambor de frenos se cumplió en dos etapas, para la primera etapa del diseño se realizaron los siguientes pasos:

- Abrir nueva pieza en 3D
- Seleccionar plano
- Insertar croquis en el plano
- Insertar línea constructiva
- Realizar el trazado de líneas
- Acotaciones de líneas
- Verificar definiciones
- Salir del croquis
- Seleccionar operaciones
- Seleccionar la revolución saliente
- Seleccionar eje de revolución
- Aceptar



La representación gráfica del trabajo realizado en los pasos mencionados se muestra a continuación.

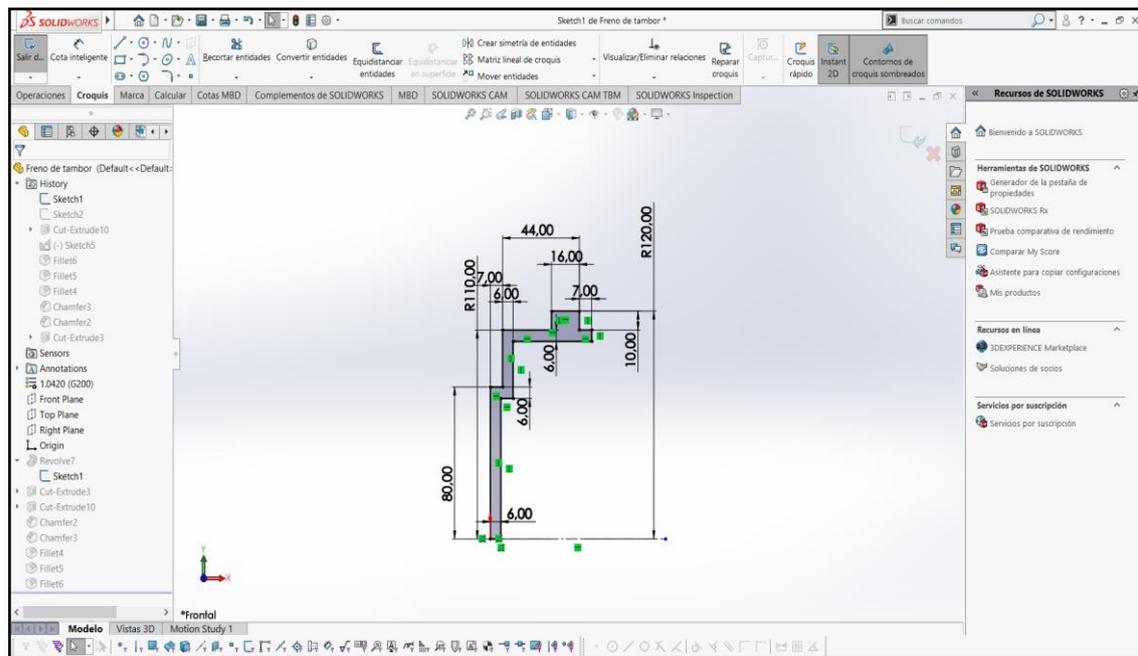


Figura 2.5 Acotaciones de diseño
(Captura del Software SolidWorks 2020)

Se inició el trazado de líneas desde un plano lateral en el origen de coordenadas como se observa en la parte inferior izquierda de la Figura 2.5 posterior a esto, se insertaron las cotas de medidas mediante la opción “Cota Inteligente” ubicada en la barra herramientas “Croquis” en la parte superior horizontal izquierda.

En lo que respecta al inicio del diseño de cualquier elemento, se realizó un trazado de líneas partiendo de una forma bidimensional. Esto quiere decir, que para la obtención del modelo en 3D se requiere el uso de alguna operación sobre un croquis dimensionado.

Para ello se eligió la operación “Revolución Saliente” desde la barra de herramientas, donde se procedió a elegir el croquis para la ejecución, esto indica que el diseño toma forma cilíndrica, para lo cual se eligió un eje que permite dirigir el sentido de revolución.

Sin embargo, cabe mencionar que se verificó que las líneas de croquis estén completamente en color negro, esto indica que está definido en su totalidad y se puede apreciar un bosquejo del posible diseño en una gama de colores transparentes verde claro con plomo, caso contrario, SolidWorks detecta fallo e impide la operación.

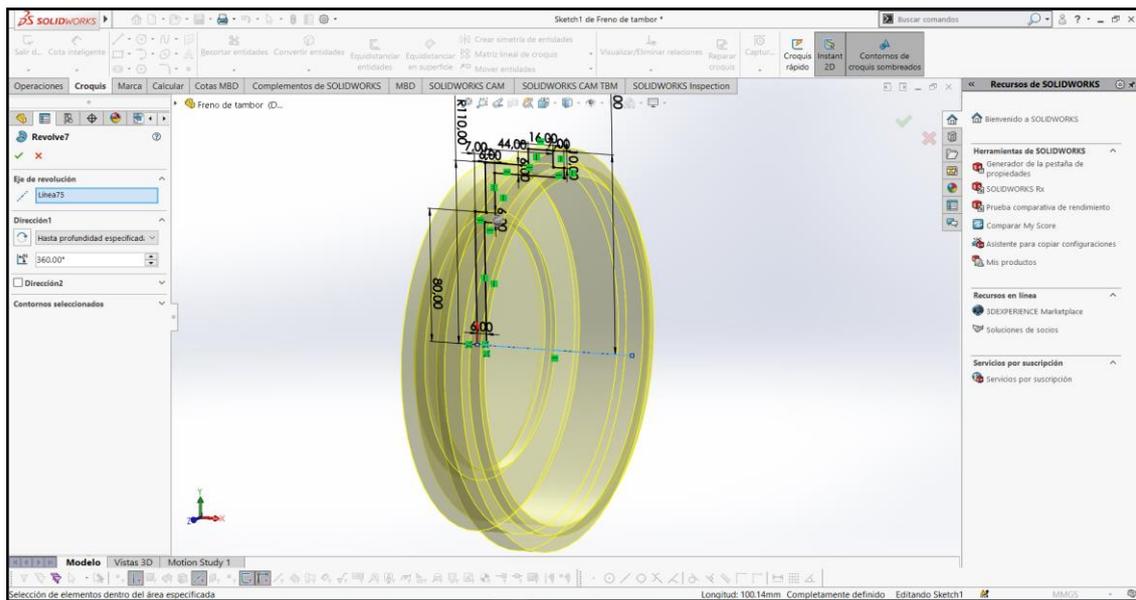


Figura 2.6 Operación de diseño
(Captura del Software SolidWorks 2020)

La operación “Revolución Saliente” permitió realizar un sólido eligiendo un eje de coordenadas, en el caso de la Figura 2.6 se eligió el eje “x” mediante la elaboración de una línea constructiva representada en color azul, de esta manera se puede observar que el tambor de freno obtiene su diseño tridimensional.

En la segunda etapa del diseño, se eligió una nueva cara en el sólido para trabajar sobre la misma, en esto se emplearon los respectivos pasos:

- Insertar nuevo plano
- Insertar nuevo croquis
- Insertar línea constructiva
- Insertar círculo
- Acotaciones de líneas
- Seleccionar operaciones
- Seleccionar matriz circular
- Salir del croquis
- Seleccionar operaciones
- Realizar extruir corte
- Aceptar



- Realizar redondeo



En el árbol de trabajo de SolidWorks se puede visualizar las funciones y operaciones que se realizaron en el diseño, permitiendo de esta manera la modificación temprana del componente, se encuentra ubicado en la parte izquierda de la pantalla descrita de forma vertical, es así como se procedió a elegir un nuevo plano lateral como primer punto de referencia para croquizar, y el segundo punto de referencia se eligió la cara externa del tambor de freno donde la superficie hace contacto con la rueda del vehículo. Desde esta cara se realizó un nuevo croquis para el trazado de las circunferencias en la cara seleccionada del sólido.

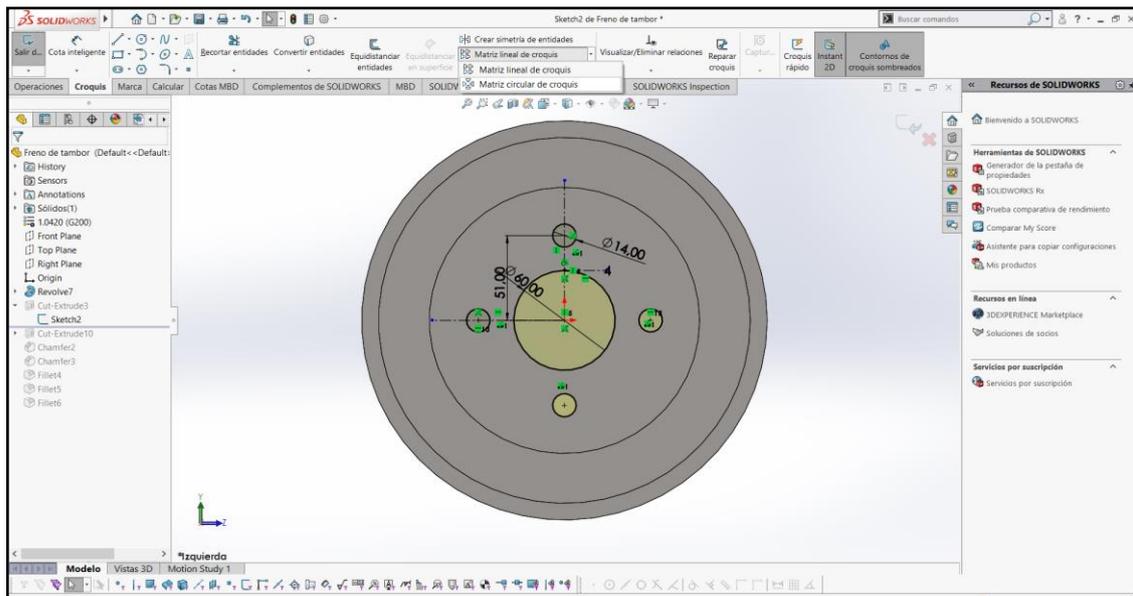


Figura 2.7 Matriz circular
(Captura del Software SolidWorks 2020)

Mediante la Figura 2.7 se puede observar el nuevo croquis remarcado con líneas negras en una de las caras seleccionadas del tambor de freno, en la cual se utilizó la herramienta “Matriz circular de croquis” el cual permite definir la cantidad de circunferencias a diseñar con una sola función mediante las distancias y números deseados, con el fin de agilizar el proceso de diseño.

Una vez realizado la matriz circular, se procedió a realizar una nueva operación llamada “Extruir corte” esto se realizó para generar las perforaciones circulares en la cara croquizada,

dicho sea de paso, es el lugar donde se sitúan los pernos de acero para la ubicación de las ruedas posteriores con sus respectivas tuercas de seguridad.

Los acabados superficiales como “Redondeo, Chaflan” entre otros, son los últimos pasos para finalizar cualquier diseño ejecutado, y permiten una mejora en la visualización y superficie, brindando múltiples prestaciones.

En el caso del tambor de freno se realizó en cada cara del sólido un redondeo de 2,00 mm el cual permite parcialmente la evacuación del polvo debido al desgaste ocasionado por el rozamiento entre el conjunto de zapatas de freno y este.

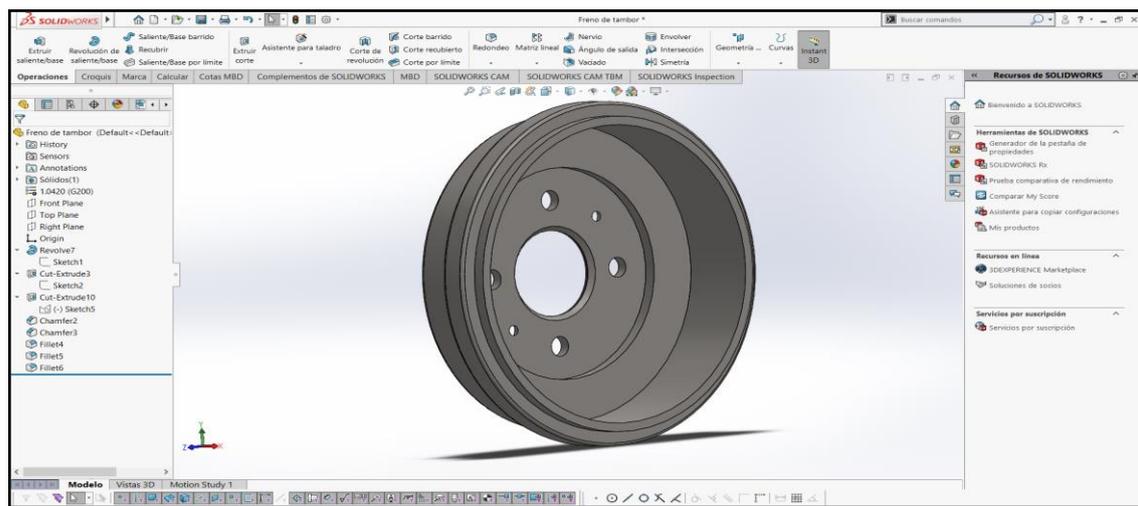


Figura 2.8 Diseño del tambor de freno
(Captura del Software SolidWorks 2020)

En la Figura 2.8 se pueden apreciar los distintos acabados como chaflan, redondeo y perforaciones del tambor de freno, los cuales permitieron obtener la forma y similitud en el diseño 3D mencionado en el apartado de medidas con instrumentos.

Finalmente, en lo que respecta al diseño de pernos, únicamente se utilizó la “Biblioteca de diseño”, ubicada en la parte superior derecha del panel de herramientas de trabajo que proporciona SolidWorks, permitiendo escoger de manera correcta el perno deseado, tuerca, tornillo, etc. Para ello se realizaron los siguientes pasos.

- Seleccionar Biblioteca de diseño
- Seleccionar Caja de herramientas “Toolbox”

Biblioteca de diseño

▼  **Toolbox**

- Elegir carpeta Ansi Metric
- Elegir carpeta Pernos y tornillos
- Seleccionar el tipo de perno



De esta manera se logró insertar cada uno de los pernos en las diferentes perforaciones de las piezas, tomando en consideración la elección de la carpeta “Ansi Metric” donde las unidades de los pernos son en milímetros.

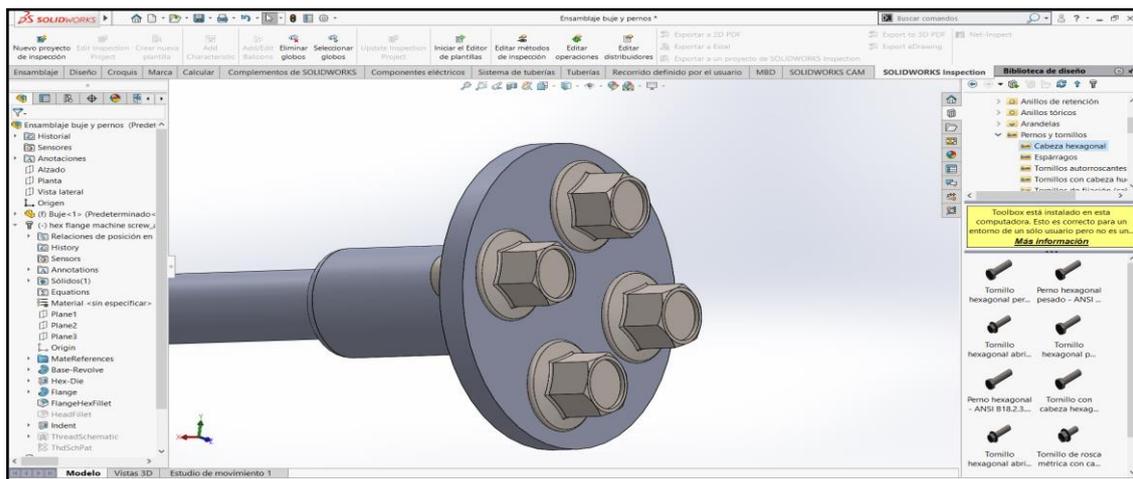


Figura 2.9 Montaje de pernos
(Captura del Software SolidWorks 2020)

En la Figura 2.9 se puede observar mediante la opción “Tollbox” ubicado en la parte superior derecha de la barra de herramientas. los diferentes pernos que existen dentro de la biblioteca de SolidWorks, el montaje de los pernos del buje posterior se efectuaron mediante el arrastre del objeto hacia la perforación deseada,

Las perforaciones donde van situados cada uno de los pernos fueron dimensionados de forma precisa, esto permite que SolidWorks detecte automáticamente la medida y ajuste el perno seleccionado al momento de arrastrar el elemento hacia la perforación. Cabe mencionar que, para el uso de esta opción se creó un nuevo archivo denominado ensamble de elementos.

En el diseño y modelación de los demás elementos del sistema de frenos, se realizaron los pasos mencionados anteriormente, seleccionando diferentes planos, caras, vértices en el

sólido para el croquis. Así mismo, se utilizó la herramienta de operaciones de corte, saliente, barrido, entre otros, para obtener el diseño deseado.

2.3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN AR

En el diseño y desarrollo de la aplicación multimedia mediante Realidad Aumentada (AR), se elaboró el respectivo flujograma que permitió identificar los procesos para la elaboración.

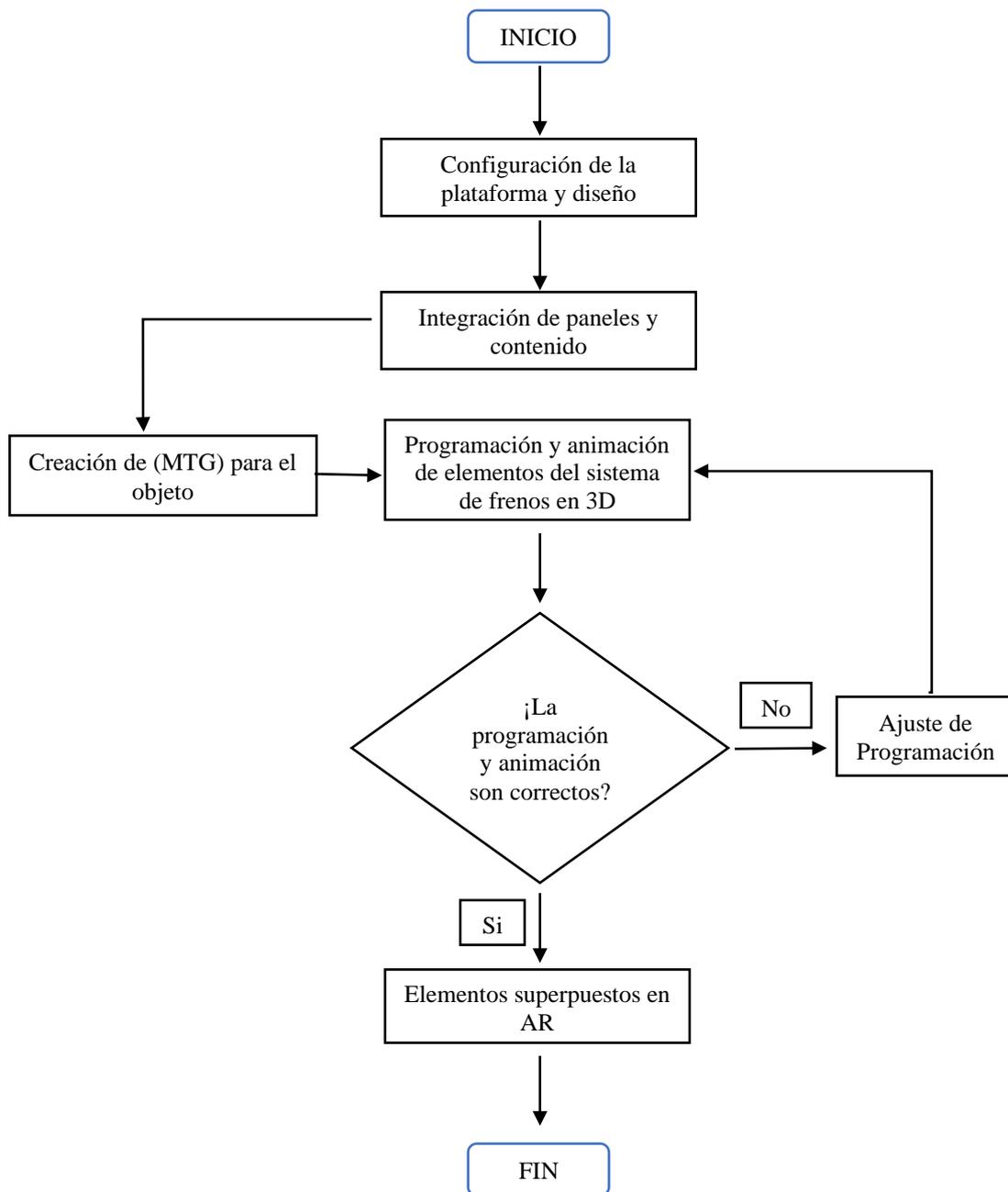


Figura 2.10 Diagrama de diseño de la aplicación

Mediante el diagrama de la Figura 2.10 se puede observar los diferentes elementos tangibles e intangibles que se utilizaron para la elaboración de una plataforma a través de realidad aumentada.

Primero, se configuró la plataforma Android para evitar futuros inconvenientes en la exportación del sistema operativo. Cabe mencionar que, la aplicación únicamente puede ser ejecutado en plataformas del sistema mencionado.

Asimismo, se modificaron las características del diseño en escena, es decir, esta aplicación contiene dos escenas: la primera alberga todo el contenido multimedia, digital e información de la App y del sistema de frenos, la segunda escena contiene el objeto 3D en este caso el vehículo donde se genera la realidad aumentada. Además, en este apartado se eligió el tamaño de pantalla y resolución para cualquier dispositivo móvil, esto con la finalidad que no exista distorsión de la proyección de imagen cuando se inicie la aplicación móvil.

En la creación y captura del modelo (MTG), se utilizó un smartphone compatible con Vuforia Engine el cual permite escanear objetos a escala real, en este caso se eligió modelo al vehículo designado para esta investigación.

Finalmente, se utilizó programación y animación mediante el software computacional Visual Studio para animar los diferentes elementos que contiene el sistema de frenos, y la digitalización de textos de ayuda que simulan la operación del desmontaje y montaje como parte del entrenamiento técnico.

2.3.1. Plataforma de diseño

La selección de la plataforma permitió elegir el sistema operativo en la que se deseaba ejecutar la aplicación multimedia. Para lo cual, fue necesario la instalación de un acceso directo al software computacional Unity 3D, este acceso permite gestionar todos los proyectos y versiones que contenga el software.

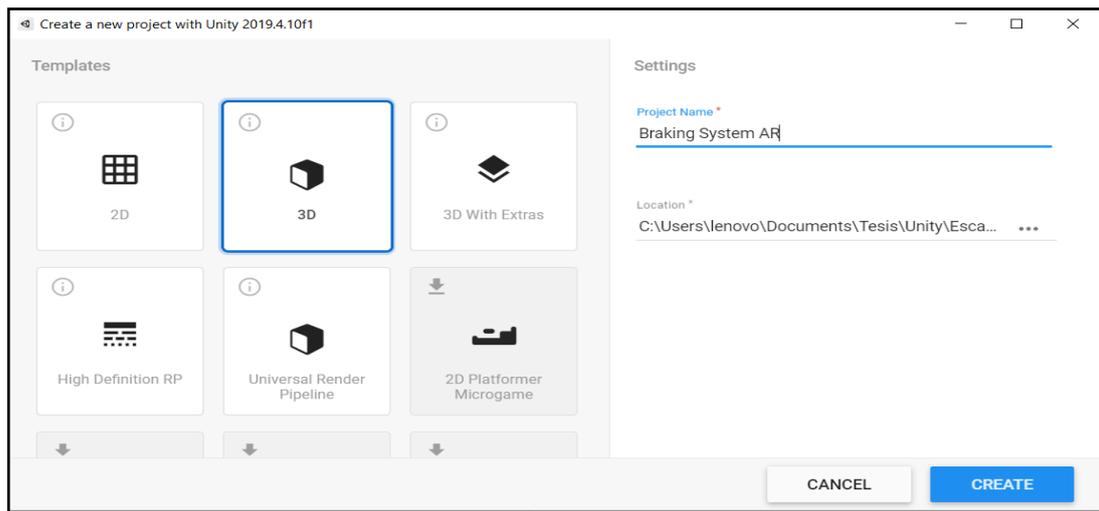


Figura 2.11 Unity Hub
(Captura del Acceso Unity Hub 2019)

En la Figura 2.11 se observa la ventana de inicio de Unity Hub, es decir, el centro de operaciones de Unity, donde se muestra el nombre del proyecto asignado en el campo de escritura de la parte superior derecha, mientras tanto que en el lado izquierdo se aprecia la plantilla en 3D escogida.

A través del acceso directo mediante Unity Hub, se pudo elegir la versión de Unity 2019.4.10f1 que ha sido instalada previamente. De esta manera se dio paso a la ventana principal de trabajo del software computacional Unity3D, donde presenta un total de cuatro ventanas de trabajo.



Figura 2.12 Ventana principal de Unity
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 2.12 se aprecia las cuatro ventanas de herramientas principales que proporciona Unity para la gestión de cualquier diseño.

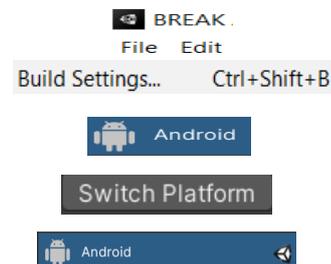
En la ventana de jerarquía se asignan de manera ordenada las operaciones dependientes del elemento inicial, en la barra de proyecto se puede insertar las carpetas de contenido multimedia y scripts de programación, en el lado derecho corresponde a la herramienta inspector donde se configura todas las funciones de las operaciones necesarias como: color, textura, fuente, imágenes, botones, apariencias, y temas en general.

Finalmente, en la barra superior de herramientas se gestiona cualquier cambio de diseño y componentes del proyecto, así como la importación de elementos que aporten con el mejor desempeño en renderización, como en el caso de TextMeshPro el cual permitió definir con mejor calidad el texto insertado en los distintos paneles de información y contenido.

2.3.1.1. Configuración de la plataforma

Desde la barra de herramientas principal, se permitió elegir la plataforma de trabajo de Android, realizando los siguientes pasos:

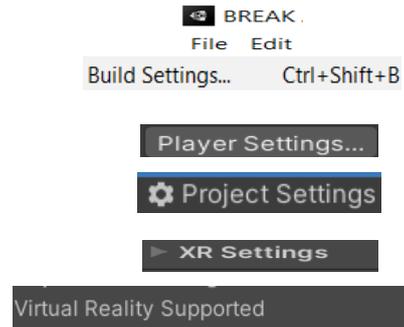
- Seleccionar “File”.
- Elegir “Build Settings”.
- Seleccionar “Android”.
- Elegir “Switch Platform”.
- Esperar ejecución.



Una vez realizado la ejecución de la plataforma, el símbolo de Unity se incorpora en el lado derecho de Android, lo cual permite corroborar que la plataforma ha sido seleccionada exitosamente.

Como siguiente paso, se configuró el soporte de realidad aumentada realizando los siguientes procedimientos:

- Seleccionar “File”.
- Elegir “Build Settings”.
- Escoger “Player Settings”.
- Seleccionar Ventana “Project Settings”
- Desplegar opción “XR Settings”.
- Seleccionar “Virtual Realty Supported”.



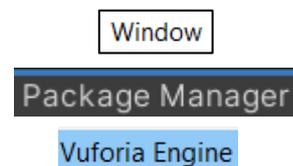
Para finalizar la configuración de la plataforma, desde “Other Setings” se despliegan un listado de opciones en la que se encuentra “Graphics API”, desde este apartado se eliminó el icono “Vulkano” con el propósito de evitar errores en las gráficas de la aplicación, debido a que se utilizó el soporte para AR.

2.3.1.2. Configuración de Vuforia

El motor gráfico de Vuforia, permite activar realidad aumentada en diferentes plataformas como: Windows, IOS, Android, y cualquier otro dispositivo. Para el tema de investigación se eligió únicamente el sistema operativo Android.

Para la configuración del motor gráfico, se realizaron los siguientes pasos a través de la barra de herramientas de Unity.

- Seleccionar “Window”.
- Seleccionar “Package Manager”.
- Buscar “Vuforia Engine AR”.



Desde la nueva ventana de gestión de Package Manger, se despliega un listado de registro de Unity, para lo cual se utilizó el motor de Vuforia AR 8.1.12. del año 2019.

La selección del año está dada para utilizar las mismas versiones tanto en Unity como para Vuforia, sin embargo, se puede actualizar esta a Vuforia Engine AR 9.5.4 perteneciendo al mismo año de publicación.

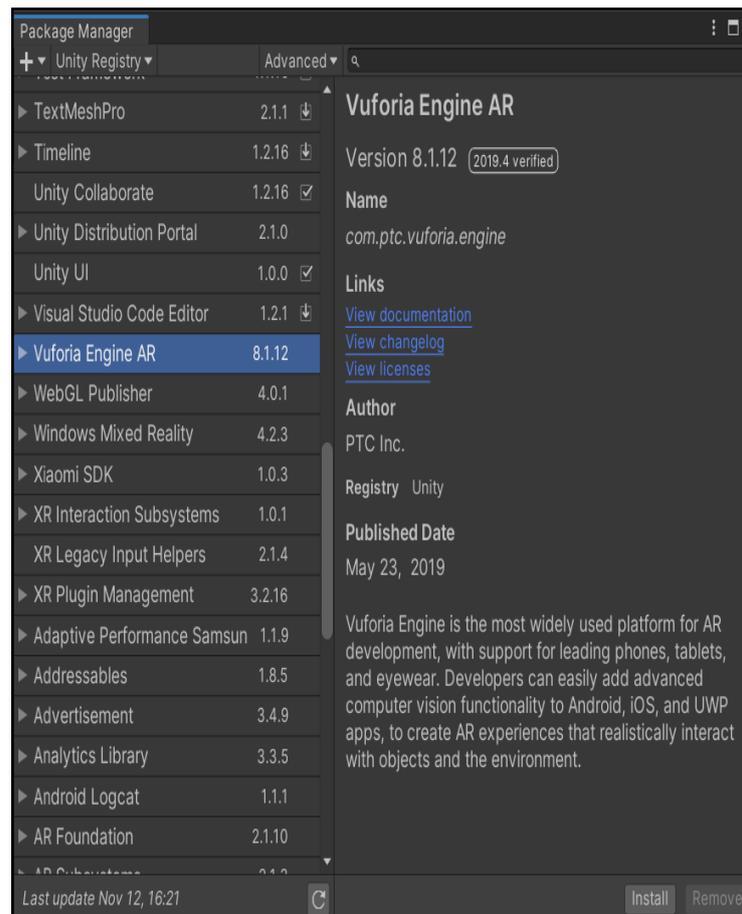


Figura 2.13 Motor gráfico de Vuforia
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 2.13 se puede apreciar la versión gráfica en realidad aumentada de Vuforia que ha sido instalada para el proyecto, este componente de configuración permite el acceso de la cámara de AR cuando se ejecute el botón de entrenamiento designado para la observación de los elementos en 3D.

2.3.2. Diseño de escena

El diseño de escena se realizó mediante el uso de la herramienta Canvas, en el cual se incorporan todas las funciones como: paneles, menús y submenús que contenga la aplicación, los elementos mencionados obtienen el orden descendente dependiendo de la función que realice, no obstante, los paneles que se encuentren por debajo realizarán la función específica después de los paneles primarios, punto muy importante al momento de realizar la creación de cualquier panel.

Desde la ventana jerarquía de trabajo se insertó Canvas, para esto fue necesario utilizar el Interfaz del Usuario (UI), el cual permite la comunicación entre hombre y máquina para la manipulación de los elementos intangibles del sistema operativo.

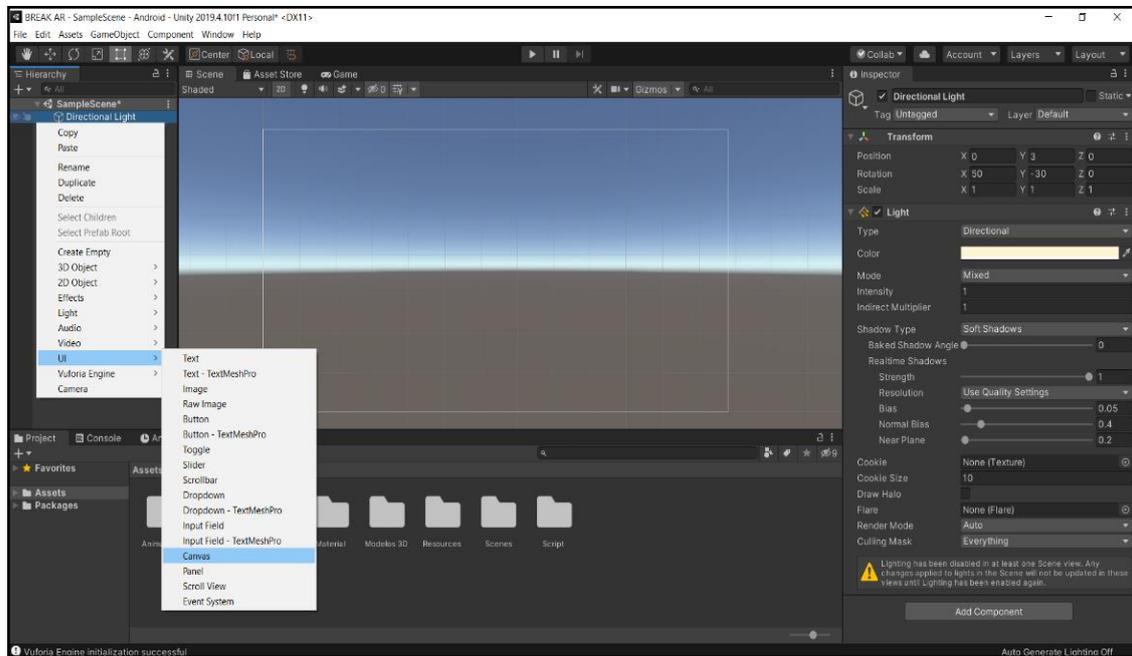


Figura 2.14 Integración Canvas
(Captura del Software Unity 2019)

La Figura 2.14 representa la opción para insertar Canvas a través de la barra de jerarquía de trabajo, realizando clic derecho sobre la misma. Igualmente se pudo insertar imágenes, texto, botones desde el ultimo procedimiento realizado.

Mediante la siguiente Tabla 2.11 se define la posición en la que se encuentra la escena principal de la aplicación móvil.

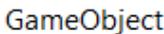
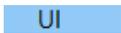
Tabla 2.11 Posición de escena

Escena	Ejes x;y;z		
	x	y	z
Escala	1	1	1
Posición	0	3	0
Rotación	50	-30	0
Pivote	0	0	0

2.3.3. Integración de paneles

Los paneles fueron creados como elementos UI del proyecto para las funciones especiales en el comando de las ventanas de interacción. Cada panel contiene componentes como: botones, imágenes, figuras tridimensionales, fondos y animaciones.

El panel principal fue delegado como “Panel-Padre” de los demás sub-paneles, esto indica que el funcionamiento de los paneles hijos parten de las opciones que se aplican al panel principal, para la creación del panel principal se realizaron los siguientes pasos:

- Seleccionar “GameObject” desde la barra de herramientas. 
- Elegir “Interfaz del usuario”. 
- Seleccionar “Panel”. 

En la siguiente Tabla 2.12 se define la escala otorgada al primer panel principal de la escena, al igual que la ubicación del texto utilizando la opción TextMeshPro para una mejor configuración en el texto como: sombras, colores, contornos, direcciones, con el fin de obtener un mejor renderizado.

Tabla 2.12 Escala del panel principal

Panel principal	Ejes x;y;z		
Escala	1	1	1
Pivote	0,5	0,5	0
Rotación	0	0	0
TextMeshPro	20	5	0
TextMeshPro UI	200	50	0

Cabe mencionar que los distintos paneles creados parten de esta configuración exceptuando la ubicación de los textos e imágenes en tercera dimensión, los cuales varían entre estos.

Una vez realizado los pasos mencionados, desde la ventana de escena en Unity se pudo observar el panel que corresponde a la portada de la aplicación mediante un rectángulo de color blanco, donde se eligió la opción transparente para este proyecto.

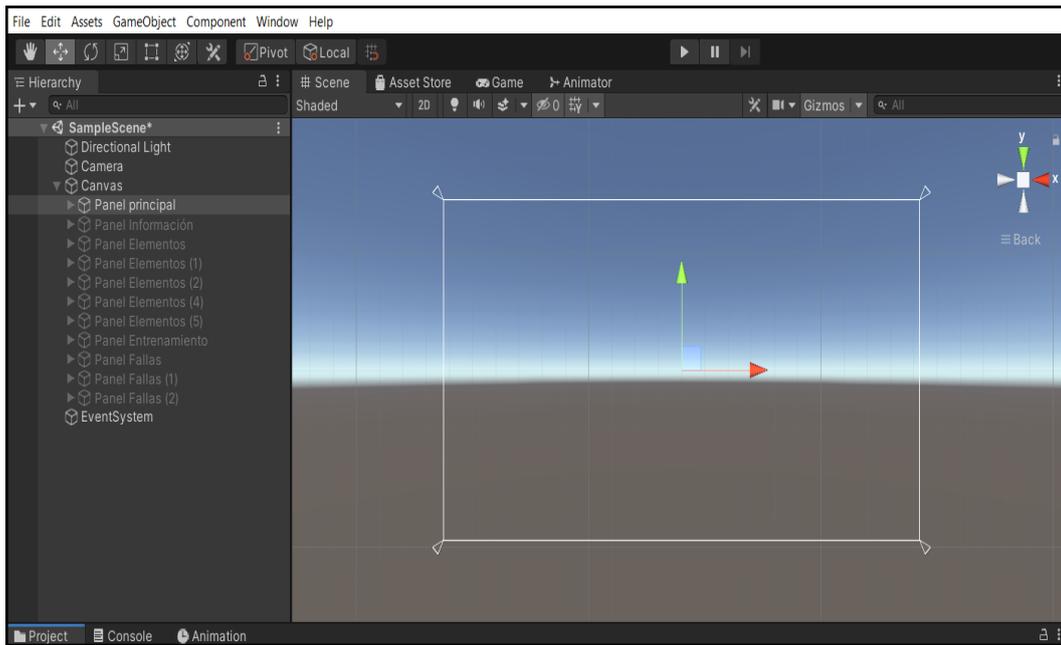


Figura 2.15 Panel principal
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 2.15 se observa el rectángulo que corresponde al panel creado junto con cuatro triángulos en cada esquina, estos representan el anclaje del panel para que la pantalla de los smartphones se acople a estos, evitando el desfase de contenido. Además, desde la barra de jerarquía se aprecia el nombre asignado como “Panel principal” y por debajo de este, los sub-paneles creados con los distintos nombres que corresponden.

A continuación, desde la barra de inspector se realizaron los siguientes pasos:

- Seleccionar “Inspector”.
- Ubicar la barra desplegable “Image”.
- En “Source Image” elegir “Fondo cubos”.
- En “Color” elegir el Hexadecimal.
- Seleccionar “Material” y elegir ninguno.
- Marcar la casilla “Maskable”



Estos procedimientos se utilizaron para determinar la apariencia en el panel principal, así mismo en todos los sub-paneles creados. Sin embargo, la gama de colores y el fondo de pantalla varía entre uno y otro.

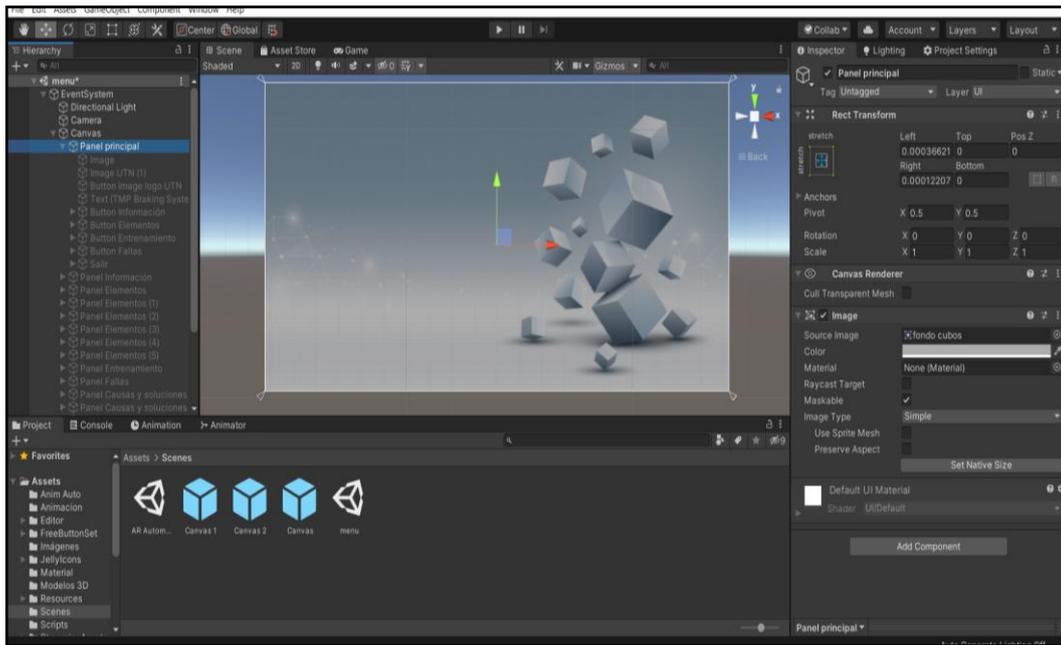


Figura 2.16 Fondo del panel principal
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 2.16 se distingue el diseño de fondo que se configuró desde la barra de inspector ubicado del lado derecho de la venta de trabajo en Unity.

2.3.3.1. Componentes de visualización

Permiten el acceso al contenido multimedia y a objetos de visualización en 3D. Los formatos de imágenes se exportaron como Portable Network Graphics (PNG) al ser los más utilizados por la calidad que poseen. Argumentando también que posee una transparencia en el fondo de su imagen que permite ocultar si es necesario, caso que el formato Joint Photographic Experts Group (JPG) no se puede realizar.

Para la exportación de imágenes, objetos 3D y demás componentes, se crearon distintas carpetas desde la barra de proyecto, con el propósito de almacenar todo el contenido necesario de manera organizada, y de esta forma tener acceso inmediato ordenadamente, agilizando el procedimiento de insertar elementos a la escena. En la creación de estas carpetas, únicamente se realizó clic derecho sobre la ventana de trabajo proyecto y a continuación se procedió a crear nueva carpeta.

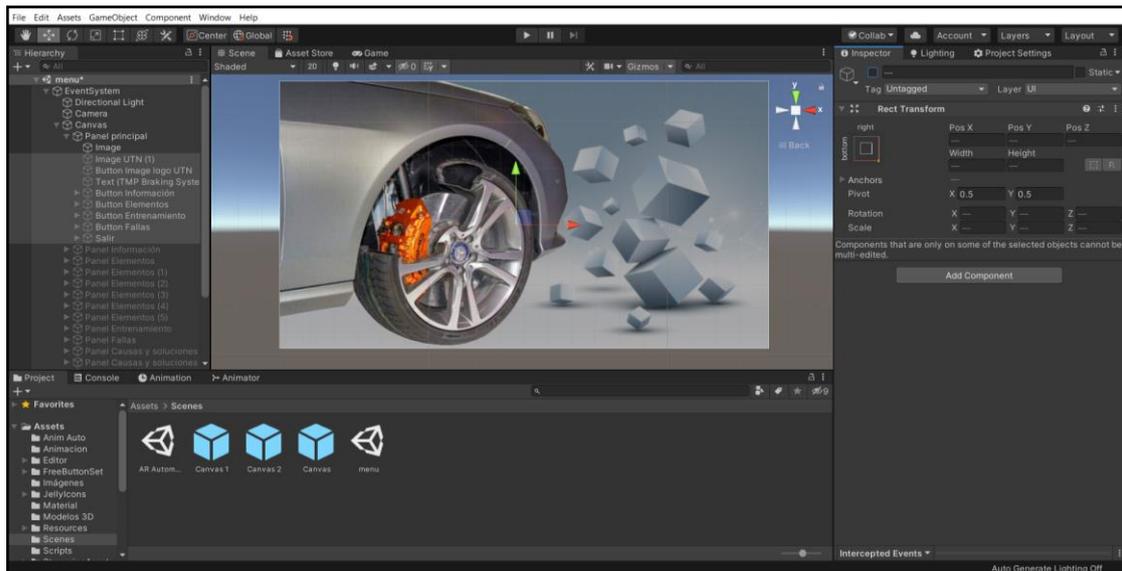


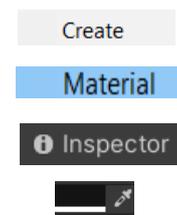
Figura 2.17 Textura de imagen
(Captura del Software Unity 2019)

A cada imagen asignada se utilizó la textura tipo “Sprite 2D and UI” desde la barra de inspector para que pueda ser visualizada de forma correcta, una vez seleccionado esta propiedad se aplicaron los cambios como se observa en la Figura 2.17

Este mismo proceso se realizó en cada imagen que se incorporó a los paneles de interacción del usuario. En el caso de los objetos 3D exportados como (FBX), se insertaron cada uno arrastrando desde las carpetas creadas hasta el panel de escenas.

Como los archivos (FBX) no cuentan con textura ni matices de colores, fue necesario la creación de materiales mediante los siguientes pasos:

- Clic derecho sobre el panel “Proyecto”.
- Desplegar la barra “Create”.
- Seleccionar “Material”.
- Dirigirse a “Inspector”
- Ubicarse en el ícono de pintura.
- Seleccionar el color “Hexadecimal 000”



Los colores han sido asignados mediante códigos estándar hexadecimales para establecer un único color de forma clara y precisa mediante el uso de números y letras, en el caso 000 es color negro.



Figura 2.18 Material de objetos
(Captura del Software Unity 2019)

Es mediante a la Figura 2.18 que se puede apreciar la apariencia que poseen los objetos 3D por medio de los materiales escogidos, y en la barra de proyecto se distinguen los múltiples colores de materiales que se crearon.

2.3.3.2. Componentes de interacción

Se utilizaron botones como componentes de interacción entre el usuario y el sistema. Para insertar los botones se realizaron los siguientes pasos:

- Seleccionar “GameObject” desde la barra de herramientas.
- Elegir “Interfaz del usuario”.
- Seleccionar “Button”.
- Dirigirse a “Inspector”
- Elegir “On Click”.
- Activar el siguiente comando.
- Configurar la opción “Text” y editar.
- Ubicar la barra desplegable “Image”.
- Elegir “Fondo”.

GameObject

UI

Button

Inspector

On Click ()

GameObject.SetActive

Text

Image

Fondo

Una vez realizados los pasos mencionados, se procedió al respectivo anclaje y posicionamiento del botón con ayuda de las barras de dirección. Además, por cada botón insertado en la escena se crearon nombres específicos para identificar la función que cumplen al ser seleccionados.

Desde la barra de proyecto se exportó un fondo hacia la ventana de inspector, donde se encuentra las configuraciones de los botones. Desde esta ventana de gestión se utilizó la opción “On Click” que permite incorporar un panel para la ejecución del botón.

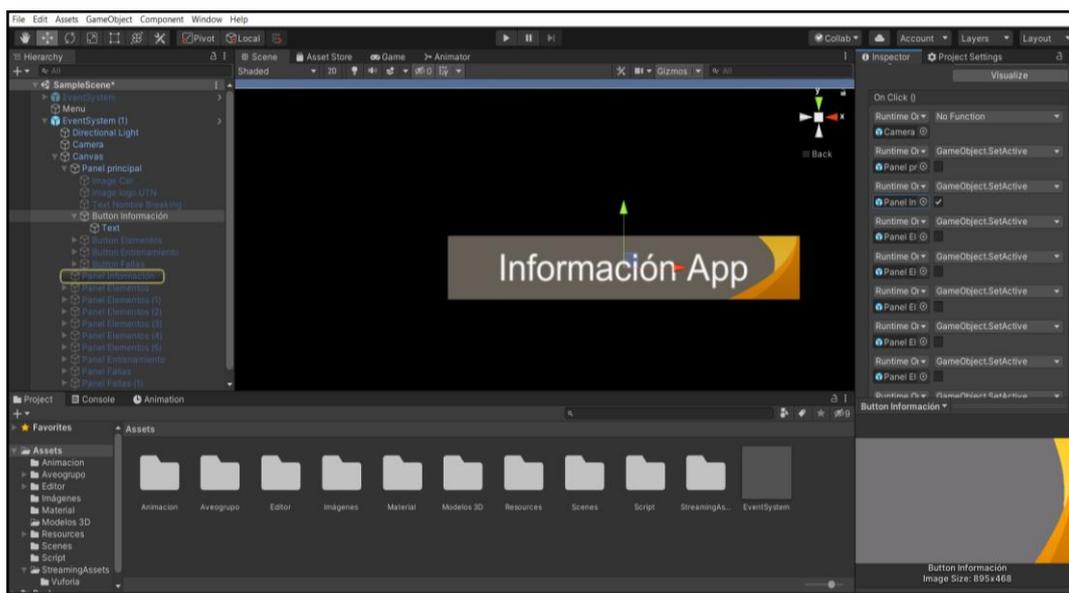


Figura 2.19 Configuración botón
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 2.19 se muestra del lado derecho la barra “Inspector”, y debajo de este se encuentra marcado con un tic la casilla correspondiente en la que redirigirá el panel seleccionado, esto conlleva a una ruta designada como se puede observar a través del árbol de jerarquía en el lado izquierdo.

2.3.4. Animación de elementos

Para la animación de Objetos de Juego o “GameObjects”, se verificó desde la barra de herramientas la activación de Windows para animación, esto permite que se cree las carpetas necesarias para realizar el proceso. Como siguiente paso se abrió la ventana de “Animation”

desde la barra de proyecto, en la cual se puede observar la línea de tiempo que se utilizó para corregir los movimientos en un lapso determinado.

A continuación, se eligió “GameObject”, es decir, el objeto 3D en la cual se aprecia desde la ventana de escena, y a través de los elementos escalares ubicados debajo de la barra de herramientas, se eligió la propiedad de dirección para ubicar el objeto en un área específica en un determinado espacio.

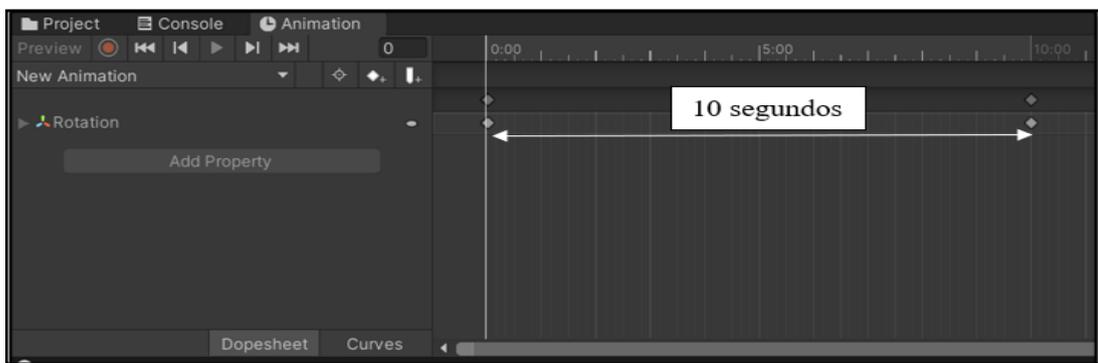


Figura 2.20 Animación del elemento 3D
(Captura del Software Unity 2019)

Mediante la Figura 2.20 se puede apreciar la ventana inferior “Animation” donde se encuentran los 10 segundos de tiempo que se le asignó al objeto 3D, en la cual se encuentran los movimientos representados por una figura en forma de diamante.

Por cada objeto animado se crea automáticamente una secuencia de controladores de elementos en una nueva ventana denominada “Animator”, en la cual se le designó un nombre como “New Animation”,

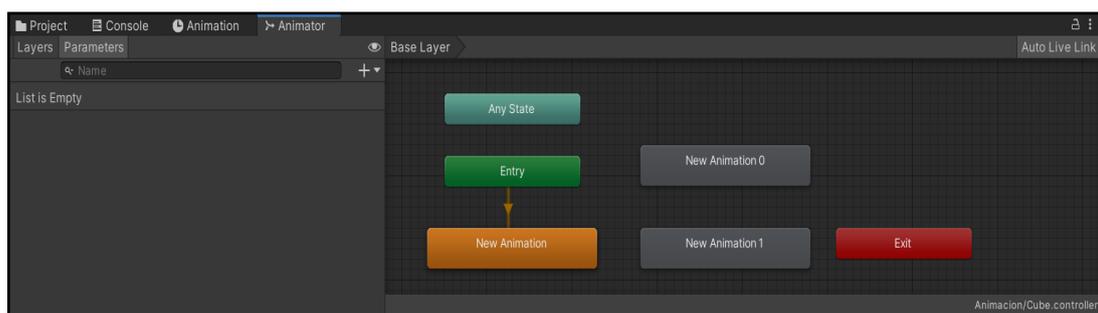


Figura 2.21 Ventana Animator
(Captura del Software Unity 2019)

Desde la ventana que se aprecia en la Figura 2.21 se pudo corregir el inicio de los movimientos al crear nuevos “Empties” para evitar que el objeto gire arbitrariamente sin ser controlado.

2.3.5. Programación de botones

Si bien es cierto, para insertar un botón no es necesario ningún tipo de programación. Sin embargo, se utilizó el lenguaje de programación de Visual Studio para ejecutar los pasos de animación de cada sistema de frenado correspondiente, y el regreso al menú principal.

Se inició verificando que el componente Visual Studio se encuentre instalado desde la ventana de “Unity Preferences” ubicado en la barra de herramientas. Además, se observó que se encuentre activado la casilla en “External Tools”, o Herramientas Externas.

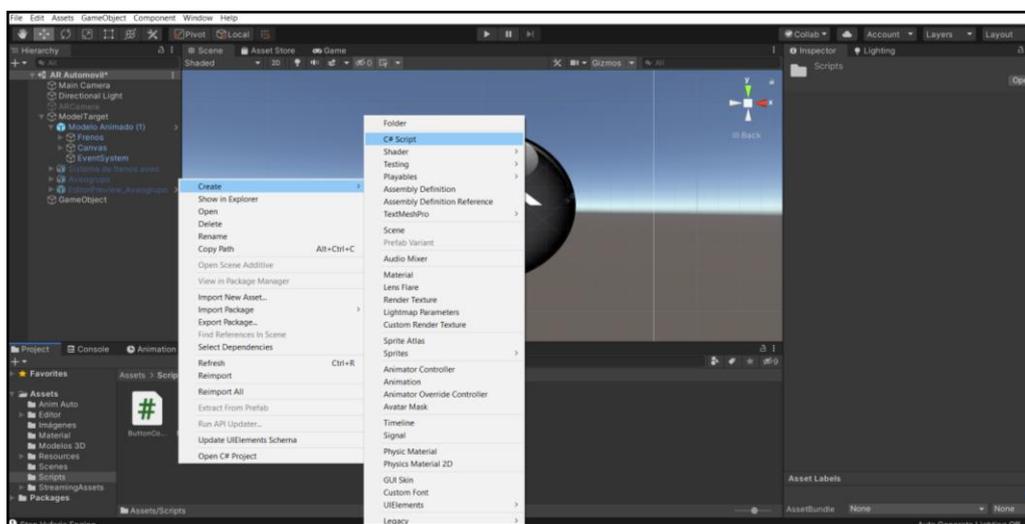


Figura 2.22 Creación de un Script
(Captura del Software Unity 2019)

Una vez que se verificó la casilla de “Herramientas Externas” se procedió a realizar clic derecho sobre el panel “Proyecto”, creando un nuevo “C# Script” como se observa en la Figura 2.22.

De esta manera se pudo insertar un “Script”, que sirve como herramienta para detallar las instrucciones de programación del sistema, combinación de componentes, control de elementos, y funciones de escena.

Para realizar la respectiva programación, se realizó doble clic izquierdo sobre el “C# Script” creado, el cual permite la activación de la ventana principal de Visual Studio con los comandos correspondientes para los ingresos de datos.

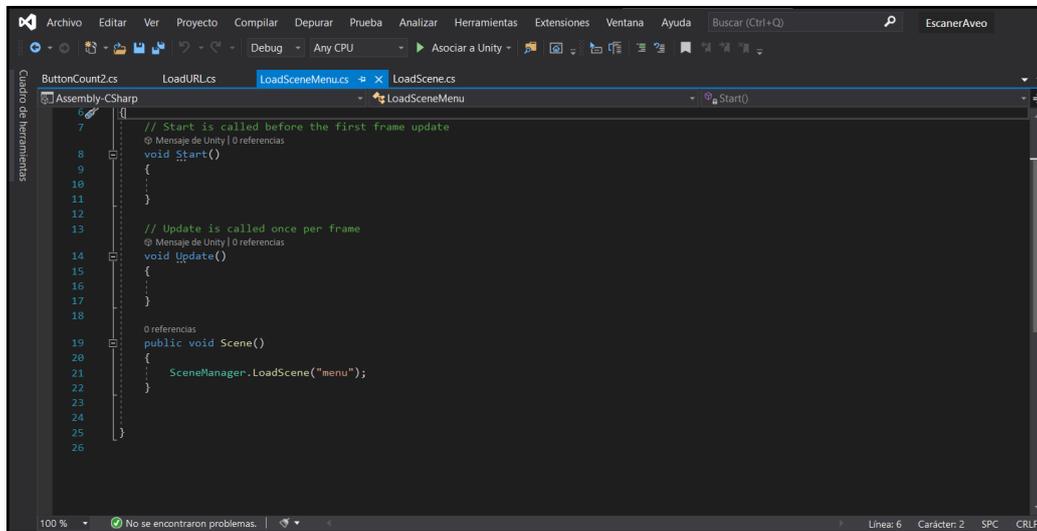


Figura 2.23 Ventana de trabajo de Visual Studio
(Captura del Software Visual Studio 2019)

En la Figura 2.23 se observa la línea de códigos que se estableció en el botón de regreso al panel principal, para esto se utilizó el comando “public void Scene” que configura la escena al que se requiere introducir, mientras tanto que, “SceneManager” se utilizó para ejecutar el denominado “Menú” nombre que ha sido asignado al panel principal.

Para el lenguaje utilizado en la programación de escenas y botones, se recurrió a la página oficial de Unity 2019 en el apartado de “Scripting API”, donde se encuentra un listado de contenidos codificados de forma gratuita.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de la aplicación multimedia con realidad aumentada está enfocado en brindar al usuario, una experiencia interactiva y de conocimiento a través de la combinación de una dimensión virtual y real, mediante equipos tecnológicos que se encuentran en la actualidad como smartphone o tabletas digitales, esto permite superponer información que aporte a los conocimientos acerca del entrenamiento en el mantenimiento del sistema de frenos de un automóvil, además el usuario puede conocer en tiempo real la ubicación de los elementos que contiene el sistema mencionado.

En el presente capítulo se describe el proceso para la obtención del diseño de elementos que conforma el sistema de frenos del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5”, para la respectiva elaboración del archivo de objeto 3D. Además, se presenta el funcionamiento de cada menú y submenús que contiene la aplicación móvil, y las diferentes programaciones que se realizaron en la misma. Finalmente, se realiza la prueba de realidad aumentada a través de la aplicación previamente instalada en diferentes dispositivos Android.

3.1. OBTENCIÓN DEL DISEÑO DE ELEMENTOS

En este apartado se menciona el procedimiento para la obtención de todo el conjunto de elementos diseñados por el software computacional SolidWorks, en un solo formato de archivo FilmBox (FBX) compatible para Unity3D.

Si bien es cierto, cada pieza fue almacenada indistintamente en un formato tipo Proe Part (PRT) que son originados comúnmente por los programas de diseño asistido por computadora, en este caso se escogió este tipo de archivo para el respectivo ensamble de los elementos que se detallan a continuación:

- Sistema de frenos de disco.
- Sistema de frenos de tambor.
- Freno de estacionamiento.

- Conjunto del servofreno.

En el siguiente flujograma se muestra el proceso desde un archivo PRT a FBX. En primer lugar, se obtiene el ensamble de todas las piezas en un tipo de documento SLDASM llamado así por contener múltiples elementos en un solo archivo. Después, se guarda el archivo en formato STL, y se exporta al software computacional Blender para el respectivo cambio de formato a FilmBox.

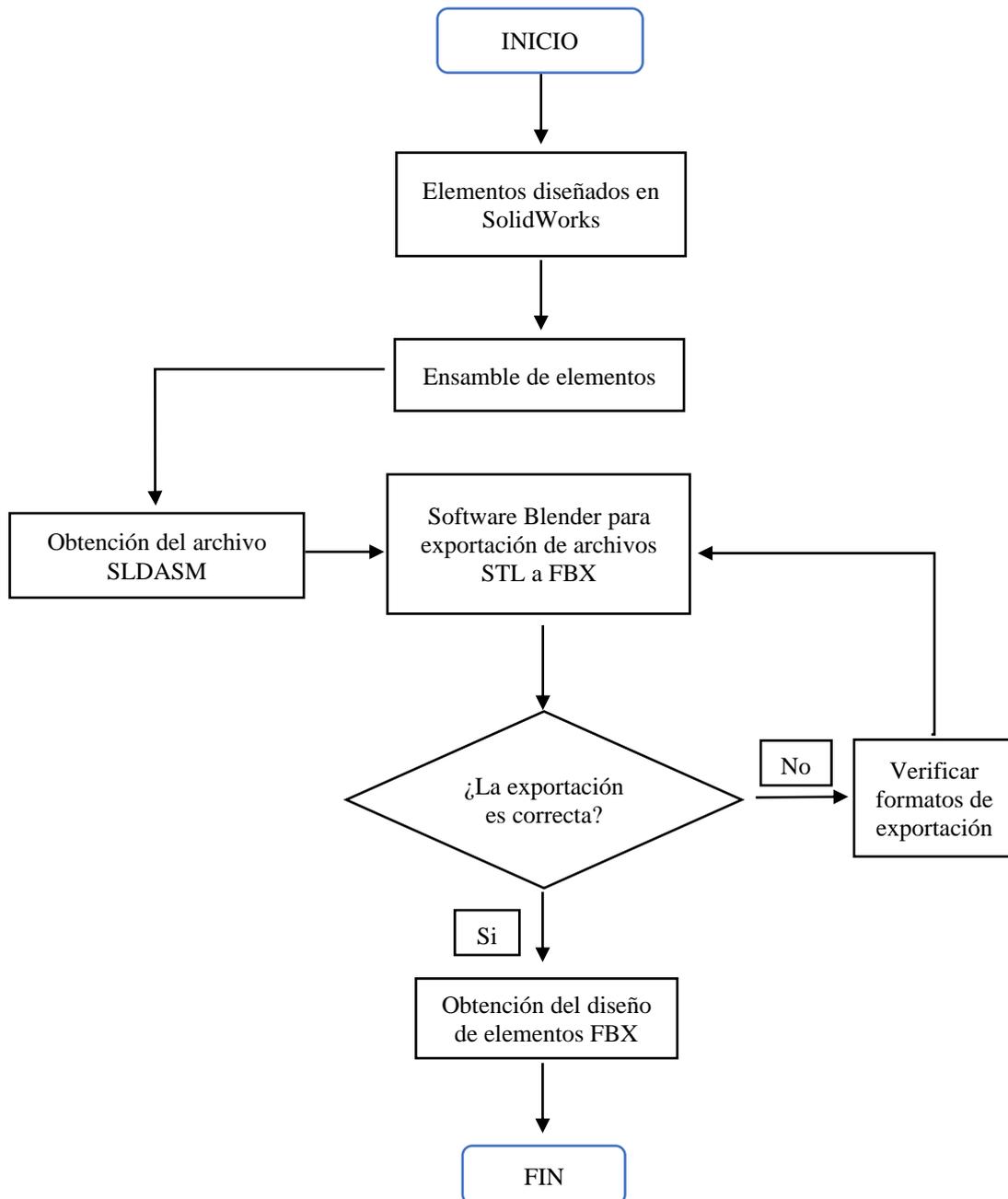


Figura 3.1 Diagrama de obtención del diseño de elementos

3.1.1. Diseño del sistema de frenos de disco

En este apartado se describe el procedimiento para la obtención del conjunto de elementos diseñados en este sistema, en la cual se enumeraron para el ensamblaje respectivo.

Mediante la Tabla 3.1 se puede observar un total de 16 elementos que conforman el sistema de freno tipo disco, así como las relaciones de posicionamiento otorgadas a cada uno de estos.

Tabla 3.1 Ubicación de elementos de disco

Orden	Nombre	Relación de posición
1	Mangueta	Fijo
2	Punta de eje	Concéntrica, coincidente
3	Manzana y rodamiento	Concéntrica, coincidente
4	Pernos de manzana	Concéntrica, coincidente
5	Disco de freno	Concéntrica, coincidente
6	Tuerca M 20	Concéntrica, coincidente
7	Tornillos del disco	Concéntrica, coincidente
8	Porta pastillas	Concéntrica, perpendicular, coincidente
9	Pastillas de freno	Coincidente
10	Láminas de pastillas	Concéntrica, perpendicular
11	Pernos M 14	Concéntrica, coincidente
12	Mordaza	Concéntrica, perpendicular, coincidente
13	Pistón	Concéntrica, coincidente
14	Pernos mordaza M 12	Concéntrica, coincidente
15	Perno purgador M 10	Concéntrica, coincidente
16	Racor hidráulico	Concéntrica, coincidente

Los elementos utilizados para los ensambles como pernos, racores y rodamientos se escogieron a través de la caja de herramientas que proporciona SolidWorks, por tal motivo no forman parte del diseño y modelamiento, sin embargo, se utilizaron para los acoples y sujeción de los componentes.

La agrupación de elementos se realizó mediante la creación de un nuevo archivo denominado “Ensamblaje freno de disco”, donde se insertaron la cantidad de elementos y piezas antes mencionadas, el mismo proceso que se ejecuta a continuación es realizado para cada uno de los diferentes sistemas.

En primer lugar, se ubicó la pieza base del ensamble llamada mangueta en la ventana de trabajo de SolidWorks. Después, se insertaron los distintos componentes de manera simultánea considerando el orden de cada elemento para la respectiva ubicación.

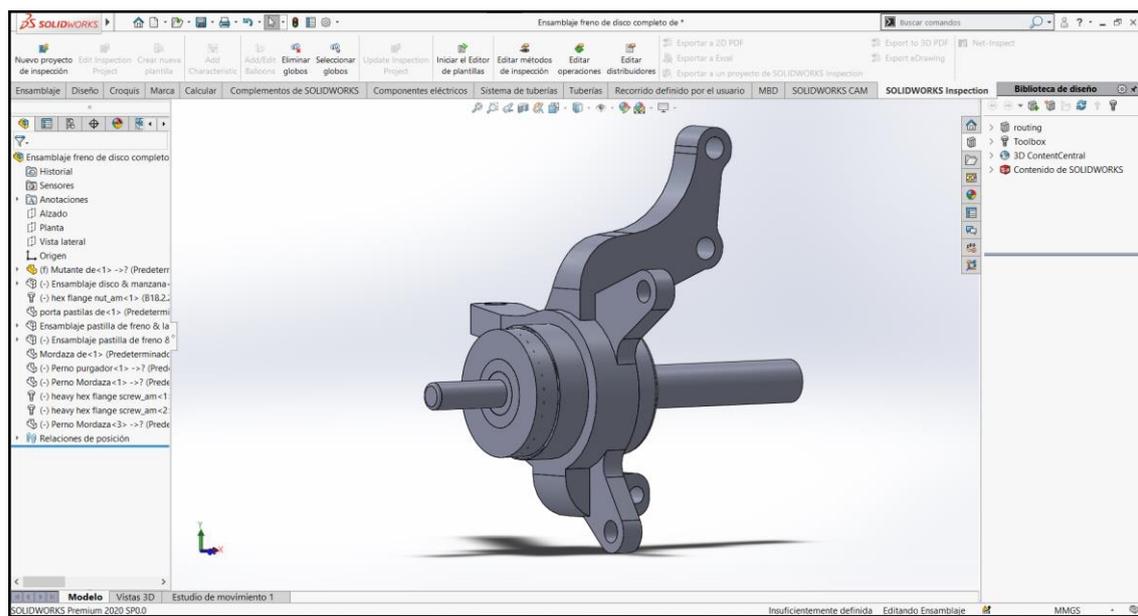


Figura 3.2 Componente base del ensamble
(Captura del Software SolidWorks 2020)

Mediante la Figura 3.2 se observa el diseño realizado de la mangueta del lado derecho del vehículo, la misma que posee restricción de movimientos como lo estipula SolidWorks al insertar el primer componente para el ensamble.

Una vez insertado el primer componente, se realizaron los respectivos cambios de posicionamiento del elemento mediante las coordenadas para el eje Y & Z respectivamente. De la misma forma se aplicaron estos pasos para cada uno de los ensambles correspondientes. Al momento de insertar una nueva pieza sobre el componente base, se escogió la posición concéntrica con respecto al eje de la mangueta y se utilizó coincidente entre las caras de ambos sólidos.

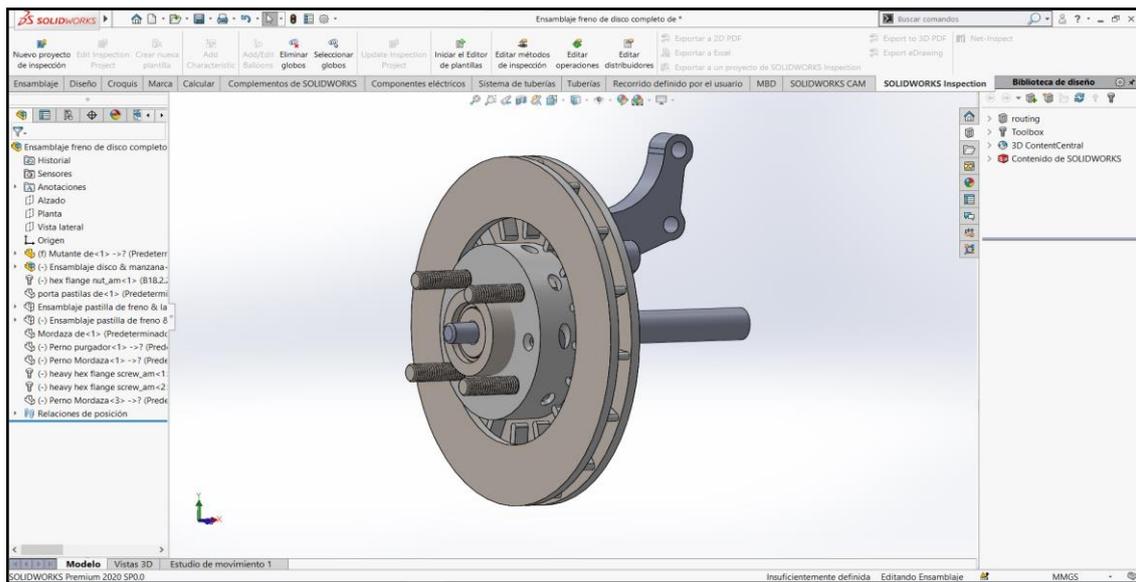


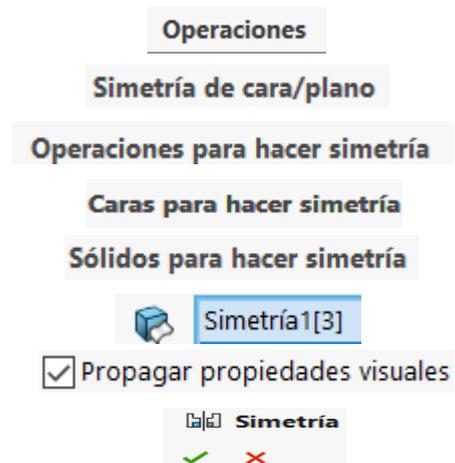
Figura 3.3 Ensamble mangueta y disco
(Captura del Software SolidWorks 2020)

Una vez escogido las relaciones de posición entre ambas piezas se puede apreciar en la Figura 3.3 el ensamble de dos elementos, en donde el segundo elemento denominado disco puede girar sobre el eje, mientras que el primer componente base es fijo.

Para los elementos del sistema de frenos del lado izquierdo se utilizaron la opción simetría, la cual permite que la pieza cambie la posición, con esto se logró agilizar el procedimiento del diseño.

A continuación, se presenta los pasos para ejecutar la acción:

- Seleccionar “Operaciones”.
- Elegir “Simetría”.
- Seleccionar “Operaciones de simetría”.
- Elegir “Caras de simetría”.
- Elegir “Sólidos de simetría”
- Seleccionar los sólidos
- Elegir la casilla “Propagar propiedades”
- Aplicar simetría



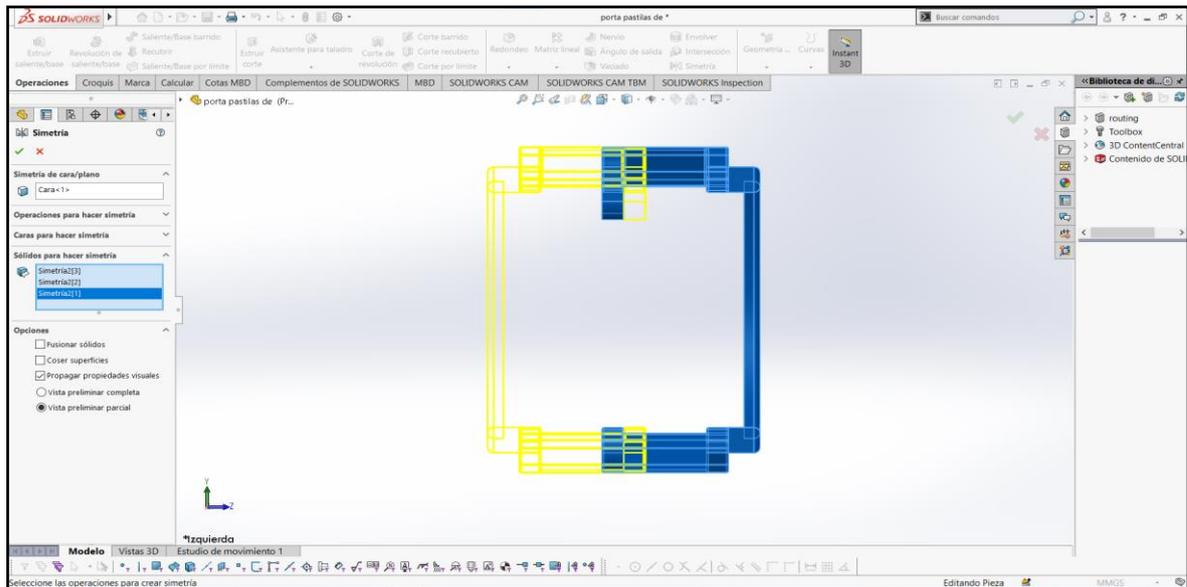


Figura 3.4 Simetría izquierda de la porta pastillas
(Captura del Software SolidWorks 2020)

La aplicación de simetría se puede observar en la Figura 3.4 donde se eligió la pieza porta pastillas del lado derecho como primer sólido de referencia, y en el lado izquierdo se encuentra el duplicado formado por líneas de color amarillo.

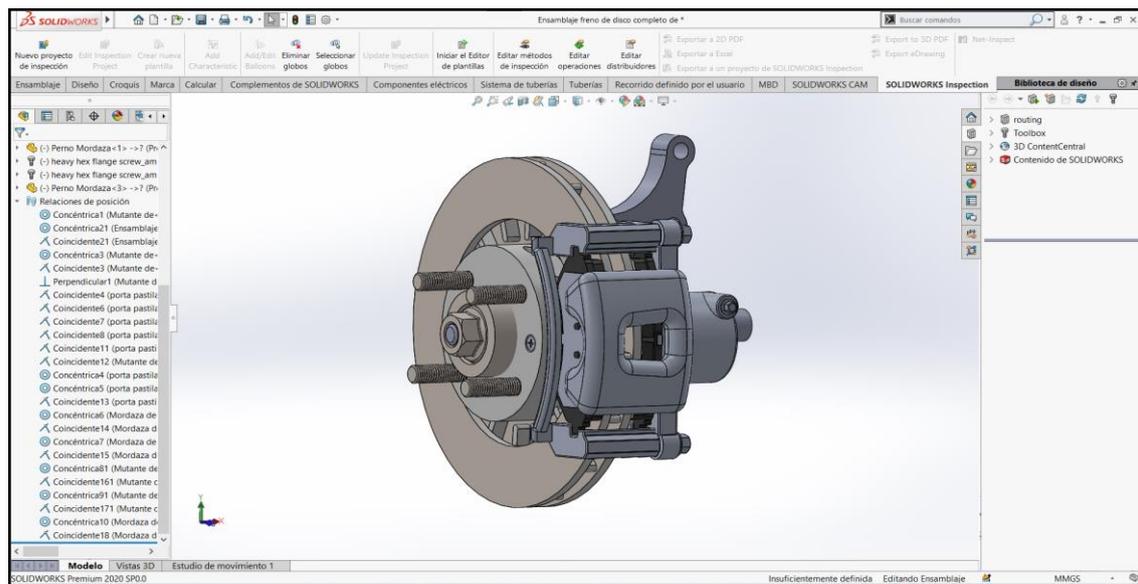


Figura 3.5 Diseño del sistema de frenos de disco
(Captura del Software SolidWorks 2020)

En la Figura 3.5 se muestra el ensamble final de todos los elementos que conforman el sistema de frenos tipo disco, y en la jerarquía izquierda se observa las relaciones de posición.

3.1.2. Diseño del sistema de frenos de tambor

Los procedimientos que se ejecutaron para obtener el diseño de este tipo de sistema fueron similares al sistema de frenos de disco, se empezó por la elección de la pieza base en el ensamble en este caso el plato porta piezas, después se procedió a elegir los distintos elementos de acuerdo con la posición que respecta al modelo de fabricación.

Mediante la Tabla 3.2 se observa el orden de ensamble y las relaciones de posición que se utilizaron para la ubicación de los elementos de este tipo de sistema.

Tabla 3.2 Ubicación de elementos de tambor

Orden	Nombre	Relación de posición
1	Plato porta piezas	Fijo
2	Bombín	Concéntrica
3	Zapata primaria	Concéntrica, coincidente
4	Zapata secundaria	Concéntrica, coincidente
5	Pasador de retención derecho	Concéntrica, coincidente
6	Pasador de retención izquierdo	Concéntrica, coincidente
7	Mecanismo de ajuste	Coincidente, perpendicular
8	Lamina de ajuste	Concéntrica, perpendicular
9	Pasador	Concéntrica, coincidente
10	Resorte superior	Concéntrica, perpendicular
11	Resorte inferior	Concéntrica, perpendicular
12	Resorte de lamina	Concéntrica, tangente
13	Tambor de freno	Concéntrica, coincidente
14	Tornillos del tambor	Concéntrica, coincidente

Además, en ciertas piezas como pasador y resortes se optaron por la restricción de bloqueo de movimientos para evitar que los elementos tengan grados de libertad y estos ocasionen errores en el proceso de exportación, por lo que SolidWorks solicita que el ensamble este completamente definido.

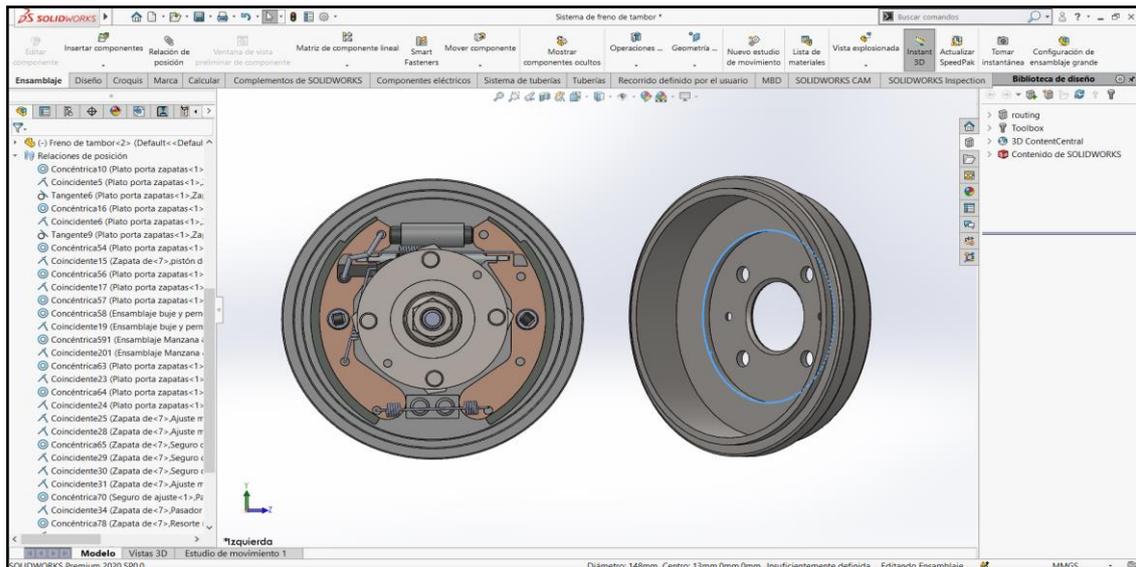


Figura 3.6 Diseño del sistema de frenos de tambor
(Captura del Software SolidWorks 2020)

Mediante la Figura 3.6 se puede observar en la parte central el posicionamiento de la pieza base denominada plato porta piezas y por delante los distintos elementos que conforman el sistema de tensión, ajuste y frenado, por motivos ilustrativos se ubicó el tambor de freno al lado derecho del ensamble.

3.1.3. Diseño del freno de estacionamiento

En este apartado se muestra como selección de pieza base una platina metálica la cual se utiliza como soporte de la palanca de accionamiento manual. Es uno de los sistemas más simples en lo que respecta al diseño y modelado. Sin embargo, se realizaron las distintas conexiones de cableado donde se enlazan las zapatas posteríos en el sistema de frenado por tambor, para el uso de esta herramienta se utilizó un racor de conexión en cada zapata, palanca de accionamiento y dos racores en la estructura base.

Dicho de esa manera se procedió a elegir la propiedad de creación de tuberías por SolidWorks que permite la interconexión entre cada extremo de tambor tras seguir una ruta especificada, el procedimiento que se realizaron se detalla a continuación:

- Seleccionar “Tuberías”.
- Elegir “Recorrido”.



- Seleccionar “Racores”.
- Elegir destino.
- Elegir “Recorrido”
- Aplicar recorrido

 (-) straight fitting<1>

 (-) straight fitting<2>

 Piezas de recorrido

 Recorrido

Para ubicar el freno de mano en el plano de ensamble se utilizaron cotas de diseño con referencia al tambor de freno, las medidas utilizadas son de 200 mm de alto, 1 550 mm de largo, y 740 mm de ancho, con esto el freno de estacionamiento se ubica correctamente en la posición del diseño del vehículo.

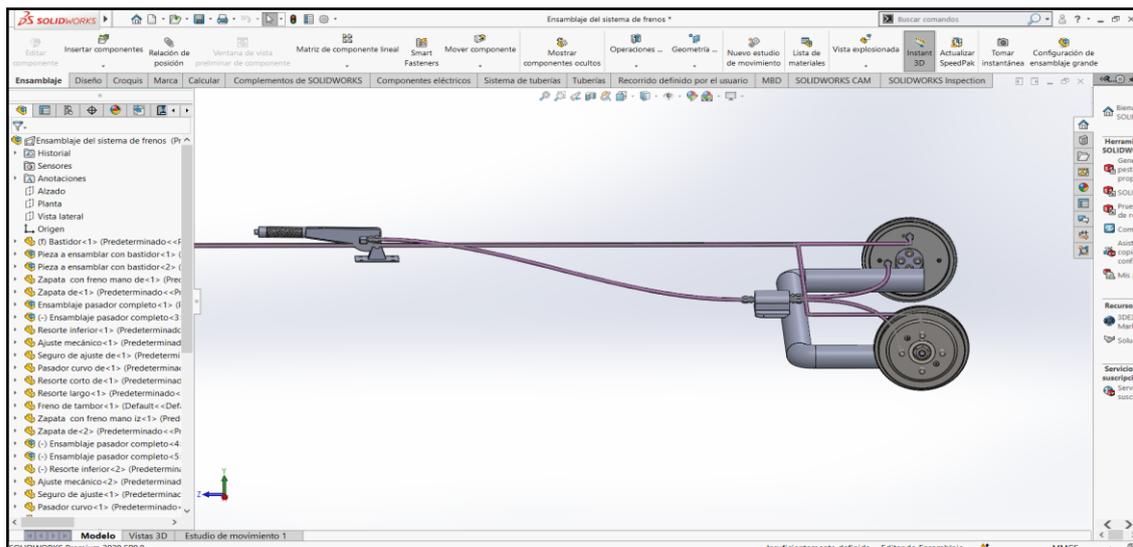


Figura 3.7 Diseño del freno de estacionamiento
(Captura del Software SolidWorks 2020)

En la Figura 3.7 se muestra el posicionamiento del freno de estacionamiento en conjunto con las conexiones y los sistemas de tambor acoplados, donde se aprecia que el accionamiento manual no reposa bajo ninguna estructura tras poseer la propiedad antes mencionada.

3.1.4. Diseño del servofreno

En el diseño de este sistema se enlazaron tres piezas para formar un solo conjunto, entre los que se encuentran el reservorio donde el cual contiene el material de plástico resistente transparente el cual da una visión más realista del elemento, pedal de freno y servofreno.

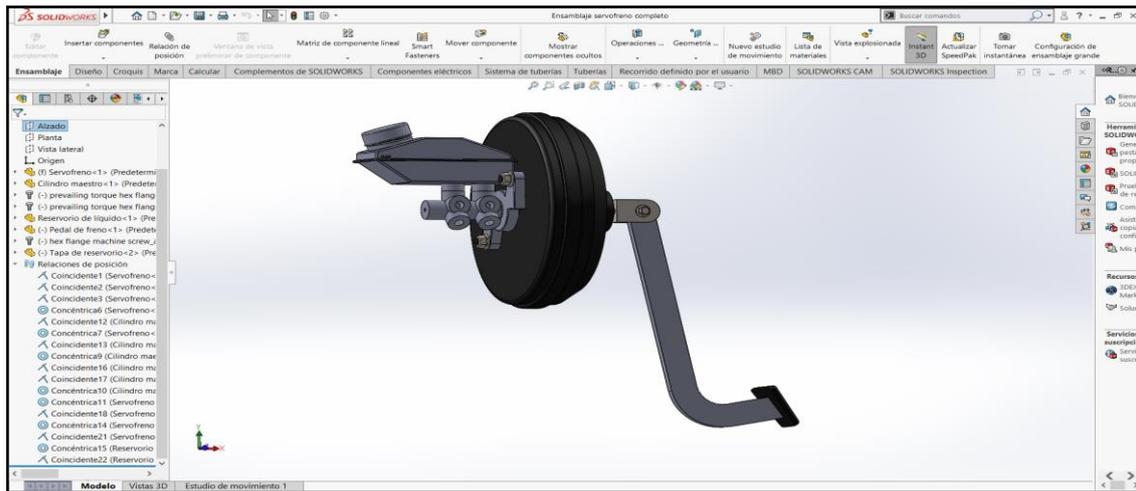


Figura 3.8 Diseño del servofreno
(Captura del Software SolidWorks 2020)

En este ensamble se utilizó al servofreno como pieza principal en la cual se acoplaron las restantes como se observa en la Figura 3.8 así también se demuestra en la jerarquía izquierda las opciones de relación de posición, cabe mencionar que el diseño del servofreno fue realizado superficialmente lo cual indica que no contiene piezas internas.

3.1.5. Obtención del archivo de elementos diseñados

Una vez realizado el ensamble de cada diferente sistema, se agrupó en un único archivo que contenga todos los elementos del sistema de frenos del vehículo seleccionado, este proceso se realizó tras la conexión de todas las tuberías con el cilindro principal realizando los siguientes pasos:

- Seleccionar “Archivo”.
- Elegir “Nuevo”.
- Seleccionar “Ensamble”.
- Elegir “Aceptar”.
- Elegir “Diseño”
- Insertar “Componentes”
- Seleccionar inicio de pieza base
- Insertar todos los elementos
- Insertar “Relaciones de posición”.

Archivo

Nuevo...

Ensamblaje

Aceptar

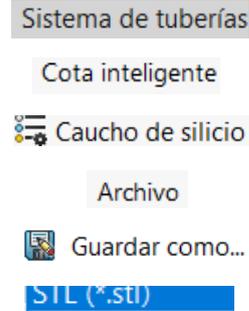
Crear diseño

Insertar componentes

(f) Bastidor<1>

Relaciones de posición

- Conectar cañerías.
- Definir medidas.
- Aplicar materiales.
- Seleccionar “Archivo”.
- Elegir “Guardar”
- Elegir tipo de archivo.



En el proceso aplicado las relaciones de posición, materiales y tuberías varían mediante las características que se apliquen a cada diferente componente. Sin embargo, la gama de colores que se aplican en este apartado será obsoleto al momento de exportar el archivo.

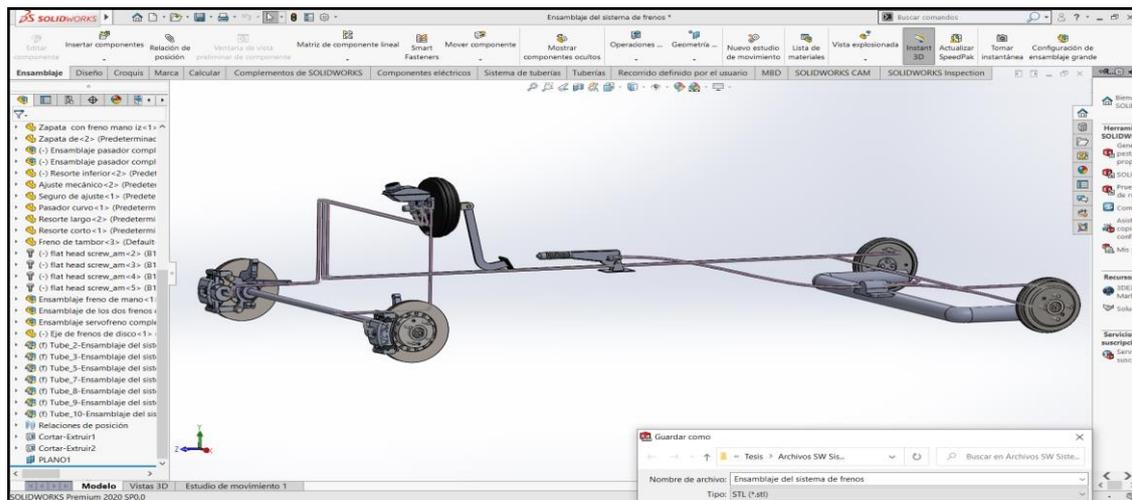


Figura 3.9 Sistema de frenos STL
(Captura del Software SolidWorks 2020)

Como se mencionó anteriormente este archivo es almacenado en un formato tipo STL (Standard Triangle Language) como se muestra en la Figura 3.9 mismo que tiene la característica de excluir texturas, materiales y colores.

Para la conversión del formato se ingresó en el panel principal de trabajo del software computacional Blender, y se importó el objeto 3D de SolidWorks. Inmediatamente se corrigió la escala de posicionamiento tanto para el eje X como en el eje Y, de esta manera se logró definir la ubicación correcta. Posterior a esto, se eligió el nuevo formato FilmBox FBX, el cual es compatible para insertar objetos en Unity3D.

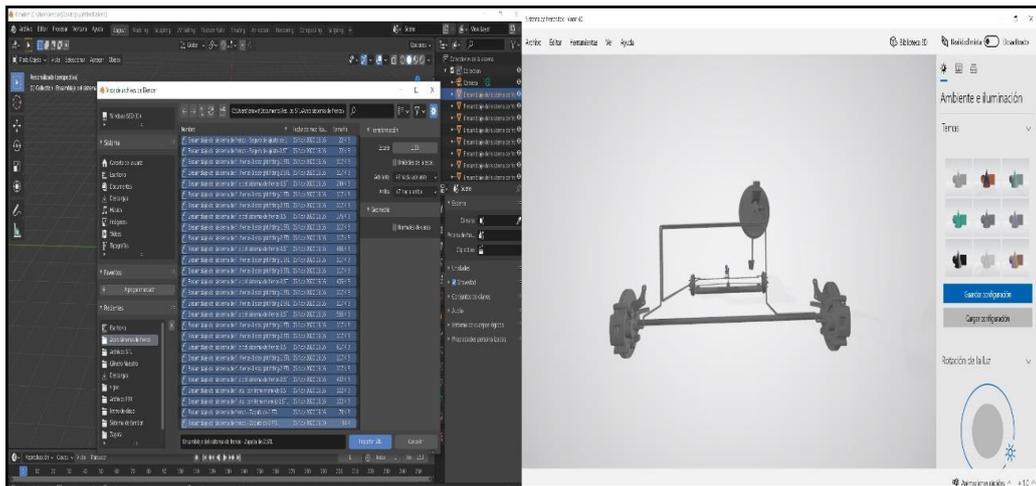


Figura 3.10 Sistema de frenos FBX
(Captura del Software Blender 2020)

Del lado izquierdo de la Figura 3.10 se aprecia la importación del archivo para el proceso de conversión, mientras que en el lado derecho se puede observar el diseño del sistema de frenos en un formato compatible.

3.2. REGISTRO DE USUARIO MTG

El registro de usuario de Vuforia permite adquirir la licencia de activación para realidad aumentada, por esto se ingresó un usuario y contraseña en la ventana de registro principal.

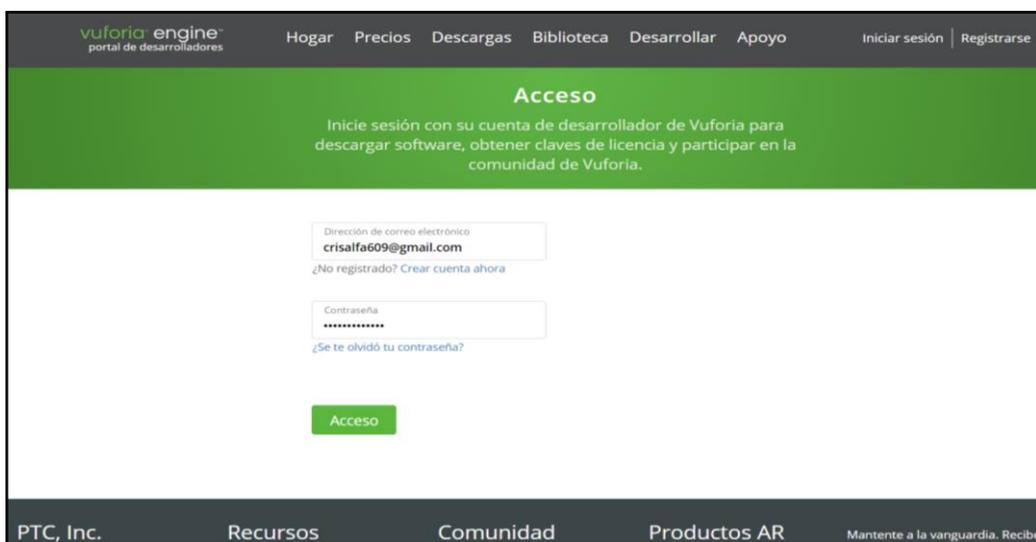


Figura 3.11 Registro en Vuforia
(Captura de la plataforma Vuforia)

La Figura 3.11 muestra el acceso de usuario y contraseña mediante una cuenta creada, una vez que se obtuvo el ingreso mediante la barra de herramientas de Vuforia se eligió el administrador de destino.

Vuforia denomina Target Manager a la opción que permite administrar las bases datos y el dispositivo de destino como: la nube, VuMark utilizados en máquinas o impresoras, y cualquier dispositivo con sistema operativo IOS o Android.

Para el uso de esta aplicación se utilizó la opción dispositivo Android en donde se nombró como “EscanerAveo” en la base de datos creada. Cabe mencionar que, la licencia utilizada es para uso estudiantil y no permite ser utilizada para generar lucros.

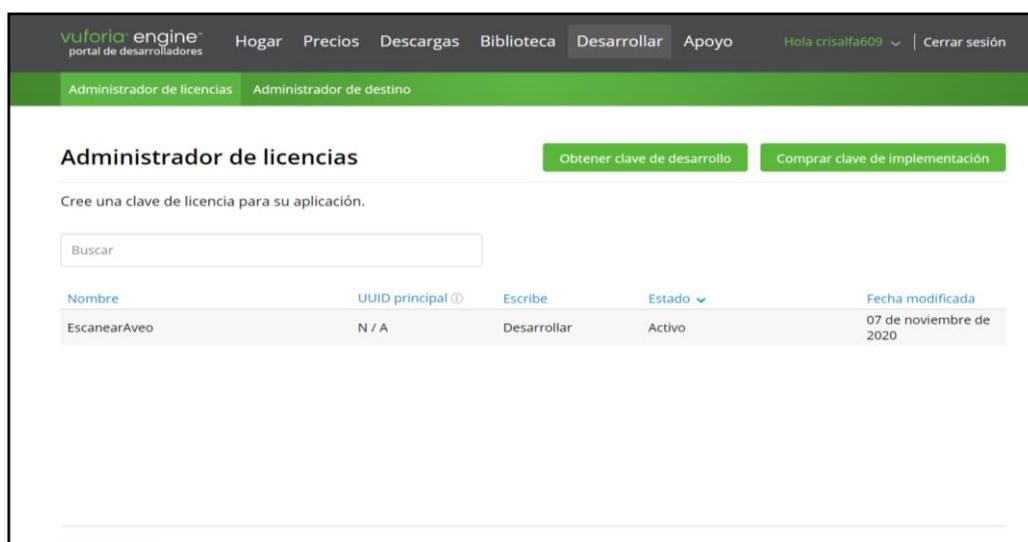


Figura 3.12 Target Manager
(Captura de la plataforma Vuforia)

Una vez realizada la creación de datos como muestra la Figura 3.12 se eligió la opción de administrador de licencias ubicada en la parte superior izquierda, y por debajo se observa el nombre asignado.

La creación de datos permite que Vuforia asigne una licencia única e intransferible para la activación de AR con permisos para el uso de cámaras y objetos de modelo diseñados, en este caso se utilizó como objeto el diseño del vehículo “Chevrolet Aveo Family” en tercera dimensión.

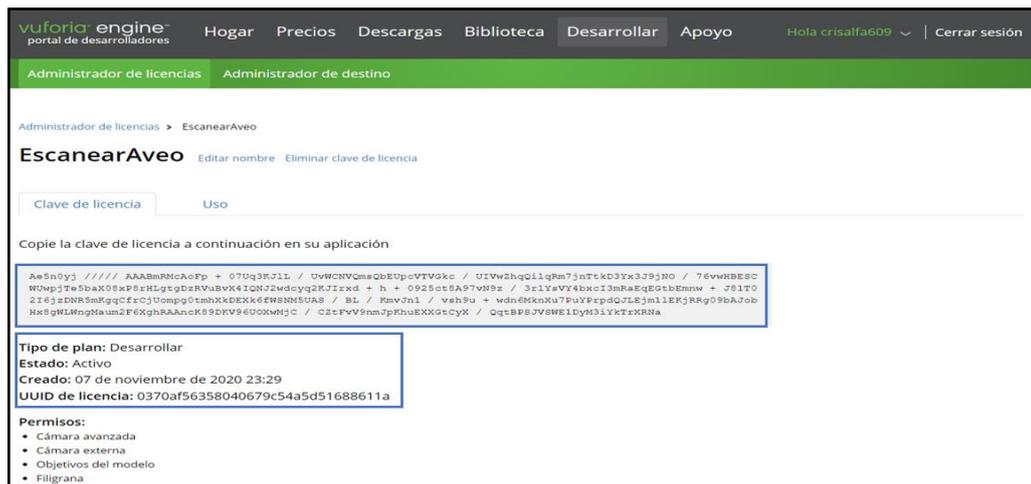


Figura 3.13 Licencia de activación
(Captura de la plataforma Vuforia)

La licencia otorgada por Vuforia se muestra en el rectángulo superior azul de la Figura 3.13 y por debajo de esta se puede apreciar el estado activo y la identificación asignada.

Para utilizar el Model Target Generator (MTG), se necesitó introducir el usuario y contraseña creados en la cuenta de Vuforia. Una vez obtenido el acceso, se eligió el modelo CAD necesario para la identificación del vehículo. Posteriormente, se exportó el archivo e inmediatamente se puede apreciar el objeto en la venta principal de modelo. Desde “UP vector” se corrigió la orientación del elemento, ubicando en el eje “Y” de coordenadas.

Desde “File Units” se eligió la escala en metros concordando con la distancia real que tiene el vehículo para ser escaneado. Una vez que se ha determinado la escala del objeto, se procedió a fijar la vista de guía. Es decir, el esquema en el cual se alinea nuestro vehículo, para esto fue necesario configurar los 360 grados de reconocimiento tanto para el eje “X” como el eje “Y”.

Adicional se tiene una propiedad en la configuración denominada “Motion Hint”, es la sugerencia de movimiento que permite mejorar el rendimiento de nuestra aplicación. Dentro de sus dos opciones se encuentra “Adaptive” y “Static”, para este proyecto se utilizó el modo “Static” pese a que Vuforia recomienda el modo “Adaptive” para vehículos y cualquier elemento en el que se tenga algún movimiento. Sin embargo, este modo utiliza el mayor de los recursos en el sistema y tiende a fallar por su constante reubicación.



Figura 3.14 Tarjeta de modelo
(Captura de MTG aplicación)

En la Figura 3.14 se aprecia el modelo 3D del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5” con las propiedades de configuración mencionadas para la obtención de la tarjeta activador en AR. Además, se distingue el ángulo en el cual se debe enfocar la cámara del teléfono inteligente para escanear el vehículo a escala real.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

La presente aplicación multimedia con realidad aumentada permite al usuario visualizar una serie de procedimientos en el desmontaje del sistema de frenos de un automóvil para el respectivo mantenimiento, mediante el uso de un smartphone o tableta inteligente con sistema operativo Android. El diseño y desarrollo de la aplicación fueron ejecutadas mediante el programa Unity 3D, mismo en el que se permitió la exportación del archivo como un tipo de formato (APK) Android Application Package, compatible con plataforma móvil antes mencionadas.

La instalación de la aplicación se realizó a través de una conexión mediante cable (USB) Universal Serial Bus, desde el ordenador al equipo móvil seleccionado. Cabe mencionar, que el dispositivo que se utilizó cumple con los requisitos mínimos para el funcionamiento. Sin embargo, existe la gama alta de smartphones compatibles en la que se puede obtener un mejor desempeño de la aplicación para lo que respecta en realidad aumentada.

A continuación, mediante el siguiente flujograma se representa las operaciones que contiene la aplicación

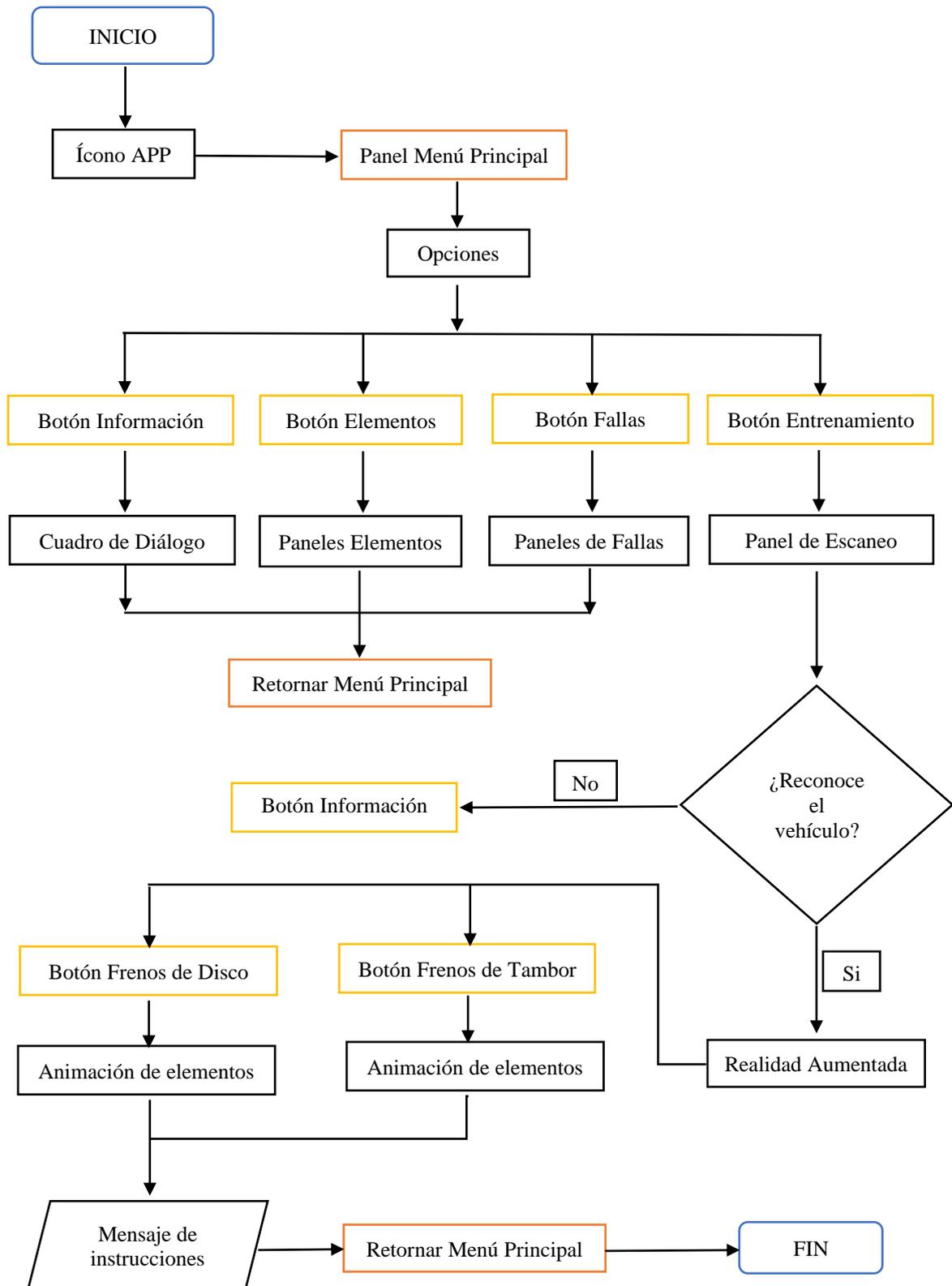


Figura 3.15 Flujograma de funcionamiento en la aplicación

Mediante el flujograma de la Figura 3.15 se logró ejecutar la serie de secuencias que contiene la aplicación, para dar a cabo la interacción de los elementos virtuales del sistema de frenos de un automóvil a través de un teléfono celular.

3.3.1. Diseño de la aplicación

Este ítem contiene la presentación de la aplicación diseñada en el programa computacional Unity3D,

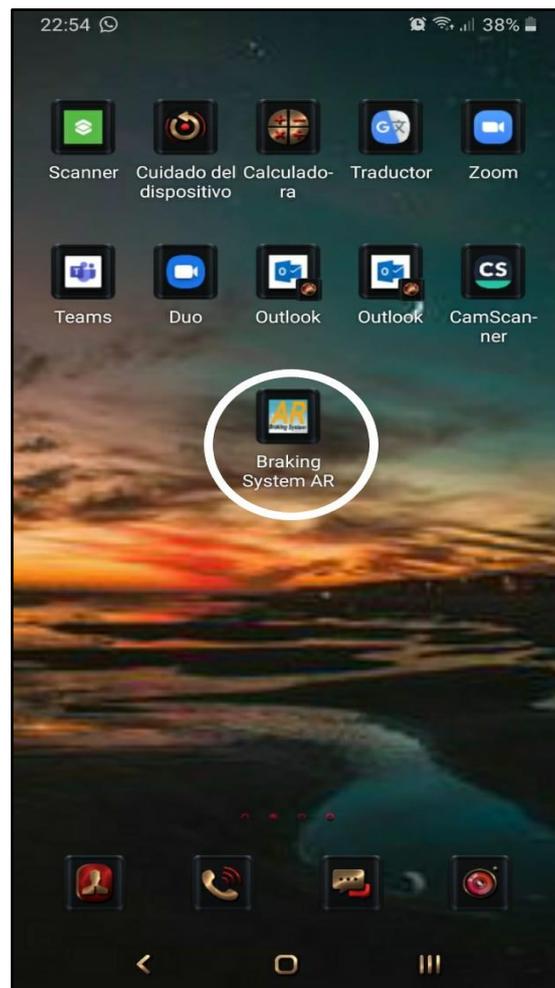


Figura 3.16 Ícono de la aplicación
(Captura del dispositivo móvil)

Una vez realizada la instalación como se mencionó anteriormente, se puede apreciar el ícono de la aplicación en la pantalla inicial del dispositivo móvil como lo muestra la Figura 3.16 así como el nombre Braking System AR que ha sido asignado y el logo.

Al iniciar la aplicación se acepta los permisos para el uso de la videocámara en el dispositivo, e inmediatamente se abre el panel de menú principal.



Figura 3.17 Menú principal
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.17 se aprecia el menú de la aplicación, el cual no contiene restricción alguna en cuanto se refiere a seguridad o cuentas de usuarios, esto con la finalidad de evitar demoras en el acceso al contenido multimedia.

El menú contiene seis botones de funcionamiento de fácil intuición en los cuales se detalla en la siguiente Tabla 3.3

Tabla 3.3 Botones de funcionamiento

BOTÓN	FUNCIÓN
Información App	Indica al usuario el tipo de vehículo en la cual se da la respectiva realidad aumentada, así como las diferentes funciones de la aplicación.
Elementos del sistema	Conduce a una serie de sub-paneles que contienen información teórica y virtual acerca de los componentes mecánicos del sistema de frenos
Iniciar entrenamiento	Inicia la realidad aumentada una vez que el smartphone detecte el tipo de vehículo adecuado, y se presenta las dos opciones de operación para el sistema de frenos de disco como tambor.
Fallas y soluciones	Muestra una cantidad de nueve ítems con acceso inmediato para la consulta de fallas más comunes y soluciones que presenta este sistema de frenos.
Ingeniería Automotriz	Es un acceso web de la carrera de “Ingeniería Automotriz” de la Universidad Técnica del Norte, para consultas de contenido referentes al campo de estudio que presta la entidad universitaria.
Salir	Permite cerrar la aplicación y retorna a la pantalla inicial del teléfono celular.

3.3.1.1. Configuración de escena

La escena aparece como un rectángulo en la pantalla del usuario, esta escena se dimensionó con el propósito de evitar distorsión en diferentes formatos de pantallas. Esto se refiere a las múltiples gamas de smartphones que se encuentran en el medio, las cuales poseen distintas dimensiones. Por tal motivo, fue necesario establecer un formato de pantalla en la que permita visualizar de forma correcta el funcionamiento de la aplicación, y pueda ser apreciada desde cualquier dispositivo móvil.

Para realizar la configuración de la escena se utilizó “Screen Space – Camera”, el cual utiliza la posición de la cámara de Unity para enfocar el Canvas y todos los elementos UI que se posicionen frente de este. Además, esta opción permitió la adaptación de los gráficos de pantalla, resolución, y distancia cuando estas cambien de forma inmediata, es decir, cuando el usuario gire el dispositivo 180 grados.

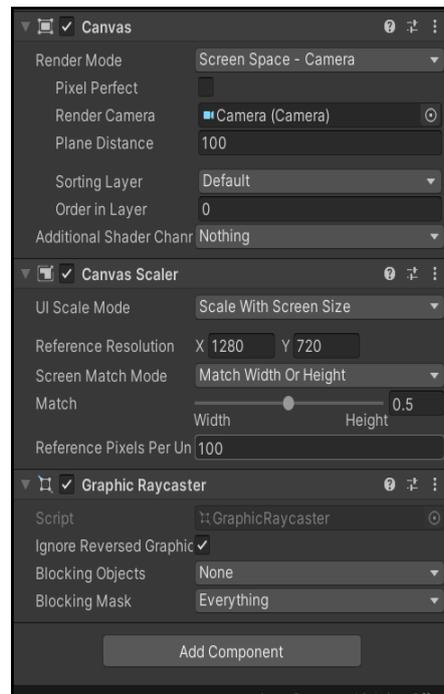


Figura 3.18 Configuración escena
(Captura del Software Unity 2019)

La resolución que se estableció en la aplicación fue de 1 280 en el eje “x” y 720 para el eje “y” en sentido horizontal, con un modo de posición en alto y ancho de 0,5 como se aprecia en la Figura 3.18.

3.4. PANELES DE INTERACCIÓN APP

Contienen toda la información a través de paneles desarrollados mediante una orden jerárquica designada en el diseño. Para el acceso al contenido se utilizó los botones opcionales en el menú principal, lo cual genera una nueva ruta de acceso denominado paneles dependientes, en los mismos que se duplicaron las capas de fondo de pantalla utilizado en el panel inicial.

En los siguientes enunciados se da a conocer la estructura conformada por cada uno de los paneles desarrollados por el programa de cómputo Unity3D, así como el funcionamiento de la aplicación.

3.4.1. Panel de información

Para la creación de este panel se escogieron las opciones (Game Object /UI/Panel) desde la barra de herramientas. En lo que respecta al contenido teórico se realizó mediante la herramienta (TextMeshPro) para el mejor renderizado en esquemas bidimensionales, y en cuanto a elementos de tres dimensiones se importaron los objetos desde la carpeta proyecto.

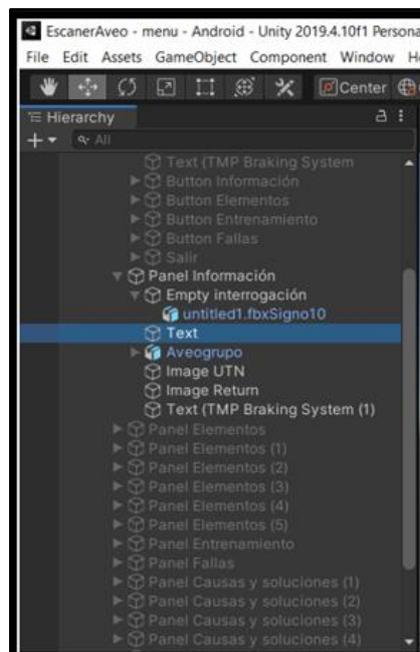


Figura 3.19 Panel Información
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 3.19 se muestra la jerarquía de opciones agregadas como: Empty interrogación y Aveogruppo que son los dos elementos 3D que contiene este panel, mientras que en la parte inferior se puede observar las distintas imágenes asignadas.

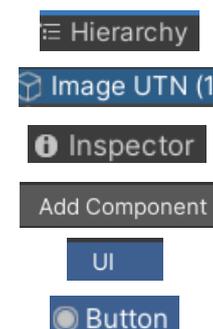


Figura 3.20 Configuración del panel información (Captura del Software Unity 2019)

Desde la ventana Inspector como se aprecia en la Figura 3.20 contiene el texto informativo dedicado para el usuario, así como las configuraciones insertadas en la escena donde se eligió Best Fit, para la obtener el mejor ajuste del texto dentro de la escala establecida.

Las imágenes son agregadas al extremo de cada escena, en el caso de la imagen que contiene una flecha que direcciona hacia la izquierda se añadió el componente botón para ejecutar la función retorno al panel anterior, esto se pudo realizar mediante los respectivos pasos:

- Seleccionar “Hierarchy” desde la barra de trabajo.
- Elegir la imagen “Image”.
- Abrir la ventana “Inspector”.
- Utilizar “Componente”
- Seleccionar “Interfaz de usuario”
- Elegir “Button”



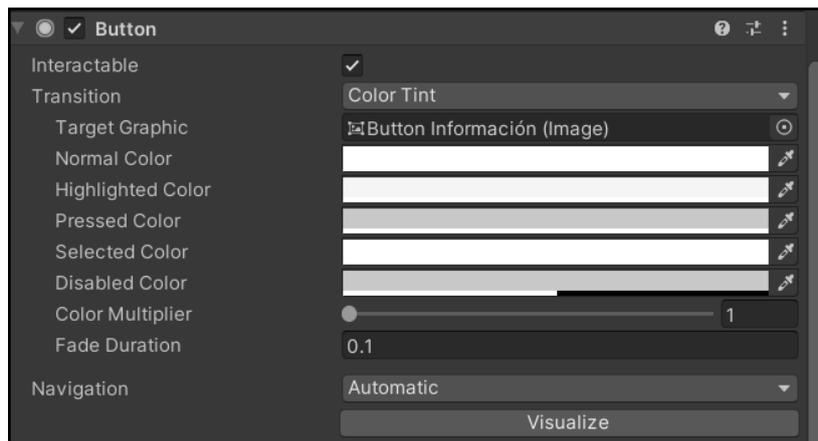


Figura 3.21 Configuración del botón información
(Captura del Software Unity 2019)

Una vez que se agregó el componente botón en la imagen, se despliega una ventana de trabajo donde se realizaron las configuraciones de los distintos colores que se ejecutan al utilizar el “Button” en el caso de desvanecimiento se utilizó un color gris claro para mostrar una mejor apariencia con un tiempo de duración de 0,1 como se muestra en la Figura 3.21.



Figura 3.22 Activación del botón información
(Captura del Software Unity 2019)

Para la activación del botón se marcó la casilla asignada que se muestra en la Figura 3.22 y se utilizó la opción “GameObject.SetActive” esto indica que se activa únicamente al momento de seleccionar.

Cabe mencionar que se desactivó la casilla correspondiente a “Camera” que corresponde a la cámara que enfoca los paneles de interacción en la plataforma de Unity3D, es decir, la cámara “Game”, esta configuración se realizó para permitir el uso exclusivo de la cámara principal en los dispositivos móviles al ejecutarse la realidad aumentada, esto con el fin de evitar errores en la aplicación.

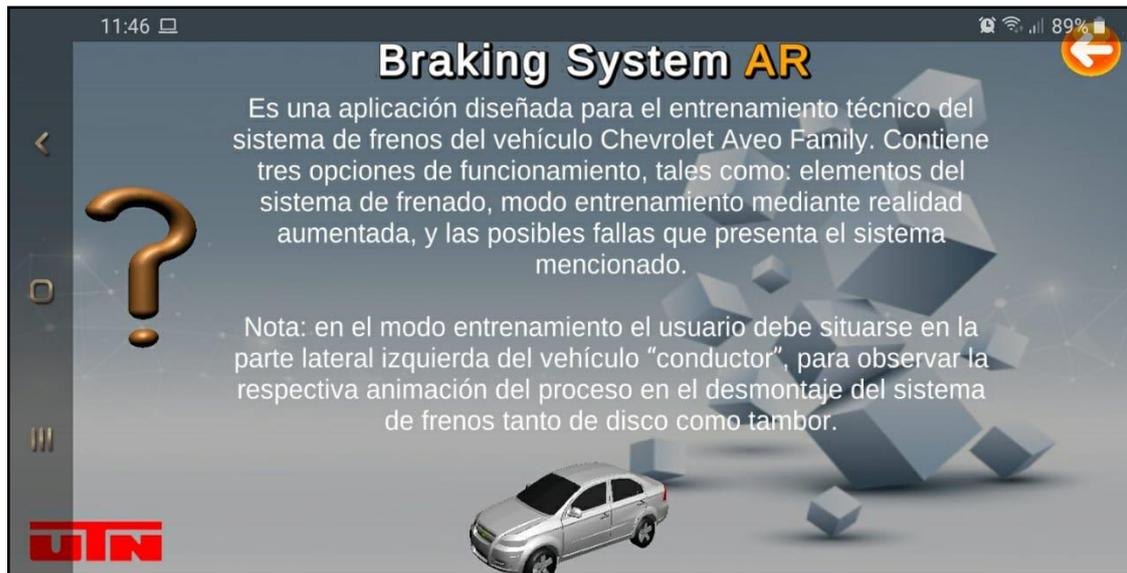


Figura 3.23 Panel información
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.23 se muestra el funcionamiento del panel información desde el dispositivo móvil, en la cual se explica brevemente el uso de la herramienta tecnológica, así como el modo entrenamiento en realidad aumentada.

3.4.2. Paneles elementos

Estos paneles están diseñados con las mismas propiedades del formato mencionado anteriormente, con la diferencia que albergan un total de seis sub-paneles de los cuales contienen múltiples objetos en tres dimensiones. En cada elemento se asignó el contenido bibliográfico que describe la función mecánica que realiza el componente en el vehículo. Además, se describen aspectos técnicos importantes al momento de realizar el respectivo mantenimiento e inspección del sistema de frenos. Finalmente, se asignó un movimiento

giratorio constante en cada objeto que permite captar la atención del operador y a su vez identificar rápidamente la posición de este.

Para realizar la animación se agregó un cubo en la escena y sobre el mismo se creó el movimiento giratorio, como parte de esta acción Unity3D crea automáticamente tres ventanas de configuraciones.

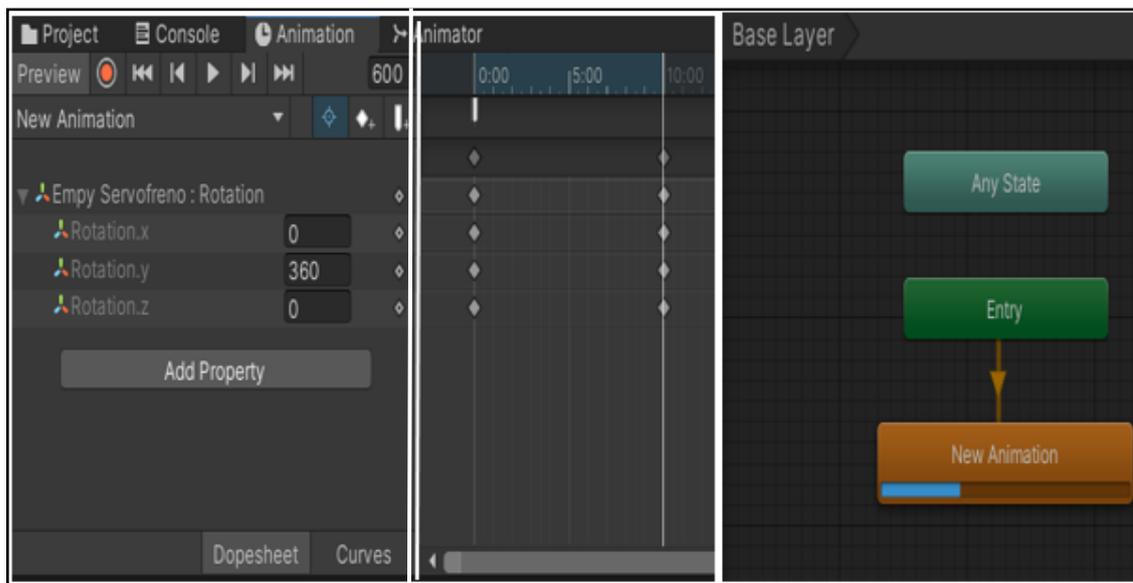


Figura 3.24 Ventanas de configuración
(Captura del Software Unity 2019)

Del lado izquierdo de la Figura 3.24 se encuentra la primera ventana de configuración denominada (Animation) en la cual se agregó el valor de 360° de rotación en el eje vertical, en la parte central se observa la línea de tiempo que tarda en girar completamente el objeto con un valor de 10 segundos, y del lado derecho se aprecia la secuencia en la animación.

Una vez realizada esta animación, se procedió a insertar todas las piezas del sistema de frenos en los seis paneles correspondientes, después se agregó el componente (Animator) el mismo que posee el cubo animado, y mediante esta forma se pudo obtener el movimiento giratorio de los elementos. Además, la animación contiene la propiedad de (Always Animate) para que el cubo gire constantemente. En lo que respecta al texto informativo, se utilizó el formato con el tipo de letra “Arial”, y se duplicaron las propiedades en las diferentes escenas, con la particularidad de cada redacción es diferente.

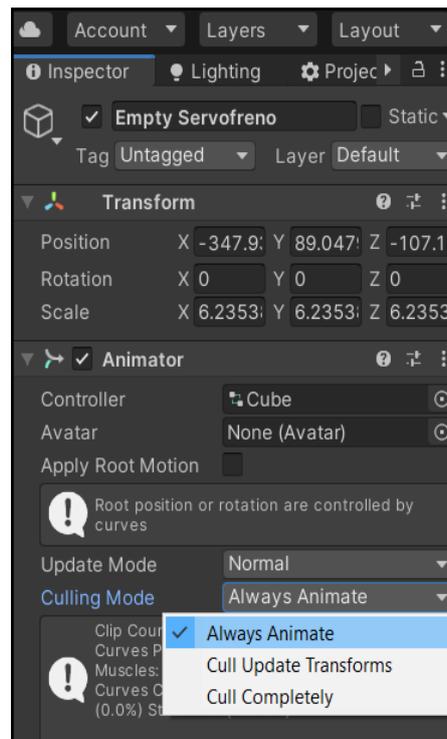


Figura 3.25 Componente de animación
(Captura del Software Unity 2019)

La Figura 3.25 muestra la selección del objeto Servofreno a través de la ventana (Inspector), y por debajo de esto se encuentran las diferentes escalas con la diferencia que se asignó un valor de cero en la rotación para prevenir conflictos al agregar la animación.



Figura 3.26 Paneles elementos 1 y 2
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.26 se observa el funcionamiento y el contenido teórico de dos paneles creados una vez seleccionado el botón elementos, así también se aprecia la rotación de los objetos.

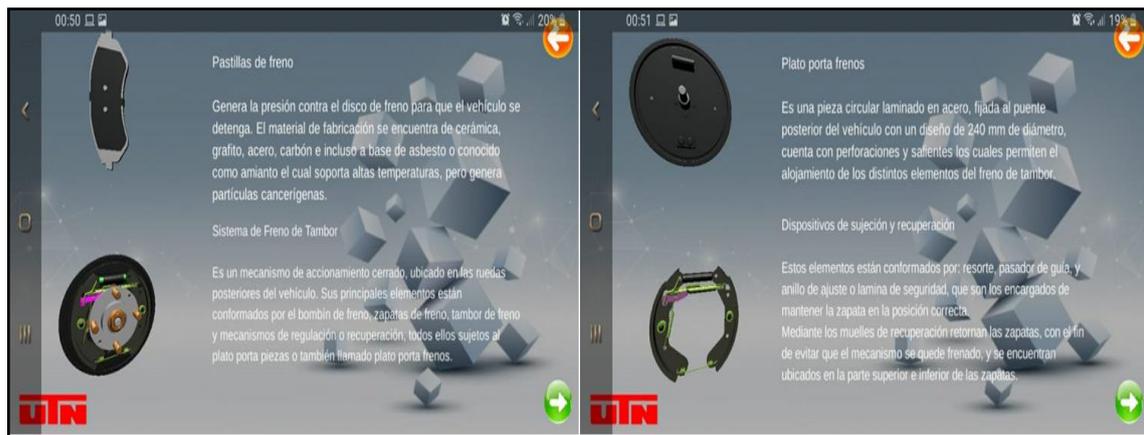


Figura 3.27 Paneles elementos 3 y 4
(Captura de la aplicación móvil)

En los siguientes paneles que se indica en la la Figura 3.27 se observa la pastilla de freno y el sistema de tambor del lado izquierdo, mientras que del lado derecho los elementos de sujeción y ajuste con la respectiva información teórica.



Figura 3.28 Paneles elementos 5 y 6
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.28 se observan los elementos restantes en los paneles, así como los botones asignados en la parte superior e inferior izquierda de cada ventana, para el retorno avance y el acceso inmediato al menú principal

Estos paneles contienen información del funcionamiento y especificación técnica para el procedimiento de verificación de piezas, lo cual forma parte del entrenamiento técnico para que el usuario puede hacer uso de estos recursos, y pueda corroborar la documentación presentada con los elementos que se encuentra inspeccionando.

3.4.3. Panel fallas y soluciones

Corresponde al contenido informativo de las fallas más comunes que presenta el sistema de frenado. Para esto se insertaron un total de nueve botones con sus respectivos nombres que dirigen al contenido mediante la ruta asignada como se observa en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Ruta de botones fallas

Botón	Nombre	Ruta
1	Pedal de freno alto	480
2	Vibración al frenar	481
3	Sonido al frenar	482
4	Pedal de freno bajo	- 245
5	Vibración en el pedal	- 246
6	Poco frenado	- 247
7	No frena en carretera	58
8	Freno de mano no acciona	59
9	Tira el vehículo hacia un lado	60

Los paneles son creados una vez que se asignaron las diferentes rutas, cada panel mantiene el fondo base denominado “Fondo cubos”- mismo que ha sido escogido en las diferentes escenas de la aplicación móvil. Sin embargo, en este caso en particular el posicionamiento de los botones de acceso difiere con los anteriores. Además, cada panel presentado en este enunciado presenta la particularidad de una imagen bidimensional creada para la atención del usuario.

Dentro de las ventanas de trabajo en Unity3D, se encuentra la opción jerarquía donde se encuentran el interfaz de usuario, mismo que ha sido creado desde el panel principal, esto permitió almacenar múltiples paneles de fallas y soluciones, donde se escogió solamente la ruta 483 visible para el dispositivo y las ventanas restantes se utilizó el modo oculto, es decir, únicamente se activan cuando el usuario lo requiera al momento de seleccionar cualquiera de las opciones presentadas, este modo es representado por un color plomo oscuro en el árbol de jerarquía.

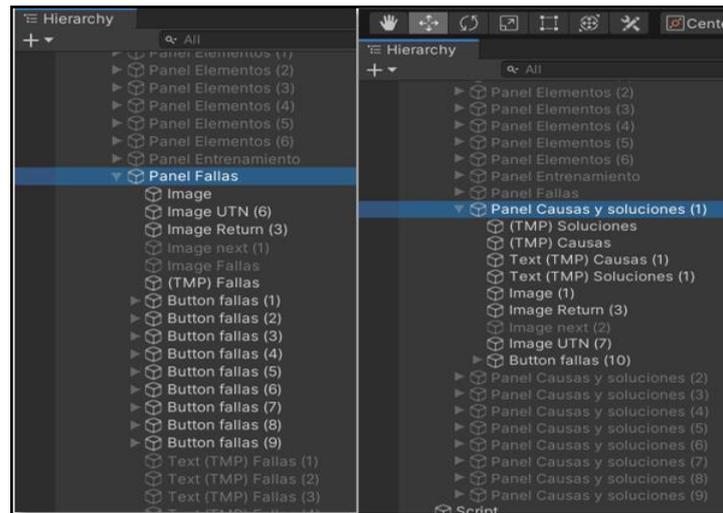


Figura 3.29 Ubicación de los botones
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 3.29 la ventana de jerarquía lado izquierdo se aprecia el panel fallas creado con los respectivos botones, y en el lado derecho de la imagen se observa el nombre resaltado la ruta que se aplica al momento de seleccionar el botón, el usuario puede tener acceso a esta información mediante la opción “Fallas y soluciones” que ha sido ubicada en el menú principal.



Figura 3.30 Panel fallas y soluciones
(Captura de la aplicación móvil)

Mediante la Figura 3.30, se puede observar en la parte superior el funcionamiento de los nueve accesos directos que contiene la aplicación, y después de seleccionar el primer ícono denominado “Pedal de freno alto” se visualiza en la parte inferior el acceso al contenido.

Dentro de los botones de la sección fallas se asignó información acorde con el conocimiento para el mantenimiento vehicular, esta investigación se presenta mediante la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Descripción de la función botones fallas

Botón	Causas	Soluciones
1	Retenedores de bombines soplados Bombines o pistones atascados Mecanismos de sujeción trabado Conductos obstruidos Servofreno defectuoso Cilindro principal obstruido Mal ajuste de pedal	Reemplazar Desmotar elementos, limpiar y reemplazar Revisar y reemplazar en caso de ser necesario Revisar el circuito Revisar y reemplazar Desmontar y tapar conductos de cañerías dañadas Revisar distancia de ajuste de pedal en 10 mm
2	Pastillas contaminadas de grasa Mecanismos de sujeción suelto Mal estado de ruedas Rótulas en mal estado	Limpieza de frenos Ajuste de mecanismos Verificar, balancear o reemplazar Revisar y reemplazar
3	Láminas de pastillas dañadas Láminas de pastillas flojas Pernos de mordaza flojos Cauchos de mordaza dañados Pastillas de frenos desgastadas Elementos sueltos	Reemplazar Utilizar silicón de frenos Reajuste de pernos y engrasar Reemplazar Revisar y reemplazar Revisar y ajustar
4	Fugas en el sistema Aire en el circuito Líquido inapropiado Pastillas o zapatas desgastadas	Revisar y reemplazar elementos Purgar el circuito Limpiar el circuito con nuevo líquido apropiado Reemplazar
5	Aire en el circuito Pérdida de propiedades del líquido Mecanismos de sujeción desgastado Bombines o pistones atascados Disco o tambor deformados	Purgar el circuito Reemplazar líquido de frenos Reemplazar resortes Desmotar elementos, limpiar y reemplazar Revisar y reemplazar componentes
6	Pastillas o zapatas desgastadas Poco líquido de freno Aire en el circuito Tambor de freno desgastado Servofreno defectuoso Bombines o pistones atascados Sistema contaminado de grasa Pedal de freno flojo Fugas en el cilindro	Reemplazar Llenar el contenido al nivel indicado Purgar el circuito Reemplazar tambor de freno Revisar empaques y reemplazar Desmotar elementos, limpiar y reemplazar Limpieza de frenos Revisar y ajustar Revisar empaques y reemplazar
7	Pastillas inadecuadas Elementos cristalizados Componentes mojados	Reemplazar por mejor calidad Limpieza de frenos y cambio de elementos. No hacer un excesivo uso del freno

Tabla 3.5 Descripción de la función botones fallas (Continuación...)

8	Mecanismos sueltos o dañados Cables rotos Soporte en zapatas dañadas Zapatas desgastadas	Revisar la palanca de freno de mano y ajustar Revisar y reemplazar Revisar y reemplazar Reemplazar
9	Bombines o pistones atascados Conductos obstruidos de un lado Rueda atascada Mecanismos de sujeción trabado Amortiguadores defectuosos Alineación de holguras erróneas Pastillas de un lado atascadas Pastillas de un lado contaminadas de grasa Rótulas en mal estado	Desmotar elementos, limpiar y reemplazar cauchos Revisar el circuito Revisar rodamientos Revisar y reemplazar en caso de ser necesario Cambiar amortiguadores Alinear Revisar y cambiar Limpieza de frenos Revisar y reemplazar

La selección del contenido fue escogida tras las constantes quejas que presentaron los clientes al momento de ingresar el vehículo en el taller automotriz “Guacho”, establecimiento que prestó las instalaciones para la toma de datos en la fecha 16 de mayo del 2020 al 15 de enero del 2021.

3.4.4. Panel entrenamiento

Dentro del panel entrenamiento se encuentra configurado las herramientas claves para el proceso de Realidad Aumentada (AR). El principal elemento para este prototipo es el modelo de objeto del vehículo, para lo cual se utilizó un Model Target Generator (MTG) como activador de elementos del sistema de frenado.

Mediante la activación del software MTG, se permite el acceso visual de los elementos y da paso a una secuencia lógica en la animación lo cual es controlado por medio de botones. Además, se utilizó una serie de programaciones en cuadros de diálogo que permiten informar al operador la función que debe realizar mientras los elementos se mueven.

El modelo activador es configurado en una nueva escena denominada “AR Automóvil”, es decir, la plataforma contiene dos escenas distintas, la primera escena “Menú” contiene los elementos multimedia y textos de información, mientras tanto que, la segunda escena posee los elementos para realidad aumentada.

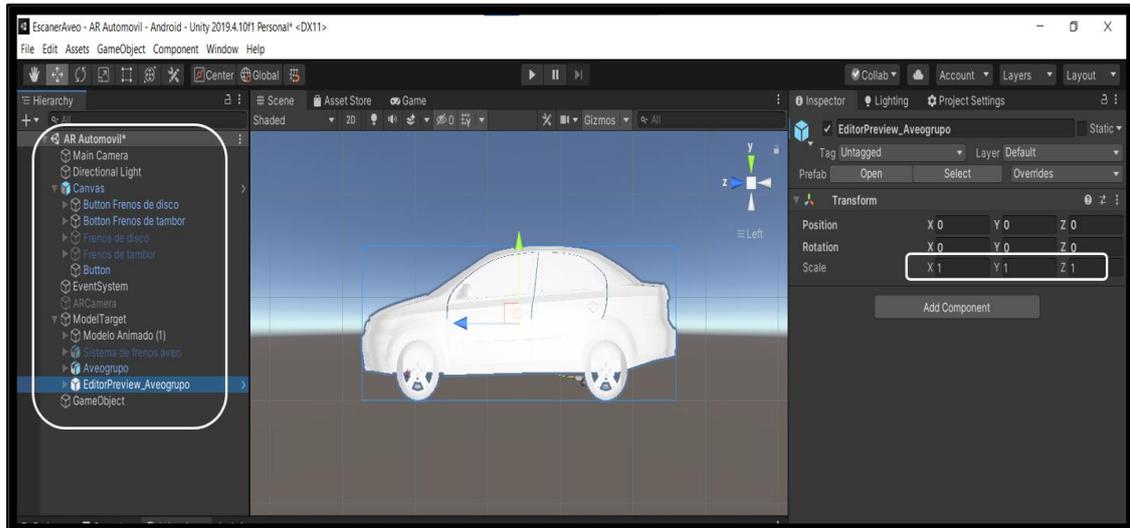


Figura 3.31 Modelo activador de escena
(Captura del Software Unity 2019)

Para realizar la configuración de la nueva escena, se añadió el interfaz de usuario Canvas que contiene el MTG del vehículo junto con el sistema de frenos 3D que se encuentra en el interior, así como los botones de interacción ubicados en el árbol de jerarquía, en lo que respecta al vehículo se utilizó la escala real 1:1 representado en la Figura 3.31.

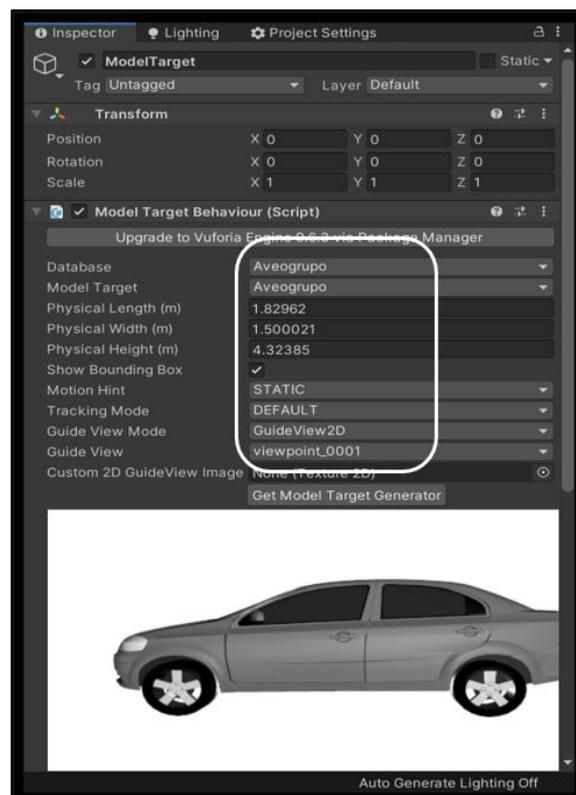


Figura 3.32 Propiedades del MTG
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 3.32 se puede observar las propiedades asignadas al vehículo virtual, tales como: base de datos registrada “Aveogrupa”, en pista de movimiento se utilizó STATIC para priorizar recursos en el sistema operativo móvil, y en el modo de seguimiento se aplicó por DEFAULT para agilizar el tiempo de escaneo.

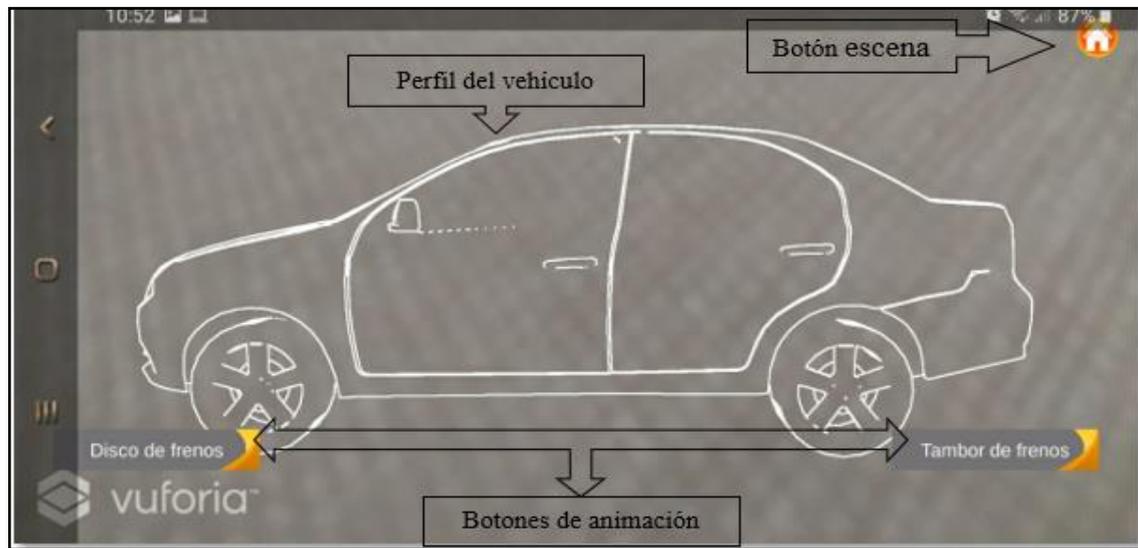


Figura 3.33 Panel entrenamiento
(Captura de la aplicación móvil)

Una vez finalizado las configuraciones correspondientes, se puede apreciar en la Figura 3.33 la creación de la nueva escena “Entrenamiento” desde la pantalla del dispositivo móvil, y en la parte central se observa el perfil del vehículo confirmando que la tarjeta activadora de Vuforia se ha ejecutado con éxito.

3.4.4.1. Animación del sistema de frenos

En este apartado se detalla las configuraciones de los elementos que conforma el sistema de frenos para que se reproduzca las animaciones al momento de seleccionar el sistema tipo disco o tambor en el modo entrenamiento.

Primero, se ocultó el vehículo virtual denominado “Aveogrupa” desde la ventana (Inspector) en Unity3D, esto permite ubicar el diseño del sistema de frenos por delante de este y así realizar las configuraciones respectivas, donde se añadió diferentes materiales a cada

elemento. Después, se definió la secuencia para el desmontaje del sistema de frenos tipo disco con un total de siete elementos, para el sistema de frenos tipo tambor se escogieron 11 piezas. Finalmente, se realizaron las animaciones de cada elemento por separado desde la ventana de proyecto (Animation) donde se reguló los intervalos de tiempo y movimiento. Además, se insertaron programaciones en los botones para que se ejecute cada movimiento.



Figura 3.34 Sistema de frenos 3D
(Captura del Software Unity 2019)

Una vez que se ha ocultado el vehículo, se puede observar en la Figura 3.34 el diseño del sistema de frenos importado desde SolidWorks a través de la modificación de formato por Blender, en el diseño se utilizaron texturas y colores para resaltar los elementos mecánicos del funcionamiento de frenos, y en la parte inferior de la imagen se observa la carpeta de objetos tridimensionales para el proyecto.

Los materiales establecidos se representan mediante colores hexadecimales y el tiempo de animación se establecen mediante la Tabla 3.6 datos que se insertaron en la venta de “Animation” en Unity3D.

Tabla 3.6 Animación y textura de elementos

Nombre	Hexadecimal	Posición	Animación en segundos
Perno mordaza 1	131313	219	4
Perno mordaza 2	131313	-128	4

Tabla 3.6 Animación y textura de elementos (Continuación...)

Mordaza	FF0012	-207	5
Pastillas de freno 1	FFFFFF	238	6
Pastilla de freno 2	FFFFFF	225	6
Perno porta pastilla 1	131313	219	4
Perno porta pastilla 2	131313	-123	4
Porta pastilla	FF0012	224	6
Tornillo de disco 1	131313	-125	7
Tornillo de disco 2	131313	-152	7
Disco de freno	CDCDCD	240	3
Tornillo tambor 1	FFA07A	590	5
Tornillo tambor 2	FFA07A	545	5
Tambor de freno	FFA07A	219	5
Resorte inferior	B8FF41	220	5
Muelles de ajuste	FFA07A	418	8
Pasador	B8FF41	218	6
Lamina de ajuste	B8FF41	-192	11
Resorte superior	FFA07A	357	7
Pasadores de retención	FFA07A	520	6
Muelles de retención	B8FF41	221	6
Zapatillas de freno	4B4A3B	217	3
Mecanismo de ajuste	FFA07A	382	3

Al finalizar el cambio de texturas en cada pieza, se procede hacer visible el vehículo para que pueda ser observado al momento de activar la tarjeta MTG, no obstante, se aplicó la característica de omitir la imagen cuando el vehículo real ha sido detectado, con la finalidad que permita el acceso únicamente al sistema de frenos.

En el modo entrenamiento el usuario enfoca con su cámara celular la parte lateral izquierda del vehículo real, por tal motivo únicamente se utilizaron las piezas visibles para la animación.

Donde se pudo elegir el orden de elementos para asignar las secuencias en las animaciones del sistema de freno tipo disco, esto se realizó mediante numeraciones y modificaciones escalares como lo muestra la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Secuencia de animación frenos de disco

Animación	Nombre	Transformación en los ejes (x,y,z)
1	Pernos mordaza	Posición, rotación, escala
2	Mordaza	Posición
3	Pastillas de frenos	Posición
4	Pernos porta pastillas	Posición, rotación, escala
5	Porta pastillas	Posición
6	Tornillos de disco	Posición, rotación
7	Disco de freno	Posición

Así también se muestra los movimientos que se realizaron en el sistema de frenos de tambor mediante la Tabla 3.8 el cual posee un mayor número de animaciones al contener más elementos en su diseño.

Tabla 3.8 Secuencia de animación frenos de tambor

Animación	Nombre	Transformación en los ejes (x,y,z)
8	Tornillos del tambor	Posición, rotación, escala
9	Tambor de freno	Posición
10	Resorte inferior	Posición, rotación, escala
11	Muelles de ajuste	Posición, rotación, escala
12	Pasador	Posición, rotación, escala
13	Lamina de ajuste	Posición, rotación, escala
14	Resorte superior	Posición, rotación, escala
15	Pasadores de retención	Posición, escala
16	Muelles de retención	Posición, escala
17	Zapatas de freno	Posición, escala
18	Mecanismo de ajuste	Posición, escala

Paso siguiente fue seleccionar las piezas nombradas en las distintas secuencias y agregar los tipos de materiales adecuados para resaltar la animación en la pantalla del dispositivo.

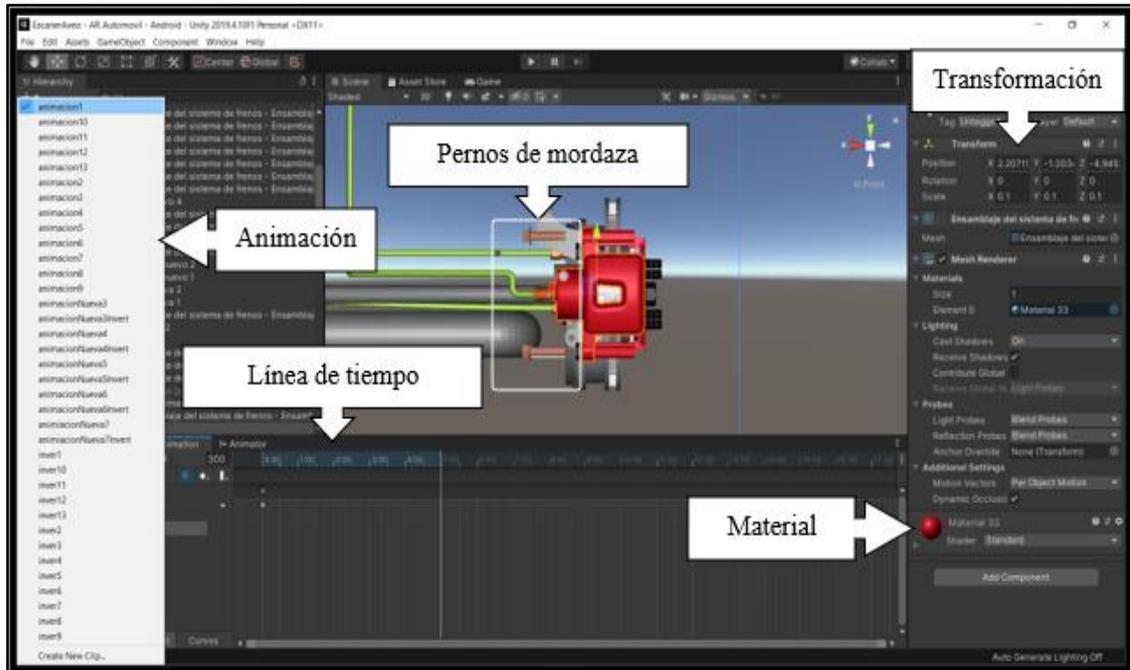


Figura 3.35 Animación del sistema de frenos
(Captura del Software Unity 2019)

La Figura 3.35 representa la secuencia de animación número 1 en los pernos de mordaza del sistema de disco, en un intervalo de tiempo de 5 segundos con la transformación escalar en la posición x; 2 307 y; -1 203 z; -4 945 que se observa en la ventana derecha (Inspector), y en la parte inferior se encuentra el tipo de material 33 para el reconocimiento de objeto.

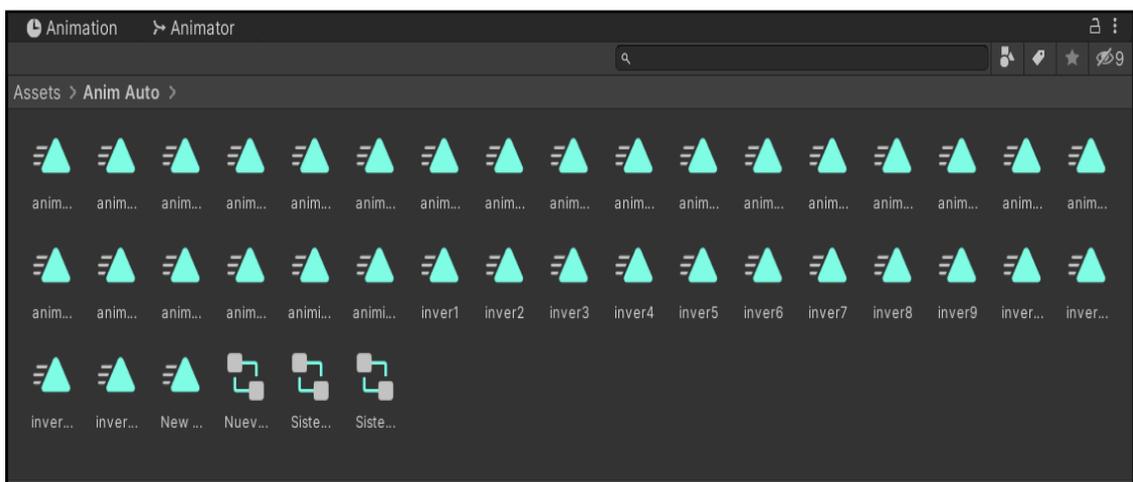


Figura 3.36 Carpeta de animaciones
(Captura del Software Unity 2019)

La transformación escalar de cada pieza es calculada automáticamente por Unity3D, estos movimientos se almacenan en la carpeta Animation, la cual permitió el acceso para la configuración de cualquier valor de tiempo y posición, se realizaron un total de 37 animaciones donde se encuentran incluidas las de retorno como se muestra en la Figura 3.36.

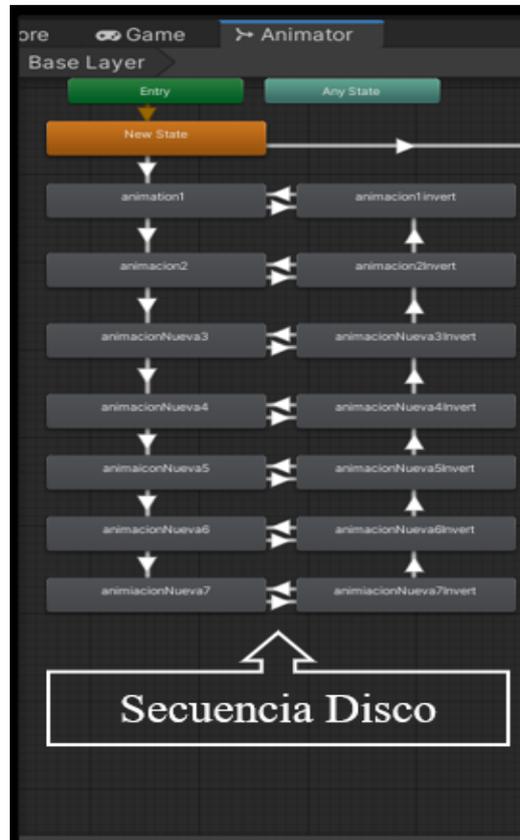


Figura 3.37 Dirección de animaciones sistema disco
(Captura del Software Unity 2019)

En la Figura 3.37 muestra la ventana de configuración Animator, esta ventana permite dirigir la secuencia de animaciones grabadas, los rectángulos del lado izquierdo pertenecen a las animaciones ascendentes donde se encuentran el nombre de cada elemento asignado, y en el lado derecho se observa las animaciones descendentes del sistema de disco.

En el caso de retornar la animación la secuencia se invierte y regresa a la posición inicial, y viceversa esto se realizó para que el usuario tenga un control total en las secuencias, esto se debe a la configuración que se otorgaron con el doble sentido de las flechas que se interconectan entre ambos.

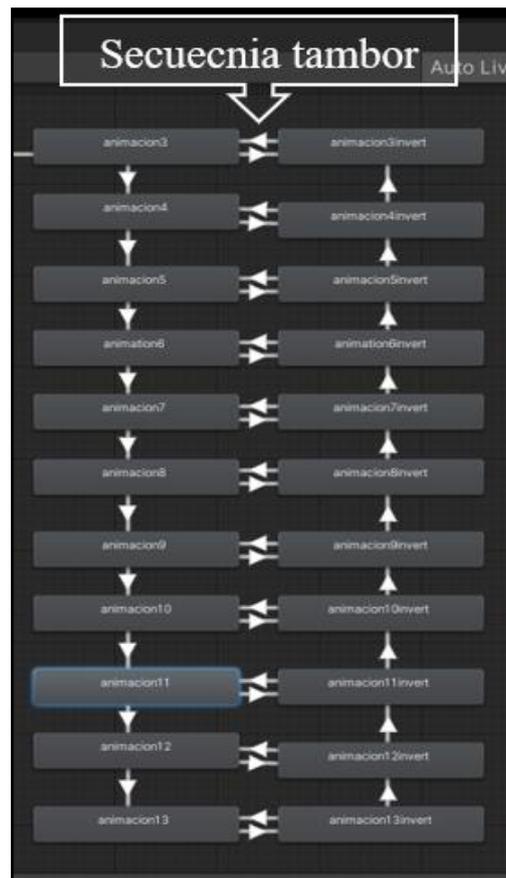


Figura 3.38 Dirección de animaciones sistema tambor
(Captura del Software Unity 2019)

En la siguiente Figura 3.38 se evidencia las animaciones realizadas en el sistema de frenos tipo tambor el cual posee una mayor cantidad de elementos, y la secuencia es similar al sistema de disco con la particularidad que se le asignó un orden lógico que conecta con el estado de inicio, punto donde el usuario puede elegir cualquiera de las dos animaciones grupales disco o tambor.

3.4.4.2. Programación en botones animación

Al contar con varias direcciones en las diferentes animaciones, se recurrió a la programación de botones de cada una de estas mediante contadores de reproducción, esto quiere decir, que se realiza “AddScore” para el avance de movimientos, y un “DeletScore” para retroceder, todo esto se llevó a cabo mediante el lenguaje programación a través de Visual Studio.

```

53     }
54     public void AddScore(){
55     }
56     if (scoreAmount < limit){
57         scoreAmount += 1;
58         anim.SetInteger(text, scoreAmount);
59     }
60     }
61     }
62     }
63     public void DeletScore(){
64     }
65     if (scoreAmount >= 1){
66         scoreAmount -= 1;
67         anim.SetInteger (text, scoreAmount);
68     }
69     }
70     }
71     }
72     public void resete()
73     {
74         scoreAmount = 0;
75         anim.SetInteger(text, scoreAmount);
76         anim.Play("New State");
77     }
78     textCount.text = " ";
79     msg = "";
80     }
81     }

```

Figura 3.39 Contador lógico
(Visual Studio 2019)

En la Figura 3.39 se muestra el contador lógico asignado para el sistema de frenos tipo disco, con un valor de +1 para la siguiente animación y un valor de -1 para invertir dicha animación, de esta manera se ejecuta el reproductor de movimientos en las diferentes piezas de forma controlada.

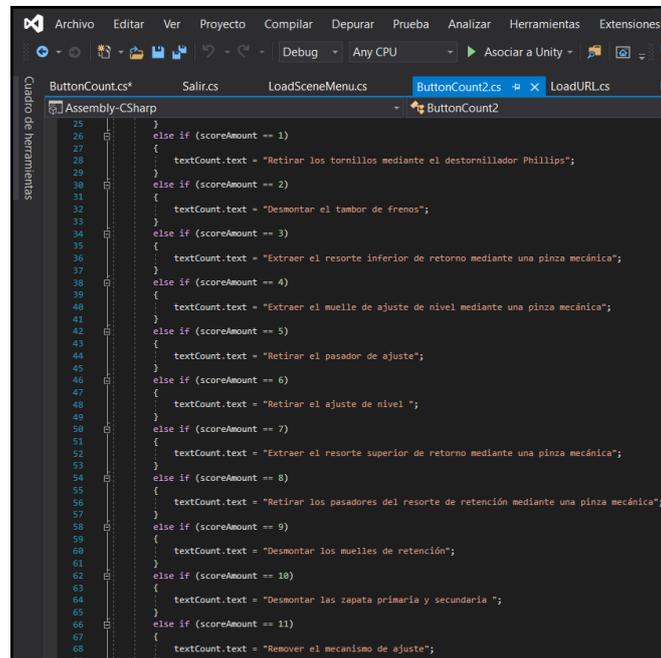
```

20     void Update(){
21         if (scoreAmount == 0)
22         {
23             textCount.text = "";
24         }
25         else if (scoreAmount == 1)
26         {
27             textCount.text = "Extraer los dos pernos mediante la llave de X pulg # 12 ";
28         }
29         else if (scoreAmount == 2)
30         {
31             textCount.text = "Desmontar la mordaza ";
32         }
33         else if (scoreAmount == 3)
34         {
35             textCount.text = "Sustituir las pastillas de frenos";
36         }
37         else if (scoreAmount == 4)
38         {
39             textCount.text = "Extraer los pernos de la porta pastillas mediante la racha # 14";
40         }
41         else if (scoreAmount == 5)
42         {
43             textCount.text = "Desmontar la porta pastillas";
44         }
45         else if (scoreAmount == 6)
46         {
47             textCount.text = "Retirar los tornillos mediante el destornillador Phillips";
48         }
49         else if (scoreAmount == 7)
50         {
51             textCount.text = "Desmontar el disco de frenos";
52         }
53     }

```

Figura 3.40 Texto de información disco
(Visual Studio 2019)

Adicional se agregó un texto de comunicación como se observa en la Figura 3.40 donde cada vez que ocurra la animación se refleja un dialogo informativo para el desmontaje de elementos.



```

25
26 else if (scoreAmount == 1)
27 {
28     textCount.text = "Retirar los tornillos mediante el destornillador Phillips";
29 }
30 else if (scoreAmount == 2)
31 {
32     textCount.text = "Desmontar el tambor de frenos";
33 }
34 else if (scoreAmount == 3)
35 {
36     textCount.text = "Extraer el resorte inferior de retorno mediante una pinza mecánica";
37 }
38 else if (scoreAmount == 4)
39 {
40     textCount.text = "Extraer el muelle de ajuste de nivel mediante una pinza mecánica";
41 }
42 else if (scoreAmount == 5)
43 {
44     textCount.text = "Retirar el pasador de ajuste";
45 }
46 else if (scoreAmount == 6)
47 {
48     textCount.text = "Retirar el ajuste de nivel ";
49 }
50 else if (scoreAmount == 7)
51 {
52     textCount.text = "Extraer el resorte superior de retorno mediante una pinza mecánica";
53 }
54 else if (scoreAmount == 8)
55 {
56     textCount.text = "Retirar los pasadores del resorte de retención mediante una pinza mecánica";
57 }
58 else if (scoreAmount == 9)
59 {
60     textCount.text = "Desmontar los muelles de retención";
61 }
62 else if (scoreAmount == 10)
63 {
64     textCount.text = "Desmontar las zapata primaria y secundaria ";
65 }
66 else if (scoreAmount == 11)
67 {
68     textCount.text = "Remover el mecanismo de ajuste";
69 }

```

Figura 3.41 Texto de información tambor
(Visual Studio 2019)

En el sistema de tambor se insertó el mismo contador lógico, pero la principal diferencia radica en el diálogo de información al usuario, el cual se puede observar en la Figura 3.41.

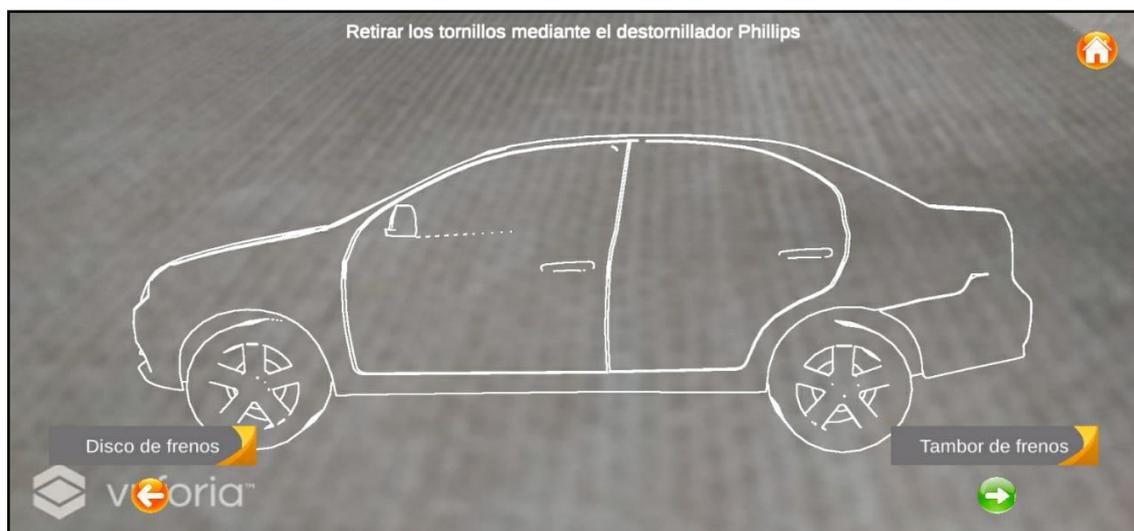


Figura 3.42 Diálogo de información
(Captura de la aplicación móvil)

Mediante la aplicación móvil se puede comprobar el texto informativo en la parte superior de la pantalla una vez que ha sido seleccionado el botón reproducción, esto se puede observar en la Figura 3.42.

3.5. PRUEBAS DE REALIDAD AUMENTADA

En este apartado se muestra el funcionamiento de realidad aumentada (AR) y las diferentes configuraciones que se realizaron anteriormente. Las pruebas de campo fueron realizadas en el mismo sitio con un clima nublado para evitar reflejos solares. Además, se utilizó un cronómetro para registrar la respuesta de los sistemas operativos móviles, con el fin de comparar el tiempo que generan al procesar la aplicación debido a que posee una gran cantidad de elementos y objetos 3D, así también se registraron las temperaturas de funcionamiento factor importante para el rendimiento del procesador.

Los equipos asignados para las pruebas mantienen el giroscopio, brújula, acelerómetro y cámara principal en perfectas condiciones, pero difieren cada uno en el sistema operativo y en la cantidad de fotogramas por segundo (fps), es decir, la cantidad de imágenes que puede captar el dispositivo en un segundo, recursos que son necesarios para mejorar el rendimiento en realidad aumentada.

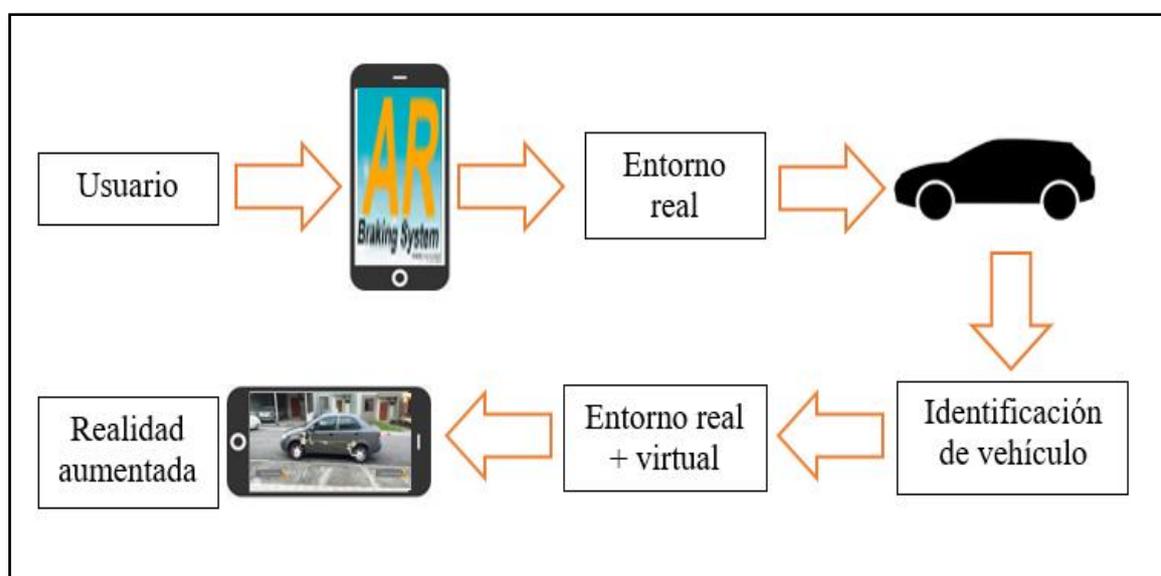


Figura 3.43 Diagrama de funcionamiento de la aplicación AR

Fuente: Autor

Mediante el siguiente diagrama de la Figura 3.43 se muestra el proceso para ejecutar la aplicación AR en un dispositivo inteligente, donde el usuario inicia la aplicación previamente instalada en el dispositivo, y este detecta el paisaje en su entorno a través de su cámara, con la tarjeta MTG logra captar si es correcta la escena y entrega la información adecuada al usuario utilizando la pantalla del teléfono móvil.

Las pruebas de realidad aumentada fueron ejecutadas siguiendo el orden de funcionamiento, y con los dispositivos que se mencionan en la Tabla 3.9 donde los sistemas Android difieren entre estos, así como la resolución de pantalla y los (fps) de cada celular.

Tabla 3.9 Características de los dispositivos

CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS MÓVILES		
	Samsung Galaxy J6 Plus	Samsung Galaxy J5	Huawei P30 Lite
Pantalla	6" 720 x 1 480 px	5" 720 x 1 280 px	6.1" OLED 2 340 x 1 080 px
Memoria RAM	3GB	1.5GB	6GB
Almacenamiento	32GB	8GB	128GB
Sistema operativo	Android 8.1	Android 5.1	Android 9.0
Fotogramas por segundo	30 fps	24 fps	60 fps

Una vez instalada la aplicación en los tres dispositivos, se procedió a ubicar el vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5” en el sitio adecuado para el respectivo reconocimiento.



Figura 3.44 Activación de tarjeta
(Captura de la aplicación móvil)

Una vez iniciada la aplicación se seleccionó la opción entrenamiento, y como se observa en la Figura 3.44 el activador de realidad aumentada se encuentra listo para escanear el vehículo.

Paso siguiente es colocar la cámara de los dispositivos logrando encajar la figura enmarcada de color blanco sobre el vehículo, esta prueba fue realizada con el propósito de verificar el funcionamiento del identificador de objeto. Donde se puso a prueba la detección en vehículos livianos tipo sedán y hatchback. A continuación, se demuestra la prueba realizada en un automóvil marca Chevrolet Sail tipo Hatchback.

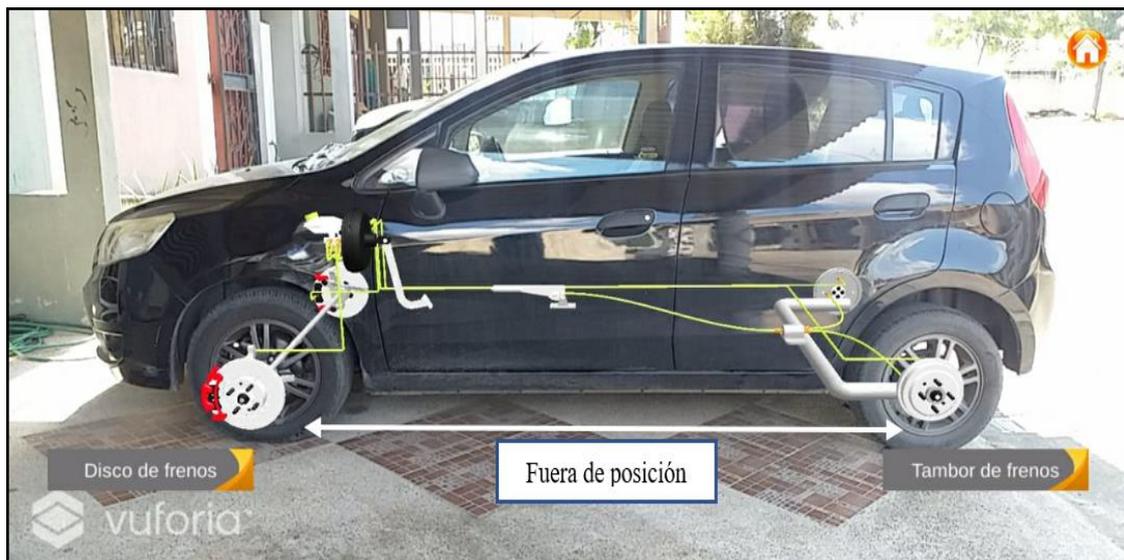


Figura 3.45 Vehículo Hatchback
(Captura de la aplicación móvil)

Con la Figura 3.45 se pudo corroborar que la aplicación de realidad aumentada detecta vehículos similares, pero al no poseer las medidas exactas entre ejes y por contener distintos elementos no se aprecia de la manera correcta, y la información entregada se convierte en inapropiada.

Uno de los inconvenientes más claros que se pudo notar en este tipo de vehículo, fue el tiempo de reconocimiento con más de 60 segundos para que el sistema entregue la información, y la dificultad en ubicar el modelo de tarjeta en el vehículo, por tal motivo, para las siguientes pruebas de realidad aumentada se utilizó únicamente el automóvil escogido para este proyecto Chevrolet Aveo Family,



Figura 3.46 Reconocimiento de vehículo
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.46 se posicionó el vehículo Chevrolet Aveo Family, donde se aprecia que el modelo de objeto es identificado inmediatamente y el sistema de frenos se posiciona de manera exacta sobre este, así también se observa las opciones de botones para la animación en los diferentes sistemas de frenado.

Una vez realizada la prueba de reconocimiento, se eligió la opción discos de frenos mediante el botón izquierdo. Esto indica que el usuario ha seleccionado el desmontaje de elementos de este sistema para realizar el mantenimiento, una vez seleccionado esta opción se aprecian dos botones direccionales derecha e izquierda.

Los botones de direcciones indican la secuencia que tiene la animación mediante el uso de programación de botones como se mencionó en el apartado de paneles de interacción. La dirección izquierda significa que la animación retrocede, mientras que la dirección derecha muestra el avance de las animaciones.

En lo que respecta al uso de herramientas mecánicas que debe utilizar el usuario para el desmontaje físico de las piezas son conformes al tipo de sistema elegido, ya que ambos sistemas emplean instrumentos diferentes, por tal motivo, estas especificaciones se entregan una vez que se reproduzca la animación de los elementos en los dispositivos.

Al utilizar los diferentes dispositivos se lograron identificar las capacidades que permiten distinguir y procesar la información de los movimientos virtuales en los diferentes elementos tridimensionales, para esto se eligió una escala de puntuación como lo muestra la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Escala de puntuación

Elementos de evaluación	Puntuación	Porcentaje	Resultado
Animaciones	0	0 %	Sin ejecución
Gráficas	1 - 4	40 %	Presenta falencias
Posición de elementos	4 - 7	70 %	Procesa información adecuada
Rendimiento	7 - 10	100 %	Información precisa

Para iniciar la prueba de realidad aumentada se escogió el celular Samsung Galaxy J5 como primer dispositivo en evaluar, después el celular Samsung Galaxy J6 Plus y por último el smartphone de gama media Huawei P30 Lite.

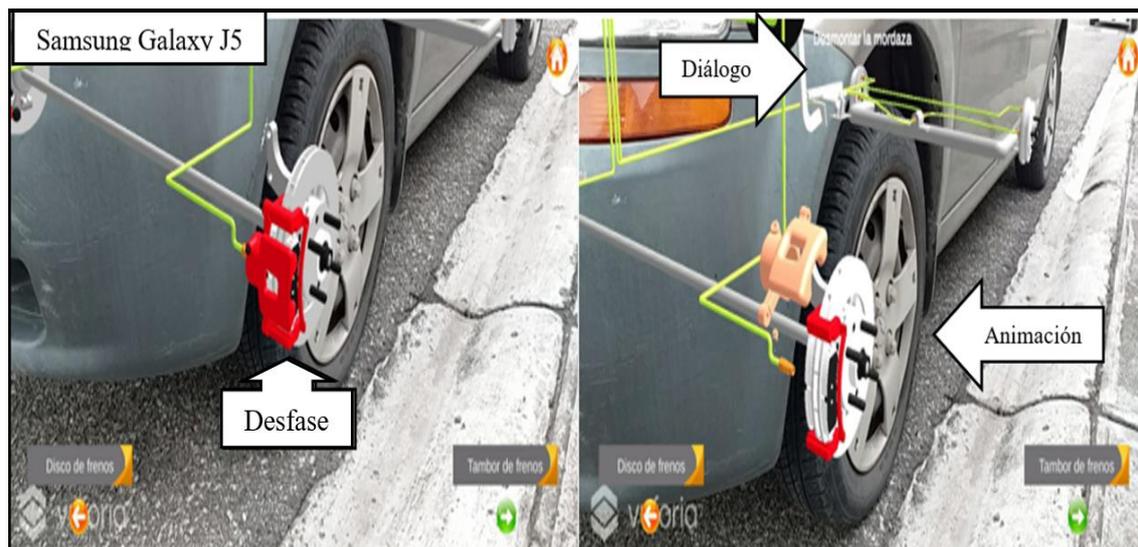


Figura 3.47 Desmontaje de elementos 1
(Captura de la aplicación móvil)

Mediante la Figura 3.47 se puede observar la ejecución de las animaciones en el sistema de frenos de disco mediante el dispositivo Samsung Galaxy J5, el cual presenta un notable desfase de posición de 100 mm con respecto al neumático real, sin embargo, las gráficas y animaciones son apreciadas con cierta claridad.

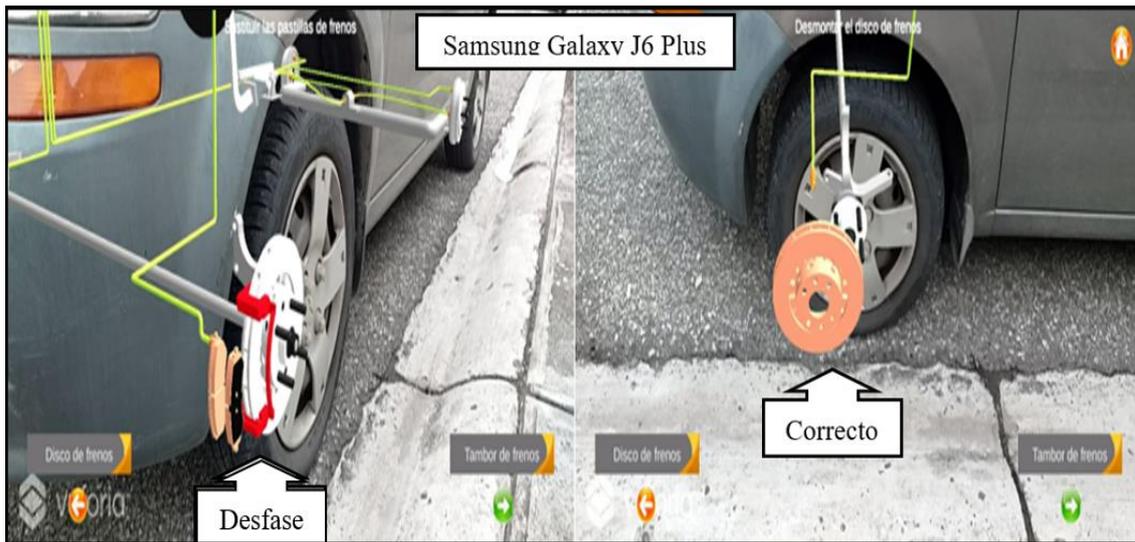


Figura 3.48 Desmontaje de elementos 2
(Captura de la aplicación móvil)

En la siguiente prueba como se observa en la Figura 3.48 se utilizó el dispositivo móvil Samsung Galaxy J6 Plus, eligiendo el mismo sistema con la particularidad que presenta una mejoría en las gráficas y en la posición de elementos a 50 mm desde el centro del neumático.



Figura 3.49 Desmontaje de elementos 3
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.49 se muestra la prueba realizada al smartphone Huawei P30 Lite, donde se eligió la opción del sistema tambor de frenos, en la cual se puede evidenciar una correcta posición de objetos pese a contener un mayor número de elementos y animaciones 3D ubicados en este tipo de sistema.



Figura 3.50 Desmontaje de elementos 4
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.50 se logró terminar el desmontaje de los elementos en este tipo de sistema sin ninguna pérdida de información y datos, por lo que se evidencia una notable mejoría para teléfonos de mejor capacidad.

La siguiente prueba que se realizó está enfocada en la ubicación de todo el conjunto del sistema de frenos mientras rotan las cámaras de los diferentes dispositivos móviles alrededor del vehículo, esto con la finalidad de comprobar las diferentes capacidades de (fps) que poseen los smartphones.



Figura 3.51 Posición del sistema de frenos 1
(Captura de la aplicación móvil)

En la Figura 3.51 muestra la captura de pantalla desde el dispositivo gama baja, donde el sistema de frenos pierde completamente la ubicación al rotar 120 grados la cámara alrededor del vehículo, por lo cual entrega una información de posición con 200 mm en la parte delantera y 800mm en la parte posterior, además existe un giro de 30 grados en el eje “z” del modelo virtual.

Para tener como punto de referencia en el desfase del sistema de frenos, se abrió el capó del automóvil donde se puede observar el servofreno encerrado con un círculo de color azul la posición real, sin embargo, en la parte posterior del vehículo se aprecia claramente una mayor diferencia de distancias entre la rueda y el sistema de tambor de freno.

El movimiento giratorio de la cámara que se utilizó fue leve para permitir que los dispositivos capturen la mayor cantidad de fotogramas y presenten un mejor contenido del sistema de frenos virtual con mejor visualización para el usuario, no obstante, si el movimiento es brusco la comunicación entre el sistema y el vehículo real se pierde, por tal motivo el modelo de tarjeta de activación (MTG) inicia nuevamente para escanear el vehículo.



Figura 3.52 Posición del sistema de frenos 2
(Captura de la aplicación móvil)

Como se observa en la Figura 3.52 se ubicó el dispositivo celular Samsung Galaxy J6 Plus en la misma posición del anterior elemento a evaluar, donde se nota un mejor proceso de la

información de datos y contenido multimedia, no obstante, existe cierta pérdida de posición de 100mm en la parte frontal, 450mm en la parte posterior del vehículo.



Figura 3.53 Posición del sistema de frenos 3
(Captura de la aplicación móvil)

Se puede observar mediante la Figura 3.53 la prueba final de posición del sistema de frenos, donde el celular Huawei P30 Lite obtuvo un mejor resultado al comprobar una mejor fluidez y entrega de información en lectura de datos por ubicarse el sistema en la posición correcta del vehículo, pese a la manipulación del dispositivo como mayor movimiento giratorio.

Con las diferentes pruebas realizadas se demuestra que los distintos smartphones utilizados proyectan la información necesaria. Sin embargo, el dispositivo Samsung Galaxy J5 presenta el mayor desfase de ubicación al momento de rotar la cámara alrededor del automóvil, esto se debe a las especificaciones técnicas que presenta, así como el sistema operativo.

Mientras tanto, el celular Samsung Galaxy J6 Plus tras poseer 30 fotogramas por segundo, y mejores características que el dispositivo anterior, pierde de manera notable la ubicación del vehículo, sin embargo, se logró evidenciar un mejor contenido en gráficas y contenido multimedia.

A diferencia, con el celular Huawei P30 Lite donde existe una mejor entrega de información y mantiene la posición del objeto debido a que posee 60 fotogramas por segundo, pantalla Oled y una mejor tasa de refresco, lo cual genera una mayor captura de imágenes.

Los resultados de las pruebas mencionadas se muestran mediante la Tabla 3.11 donde el celular Samsung Galaxy J5 procesa la información en promedio de 37,50 % lo cual ocasiona falencias con la ubicación de elementos y gráficas, mientras que el dispositivo Huawei P30 Lite ofrece un 90,00 % presentando información precisa y adecuada.

Tabla 3.11 Valores de puntuación

CARACTERÍSTICAS	EQUIPOS MÓVILES		
	Samsung Galaxy J5	Samsung Galaxy J6 Plus	Huawei P30 Lite
Animaciones	5	7	8
Gráficas	3	6	10
Posición de elementos	3	5	9
Rendimiento	4	7	9

Una vez realizada las pruebas de realidad aumenta en los diferentes dispositivos, se procedió analizar el tiempo de respuesta de cada uno de estos, tanto en el modo entrenamiento como en el inicio de la App, esto con el fin de comparar el procesador más eficiente de acuerdo con el uso de la aplicación, así también se realizaron las pruebas de tempura a cada uno de los teléfonos inteligentes en el momento que se inicia la reproducción de animaciones, con un tiempo de duración de 25 minutos.

En la Tabla 3.12 se puede identificar una vez más que el celular con mayor respuesta en el proceso tanto de inicio como en la función de realidad aumentada es Huawei P30 Lite, al obtener un promedio de 5 segundos. Así también, se evidencia una mejor disipación de calor lo cual genera un mejor rendimiento, sin embargo, para el dispositivo de gama baja se obtuvo 14 segundos en la respuesta y una mayor temperatura que afecta al funcionamiento.

Tabla 3.12 Tiempo y temperatura de procesos

Dispositivos	Tiempo de inicio APP (segundos)	Tiempo de inicio AR (segundos)	Temperatura de batería	Temperatura de CPU
Samsung j5	15	13	50 °C	57 °C
Samsung j6 plus	12	9	40 °C	55 °C
Huawei P30 Lite	6	4	35 °C	45 °C

En la Tabla 3.13 se presentan los resultados de los valores promediados en las diferentes pruebas ejecutadas, donde se expresa una mejor lectura de datos y rendimiento por el teléfono de gama media.

Tabla 3.13 Rendimiento de la aplicación multimedia en dispositivos

Dispositivos	Rendimiento %	Tiempo de operación	Temperatura de funcionamiento
Samsung j5	37,50	14	53,5 °C
Samsung j6 plus	62,50	10	47,5 °C
Huawei P30 Lite	90,00	5	45 °C

Mediante los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas de la aplicación “Braking System AR”, las animaciones y los mensajes de instrucciones en el desmontaje y montaje del sistema de frenos son apreciados claramente por los tres dispositivos. Sin embargo, el dispositivo de gama media Huawei P30 Lite ofrece una mejor visualización de elementos y respuestas en el funcionamiento.

Samsung j5

En los teléfonos celulares de gama baja y media la aplicación funciona de manera apropiada, a diferencia cuando se utiliza el modo entrenamiento con realidad aumentada, estos carecen de precisión y renderización al no disponer de mejores características técnicas.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis del proceso en el mantenimiento y funcionamiento del sistema de frenos del vehículo, se lograron identificar el desmontaje de 14 elementos para el sistema de frenos tipo disco y 22 elementos para el sistema tipo tambor, además, se definió el uso del software computacional Unity3D para la creación de realidad aumentada al poseer un 72,28 % de acceso libre al contenido de información y prestaciones que brinda.
- El diseño y modelado de elementos brindó el contenido virtual necesario para la superposición de información en la aplicación, se diseñaron un total de 83 piezas que conforma todo el sistema de frenos del vehículo “Chevrolet Aveo Family 1.5”, mediante el programa computacional SolidWorks en la versión estudiantil, por el fácil acceso y manipulación de las herramientas que brinda para el diseño asistido por computador.
- La creación y diseño de la aplicación se realizaron mediante los softwares Unity3D y el motor gráfico de Vuforia, el acceso al contenido multimedia permitió observar la información del mantenimiento y procedimiento en el desmontaje de elementos del vehículo, mediante el uso de realidad aumentada en dispositivos Android, con un tiempo de entrega de información de 14 segundos, y un 37,50 % de rendimiento con falencias en la superposición del objeto, a una temperatura promedio de funcionamiento de 53,5°C que afectan los recursos del sistema operativo móvil. Sin embargo, en smartphones de gama media en adelante se obtuvo un mejor resultado con una temperatura de 44,9 °C, y un aumento del rendimiento de 90,00 % en la plataforma diseñada.

4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación de los demás elementos que posee el vehículo mediante bases confiables para la transferencia de información técnica en próximos estudios que permitan ampliar el conocimiento en el campo automotriz como parte del entrenamiento técnico de manera oportuna, a través del uso de licencias profesionales que permiten acceder a un mejor contenido en softwares computacionales para la elaboración de herramientas tecnológicas que presentan un mejor contenido visual, interactivo y confiable.
- Verificar los procesos en exportación de archivos para objetos en tres dimensiones diseñados mediante el software computacional SolidWorks, con el fin de determinar los formatos compatibles en la creación del modelo de objeto en realidad aumentada con la plataforma de Unity3D, para evitar el uso de programas externos en la conversión de archivos.
- Dentro del modo entrenamiento verificar que el espacio donde se encuentre el vehículo sea el adecuado en donde no refleje directamente la luz solar, pese a que el reconocimiento puede ser ejecutado pero los datos entregados podrían estar desfasados, ocasionando problemas de detección, tiempo de reconocimiento y rendimiento del sistema. Además, se recomienda escoger adecuadamente el dispositivo móvil y ejecutar un enlace con el Sistema Operativo iPhone IOS, que permitan el uso de la aplicación en diferentes plataformas multimedia cumpliendo con las características técnicas para el mejor funcionamiento en realidad aumentada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Águeda, Eduardo, José Martín Navarro, Tomás Gómez, José Luis Garcia, and Joaquín Gonzalo Gracia. 2009. “Técnicas Básicas de Mecánica y Electricidad.” P. 346 in *Técnicas básicas de Mecánica y Electricidad*. España: Edicionesl Paraninfo, SA.
2. Ajit, Singh. 2020. “Realidad Virtual.” P. 596 in *Realidad Virtual*. Babelcube Inc.
3. Alonso Perez, Jose Manuel. 2014. *Sistemas de Transmisión y Frenado*. Ediciones Paraninfo, S.A.
4. Bellalouna, Fahmi. 2020. “Industrial Case Studies for Digital Transformation of Engineering Processes Using the Virtual Reality Technology.” *Procedia CIRP* 90:636–41.
5. Bublík, Tomáš, and Miroslav Virius. 2014. “Scripting Language for Java Source Code Recognition.” *IERI Procedia* 10:119–30.
6. Chalmers, Alan F. 2017. “Pascal’s Equilibrium of Liquids.” Pp. 83–98 in *Pascal’s Equilibrium of Liquids*. Springer, Cham.
7. Cidoncha, María Gloria del Río. 2007. *El Libro de Catia V5*. Editorial Tebar.
8. Deepa, A., D. Yashwant Singh, S. V. Mukesh Varma, and Pranshu Khakhar. 2018. “Analysis on Multi Linkage Brake System with Variable Pedal Ratio.” Pp. 13606–11 in *Materials Today: Proceedings*. Vol. 5. Elsevier Ltd.
9. Dietsche, Karl-Heinz. 2005. *Manual de La Técnica Del Automóvil*. Reverte.
10. Dini, G., and M. Dalle Mura. 2015. “Application of Augmented Reality Techniques in Through-Life Engineering Services.” *Procedia CIRP* 38:14–23.
11. Domínguez, Esteban José Ferrer, Julián. 2017. *Magnitudes y Unidades de Medida*

(*Mecanizado Básico*). Editex.

12. Domínguez, Esteban José, and Julián Ferrer. 2013. *Elementos Amovibles*. Editex.
13. Domínguez Soriano, Esteban José, and Julián Ferrer Ruiz. 2018. *Sistemas de Transmisión y Frenado (2018)*. Editex, 2018.
14. Elizabeth, Gabriela, Carrión Vaca, Msc Fausto, and Alberto Salazar Fierro. 2018. “Comparativa de Tres Herramientas de Realidad Aumentada Utilizando Una Metodología de Medición de Software ISO 25010.” Universidad Técnica del Norte.
15. Ferré Masip, Rafael. 1988. *Diseño Industrial Por Computador*. Ilustrada. Marcombo.
16. Frenoll, Jaime. 2011. *Mecanizado Básico*. Macmillan Iberia, S.A.
17. García León, Ricardo Andrés, Robert Dajjan Echavez Díaz, and Eder Flórez Solano. 2018. “Análisis Termodinámico de Un Disco de Freno Automotriz Con Pilares de Ventilación Tipo NACA 66-209.” *INGE CUC* 14(2):9–18.
18. González Calleja, David. 2016. *Mantenimiento Mecánico Preventivo Del Vehículo*. Ediciones Paraninfo, S.A.
19. González Payá, Juan Carlos. 2013. *Gestión y Logística Del Mantenimiento de Vehículos*. Editorial Club Universitario.
20. Hugon, Jérôme. 2018. *C# 7: Desarrolle Aplicaciones Windows Con Visual Studio 2017*.
21. Imbert, Nicolas, Frederic Vignat, Charlee Kaewrat, and Poonpong Boonbrahm. 2013. “Adding Physical Properties to 3D Models in Augmented Reality for Realistic Interactions Experiments.” Pp. 364–69 in *Procedia Computer Science*. Vol. 25. Elsevier B.V.
22. Juang, J. R., W. H. Hung, and S. C. Kang. 2013. “SimCrane 3D+: A Crane Simulator

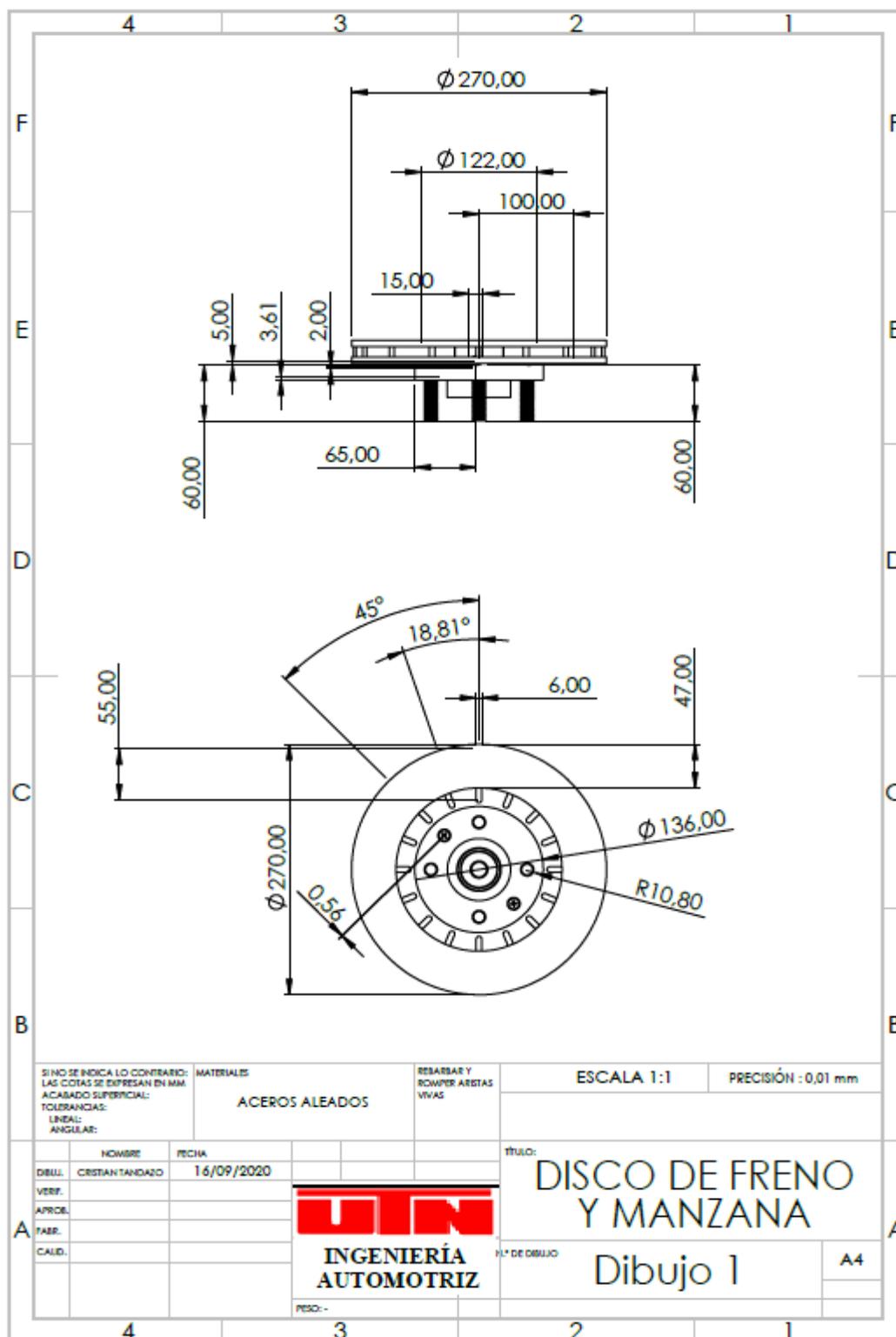
- with Kinesthetic and Stereoscopic Vision.” *Advanced Engineering Informatics* 27(4):506–18.
23. Li, Wang, Junfeng Wang, Sichen Jiao, Meng Wang, and Shiqi Li. 2019. “Research on the Visual Elements of Augmented Reality Assembly Processes.” *Virtual Reality & Intelligent Hardware* 1(6):622–34.
24. Martí Parera, Albert. 1993. *Frenos ABS*. Marcambo.
25. Mo, Jang oh. 2020. “Effect of Holes on Brake-Bleeding Performance Improvement in the EPB Caliper.” *International Journal of Automotive Technology* 21(2):319–28.
26. Mourtzis, Dimitris, Vasilis Siatras, and Vasilios Zogopoulos. 2020. “Augmented Reality Visualization of Production Scheduling and Monitoring.” Pp. 151–56 in *Procedia CIRP*. Vol. 88. Elsevier B.V.
27. Müller, Christian, Philipp Hönig, and Rüdiger Lunde. 2018. “Evaluation of SmartIflow Based on the Wheel Brake System from ARP4761.” *IFAC-PapersOnLine* 51(24):1255–62.
28. Navarro, Fernando, Antonio Martínez, and José M. Martínez. 2018. *Realidad Virtual y Realidad Aumentada: Desarrollo de Aplicaciones*. RA-MA Editorial.
29. Navarro, Fernando, Antonio Martínez, and José M. Martínez. 2019. *Realidad Virtual y Realidad Aumentada: Desarrollo de Aplicaciones*. España: Ediciones de la U.
30. Niu, Gang, and Junjie Jiang. 2017. “Prognostic Control-Enhanced Maintenance Optimization for Multi-Component Systems.” *Reliability Engineering & System Safety* 168:218–26.
31. Perdikakis, A., A. Araya, and D. Kiritsis. 2015. “Introducing Augmented Reality in Next Generation Industrial Learning Tools: A Case Study on Electric and Hybrid Vehicles.” Pp. 251–58 in *Procedia Engineering*. Vol. 132. Elsevier Ltd.

32. Post, Wulf, Günther Schmidt, Bernhard Kant, and Holger Ralf. 2003. “Sistemas de Freno Convencionales y Electrónicos.” P. 163 in *Sistemas de freno convencionales y electrónicos*, edited by Reverte. Robert Bosch GmbH.
33. Rodríguez Vidal, Carlos. 2015. *Diseño Mecánico Con SolidWorks 2015*. RA-MA Editorial.
34. Suau Pérez, Pablo. 2011. *Manual de Modelado y Animación Con Blender*. Universidad de Alicante.
35. Vásquez Angulo, José Antonio. 2012. *Análisis y Diseño de Piezas Con Catia V5*. Marcombo.
36. Yopez, Pedro, Basel Alsayyed, and Rafiq Ahmad. 2019. “Intelligent Assisted Maintenance Plan Generation for Corrective Maintenance.” *Manufacturing Letters* 21:7–11.

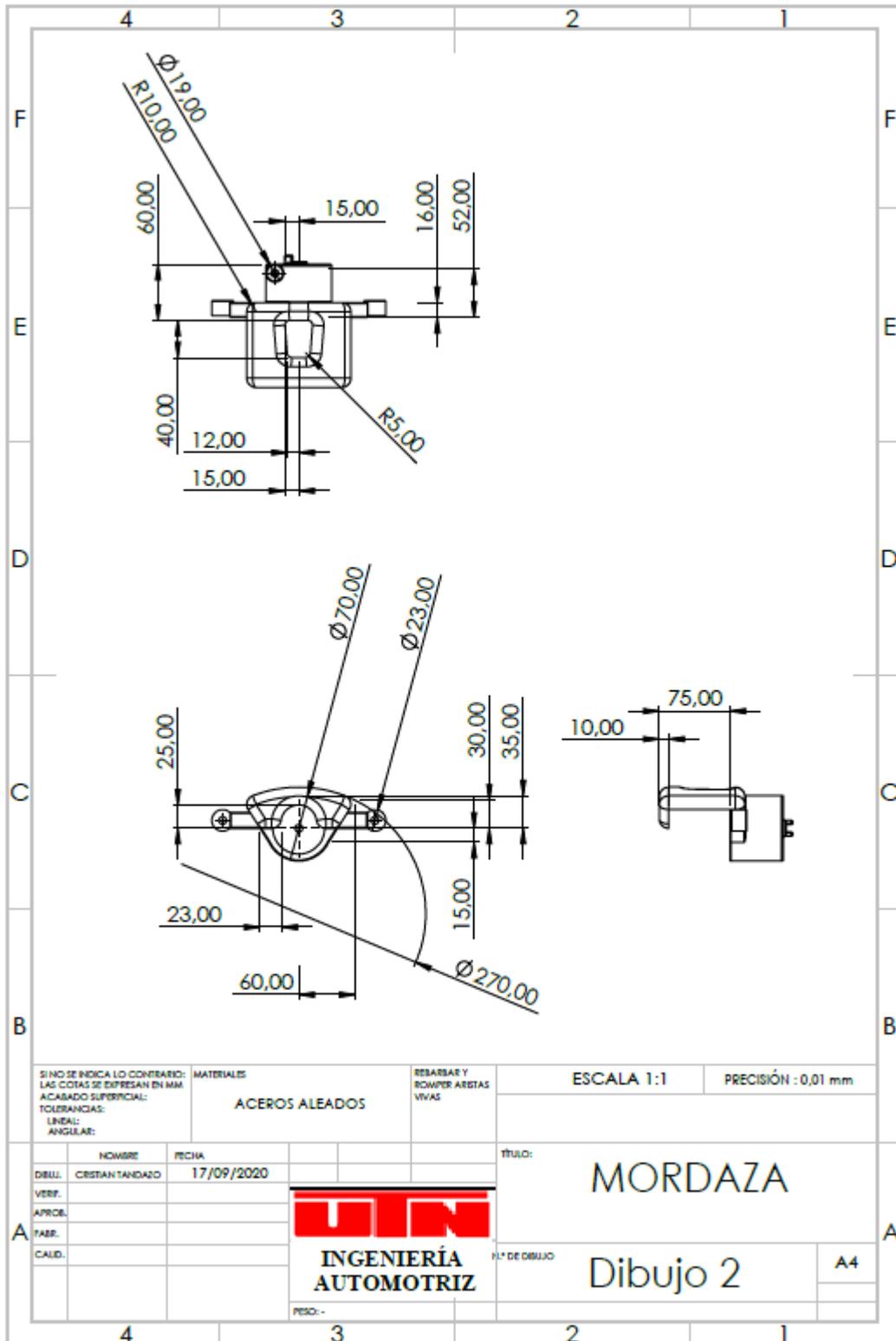
ANEXOS

ANEXO I

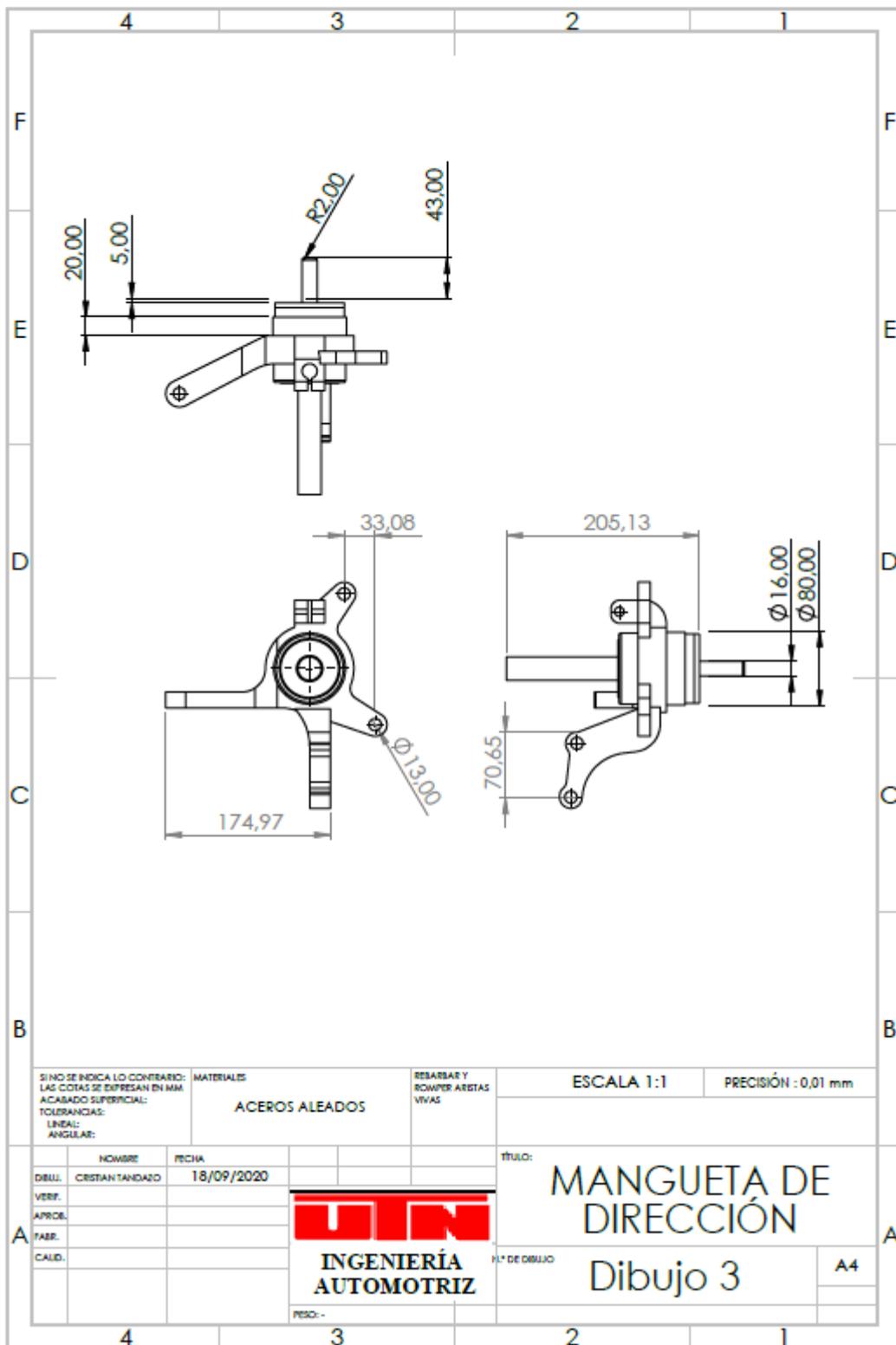
PLANOS DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENADO



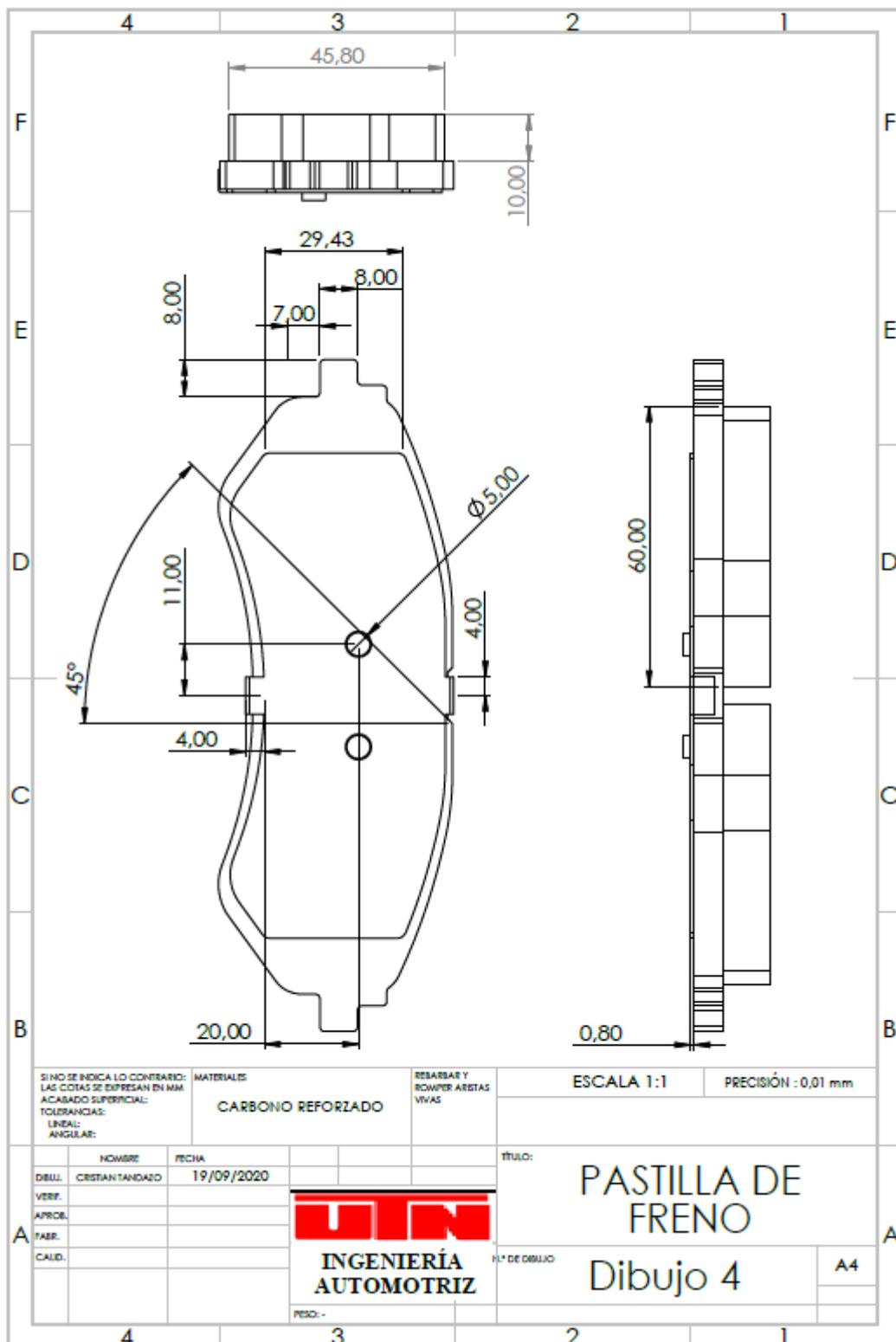
Anexo AI 1. Plano disco de freno y manzana



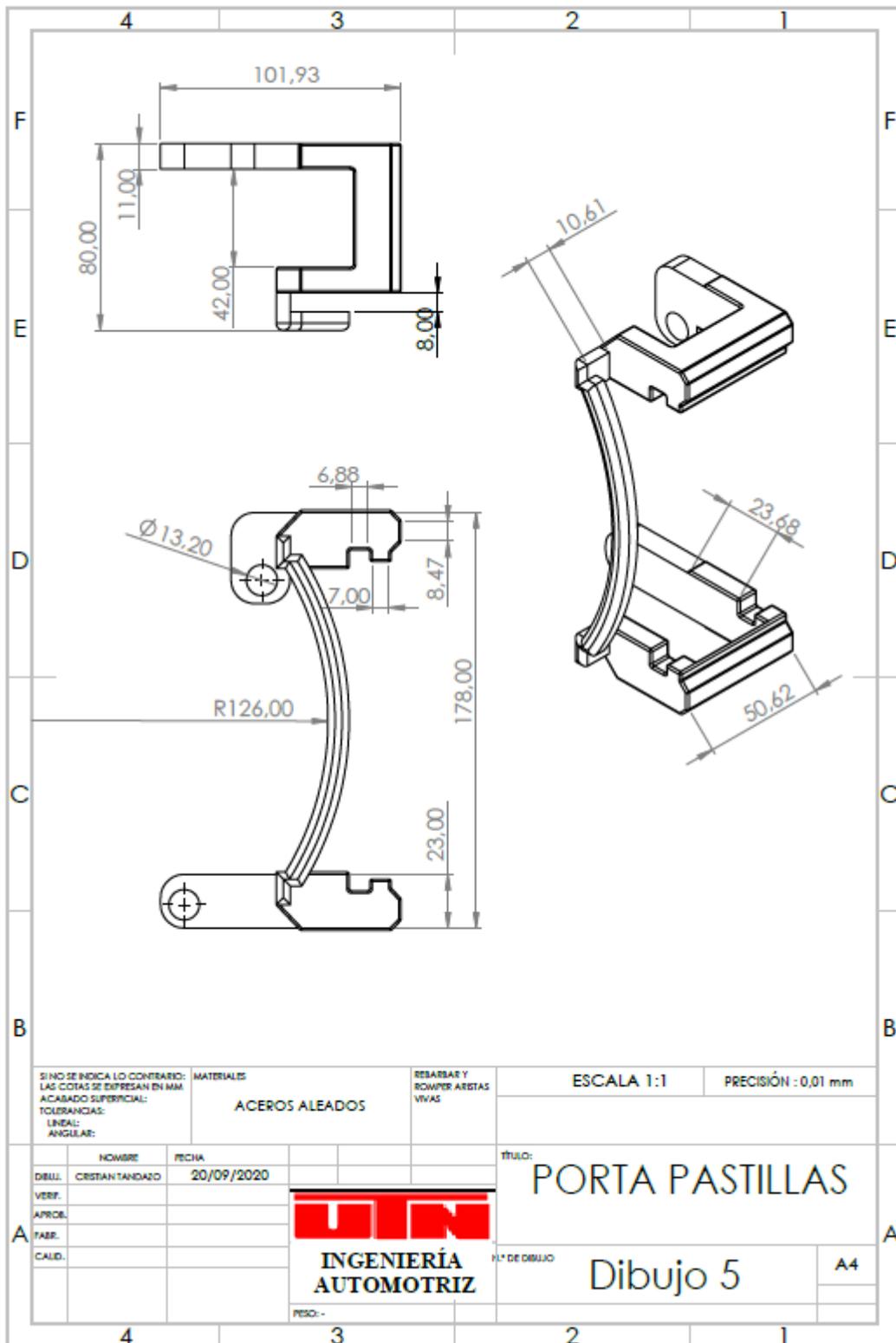
Anexo AI 2. Plano mordaza



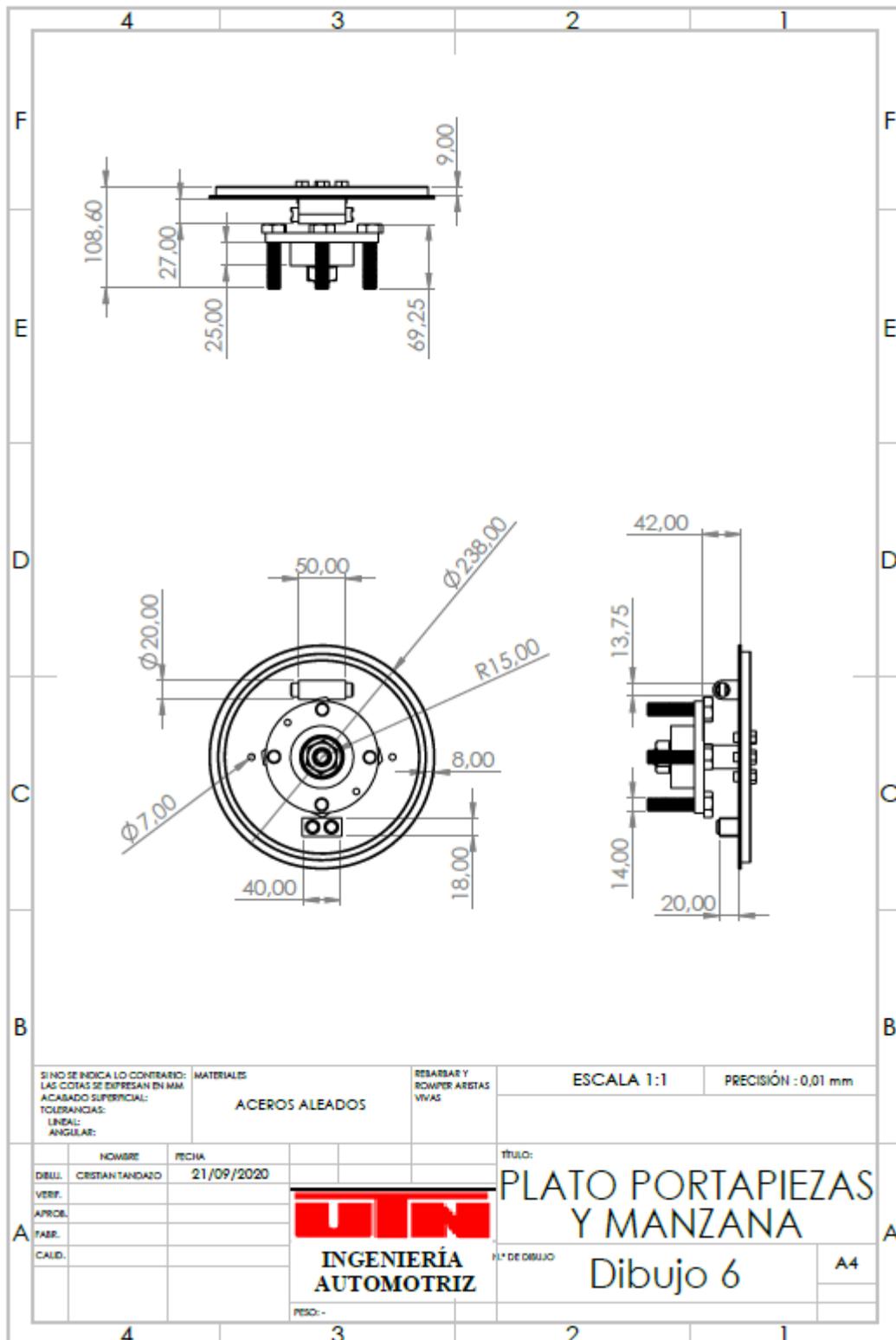
Anexo AI 3. Plano mangueta de direcci3n



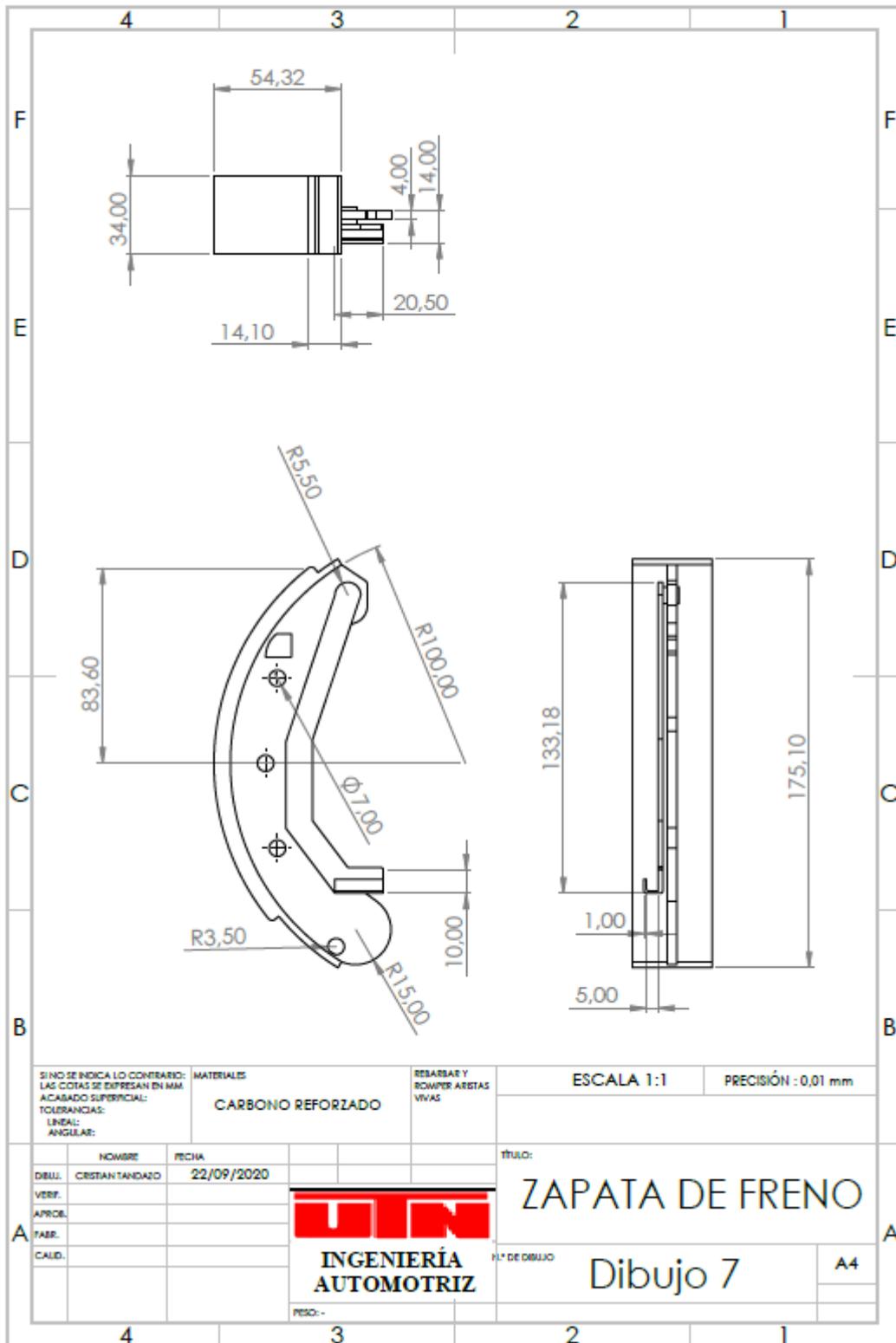
Anexo AI 4. Plano pastilla de freno



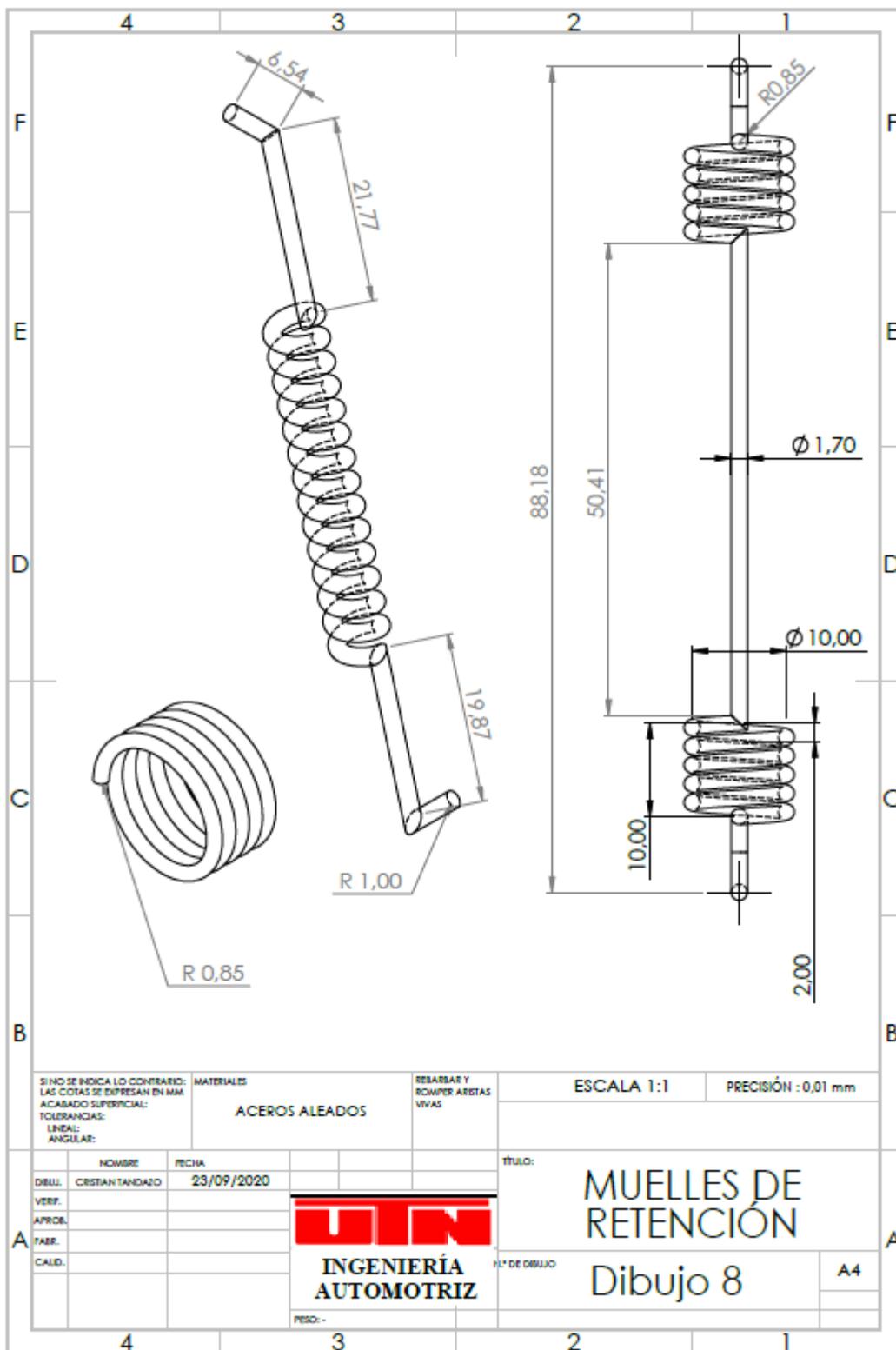
Anexo AI 5. Plano porta pastillas



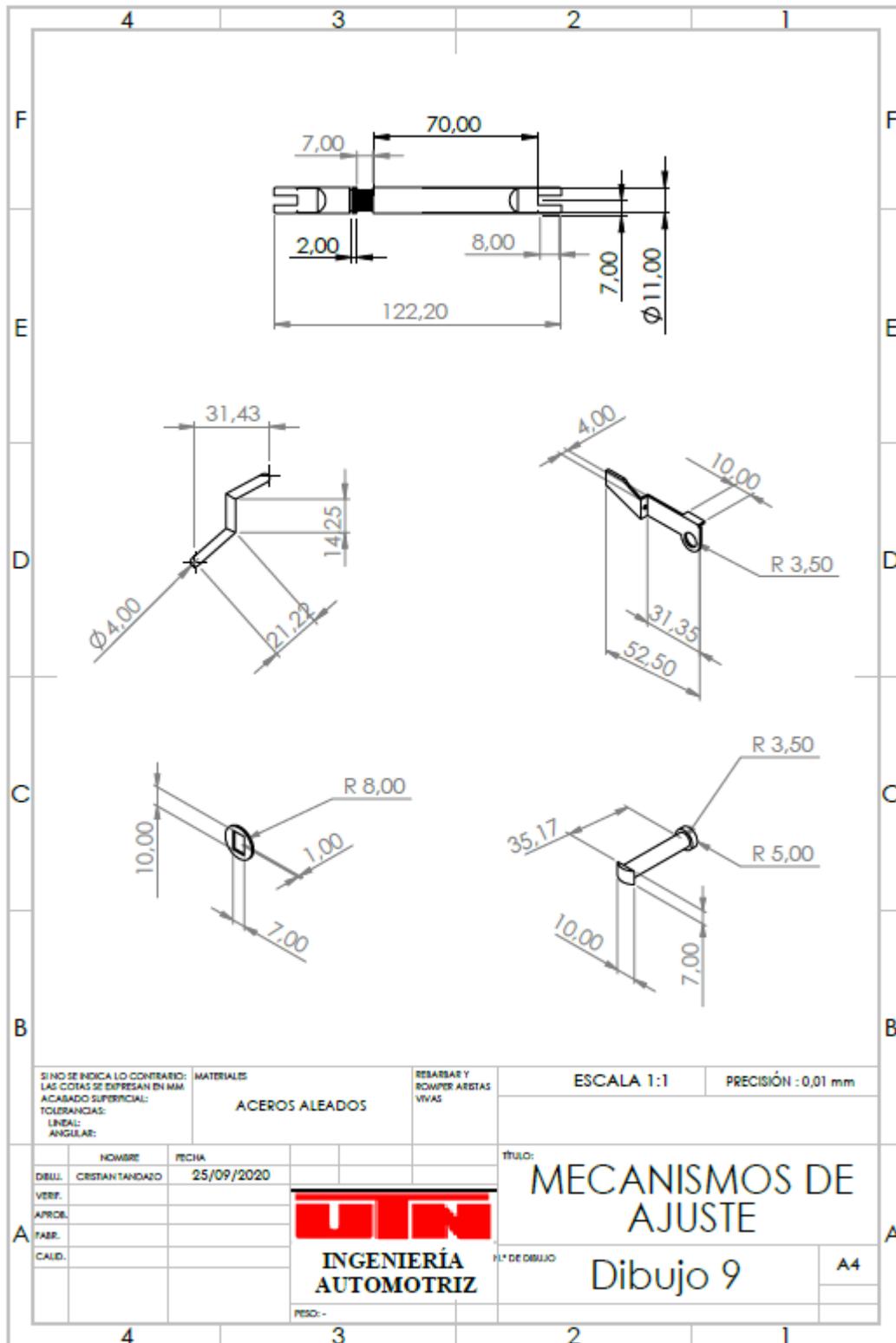
Anexo AI 6. Plano plato porta piezas y manzana



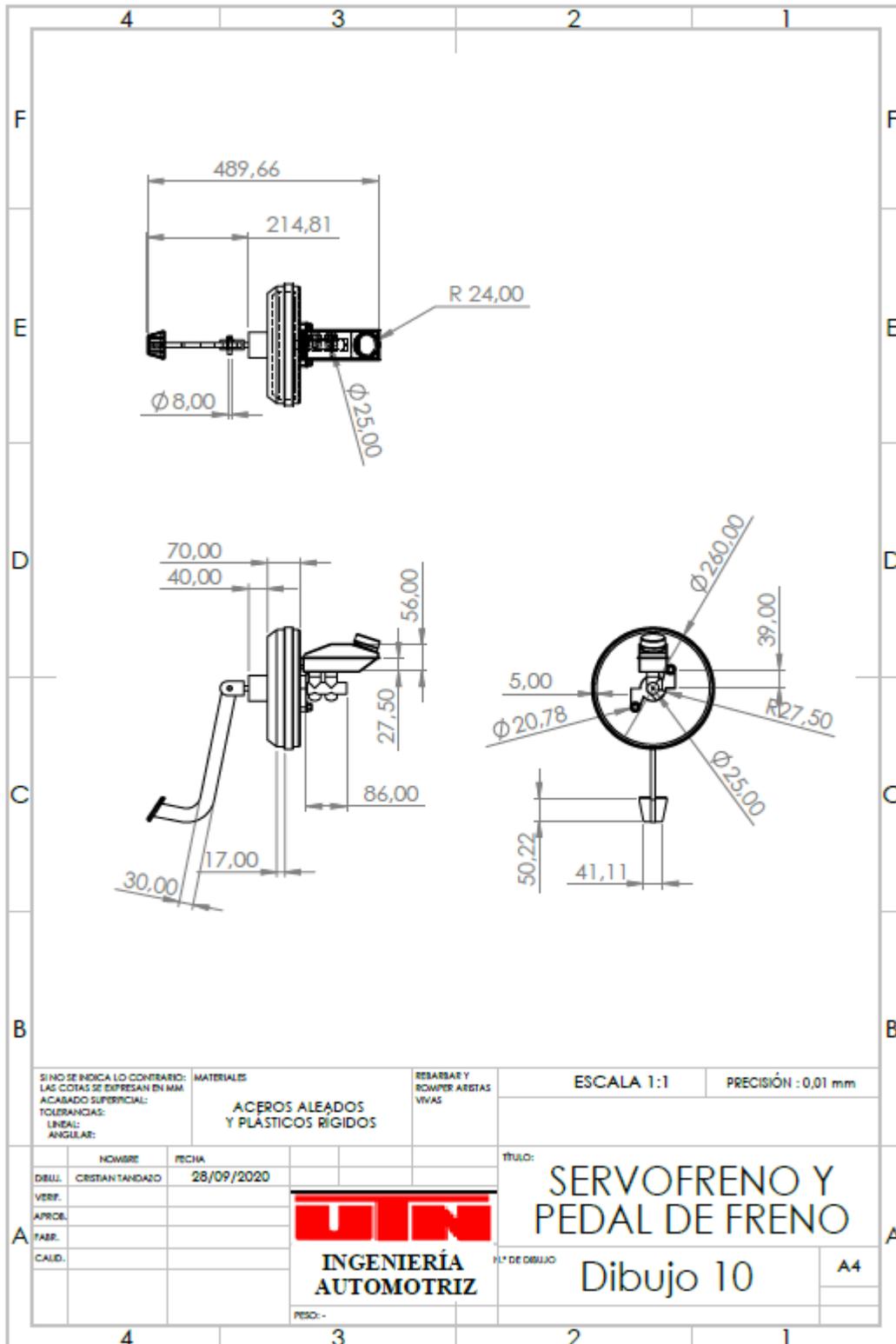
Anexo AI 7. Plano zapata de freno



Anexo AI 8. Plano muelles de retención



Anexo AI 9. Plano mecanismos de ajuste



Anexo AI 10. Plano servofreno y pedal de freno

ANEXO II

PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;
public class LoadSceneMenu : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
    }

    public void Scene()
    {
        SceneManager.LoadScene("menu");
    }
}

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;
public class LoadScene : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
    }

    public void Scene()
    {
        SceneManager.LoadScene("AR Automovil");
    }
}

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
public class ButtonCount : MonoBehaviour
{
    public Animator anim;
    public Text textCount;
    public int scoreAmount=0;
    public int limit=0;
    public string text;
    public string msg;
}

```

Anexo AII 1. Programación de escenas

```

// Start is called before the first frame update
void Start()
{
    anim = GetComponent<Animator>();
    scoreAmount = 0;
}
void Update(){
    if (scoreAmount == 0)
    {
        textCount.text = "";
    }
    else if (scoreAmount == 1)
    {
        textCount.text = "Extraer los dos pernos mediante la llave de ½ pulg #
12 ";
    }
    else if (scoreAmount == 2)
    {
        textCount.text = "Desmontar la mordaza ";
    }
    else if (scoreAmount == 3)
    {
        textCount.text = "Sustituir las pastillas de frenos";
    }
    else if (scoreAmount == 4)
    {
        textCount.text = "Extraer los pernos de la porta pastillas mediante la
racha # 14";
    }
    else if (scoreAmount == 5)
    {
        textCount.text = "Desmontar la porta pastillas";
    }
    else if (scoreAmount == 6)
    {
        textCount.text = "Retirar los tornillos mediante el destornillador
Phillips";
    }
    else if (scoreAmount == 7)|
    {
        textCount.text = "Desmontar el disco de frenos";
    }
}
public void AddScore(){
    if (scoreAmount < limit){
        scoreAmount += 1;
        anim.SetInteger(text, scoreAmount);
    }
}
public void Deletscore(){
    if (scoreAmount >= 1 ){
        scoreAmount -= 1;
        anim.SetInteger (text, scoreAmount);
    }
}
public void resete()

```

Anexo AII 2. Programación de animación en el sistema de disco

```

        scoreAmount = 0;
        anim.SetInteger(text, scoreAmount);
        anim.Play("New State");

        textCount.text = "|";
        msg = "";
    }
}
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
public class ButtonCount2 : MonoBehaviour
{
    public Animator anim;
    public Text textCount;
    public int scoreAmount=0;
    public int limit=0;
    public string text;
    public string msg;
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
        anim = GetComponent<Animator>();
        scoreAmount = 0;
    }
    void Update()
    {
        if (scoreAmount == 0)
        {
            textCount.text = "";
        }
        else if (scoreAmount == 1)
        {
            textCount.text = "Retirar los tornillos mediante el destornillador
Phillips";
        }
        else if (scoreAmount == 2)
        {
            textCount.text = "Desmontar el tambor de frenos";
        }
        else if (scoreAmount == 3)
        {
            textCount.text = "Extraer el resorte inferior de retorno mediante una
pinza mecánica";
        }
        else if (scoreAmount == 4)
        {
            textCount.text = "Extraer el muelle de ajuste de nivel mediante una
pinza mecánica";
        }
        else if (scoreAmount == 5)
        {
            textCount.text = "Retirar el pasador de ajuste";
        }
        else if (scoreAmount == 6)
        {
            textCount.text = "Retirar el ajuste de nivel ";
        }
    }
}

```

Anexo AII 3. Programación de animación en el sistema de tambor 1

```

else if (scoreAmount == 7)
{
    textCount.text = "Extraer el resorte superior de retorno mediante una
pinza mecánica";
}
else if (scoreAmount == 8)
{
    textCount.text = "Retirar los pasadores del resorte de retención
mediante una pinza mecánica";
}
else if (scoreAmount == 9)
{
    textCount.text = "Desmontar los muelles de retención";
}
else if (scoreAmount == 10)
{
    textCount.text = "Desmontar las zapata primaria y secundaria ";
}
else if (scoreAmount == 11)
{
    textCount.text = "Remover el mecanismo de ajuste";
}
}
public void AddScore(){
    if (scoreAmount < limit){
        scoreAmount += 1;
        anim.SetInteger(text, scoreAmount);
    }
}
public void DeletScore(){
    if (scoreAmount >= 1 ){
        scoreAmount -= 1;
        anim.SetInteger (text, scoreAmount);
    }
}
public void resete()
{
    scoreAmount = 0;
    anim.SetInteger(text, scoreAmount);
    anim.Play("New State");
}
}
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class LoadURL : MonoBehaviour
{
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
    }

    public void URL()

```

Anexo AII 4. Programación de animación en el sistema de tambor 2

```
| {  
    Application.OpenURL("http://www.utn.edu.ec/fica/carreras/automotriz/");  
}  
}  
using System.Collections;  
using System.Collections.Generic;  
using UnityEngine;  
  
public class Salir : MonoBehaviour  
{  
    public void Quit()  
    {  
        Application.Quit();  
    }  
}
```

Anexo AII 5. Programación salir de la aplicación