



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO Y CONTROL
ELECTRÓNICO MEDIANTE UNA APLICACIÓN MÓVIL CON UNA CONEXIÓN
VÍA BLUETOOTH APLICADO A UN MOTOR HYUNDAI (H100) MODELO D4BX.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: ANTHONY DARÍO CUENCA REMACHE
KENY ANDRÉS GUAYAICONDO MEJÍA
TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, MSc.

Cuenca - Ecuador
2023

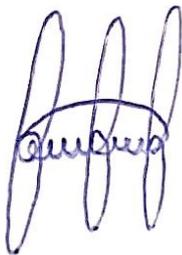
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACION

Nosotros, Anthony Darío Cuenca Remache con documento de identificación N° 0104683867 y Keny Andrés Guayacondo Mejía con documento de identificación N° 0104959317; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 05 de enero del 2023

Atentamente,



Anthony Darío Cuenca Remache

0104683867



Keny Andrés Guayacondo Mejía

0104959317

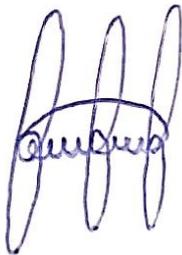
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Anthony Darío Cuenca Remache con documento de identificación N° 0104683867 y Keny Andrés Guayacondo Mejía con documento de identificación N° 0104959317, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth aplicado a un motor Hyundai (H100) modelo D4BX.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 05 de enero del 2023

Atentamente,



Anthony Darío Cuenca Remache

0104683867



Keny Andrés Guayacondo Mejía

0104959317

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Omar Pulla Morocho con documento de identificación N° 0103570602, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENCENDIDO Y CONTROL ELECTRÓNICO MEDIANTE UNA APLICACIÓN MÓVIL CON UNA CONEXIÓN VÍA BLUETOOTH APLICADO A UN MOTOR HYUNDAI (H100) MODELO D4BX., realizado por Anthony Darío Cuenca Remache con documento de identificación N° 0104683867 y por Keny Andrés Guayacondo Mejía con documento de identificación N° 0104959317, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 05 de enero del 2023

Atentamente,



Ing. Christian Omar Pulla Morocho, MSc.
0103570602

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios quien ha sido mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida.

A mi madre Gloria Remache y mi padre Luis Cuenca, que Dios lo tiene en su gloria y ahora es un ángel en mi vida y sé que se encuentra muy orgulloso de mi y desde donde está me bendice, a los dos quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mis abuelitos que con sus oraciones y palabras de aliento me han acompañado siempre en todos mis sueños y metas.

A mis demás familiares y amigos por extenderme su mano en momentos difíciles.

Este logro es por y para ustedes, siempre los llevo en mi corazón.

Anthony Darío Cuenca Remache

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios quien ha sido mi guía espiritual y me ha dado la fortaleza en esta etapa de mi vida.

A mis padres Luis Guayacondo y Roció Mejía quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir una meta más de mi vida y lograr ser un profesional.

A mi hermano por su apoyo, cariño y por estar conmigo en todo momento.

A mis familiares y amigos por extenderme su mano en momentos difíciles.

A la universidad por brindarme la oportunidad de poder lograr una meta más en mi vida y permitirme realizar mis estudios.

Keny Andrés Guayacondo Mejía

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros profundos y sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana por darnos la oportunidad de alcanzar obtener un título universitario y acogernos en la institución, a su vez agradecer a los docentes por los años de enseñanza compartida. Especialmente al Ing. Christian Omar Pulla Morocho por su tiempo, apoyo y supervisión en todo el proceso del trabajo de titulación.

Cuenca Remache Anthony Darío

Guayacondo Mejía Keny Andrés

RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivo implementar un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth aplicado a un motor Hyundai (h100) modelo D4BX, como herramienta de estudio de las variables a controlar cómo temperatura de refrigeración, presión de aceite, revoluciones del motor, nivel de combustible, carga de batería. Para lo cual, se utiliza la metodología de alcance descriptivo, experimental y lenguaje de programación para la aplicación móvil, mediante el uso de métodos deductivos, y experimentales. De tal manera que se puede realizar una fundamentación teórica de la aplicación móvil y las variables a controlar del motor de combustión interna a diésel. El diseño de la aplicación móvil está basado en un lenguaje de programación Delphi, programación de Arduino y uso de módulo de bluetooth, además se realizan pruebas de funcionalidad, con la finalidad de asegurar una fácil interacción de los estudiantes de Ingeniería Automotriz.

Palabras clave: Aplicación Móvil, Aprendizaje, Motor diésel, Módulo bluetooth.

ABSTRACT

The objective of the research project is to implement an electronic ignition and control system through a mobile application with a Bluetooth connection applied to a Hyundai (h100) model D4BX engine, as a tool to study the variables to be controlled, such as cooling temperature, revolutions engine speed, fuel level. For which, the methodology of descriptive, experimental scope and programming language for the mobile application is used, through the use of deductive and experimental methods. In such a way that a theoretical foundation of the mobile application and the variables to control of the diesel internal combustion engine can be made. The design of the mobile application is based on a Delphi programming language, Arduino programming and the use of a Bluetooth module, in addition, functionality tests are carried out, in order to ensure easy interaction for Automotive Engineering students.

Keywords: Mobile Application, Learning, Diesel Engine, Bluetooth Module.

Índice de contenido

PORTADA	I
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACION	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	1
INTRODUCCIÓN	7
PROBLEMA	8
ANTECEDENTES	8
IMPORTANCIA Y ALCANCES	8
DELIMITACIÓN	9
Delimitación temporal.....	9
Delimitación académica.....	9
Delimitación geográfica.....	9
OBJETIVOS	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
CAPÍTULO 1	11
1. Fundamentación teórica	11
1.1. Motores de encendido por compresión (MEC).....	11
1.1.1. Componentes del motor (MEC)	11
1.1.2. Funcionamiento del motor (MEC)	13
1.1.3. Simbología del motor (MEC)	13
1.1.4. Rendimiento térmico del motor (MEC)	14
1.1.5. Modo de trabajo del motor (MEC)	15
1.2. Motor Hyundai (H100) modelo D4BX.....	17
1.2.1. Datos técnicos	17
1.2.2. Aplicaciones	18
1.2.3. Hyundai Porter primera generación	18
1.2.4. Hyundai Porter segunda generación	19
1.2.5. Hyundai Porter tercera generación	19
1.2.6. Hyundai Porter cuarta generación	20
1.3. Aplicación móvil.....	20

1.3.1.	Bluetooth	20
1.3.2.	Android	21
1.3.3.	Arduino	21
1.3.4.	Tipos de Lenguajes para programación de apps.	22
1.4.	Módulo bluetooth.	25
1.4.1.	Módulos bluetooth HC-06.	25
1.4.2.	Funcionamiento del módulo bluetooth.	25
1.4.3.	Constitución del módulo bluetooth.	26
1.4.4.	Modos de trabajo del módulo HC-06 mediante códigos AT.	27
CAPÍTULO 2		28
2. Reacondicionamiento e implementación del sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil.		28
2.1.	Reacondicionamiento del motor diésel modelo D4BX.	28
2.1.1.	Check List e inspección visual inicial.	28
2.1.2.	Sistema de alimentación.	29
2.1.3.	Sistema de refrigeración.	31
2.1.4.	Sistema de admisión de aire.	32
2.1.5.	Otros elementos.	33
2.1.6.	Pruebas de diagnóstico del motor.	35
2.2.	Diseño del banco soporte.	38
2.2.1.	Base Pedestal.	39
2.2.2.	Base de la estructura.	39
2.2.3.	Compartimento de batería y accesorios.	39
2.2.4.	Estructura reforzada del motor	40
2.2.5.	Eslabón para soporte del motor	40
2.2.6.	Base cilíndrica del soporte del motor	41
2.2.7.	Tablero de instrumentos	41
2.2.8.	Planos del banco soporte.	42
2.3.	Programación de Arduino y aplicación móvil.	42
2.3.1.	Proceso para la implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth.	42
CAPÍTULO 3		46
3. Resultados obtenidos en la implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth aplicado a un motor HYUNDAI (H100) modelo D4BX.		46
3.1.	Resultados en el reacondicionamiento del motor diésel modelo D4BX.	46
3.1.1.	Resultados Check List después del reacondicionamiento.	46
3.1.2.	Resultado después del reacondicionamiento en el sistema de alimentación. 47	
3.1.3.	Resultado después del reacondicionamiento en el sistema de refrigeración. 48	
3.1.4.	Resultado después del reacondicionamiento en el sistema de aire.	50
3.1.5.	Resultado después del reacondicionamiento en otros elementos.	50

3.1.6. Resultado después del reacondicionamiento de los componentes internos del motor.	52
3.2. Manufactura del banco soporte.....	53
3.2.1. Proceso de armado del banco motor.	55
3.3. Resultados de la implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth.....	55
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
4.1. CONCLUSIONES.....	63
4.2. RECOMENDACIONES	64
5. ANEXOS	65
Anexo A: Plano Base Pedestal.	65
Anexo B: Plano de la base alargada del motor.	65
Anexo C: Plano del compartimiento de batería y accesorios.	66
Anexo D: Plano estructura reforzada del motor.....	66
Anexo E: Plano de los eslabones de soporte del motor.	67
Anexo F: Plano de la base cilíndrica de soporte del motor.	67
Anexo G: Plano tablero de instrumentos.	68
Anexo H: Proceso de manufactura del banco soporte.	68
Anexo I: Proceso de pintura del banco soporte.	69
Anexo J: Proceso de manufactura final del banco soporte.....	69
Anexo K: Proceso de manufactura tablero de instrumentos.	70
Anexo L: Cambio de empaques nuevos en el cabezote del motor.	70
Anexo M: Pistones en mal estado.....	70
Anexo N1: Instalación manómetros.	71
Anexo N2: Instalación manómetro de rpm.....	71
Anexo O1: Evidencias reacondicionamiento.....	72
Anexo O2: Evidencias reacondicionamiento.....	72
Anexo P: Programación app móvil.....	73
Anexo Q: Guía práctica.	77
Anexo R1: Presupuesto Trabajo de titulación banco soporte motor.	83
Anexo R2: Presupuesto Trabajo de titulación reacondicionamiento y control digital.	84
6. BIBLIOGRAFIA	85

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación de la UPS.....	9
Ilustración 1-1: Ciclo diésel teórico:	13
Ilustración 1-2: Simbología del motor MEC.	14
Ilustración 1-3: Rendimiento térmico en relación a la compresión.....	15
Ilustración 1-4: Fase de admisión.....	16
Ilustración 1-5: Fase de compresión.....	16

Ilustración 1-6: Compresión/Inyección de combustible	16
Ilustración 1-7: Fase de Expansión.....	17
Ilustración 1-8: Fase de escape.....	17
Ilustración 1-9: Motor Hyundai (h100) modelo D4BX	17
Ilustración 1-10: Hyundai Porter primera generación.....	18
Ilustración 1-11: Hyundai Porter segunda generación.....	19
Ilustración 1-12: Hyundai Porter segunda generación remodelación.....	19
Ilustración 1-13: Hyundai Porter tercera generación	19
Ilustración 1-14: Hyundai Porter cuarta generación	20
Ilustración 1-15: Partes del Arduino UNO.....	22
Ilustración 1-16: Lenguaje de programación Delphi.....	22
Ilustración 1-17: Lenguaje C++.....	23
Ilustración 1-18: Lenguaje Java.....	24
Ilustración 1-19: Lenguaje de programación Visual Basic	24
Ilustración 1-20: Partes del módulo bluetooth HC-06.....	25
Ilustración 1-21: Módulo Bluetooth HC-06.....	26
Ilustración 1-22: Led del módulo Bluetooth.....	26
Ilustración 1-23: Vinculación indirecta entre PC y módulo HC-06 mediante Arduino.....	27
Ilustración 1-24: Vinculación directa entre PC y módulo HC-06 mediante conversor USB-Serial.....	27
Ilustración 2-1: Cañería de baja presión.....	29
Ilustración 2-2: Cañería de alta presión.....	29
Ilustración 2-3: Tanque de Combustible.....	30
Ilustración 2-4: Retorno de combustible.....	30
Ilustración 2-5: Solenoide de Paro.....	31
Ilustración 2-6: Tapa de radiador.....	31
Ilustración 2-7: Cañería de retorno de agua.....	32
Ilustración 2-8: Tapa de llenado de aceite.....	32
Ilustración 2-9: Múltiple de admisión sin filtro de aire.....	32
Ilustración 2-10: Válvula PCV.....	33
Ilustración 2-11: Bujías de precalentamiento.....	33
Ilustración 2-12: Sistema de escape.....	33
Ilustración 2-13: Bayoneta de aceite.....	34
Ilustración 2-14: Filtro de aceite.....	34
Ilustración 2-15: Pernos de sujeción de la tapa de la culata.....	34
Ilustración 2-16: Base pedestal.....	39
Ilustración 2-17: Base alargada de la estructura.....	39
Ilustración 2-18: Compartimento de batería y accesorios.....	40
Ilustración 2-19: Soporte del motor.....	40
Ilustración 2-20: Eslabón para soporte de motor.....	41
Ilustración 2-21: Base cilíndrica del soporte del motor	41
Ilustración 2-22: Tablero de instrumentos.....	42
Ilustración 2-23: Desarrollo de la interfaz del APK móvil	43
Ilustración 2-24: Interfaz del APK móvil.....	43
Ilustración 2-25: Codificación de las señales y bluetooth del Arduino.....	44
Ilustración 2-26: Diagrama de conexión de Arduino al motor D4BX.....	44
Ilustración 2-27: Interfaz de la aplicación móvil.....	45
Ilustración 3-1: Cañería de baja presión.....	47
Ilustración 3-2: Tanque de combustible.....	47
Ilustración 3-3: Cañería de retorno de combustible.....	48
Ilustración 3-4: Termostato.....	48
Ilustración 3-5: Tapa del radiador.....	49
Ilustración 3-6: Cañería de retorno de refrigerante.....	49
Ilustración 3-7: Tapa de llenado de aceite.....	49
Ilustración 3-8: Tubo y filtro de aire.....	50

Ilustración 3-9: Válvula PCV.....	50
Ilustración 3-10: Bujías de precalentamiento JHKT PM-75.....	51
Ilustración 3-11: Tubo de escape.....	51
Ilustración 3-12: Estado del lubricante (aceite).	51
Ilustración 3-13: Manufactura del banco soporte.	53
Ilustración 3-14: Banco soporte de motor.	55
Ilustración 3-15: Placa del módulo bluetooth.....	56
Ilustración 3-16: Sensor de efecto hall para medir los RPM.....	56
Ilustración 3-17: APK Mando Motor.	56
Ilustración 3-18: Instalación del APK.	57
Ilustración 3-19: Permisos de la App.	57
Ilustración 3-20: Interfaz de la App Mando Motor.....	58
Ilustración 3-21: Interfaz de la aplicación móvil.	58
Ilustración 3-22: Encendido y apagado del bluetooth.....	59
Ilustración 3-23: Permiso de activación de bluetooth.....	59
Ilustración 3-24: Estado encendido de bluetooth del dispositivo móvil.....	60
Ilustración 3-25: Estado apagado de bluetooth del dispositivo móvil.....	60
Ilustración 3-26: Selección del dispositivo a enlazase.....	61
Ilustración 3-27: Botón de encendido del motor diésel.	61
Ilustración 3-28: Manómetro de rpm del motor.....	62

Índice de tablas

Tabla 1-1: Componentes del motor (MEC).	11
Tabla 1-2: Simbología del motor MEC.	14
Tabla 1-3: Diferencias entre el motor MEP y MEC.	15
Tabla 1-4: Especificaciones del motor Hyundai (h100) modelo D4BX.	18
Tabla 1-5: Tipo y alcance del sistema de bluetooth.....	20
Tabla 1-6: Ventajas y desventajas de C++.	23
Tabla 2-1: Check List.....	28
Tabla 2-2: Compresión del motor D4BX.	35
Tabla 2-3: Manómetros utilizados en el proyecto.....	36
Tabla 2-4: Bujías de precalentamiento	37
Tabla 2-5: Resistencias de las bujías de precalentamiento.	38
Tabla 3-1: Resultados Check List después del reacondicionamiento	46
Tabla 3-2: Manómetros utilizados en el proyecto.....	52
Tabla 3-3: Piezas del banco soporte.	54

INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica se ha incrementado de tal forma que en la actualidad es más común utilizar sistemas electrónicos para facilitar el diagnóstico y análisis de fallos en los motores MEC y MEP. Por lo tanto, al implementar un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil, nos puede otorgar beneficios en un mejor análisis de datos y un aprendizaje más interactivo del funcionamiento del motor, potenciando la calidad de estudio y generando nuevas herramientas de trabajo que facilite la obtención de datos a los usuarios.

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad implementar un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth aplicado a un motor Hyundai (h100) modelo D4BX. Por lo cual, se deberá utilizar un lenguaje de programación Delphi, donde la aplicación móvil se diseñará con los datos correspondientes, información y conceptualización de parámetros geométricos del motor a diésel de dicha experimentación.

PROBLEMA

En el taller de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se encuentra un motor diésel Hyundai D4BX, mismo que ha sido seleccionado para ser implementado un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth. Es así, que el aprendizaje actual en la asignatura de Motores de Encendido por Compresión, requiere de bancos didácticos (Objetos Renovables de Aprendizaje) con un plus tecnológico que permita en los estudiantes un mejor desarrollo de destrezas en el diagnóstico de motores.

ANTECEDENTES

Actualmente se cuenta con una gran variedad de aplicaciones móviles en internet que se enfocan al campo de la automoción, las mismas dan a conocer ciertos parámetros que son sumamente básicas en el estudio de la mecánica. Sin embargo, hay aplicaciones que tienen como objetivo ayudar al usuario a encontrar posibles formas de estudio de un motor, pero en el campo educativo no se cuenta con aplicaciones móviles que generen un nivel de enseñanza más interactivo y de calidad, por tal motivo se pretende generar un campo más amplio en cuanto al aprendizaje del funcionamiento del motor diésel mediante interacciones a tiempo real, fomentando un mayor interés en el estudiante.

IMPORTANCIA Y ALCANCES

El diseño de la aplicación móvil es una herramienta que nos permite estudiar las variables de estudio como la temperatura de refrigeración, revoluciones del motor, nivel de combustible; este proyecto va dirigido a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz; en la cual, la aplicación móvil permitirá acceder a la información necesaria en base a las variables de estudio, permite revisar el funcionamiento de sensores, actuadores y del motor en sí a tiempo real para así fortalecer los conocimientos de los estudiantes, además se podrá tener acceso a la aplicación móvil durante tiempo indefinido el cual permite al usuario mantener una interacción más intuitiva con el motor diésel.

DELIMITACIÓN

Delimitación temporal

El tiempo para ejecutar el proyecto establecido es en el mes de octubre del 2022, con la finalidad de desarrollar una aplicación móvil para Android como una herramienta didáctica para las variables del motor diésel, cumpliendo el mismo durante un periodo académico de seis meses.

Delimitación académica

El presente proyecto se debe cumplir acorde a los parámetros establecidos por la Universidad Politécnica Salesiana, mediante información bibliográfica encontrada en textos, artículos académicos, artículos científicos; que nos permitan tener la suficiente información para el desarrollo de la aplicación móvil.

Delimitación geográfica

Este trabajo de titulación hace referencia a la formación de estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Ubicada en las calles Av. Turuhuayco 3-69 y calle vieja 12-13. Para la implementación del sistema de encendido y la creación de una aplicación móvil para el monitoreo digital del motor Hyundai D4BX.



Ilustración 1: Ubicación de la UPS.

Fuente: Google Maps.

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth aplicado a un motor Hyundai (h100) modelo D4BX.

Objetivos Específicos

- Establecer el marco teórico mediante una revisión bibliográfica para la selección de las variables de estudio cómo temperatura de refrigeración, revoluciones del motor, nivel de combustible.
- Realizar el reacondicionamiento del motor Hyundai D4BX Diésel mediante diagnósticos previos para verificar el estado y funcionabilidad del mismo, para posteriormente implementar un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil, adaptando los instrumentos necesarios para su óptima funcionalidad respectivamente con un cronograma de actividades.
- Elaborar los Objetos Renovables de Aprendizaje con la implementación de recursos de enseñanza digitales para el motor Hyundai D4BX Diésel.

CAPÍTULO 1

1. Fundamentación teórica

1.1. Motores de encendido por compresión (MEC)

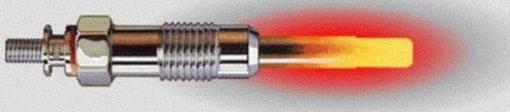
Se denomina al motor diésel, el cual para su funcionamiento necesita trabajar con elevadas temperaturas debido a la compresión del aire que se da en el interior de los cilindros. El encendido de la mezcla aire - combustible se da en frío con ayuda de bujías de precalentamiento, pero si el cilindro ya cuenta con elevada temperatura se genera un autoencendido debido a la compresión del aire. La inyección y pulverización de combustible en el cilindro se da a elevada presión, se dosifica el diésel con altas temperaturas y presiones quemando el gas formado dentro de los cilindros dándose la fase de explosión. El pistón tiene un movimiento lineal que por medio de la biela lo transmite hacia el cigüeñal, produciendo un movimiento rotatorio que posteriormente pasará al sistema de transmisión. (Pacheco, 2007)

1.1.1. Componentes del motor (MEC)

Tabla 1-1: Componentes del motor (MEC).

Fuente: (Vicente, 1987)

Componente	Descripción	Imagen
Eje de levas	Es un eje con varias levas con diferente orientación que mueve las válvulas.	
Culata	Elemento ubicado en la parte superior del motor, aloja válvulas, bujías entre otros, sirve como tapa del cilindro	
Válvulas	Las válvulas se alojan en la culata, son de diferente diámetro y permiten el ingreso y salida de los gases	

<p>Bloque del motor</p>	<p>Alojan los cilindros, pistones, segmentos, bielas y además sirve cómo soporte del cigüeñal</p>	
<p>Segmentos</p>	<p>Son anillos del pistón mismos que recorren movimiento lineal dentro del cilindro</p>	
<p>Biela</p>	<p>Transmite movimiento del pistón al cigüeñal</p>	
<p>Pistón</p>	<p>Transmite el movimiento producido por la combustión al cigüeñal y convertirlo en trabajo.</p>	
<p>Cigüeñal</p>	<p>Es un eje que cuenta con contrapesos y transforma el movimiento lineal en rotatorio</p>	
<p>Volante de inercia</p>	<p>Permite pasar el movimiento hacia el sistema de transmisión</p>	
<p>Cárter</p>	<p>Almacena liquido lubricante del motor (aceite)</p>	
<p>Bujías de precalentamiento</p>	<p>Permiten arrancar un motor diésel en frio, pero si el motor ya está con temperaturas elevadas se genera un autoencendido debido a la compresión del aire.</p>	

1.1.2. Funcionamiento del motor (MEC)

El motor diésel realiza un ciclo cerrado que utiliza el aire con una mayor presión en sistemas sobrealimentados y el combustible inyectado enciende la mezcla, por lo que el fluido realiza lo siguiente:

Cuándo el pistón está en el PMI, admite una cierta cantidad de aire y cuando el pistón sube al PMS la temperatura incrementa y se inyecta combustible pulverizado produciendo la combustión a presión constante, después entrega el trabajo cuando el pistón va nuevamente al PMI y elimina los gases combustionados cuando retorna al PMS, prácticamente se da las fases de funcionamiento del motor que son : admisión, compresión, explosión/expansión, escape al dar dos vueltas del cigüeñal ya que se trata de un motor de cuatro tiempos.

El motor MEC para un óptimo funcionamiento necesita absorber aire en mayor cantidad para compensar la mezcla, por lo que no se requiere regular el ingreso de aire al variar el ralentí y la carga. (Payri, 2011)

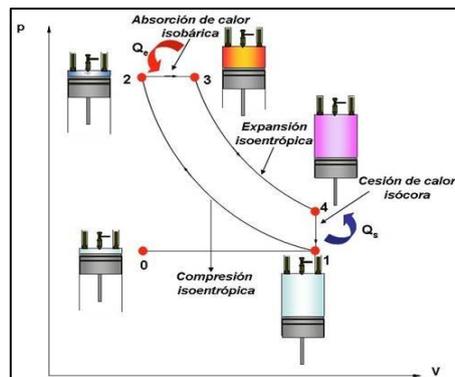


Ilustración 1-1: Ciclo diésel teórico:
Fuente: (Navarrof.orgfree.com, 2012)

1.1.3. Simbología del motor (MEC)

Es de gran importancia conocer la simbología utilizada para reconocer las especificaciones, datos, etc. de los motores diésel. (Kates, 2021)

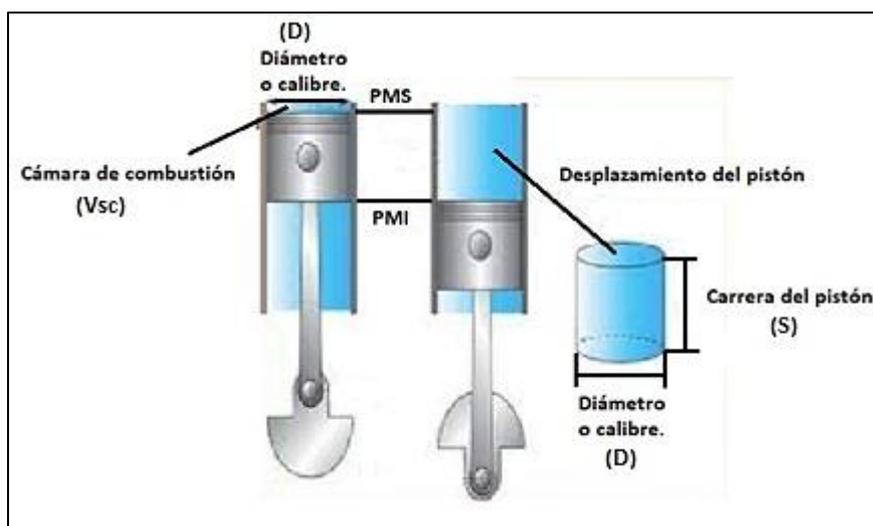


Ilustración 1-2: Simbología del motor MEC.

Fuente: (González C. V., 2015)

Tabla 1-2: Simbología del motor MEC.

Fuente: (Solano, 2011)

Simbología	Definición
D	Diámetro del cilindro (m)
S	Carrera del pistón (m)
pm	Presión media efectiva (Kg/cm^2)
n	Revoluciones por minuto (rpm)
N	Potencia efectiva (HP)
Ni	Potencia indicada (HP)
r	Rendimiento mecánico del motor
A	Área del cilindro (m^2)
pmi	Presión media indicada del ciclo (Kg/cm^2)
PMS	Punto muerto superior.
PMI	Punto muerto inferior.
V_{sc}	Volumen de la cámara de combustión

1.1.4. Rendimiento térmico del motor (MEC)

El rendimiento térmico indica la transformación del calor a trabajo, y se expresa cómo una magnitud denominada (consumo específico).

El rendimiento térmico del motor generalmente cambia por el régimen y la carga, comúnmente el régimen del par máximo es el mayor valor del rendimiento térmico, dicho de otra manera, a plena carga. "A mayor relación de compresión, mayor rendimiento". (Pacheco, 2007)

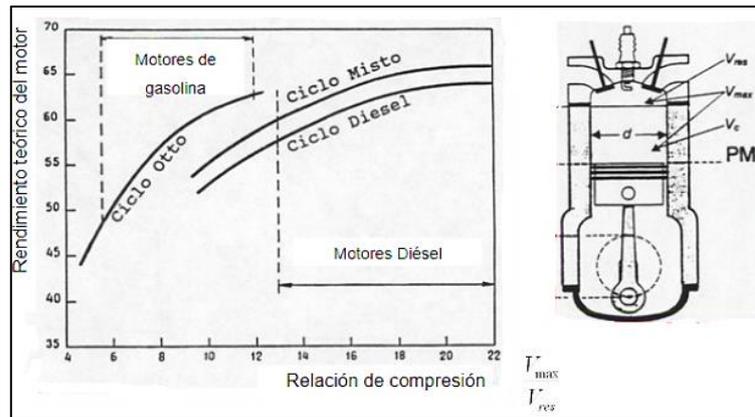


Ilustración 1-3: Rendimiento térmico en relación a la compresión.

Fuente: (Sousa, 2014)

1.1.5. Modo de trabajo del motor (MEC)

La diferencia común entre un motor MEP y un motor MEC es el modo de encendido de la mezcla, por lo cual en motores Otto se requiere de una chispa para encenderla dentro de la cámara de combustión, pero en motores MEC se necesita de elevadas presiones y altas temperaturas para lograr combustionar la mezcla. (Kates, 2021)

A continuación, se presenta las diferencias más relevantes entre los motores MEP y MEC, las cuales podemos apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 1-3: Diferencias entre el motor MEP y MEC.

Fuente: (Kates, 2021)

Diferencias entre los motores a diésel y gasolina		
Características	Motor MEP	Motor MEC
Encendido	Utiliza chispa para el encendido, usa bobina o magneto.	No tiene sistema de encendido.
Carburación	Usa carburador o inyector para generar la mezcla aire combustible antes de ingresar al cilindro.	No usa carburador y los cilindros se llenan únicamente con aire.
Inyección de combustible	Utiliza electrobomba de alimentación de combustible e inyectores y en ciertos casos utiliza carburador mecánico.	Utiliza bomba de inyección e inyectores para dosificar el combustible dentro del cilindro a presiones elevadas, cada cilindro tiene un inyector.

- **Admisión**

En esta fase de funcionamiento, el motor diésel necesita aspirar únicamente aire.

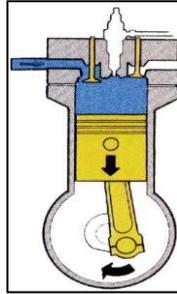


Ilustración 1-4: Fase de admisión

Fuente: (Payri, 2011)

- **Compresión**

En esta fase, el aire se comprime a elevadas presiones, por lo que la temperatura del mismo se eleva considerablemente.

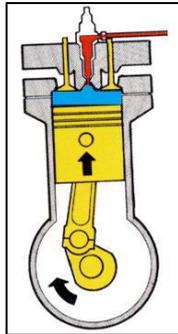


Ilustración 1-5: Fase de compresión

Fuente: (Payri, 2011)

- **Inyección de combustible.**

Una vez llegado la etapa de compresión, se inyecta el combustible pulverizado para lograr obtener la mezcla óptima. Prácticamente, el aire llega a obtener una temperatura considerable, por lo que el combustible se quemará gradualmente dándose así un autoencendido de la mezcla.

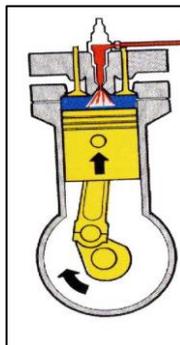


Ilustración 1-6: Compresión/Inyección de combustible

Fuente: (Payri, 2011)

- **Expansión**

Una vez encendida la mezcla aire – combustible, esta permite generar un trabajo mediante el movimiento del pistón desde el PMS al PMI, lo cual se transmite al cigüeñal y lo transforma en movimiento rotatorio.

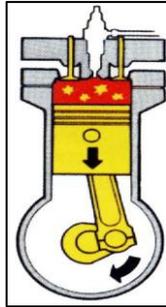


Ilustración 1-7: Fase de Expansión

Fuente: (Payri, 2011)

- **Escape**

Una vez combustionado los gases dentro del cilindro, este pasa a ser expulsado por la válvula de escape, es decir cuando el pistón se mueve del PMI al PMS, repitiendo el ciclo Diésel.

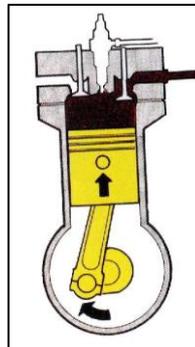


Ilustración 1-8: Fase de escape

Fuente: (Payri, 2011)

1.2. Motor Hyundai (H100) modelo D4BX

1.2.1. Datos técnicos

El vehículo Hyundai motor modelo D4BX, fue creado en el año 1977 para la comercialización de la buseta Porter. (Frwiki, 2015)



Ilustración 1-9: Motor Hyundai (h100) modelo D4BX

Fuente: Los autores

El motor Hyundai (h100) modelo D4BX tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 1-4: Especificaciones del motor Hyundai (h100) modelo D4BX.

Fuente: (Hyundai, 2010)

Elementos	Especificaciones
Clase	En línea
N° de cilindros	4
Sistema de válvulas	OHC
Cilindrada	2476cc
Calibre	91,1mm
Carrera	95mm
Potencia	126 CV
Par máximo	1500 Nm a 3250 rpm
Relación de compresión	21: 1
Válvula de admisión (abierta)	20 ⁰
Válvula de admisión (cerrada)	48 ⁰
Válvula de escape(abierta)	54 ⁰
Válvula de admisión escape(abierta)	22 ⁰
Orden de encendido	1-3-4-2

1.2.2. Aplicaciones

El motor Hyundai modelo D4BX fue de gran relevancia se comercializa desde el año 1977, su principal aplicación es la camioneta conocida con el nombre de Hyundai Porter con sus cuatro generaciones.

1.2.3. Hyundai Porter primera generación

La primera generación se originó en el año 1977 tenía el nombre de HD1000 y estaba disponible en versiones de camioneta y minibús.



Ilustración 1-10: Hyundai Porter primera generación.

Fuente: (Frwiki, 2015)

1.2.4. Hyundai Porter segunda generación

La segunda generación se originó a partir del año de 1986 pero con una licencia propia de la empresa que se había construido solo en versión camioneta.



Ilustración 1-11: Hyundai Porter segunda generación.
Fuente: (Frwiki, 2015)

La segunda generación tuvo un avance, posteriormente entre sus principales diferencias fue el motor de cuatro cilindros llevo el nombre de Cyclone D4BX.



Ilustración 1-12: Hyundai Porter segunda generación remodelación.
Fuente: (Frwiki, 2015)

1.2.5. Hyundai Porter tercera generación

La tercera generación recibió el nombre de New Porter se lanzó en el año de 1996 utilizando el mismo motor de la segunda generación Cyclone D4BX y tenía cambios en su carrocería.



Ilustración 1-13: Hyundai Porter tercera generación
Fuente: (Frwiki, 2015)

1.2.6. Hyundai Porter cuarta generación

La cuarta generación tiene el nombre de Porter II disponible en cabina simple o cabina doble su principal característica es el motor con un rendimiento más exitoso que llega a una cilindrada de 2476cc potencia de 126 CV a 3800 rpm y un par máximo de 1500 Nm. a 3250.



Ilustración 1-14: Hyundai Porter cuarta generación
Fuente: (Frwiki, 2015)

1.3. Aplicación móvil

Las aplicaciones móviles están presentes en todo equipo inteligente como smartphone, ordenadores, vehículos, etc.

Los dispositivos digitales en su gran mayoría utilizan el sistema bluetooth debido a que pueden sincronizar de manera más rápida y sencilla.

1.3.1. Bluetooth

El sistema bluetooth permite una conexión inalámbrica mediante modulación de ondas electromagnéticas, es decir que su alcance es de 2.4 GHz. Esta tecnología permite compartir datos mediante ondas de radiofrecuencia. (Tecnología Informática, 2010)

El sistema bluetooth puede ser:

- Dispositivo de radiofrecuencia y módulo de señal.
- Controlador digital.

Los datos que se pueden compartir pueden tener velocidades de hasta 1 Mb por segundo con un alcance de conexión estándar de 10 metros o depende del tipo que se esté utilizando:

Tabla 1-5: Tipo y alcance del sistema de bluetooth.
Fuente: (Tecnología Informática, 2010)

Tipo 1	Alcance: 100 mts
Tipo 2	Alcance: 10 mts
Tipo 3	Alcance: 1 mts

1.3.2. Android

Es un sistema operativo que está presente en la mayoría de los dispositivos inteligentes, además esta plataforma tiene un interfaz de fácil manipulación y amigable con el usuario.

De igual forma, son personalizables y de código libre lo cual permite programar apps para Android, también puede trabajar con varias aplicaciones a la vez siendo un sistema operativo multifunción.

Android cuenta con varias actualizaciones para su sistema operativo, que permite obtener mejoras de seguridad, ahorro de batería, nuevas actualizaciones en los datos de las aplicaciones, permite interactuar con Google Play, correo electrónico, etc. (AZONE, 2013)

1.3.3. Arduino

Es un microcontrolador que cuenta con una plataforma de código abierto que permite realizar conexiones mediante vía USB, además interactúa con varios lenguajes como: Java, C++, Visual Basic, Delphi, entre otros.

El funcionamiento de la placa Arduino es transmitir información hacia el microcontrolador, el cuál procesa los datos y lo muestra en un interfaz de salida que es una pantalla, altavoz, etc. (González A. G., 2015)

- **Partes del Arduino**

- Pines de la placa (entrada analógica y digital)
- Salidas de la placa (envío de señales)
- Pines: GND (tierra), 5V, 3.3V, pines REF, etc.
- Pin de alimentación (7 a 12 V)
- Puerto USB
- Shields o pantallas LCD, relé, WI-FI, Bluetooth, etc.

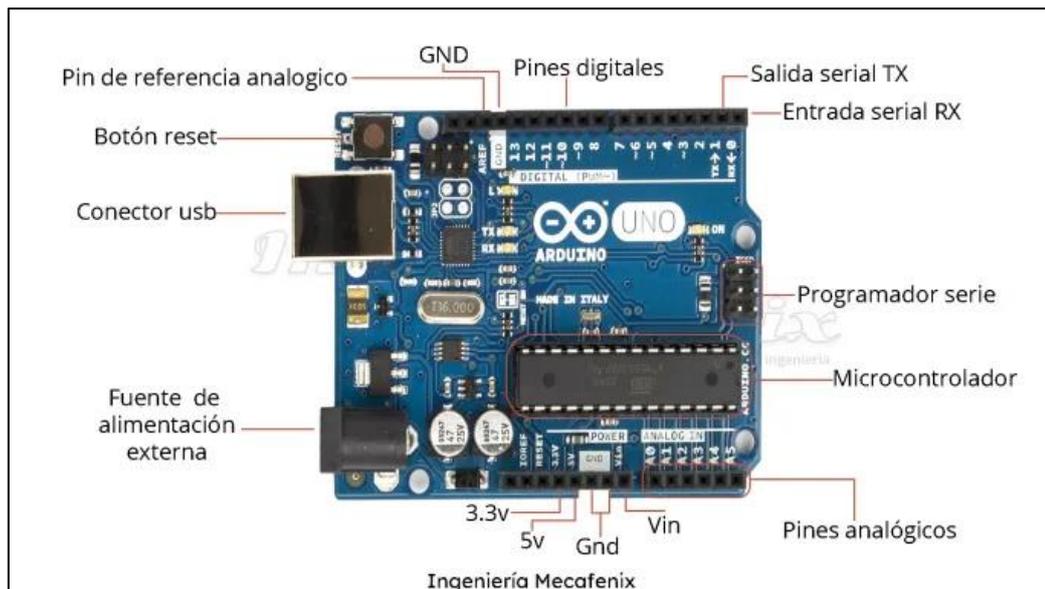


Ilustración 1-15: Partes del Arduino UNO.

Fuente: (Ingengería Mecafenix, 2017)

1.3.4. Tipos de Lenguajes para programación de apps.

- **Lenguaje de programación Delphi**

Delphi permite desarrollar un sistema flexible y potente, porque interpreta un lenguaje de tipo Object Pascal. Además, interactúa con varias herramientas de sencilla escritura de código y diseño. Actualmente Delphi cuenta muchas versiones que permiten manejar: interfaz, ventanas, menú de opciones, etc.

La ventaja es que se orienta a objetos, como son: fichas, botones, listas, entre otros.

Por otra parte, Delphi cuenta con lo siguiente:

- **Compilador:** es el ejecutable.
- **Librería:** Es una librería de tipo (VCL) “clases”
- **IDE:** Ambiente de Desarrollo Integrado.

Este programa permite almacenar aplicaciones con archivos de extensión (.dpr), el cual es el proyecto, registros (.dfm) guarda los formularios. (Lenguajes de Programación, 2016)



Ilustración 1-16: Lenguaje de programación Delphi.

Fuente: (TUSOLUTIONWEB, 2018)

- **Lenguaje de programación C++**

El lenguaje C++ se deriva del lenguaje C, el cual permite generar una programación en un alto nivel, debido a que es potente y se mantiene actualizado. Comúnmente es muy utilizado en la programación de videojuegos junto a otro lenguaje llamado Unity.

C++ fue desarrollado por la década de los 80, por Bjarne Stroustrup, con la finalidad de poder obtener los mecanismos suficientes para poder operar los programas con mayor eficacia. Además, tiene prototipos de programación orientada y diseñada para objetos, lo que lo convierte en un multiparadigma. (Robledano, 2019)



Ilustración 1-17: Lenguaje C++.
Fuente: (Robledano, 2019)

- **Pros y contras de C++**

Tabla 1-6: Ventajas y desventajas de C++.
Fuente: (Robledano, 2019)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Gran rendimiento ya que puede llamar directamente al sistema operativo, posee varios métodos para optimizar datos. - Lenguaje actualizado lo que permite diseñar, relacionar y operar datos complejos con varios modelos de diseño. - Multifunción. - Derivado de C y C++, cuentan con lenguajes escritos en programas o sistemas operativos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posee varias líneas de código por lo que es muy extenso y complejo. - Compilación y depuración complicada debido a errores. - Librerías complejas a comparación con otros lenguajes de programación.

- **Lenguaje de programación Java**

Java se orienta a una plataforma independiente, fue desarrollado con el fin de crear páginas web, dicha programación tiene una gran cantidad de similitudes que lo caracteriza cómo el lenguaje C y C++, este lenguaje es de fácil captación por un programador que tiene conocimiento en este tipo de programas, también permite realizar diferentes trabajos

que principalmente son: aplicaciones que van a funcionar en un navegador, que generalmente son programas pequeños con objetivos determinados.

Otro beneficio, es el desarrollo de programas de metodología independiente, es decir que se va realizar procesadores de palabras, hojas de cálculos para apps con gráficas.

Este lenguaje ayuda a crear proyectos de cliente servidor, pseudocódigo distribuido siendo capaz de enlazar dos o más ordenadores que van a realizar tareas de manera sincronizada y con esta metodología de funcionamiento lograr distribuir el trabajo que va realizar. (Lenguajes de Programación, 2016)



Ilustración 1-18: Lenguaje Java.
Fuente: (1000marcas, 2022)

- **Lenguaje de programación Visual Basic**

Visual Basic se caracteriza por ser una metodología muy amigable con los programadores para el desarrollo de apps para Microsoft.

La metodología que utiliza Visual Basic para desarrollar la interfaz gráfica permite realizar cualquier programa, con tecnología ActiveX, además proporciona procesos ilimitados para el desarrollo de apps en sitios web.

Para programar utiliza métodos de simplificación cuando son pseudocódigos extensos cómo proyectos, formularios, puntillas de objetos, control personalizado y un gestor de almacenamiento de datos. (Lenguajes de Programación, 2016)



Ilustración 1-19: Lenguaje de programación Visual Basic
Fuente: (1000marcas, 2022)

1.4. Módulo bluetooth.

Son dispositivos electrónicos que permiten conectar inalámbricamente un Arduino a teléfonos inteligentes, ordenadores, Tablet, etc., donde los datos son transferidos de forma transparente por el programador.

Los módulos bluetooth trabajan como maestro y esclavo, en otras palabras, uno envía la orden y el otro la interpreta, en el caso del módulo HC-06 trabaja como un módulo de tipo esclavo y ejecuta las ordenes, mientras que un módulo de tipo HC-05 trabaja como maestro y envía las ordenes al otro dispositivo. (Naylamp Mechatronics SAC, 2021).

1.4.1. Módulos bluetooth HC-06.

Existen varios tipos de módulos bluetooth, como el HC-06 que cuenta con 4 pines por lo que se usa como microcontrolador (ver Ilustración 1-20) y cuenta con lo siguiente:

- Conexión sencilla mediante comando AT a través de puerta serie.
- Comando de voz y datos mediante red inalámbrica WPAN.

Los módulos de tipo HC-06 se colocan con una interfaz de 4 pines de conexión que son:

- VCC “Voltaje en corriente continua”.
- GND “Tierra”.
- TXD “Transmisor”.
- RXD “Receptor”.

Cuenta con un led que indica el emparejamiento del módulo con algún dispositivo externo, además las descripciones estándar son de 2.0 a 2.4 GHz, el cual es compatible con Arduino y PIC, smartphones Android, pero no es compatible con iPhone. (El Octavo Bit, 2020)



Ilustración 1-20: Partes del módulo bluetooth HC-06.
Fuente: (El Octavo Bit, 2020)

1.4.2. Funcionamiento del módulo bluetooth.

El módulo bluetooth cuenta con las siguientes funciones:

- Conexión y enlace inalámbrico.
- Perfil WSP “Wireless Serial Port”.
- Configuraciones Master o Slave.
- Compatible con Arduino, PIC, Atmel, etc., con conexión inalámbrica con PC.
- Funcionamiento en modo operacional.
- **Slave o esclavo:** es el módulo que recepta la información y las ejecuta, es decir que espera la orden del master.
- **Host o master:** es el módulo maestro que permite generar las órdenes y se comunica con el esclavo o Slave.
- **Host/Slave:** Funcionan como los dos tipos, mediante configuración AT.



Ilustración 1-21: Módulo Bluetooth HC-06.
Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2021)

1.4.3. Constitución del módulo bluetooth.

El módulo está sobrepuesto sobre una interfaz que está constituida de cuatro pines para las conexiones respectivas: Vcc, Gnd, Txd, y Rxd, adicionalmente son implementados por una señal led para verificar la conexión del módulo bluetooth, cuando la luz parpadea indica una desvinculación o no emparejado, pero si este permanece activo significa que existe vinculación entre dispositivos o esta emparejado. (Naylamp Mechatronics SAC, 2021)

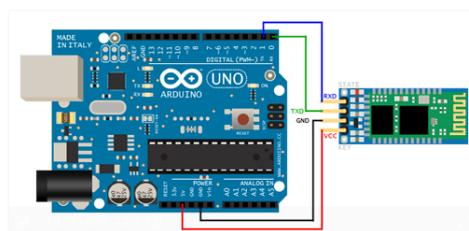


Ilustración 1-22: Led del módulo Bluetooth
Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2021)

1.4.4. Modos de trabajo del módulo HC-06 mediante códigos AT.

- **Modo AT.**

Representa un modo de trabajo desconectado, por lo que tendrá un led que estará parpadeando indicando la desconexión.

- **Modo conectado o enlazado.**

Representa una vinculación a otro dispositivo bluetooth, y tendrá un led encendido indicando la conexión inalámbrica.

El pin RX transmite datos al dispositivo conectado y el pin TX devuelve los datos recibidos todo esto lo realiza mediante la interpretación de los comandos utilizados por el programador, cabe recalcar que el modelo HC-06 no interpreta comandos AT.

- **Vinculación con PC y módulo HC-06**

Para la vinculación se puede utilizar el programa Arduino, por lo que se puede hacer la conexión inalámbrica mediante dos formas:

- Vinculación indirecta entre PC y módulo HC-06 mediante Arduino



Ilustración 1-23: Vinculación indirecta entre PC y módulo HC-06 mediante Arduino.

Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2021)

- Vinculación directa entre PC y módulo HC-06 mediante conversor USB-Serial

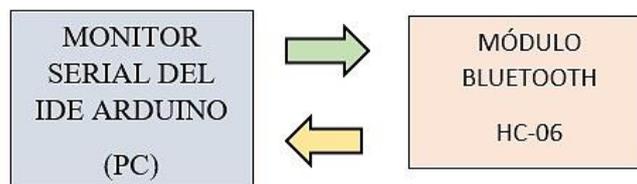


Ilustración 1-24: Vinculación directa entre PC y módulo HC-06 mediante conversor USB-Serial.

Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, 2021)

CAPÍTULO 2

2. Reacondicionamiento e implementación del sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil.

2.1. Reacondicionamiento del motor diésel modelo D4BX.

El motor seleccionado para realizar el reacondicionamiento y la experimentación es un motor MEC, modelo D4BX de Hyundai, en el cual, para su proceso de preparación, se realizan diagnósticos preventivos para posteriormente implementar el control del sistema de encendido y control electrónico mediante aplicación móvil.

Para iniciar con el proceso de reacondicionamiento, primeramente, se procede a realizar “Check List” las cuales nos brindan una información del estado inicial del motor.

2.1.1. Check List e inspección visual inicial.

A continuación, se realiza un listado en donde se podrá observar el estado actual del motor diésel y así proceder con su respectivo reacondicionamiento y preparación para la implementación del sistema de encendido y control electrónico.

Tabla 2-1: Check List.

Fuente: Los autores.

<i>Motor</i>	Diésel	<i>Modelo</i>	D4BX	<i>VIN</i>	D4BXM282597
<i>Sistema</i>	No Tiene	SI TIENE			
		Malo	Regular	Bueno	
<i>Sistema de alimentación</i>					
Cañería de baja presión			✓		
Cañería de alta presión					✓
Tanque de combustible			✓		
Cañerías de retorno de combustible					✓
Solenoides de paro					✓
<i>Sistema de refrigeración</i>					
Termostato	✓				
Tapa del radiador				✓	
Cañería de retorno de agua	✓				
Tapa de llenado de aceite			✓		
<i>Sistema de admisión de aire</i>					
Filtro de aire	✓				
Válvula PCV			✓		
<i>Otros elementos</i>					
Bujías de precalentamiento			✓		
Sistema de escape				✓	
Estado de lubricante (aceite)			✓		
Filtro de aceite				✓	
Pernos de sujeción de la tapa de la culata.				✓	

2.1.2. Sistema de alimentación.

- **Cañería de baja presión.**

El motor cuenta con una cañería de baja presión regular, quiere decir que se necesita cambiar las cañerías por unas nuevas y así obtener un mejor funcionamiento de estas al momento de encender el motor diésel. Cabe mencionar que su función es la de conducir el combustible del tanque a la bomba de inyección, caso contrario regresar el diésel al depósito como cañería de retorno.

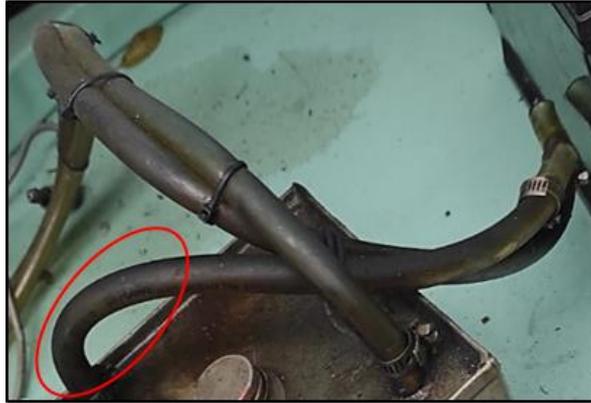


Ilustración 2-1: Cañería de baja presión.

Fuente: Los autores.

- **Cañería de alta presión.**

El motor cuenta con una cañería de alta presión buena, por lo que puede tener un óptimo funcionamiento sin inconveniente alguno. Su función principal es la de enviar el combustible desde la bomba de inyección hacia los inyectores del motor.



Ilustración 2-2: Cañería de alta presión.

Fuente: Los autores.

- **Tanque de combustible.**

El motor cuenta con un tanque regular, debido a que es muy pequeño para ser utilizado por el motor diésel, además es necesario cambiarlo por uno más grande y nuevo.



Ilustración 2-3: Tanque de Combustible.

Fuente: Los autores.

- **Cañerías de retorno de combustible.**

El motor cuenta con un retorno de combustible regular, debido a que es muy pequeño para ser utilizado por el motor diésel, además es necesario cambiarlo por uno más grande y nuevo.



Ilustración 2-4: Retorno de combustible.

Fuente: Los autores.

- **Solenoides de paro.**

El motor cuenta con un solenoide de paro bueno, se ubica en la bomba de combustible y gracias a este elemento se podrá permitir la puesta en marcha y apagado del motor.



Ilustración 2-7: Cañería de retorno de agua.

Fuente: Los autores.

- **Tapa de llenado del aceite.**

El motor cuenta con una tapa de aceite *malo*, por lo que es necesario reemplazarlo por uno nuevo o cambiar el caucho retén interno debido a que se encuentra con excesivo desgaste y no cierra correctamente en la tapa de la culata del motor.



Ilustración 2-8: Tapa de llenado de aceite.

Fuente: Los autores.

2.1.4. Sistema de admisión de aire.

- **Múltiple de admisión**

No tiene un filtro de aire por lo que es necesario adquirir y agregarlo para que el motor pueda funcionar óptimamente, además es fundamental estos elementos para que no ingrese impurezas dentro del motor.



Ilustración 2-9: Múltiple de admisión sin filtro de aire.

Fuente: Los autores.

- **Manguera de aireación de la tapa de válvulas**

El motor cuenta con un respiradero *malo*, por lo que es necesario cambiarlo por uno nuevo debido a que está deteriorado, esta válvula permite que los vapores pasen en una sola dirección desde el cárter hasta el colector de admisión del motor.



Ilustración 2-10: Válvula PCV.

Fuente: Los autores.

2.1.5. Otros elementos.

- **Bujías de precalentamiento**

El motor cuenta con bujías de precalentamiento en estado *malo*, por lo que es necesario cambiarlas por nuevas, debido a que su tiempo de calentamiento es elevado y sus resistencias son muy elevadas. Además, se debe incorporar la placa de conexión eléctrica de las bujías para un mejor funcionamiento de estas (Ver tabla 2-4).



Ilustración 2-11: Bujías de precalentamiento.

Fuente: Los autores.

- **Sistema de escape**

El motor cuenta con un sistema de escape *regular*, quiere decir que se requiere alargar la salida del escape porque la que cuenta actualmente es de disensión corta.



Ilustración 2-12: Sistema de escape.

Fuente: Los autores.

- **Estado del lubricante (Aceite)**

Malo por lo que el cárter cuenta con un nivel bajo de líquido lubricante, la coloración es negra y el estado es deteriorado, además es necesario adquirir y agregar nuevo para que pueda lubricarse y disipar el calor de forma óptima y eficiente.



Ilustración 2-13: Bayoneta de aceite.

Fuente: Los autores.

- **Filtro de aceite**

El motor cuenta con un filtro de aceite *regular*, por lo que no presenta deterioro y se puede ser utilizado en el sistema de lubricación.



Ilustración 2-14: Filtro de aceite.

Fuente: Los autores.

- **Pernos de sujeción de la tapa de la culata**

El motor cuenta con pernos de sujeción *regular*, por lo que sirven aun para la estructura y elementos del motor, el estado de los cauchos es malo por lo que deben ser cambiados por nuevos, los pernos están en buenas condiciones para la sujeción de la tapa de la culata.



Ilustración 2-15: Pernos de sujeción de la tapa de la culata

Fuente: Los autores

2.1.6. Pruebas de diagnóstico del motor.

- **Compresión del motor.**

La compresión del motor D4BX se realizó de cada cilindro en orden cronológico para garantizar el correcto funcionamiento haciendo relación al aire y combustible que se mezcla en los cilindros haciendo el diagnóstico, deducimos que la compresión de cada cilindro utilizando el compresómetro está en estado regular porque la compresión que indica el manual de taller es de 200 psi a 495 psi, por lo que se puede deducir que está en el rango establecido según se observa en la tabla 2-2. (HYUNDAI, 1996).

Tabla 2-2: Compresión del motor D4BX.

Fuente: Los autores

No. Cilindro	Compresión del motor	Imagen
Cilindro numero 1	Presión de 200 psi.	
Cilindro numero 2	Presión de 205 psi.	
Cilindro numero 3	Presión de 200 psi.	
Cilindro numero 4	Presión de 205 psi.	

- **Funcionabilidad del tablero de instrumentos.**

Los manómetros o testigos indican en tiempo real el estado de las variables de funcionamiento en el motor cómo: medidor de voltaje, presión de aceite, temperatura de refrigerante, medidor de RPM. Dichos manómetros están en condición malo para su operabilidad según el chequeo realizado.

Tabla 2-3: Manómetros utilizados en el proyecto.

Fuente: Los autores.

Tipo de manómetro	Descripción	Imagen
Medidor de voltaje	Dispositivo analógico que va permite indicar el voltaje de la batería	
Presión de aceite	Dispositivo que va indicar la presión en PSI que entrega la bomba para la circulación en el circuito de lubricación	
Temperatura de refrigerante	Dispositivo que va permitir la visualización de la temperatura en grados centígrados que va en un rango ideal desde los 37°C a 105°C.	

- **Comprobación de las bujías de precalentamiento**

Las cuatro bujías de precalentamiento analizadas del motor D4BX en el banco de pruebas están en estado malo por lo que se va realizar el cambio de estos elementos ya que el promedio de encendido es de 5 a 7 segundos, en las bujías que se está analizando tiene un retraso de 15 segundos por lo que es evidente su deterioro.

Tabla 2-4: Bujías de precalentamiento

Fuente: Los autores

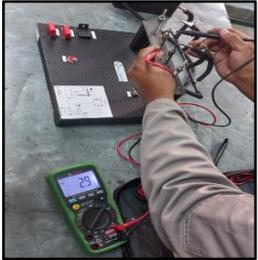
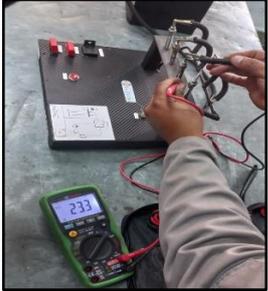
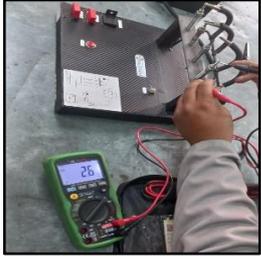
Bujías de Precalentamiento	Descripción	Imagen
Bujía 1	Según el diagnóstico analizado la bujía de precalentamiento 1 tenía un retraso en el encendido de 12 segundos.	
Bujía 2	Según el diagnóstico analizado la bujía de precalentamiento 2 tenía un retraso en el encendido de 17 segundos.	
Bujía 3	Según el diagnóstico analizado la bujía de precalentamiento 3 estaba sobre el rango aceptable de 6 segundos para el encendido.	
Bujía 4	Según el diagnóstico analizado la bujía de precalentamiento 4 tenía un retraso en el encendido de 14 segundos.	

- **Comprobación de las resistencias de las bujías de precalentamiento**

Las cuatro bujías de precalentamiento analizadas en el banco de pruebas, con ayuda del multímetro, se encuentran en estado malo porque la resistencia que indica el manual de taller es de 0 a 1 ohmios, lo que conlleva a realizar el cambio de estos elementos debido a que no está en el rango establecido, reflejando su deterioro, en la siguiente tabla 2-5 se puede observar el estado de cada bujía. (Ver proceso de prueba de resistencia en la tabla 2-5) (HYUNDAI, 1996)

Tabla 2-5: Resistencias de las bujías de precalentamiento.

Fuente: Los autores

Bujías de Precalentamiento	Descripción	Imagen
Bujía 1	En el proceso de diagnóstico se verifico mediante el banco de pruebas que la bujía 1 está fuera del rango establecido por el fabricante, tiene una elevada resistencia de 3.1 ohmios.	
Bujía 2	En el proceso de diagnóstico para la bujía 2 se verifico una elevada resistencia eléctrica de 2.9 ohmios que está fuera del rango establecido por el manual del fabricante.	
Bujía 3	En el diagnóstico de la bujía 3 se verifico de igual manera una elevada resistencia eléctrica de 2.33 ohmios que sobrepasa la resistencia ideal que establece el fabricante.	
Bujía 4	En el diagnóstico para la bujía 4 nos da una resistencia eléctrica elevada de 2.6 ohmios lo cual está fuera del rango establecido por el fabricante.	

2.2. Diseño del banco soporte.

Las actualizaciones e implementaciones que se realizarán en el motor de experimentación son el acoplamiento de un nuevo banco de soporte didáctico para que sea más interactivo y funcional. El diseño del soporte a utilizar está en base a un boceto en el software Autodesk Inventor.

Para el diseño y ejecución del banco soporte, se realiza la siguiente propuesta:

2.2.1. Base Pedestal.

Es el encargado de soportar al motor y además sirve como eje de giro agilitando los mantenimientos, esta base es construida de acero con superficie pintada de acorde a lo establecido.

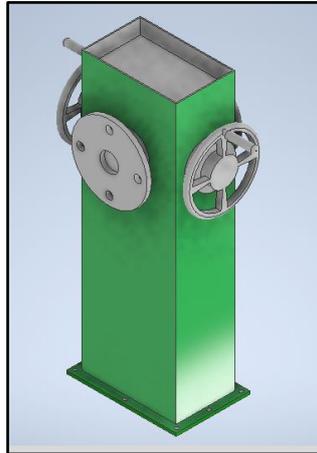


Ilustración 2-16: Base pedestal.

Fuente: Los autores.

2.2.2. Base de la estructura.

Es una placa metálica que cumple con la función de soportar al motor, de igual forma ayuda a sostener elementos auxiliares del motor y también recoge sustancias como aceite, refrigerante, etc., que puedan caer del motor.

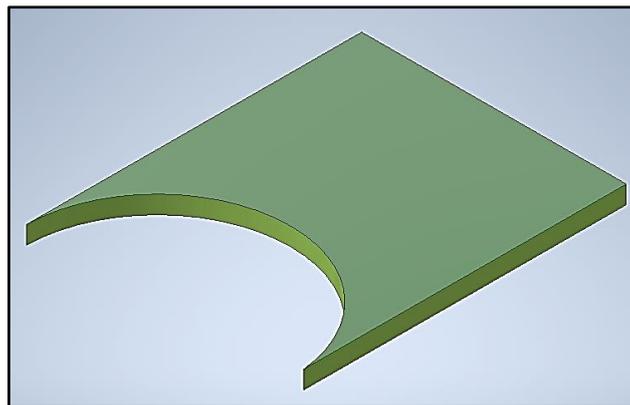


Ilustración 2-17: Base alargada de la estructura.

Fuente: Los autores.

2.2.3. Compartimento de batería y accesorios.

Elemento metálico que se utiliza como compartimento y alojamiento de la batería, herramientas y sistemas eléctricos del motor. También en el proyecto tiene la función primordial de guardar el sistema electrónico como lo es el Arduino brindando protección y seguridad para esta implementación. El compartimento está fabricado de tubos de acero y plancha metálica, además es pintado de acorde al formato de color de los bancos de la universidad.

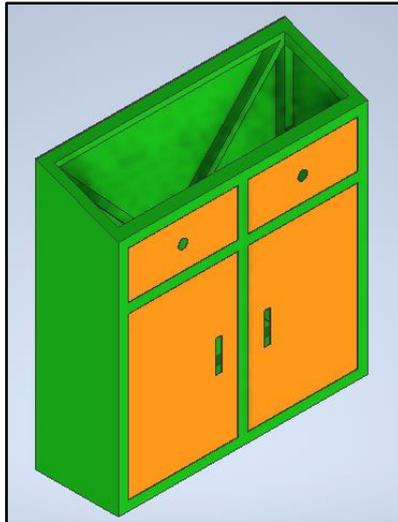


Ilustración 2-18: Compartimento de batería y accesorios.
Fuente: Los autores.

2.2.4. Estructura reforzada del motor

Soportes metálicos que sirven de apoyo del motor y sus elementos auxiliares, además está fabricado de tubos de acero, los cuales brindarán mayor seguridad al momento de soportar al motor.

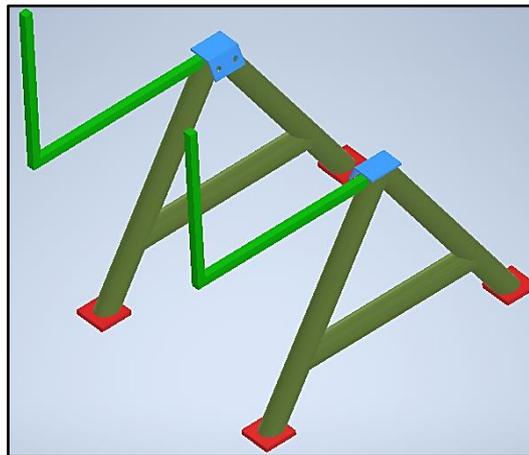


Ilustración 2-19: Soporte del motor.
Fuente: Los autores.

2.2.5. Eslabón para soporte del motor

Son cuatro elementos manufacturados con una placa de acero de 3/8 in su función principal es de sujeción entre un eje fijo con pernos de longitud grande para dar una mayor fijación al soporte del motor para garantizar que no exista ningún daño en los elementos que están alrededor del volante de inercia del motor.

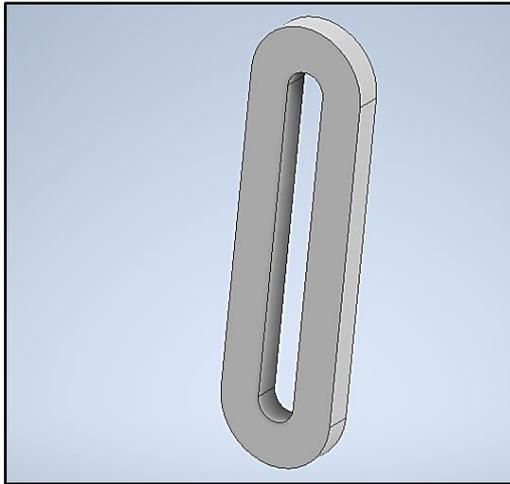


Ilustración 2-20: Eslabón para soporte de motor.
Fuente: Los autores.

2.2.6. Base cilíndrica del soporte del motor

Son cuatro elementos manufacturados con tubo de acero de 1 in su función principal es de acople con los elementos de sujeción para que la base cilíndrica sea un solo cuerpo de manera perpendicular con el eslabón quedando fijo todo el cuerpo para que no exista ningún movimiento en el soporte del motor y pueda quedar seguro ante cualquier movimiento de todo el banco motor.

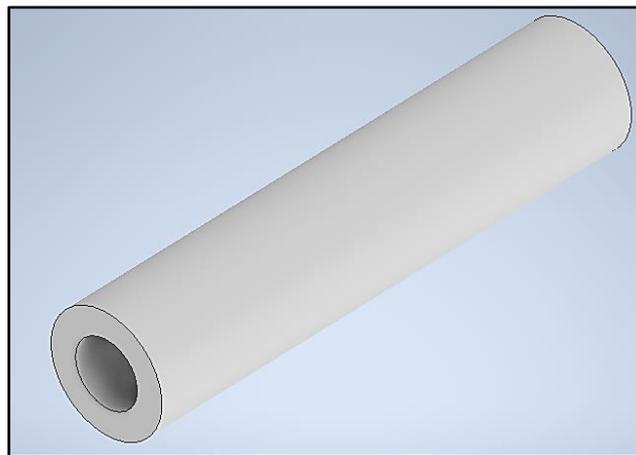


Ilustración 2-21: Base cilíndrica del soporte del motor
Fuente: Los autores.

2.2.7. Tablero de instrumentos

Es el elemento encargado de visualizar los parámetros del motor, además se adecua a la estructura, consta de una placa metálica con información del motor, instrumentación, etc., siendo didáctico y de fácil comprensión para el usuario. Fabricado de alucobond, para las dimensiones (Ver Anexo G).

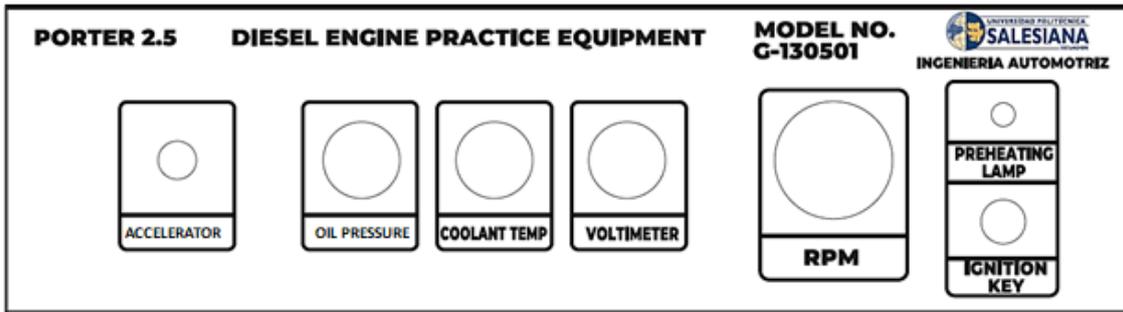


Ilustración 2-22: Tablero de instrumentos

Fuente: Los autores.

2.2.8. Planos del banco soporte.

Los planos se realizaron en el software Autodesk Inventor. Refiérase a los Anexos del A al G del trabajo de titulación.

2.3. Programación de Arduino y aplicación móvil.

Este trabajo de titulación hace referencia principalmente a un aplicativo móvil que cualquier usuario Android puede realizar el monitoreo y pruebas de funcionalidad digitalmente. Mediante los conocimientos obtenidos en cátedras como: Programación, electrónica analógica digital, teoría de control se va realizar la aplicación móvil, las variables a controlar del motor de combustión interna a diésel. El diseño de la aplicación móvil está basado en un lenguaje de programación Delphi, programación de Arduino y uso de módulo de bluetooth, además se realizan pruebas de funcionalidad, con la finalidad de asegurar una fácil interacción de los estudiantes de Ingeniería Automotriz.

2.3.1. Proceso para la implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth.

- **Programación del App mediante el uso de Android Studio y Arduino**

Para el desarrollo del programa, primeramente, se realizó la codificación y creación de la interfaz de la app móvil, la cual se encargará de enlazarse con el Arduino, para ello se tiene que generar la programación mediante botones, imágenes y cuadros de texto mismos que servirán para que el programa sea más interactivo al momento de ejecutarse. A continuación, se muestra la programación realizada para la interfaz del APK móvil.

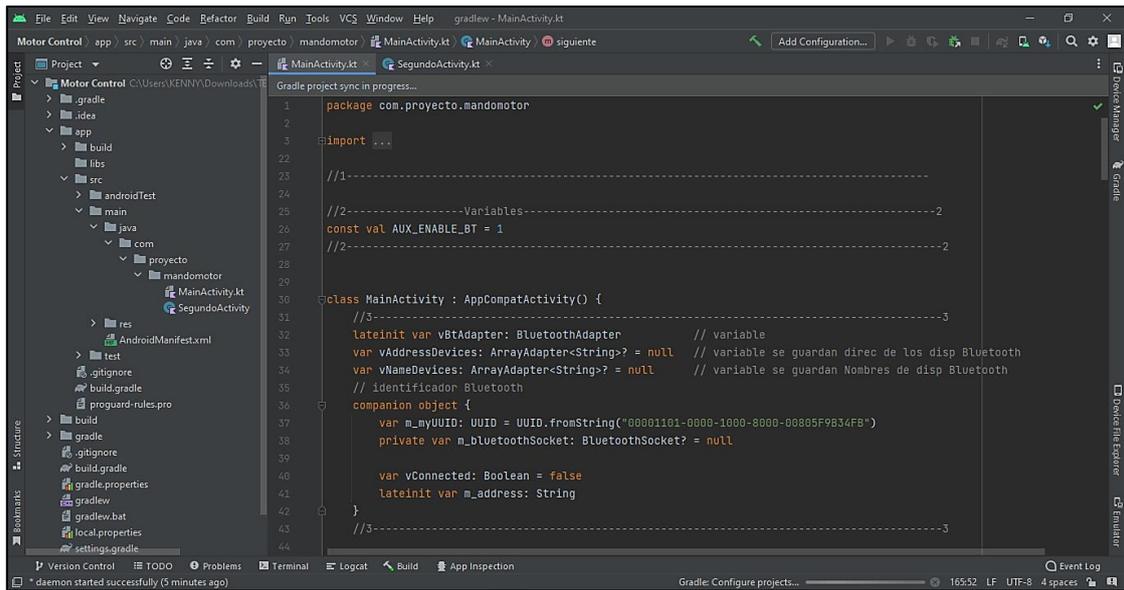


Ilustración 2-23: Desarrollo de la interfaz del APK móvil
Fuente: Los autores.

- **Aplicación móvil y enlace con Arduino vía bluetooth.**

Para el desarrollo de la interfaz, según se especificó en el punto anterior, se crea un cuadro donde se colocarán cada uno de los botones y cuadros de texto mismos que van a ser funcionales dentro del teléfono celular.

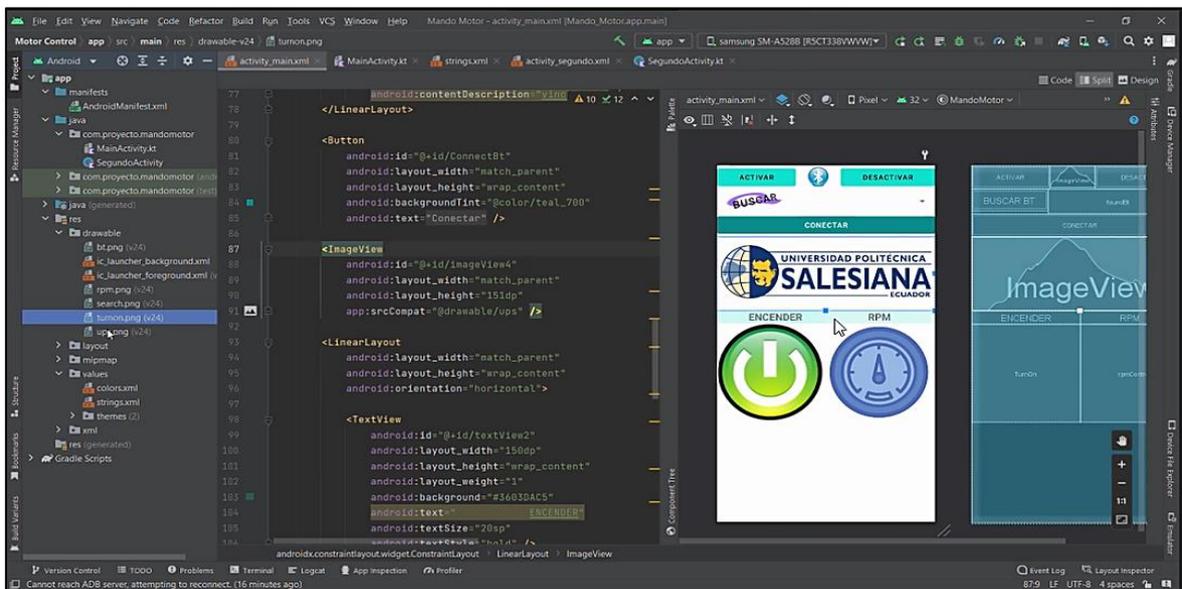
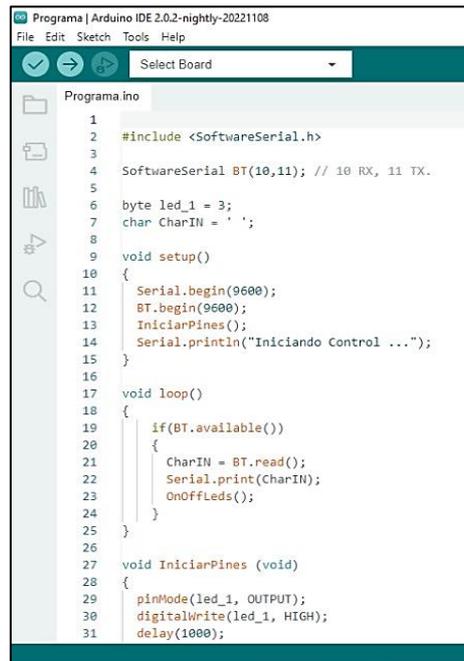


Ilustración 2-24: Interfaz del APK móvil
Fuente: Los autores.

Para ello, una vez codificado la interfaz, se debe incluir los códigos para llamar al Arduino y así pueda enlazarse dentro de la APK creada en Android Studio.



```
Programa | Arduino IDE 2.0.2-nightly-20221108
File Edit Sketch Tools Help
Select Board
Programa.ino
1
2 #include <SoftwareSerial.h>
3
4 SoftwareSerial BT(10,11); // 10 RX, 11 TX.
5
6 byte led_1 = 3;
7 char CharIN = ' ';
8
9 void setup()
10 {
11   Serial.begin(9600);
12   BT.begin(9600);
13   IniciarPines();
14   Serial.println("Iniciando Control ...");
15 }
16
17 void loop()
18 {
19   if(BT.available())
20   {
21     CharIN = BT.read();
22     Serial.print(CharIN);
23     OnOffLeds();
24   }
25 }
26
27 void IniciarPines (void)
28 {
29   pinMode(led_1, OUTPUT);
30   digitalWrite(led_1, HIGH);
31   delay(1000);
```

Ilustración 2-25: Codificación de las señales y bluetooth del Arduino.

Fuente: Los autores.

- **Diagrama de conexiones del Arduino implementado en el motor de experimentación.**

En la siguiente imagen, se puede apreciar el diagrama de conexión e implementación del Arduino en el motor Diésel D4BX, Se puede observar las líneas que representan cables de conexión de los pines del Arduino y a los cables del switch de encendido del motor, adicionalmente, se muestra el sensor de tipo hall que va conectado al Arduino para poder visualizar los rpm dentro de la aplicación móvil.

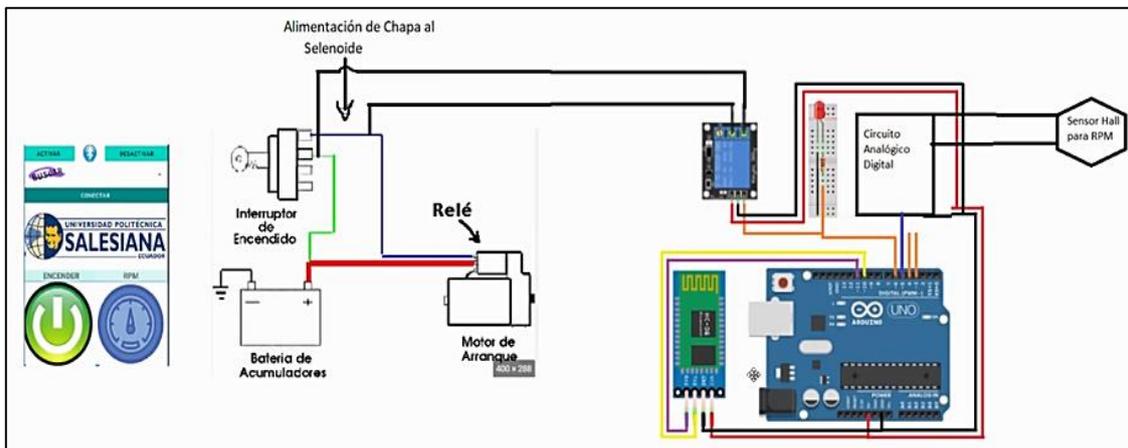


Ilustración 2-26: Diagrama de conexión de Arduino al motor D4BX.

Fuente: Los autores.

- **Interfaz de la aplicación móvil.**

En la siguiente imagen, podemos observar la interfaz final de la aplicación móvil, es decir que de aquí nosotros podemos conectarnos vía bluetooth al Arduino, y así poder ejecutar el encendido del motor diésel, además una vez ya incorporado el sistema en el motor, podremos visualizar los rpm del motor con mayor exactitud y a tiempo real.



Ilustración 2-27: Interfaz de la aplicación móvil.

Fuente: Los autores

CAPÍTULO 3

3. Resultados obtenidos en la implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth aplicado a un motor HYUNDAI (H100) modelo D4BX.

3.1. Resultados en el reacondicionamiento del motor diésel modelo D4BX.

Se realizó el reacondicionamiento del motor HYUNDAI (H100) modelo D4BX de manera exitosa en cada uno de sus sistemas para su respectivo diagnóstico, previamente se llevó a cabo un Check List para saber de manera más específica el estado de cada sistema con sus elementos respectivos cómo: Presencia de fugas en el motor, estado de compresión, estado de bujías de precalentamiento etc.

3.1.1. Resultados Check List después del reacondicionamiento.

A continuación, se corrobora el estado después del reacondicionamiento en el motor diésel HYUNDAI (H100) modelo D4BX y así proceder a verificar que se cumplió. Para lo cual de utilizo la matriz indicada en la tabla 2-1.

Tabla 3-1: Resultados Check List después del reacondicionamiento

Fuente: Los autores.

Motor	Diésel	Modelo	D4BX	VIN	D4BXM282597
Sistema	No Tiene	SI TIENE			
		Malo	Regular	Bueno	
Sistema de alimentación					
Cañería de baja presión					✓
Cañería de alta presión					✓
Tanque de combustible					✓
Cañerías de retorno de combustible					✓
Solenoides de paro					✓
Sistema de refrigeración					
Termostato					✓
Tapa del radiador					✓
Cañería de retorno de agua					✓
Tapa de llenado de aceite					✓
Sistema de admisión de aire					
Filtro de aire					✓
Válvula PCV					✓
Otros elementos					
Bujías de precalentamiento					✓
Sistema de escape					✓
Estado de lubricante (aceite)					✓
Filtro de aceite					✓
Pernos de sujeción de la tapa de la culata.					✓

3.1.2. Resultado después del reacondicionamiento en el sistema de alimentación.

- **Cañería de baja presión.**

Se logró identificar inicialmente que las cañerías de baja presión se encontraban deterioradas, por ello provoca que el motor tenga imperfectos o demoras al momento del encendido, en tal sentido se procedió a reemplazar las por nuevas.



Ilustración 3-1: Cañería de baja presión.

Fuente: Los autores.

- **Tanque de combustible.**

Se identificó que el motor disponía un tanque de combustible con una geometría muy pequeña y en estado regular, por lo que se reemplazó por uno nuevo.



Ilustración 3-2: Tanque de combustible.

Fuente: Los autores.

- **Cañería de retorno de combustible.**

Se logró observar que el retorno de combustible era de dimensiones muy pequeñas para su funcionamiento, para ello se realizó el cambio de estos elementos.



Ilustración 3-3: Cañería de retorno de combustible.

Fuente: Los autores

3.1.3. Resultado después del reacondicionamiento en el sistema de refrigeración.

- **Termostato.**

Se pudo constatar que el sistema de refrigeración no contaba con termostato por lo que se adquirió uno nuevo.



Ilustración 3-4: Termostato.

Fuente: Los autores

- **Tapa del radiador.**

Realizado el reacondicionamiento logramos identificar que el radiador contaba con una tapa de radiador regular, porque el retén o los enclavamientos de la parte interna estaban desubicados y no sellaba correctamente, por lo que se realizó el reemplazo respectivo.



Ilustración 3-5: Tapa del radiador.

Fuente: Los autores.

- **Cañería de retorno del refrigerante.**

Se pudo constatar que inicialmente el sistema de refrigeración del motor, no tenía cañería de retorno de agua, por lo que se adquirió una nueva.



Ilustración 3-6: Cañería de retorno de refrigerante.

Fuente: Los autores.

- **Tapa de llenado de aceite.**

Se identificó que la tapa de aceite estaba en mal estado, por lo que se adquirió un nuevo caucho o retén quedando operativo para su funcionamiento en él motor.



Ilustración 3-7: Tapa de llenado de aceite.

Fuente: Los autores.

3.1.4. Resultado después del reacondicionamiento en el sistema de aire.

- **Múltiple de admisión.**

Realizado el reacondicionamiento logramos verificar que en el sistema de admisión no se contaba con tubo ni filtro de aire, para ello que se adquirió estos elementos.



Ilustración 3-8: Tubo y filtro de aire.
Fuente: Los autores.

- **Manguera de aireación de la tapa de válvulas**

Se verificó en el capítulo 2 que la manguera de aireación de la tapa de válvulas en el sistema se encontraba en malas condiciones, para el cual se procedió a realizar el cambio por uno nuevo.



Ilustración 3-9: Válvula PCV.
Fuente: Los autores.

3.1.5. Resultado después del reacondicionamiento en otros elementos.

- **Bujías de precalentamiento**

Concluido el reacondicionamiento, logramos corroborar en las pruebas realizadas en la Universidad, que las bujías de precalentamiento se encontraban en mal estado (Ver detalle en la tabla 2-5), por lo cual fue necesario su reemplazo, en la serie o marca recomendada por el fabricante. Ver ilustración 3-10.



Ilustración 3-10: Bujías de precalentamiento JHKT PM-75.

Fuente: Los autores.

- **Tubo de escape**

Se logró identificar que el tubo de escape esta con un desperfecto, para ello que se realizó una pequeña modificación.



Ilustración 3-11: Tubo de escape.

Fuente: Los autores.

- **Estado de lubricante (Aceite)**

Se pudo observar que ya se cambió el aceite del motor por lo que se adquirió nuevo aceite de tipo 15 W 40 y un filtro de aceite de tipo PH – 72H, para que el sistema quede operativo.



Ilustración 3-12: Estado del lubricante (aceite).

Fuente: Los autores.

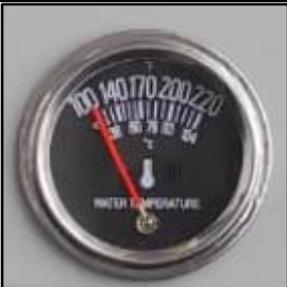
3.1.6. Resultado después del reacondicionamiento de los componentes internos del motor.

- **Manómetros**

Se realizó el cambio por unos nuevos implementando el manómetro que mide los RPM.

Tabla 3-2: Manómetros utilizados en el proyecto.

Fuente: Los autores

Tipo de manómetro	Descripción	Imagen
<p>Medidor de voltaje</p>	<p>Dispositivo analógico que va permite indicar el voltaje de la batería, se realizó el cambio por uno nuevo para garantizar que no tenga imperfectos al momento que el motor esté en funcionamiento</p>	
<p>Presión de aceite</p>	<p>Dispositivo que va indicar la presión en Psi que entrega la bomba para la circulación en el circuito de lubricación, se realizó el cambio por uno nuevo para garantizar que no tenga imperfectos al momento que el motor esté en funcionamiento</p>	
<p>Temperatura de refrigerante</p>	<p>Dispositivo que va permitir la visualización de la temperatura en grados centígrados que va en un rango desde los 50°C a 130°C., se realizó el cambio por uno nuevo para garantizar que no tenga imperfectos al momento que el motor esté en funcionamiento</p>	
<p>Medidor de RPM</p>	<p>Dispositivo que va permitir visualizar la velocidad angular o de giro del motor teniendo como referencia las revoluciones por minuto, se realizó el cambio por uno nuevo para garantizar que no tenga imperfectos al momento que el motor esté en funcionamiento</p>	

3.2. Manufactura del banco soporte.

Para la manufactura del banco motor se procedió por partes para llegar a un solo cuerpo que es la base que va sujetar todo el motor. Para la ejecución de cada elemento desde el inicio se requiere los planos de los Anexos del A al G del trabajo de titulación para lograr el mecanismo o elemento deseado.



Ilustración 3-13: Manufactura del banco soporte.

Fuente: Los autores.

Tabla 3-3: Piezas del banco soporte.

Fuente: Los autores.

PIEZAS DEL BANCO SOPORTE			
Pieza	Función	Material	Ilustración
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Base Pedestal. 	Su función es soportar al motor y además sirve como eje de giro agilitando los mantenimientos.	Plancha de acero de 4 mm	
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Base de la estructura. 	Su función es sostener elementos auxiliares del motor y también recoge sustancias como aceite, refrigerante, que puedan caer del motor.	Plancha de acero de 4 mm	
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Compartimento de batería y accesorios. 	Su función es de guardar el sistema electrónico como lo es el Arduino brindando protección y seguridad para esta implementación.	Medidas de 2cm x 2cm	
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Estructura reforzada del motor. 	Su función es de apoyo al motor y sus elementos auxiliares, brindaran mayor seguridad al momento de realizar mantenimientos.	Medidas de 3cm x 3cm	
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Eslabón para soporte del motor. 	su función es de sujeción entre un eje fijo con pernos de longitud grande para dar una mayor fijación al soporte del motor para garantizar que no exista ningún daño en los elementos que están alrededor del volante de inercia del motor.	Placa de acero de 3/8 in	
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Base cilíndrica del soporte del motor. 	Su función principal es de acople con los elementos de sujeción para que la base cilíndrica sea un solo cuerpo de manera perpendicular con el eslabón quedando fijo todo el cuerpo para que no exista ningún movimiento en el soporte del motor.	Tubo de acero de 1 in	
<ul style="list-style-type: none"> Manufactura Panel de instrumentos. 	Su función es interpretar los datos proporcionados con información del motor siendo didáctico y de fácil comprensión para el usuario.	Alucobond	

3.2.1. Proceso de armado del banco motor.

Para el proceso de armado del banco, primeramente, se colocó la base alargada, posteriormente se soldó el compartimento de batería y accesorios, luego se realizó el proceso de reacondicionado y soldado de la base del motor, después se colocó el tablero de instrumentos con sus respectivos manómetros y finalmente se colocó el motor en el banco diseñado. (Ver anexos de la H a la K).



Ilustración 3-14: Banco soporte de motor.

Fuente: Los autores.

3.3. Resultados de la implementación de un sistema de encendido y control electrónico mediante una aplicación móvil con una conexión vía bluetooth.

- **Implementación del Arduino en el motor Diesel.**

Una vez ya codificado e implementado el sistema bluetooth en la placa, se procede a implementarlo en el motor de experimentación, Se colocó dentro de las cajoneras para evitar cualquier daño al momento de utilizar el motor, posterior se conectó los pines de encendido con el switch de encendido del motor diésel para que, al momento de mandar la señal con la aplicación móvil, este pueda mandar el pulso eléctrico y así proceder con el encendido del motor diésel.



Ilustración 3-15: Placa del módulo bluetooth

Fuente: Los autores.

Posteriormente se implementó un sensor de efecto hall para medir los rpm del motor, para ello de igual manera se conecta desde la placa Arduino al sensor hall el cual al momento de estar en funcionamiento el motor enviara señales eléctricas a los pines de la placa para convertirlas de señal analógica a digital y posteriormente enviarlo vía bluetooth a la aplicación móvil.



Ilustración 3-16: Sensor de efecto hall para medir los RPM

Fuente: Los autores.

- **Proceso de instalación de la aplicación móvil.**

Para poder utilizar la aplicación móvil, primeramente, se debe realizar la instalación de la misma, para ello se debe seguir los siguientes pasos:

- Descargar APK a tu teléfono.

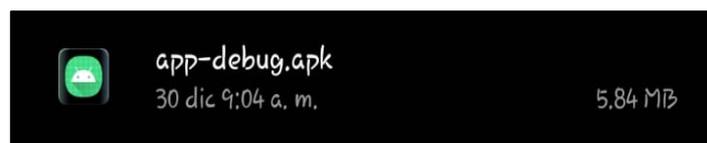


Ilustración 3-17: APK Mando Motor.

Fuente: Los autores.

- Instalar el APK en el teléfono celular y le damos clic en listo.

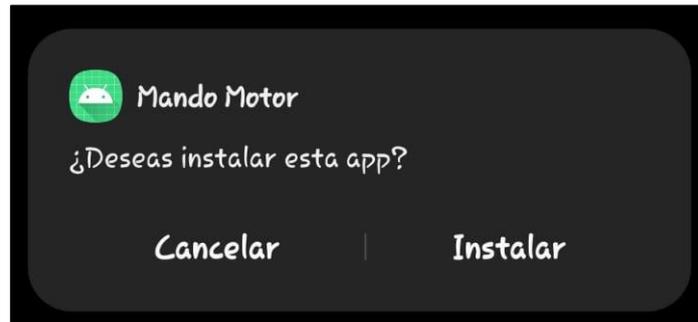


Ilustración 3-18: Instalación del APK.

Fuente: Los autores.

- Ir a configuración y dar los permisos correspondientes para que la app pueda usarse.

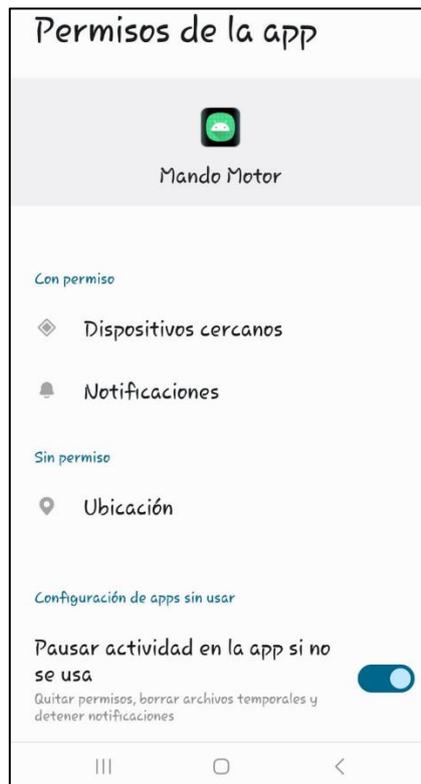


Ilustración 3-19: Permisos de la App.

Fuente: Los autores.

- Finalmente abrir la app para poder realizar el uso de la misma.



Ilustración 3-20: Interfaz de la App Mando Motor.

Fuente: Los autores.

- **Funcionamiento de la aplicación móvil.**

La aplicación tiene la siguiente metodología en su funcionamiento:

- Abrimos la aplicación móvil.



Ilustración 3-21: Interfaz de la aplicación móvil.

Fuente: Los autores.

- Una vez dentro de la App, podemos activar y desactivar el bluetooth, mediante el uso de los botones que se muestran en la siguiente imagen.



Ilustración 3-22: Encendido y apagado del bluetooth.

Fuente: Los autores.

- Para utilizar la aplicación le damos clic **Activar** y luego en **Permitir** y damos permiso a la app para que pueda ejecutar el programa.

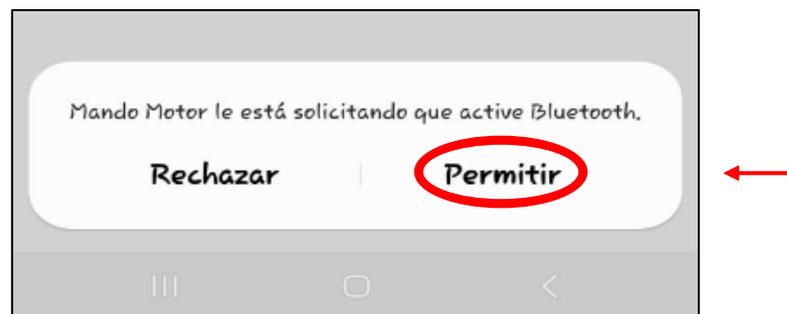


Ilustración 3-23: Permiso de activación de bluetooth.

Fuente: Los autores.

- Una vez otorgados los permisos, damos a encender el bluetooth dando clic en el botón **Activar**, para tener seguridad de que el dispositivo está preparado como se observa en la imagen y pueda enlazarse con el módulo HC-05 y el Arduino, caso contrario no se conectará.



Ilustración 3-24: Estado encendido de bluetooth del dispositivo móvil.

Fuente: Los autores.



Ilustración 3-25: Estado apagado de bluetooth del dispositivo móvil.

Fuente: Los autores.

- Una vez encendido el bluetooth en el dispositivo móvil, se procede a dar clic en **Buscar**, para ello en la casilla de la derecha se despliegue una lista de los dispositivos móviles a los cuales puede enlazarse la app, pero en nuestro caso deberá conectarse al que diga **Control Carro**.



Ilustración 3-26: Selección del dispositivo a enlazarse.

Fuente: Los autores.

- Una vez conectado, podremos utilizar el botón **Encender** y el Arduino será el encargado de recibir la señal y enviar el pulso eléctrico para que el motor se encienda.



Ilustración 3-27: Botón de encendido del motor diésel.

Fuente: Los autores.

- Finalmente, una vez encendido el motor, se puede ya observar el funcionamiento del manómetro de los rpm para ello funcionando el motor a tiempo real.



Ilustración 3-28: Manómetro de rpm del motor.

Fuente: Los autores.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

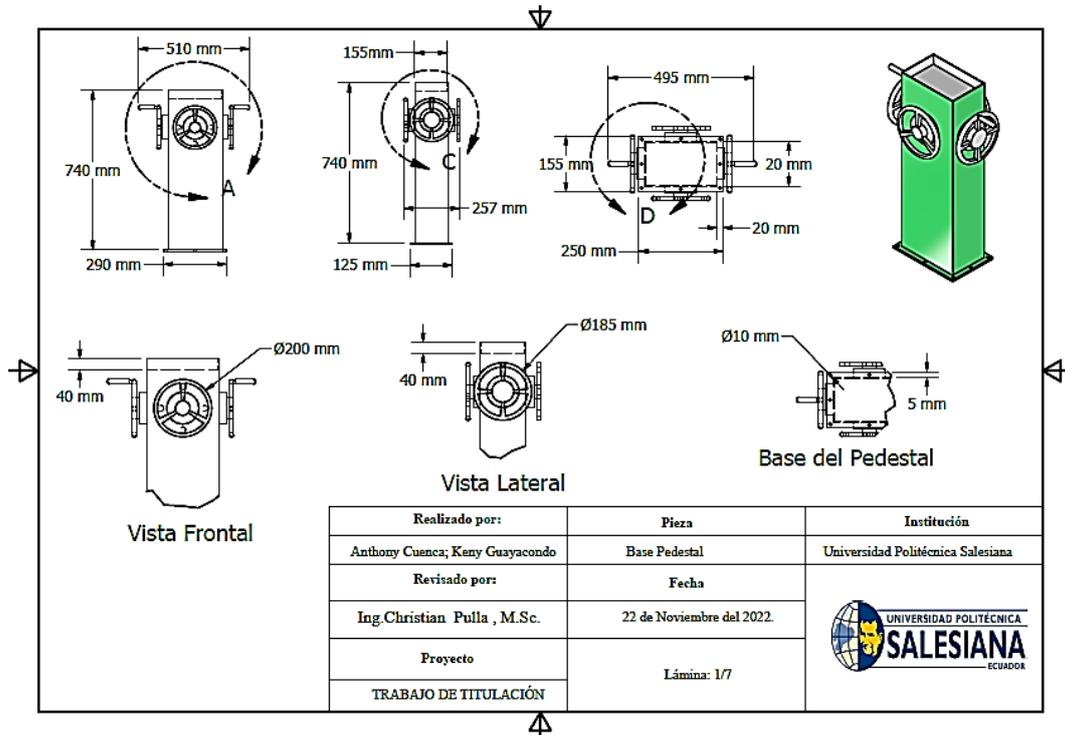
- Se logró implementar el banco de soporte propuesto para el motor diésel D4BX, para lo cual se tuvo la disponibilidad de un taller de mecánica industrial, con las herramientas y equipos adecuados.
- Para el diseño de la estructura, se realizó previamente los planos respectivos utilizando el software Autodesk Inventor Professional 2022. La estructura final del banco de soporte del motor cuenta ahora con: una base y estructura metálica reforzada, compartimiento de batería y accesorios y un tablero de instrumentos funcional.
- Para el encendido del motor diésel vía bluetooth, se realizó diagnósticos y la puesta a punto del motor mediante el reacondicionamiento de varios elementos que no estaban en óptimas condiciones, para lo cual fue necesario realizar: Calibración de la bomba de inyección de diésel, ABC de motor, cambio de empaques, entre otros.
- Se incorporó nuevos manómetros y accesorios al tablero de instrumentos, debido a que los anteriores estaban inservibles, adicionalmente implementamos el medidor de RPM como un plus en la aplicación móvil, para ello nos permitió verificar a tiempo real los rpm y comparar con el manómetro analógico la velocidad de giro al que está sometido el motor diésel.
- Al término del trabajo de titulación, hemos podido adquirir nuevos conocimientos y destrezas en el área de programación ya que Android Studio utiliza lenguajes de programación más avanzados y mediante este software aprendimos a programar en base a sus combinaciones o funciones complejas.

4.2. RECOMENDACIONES

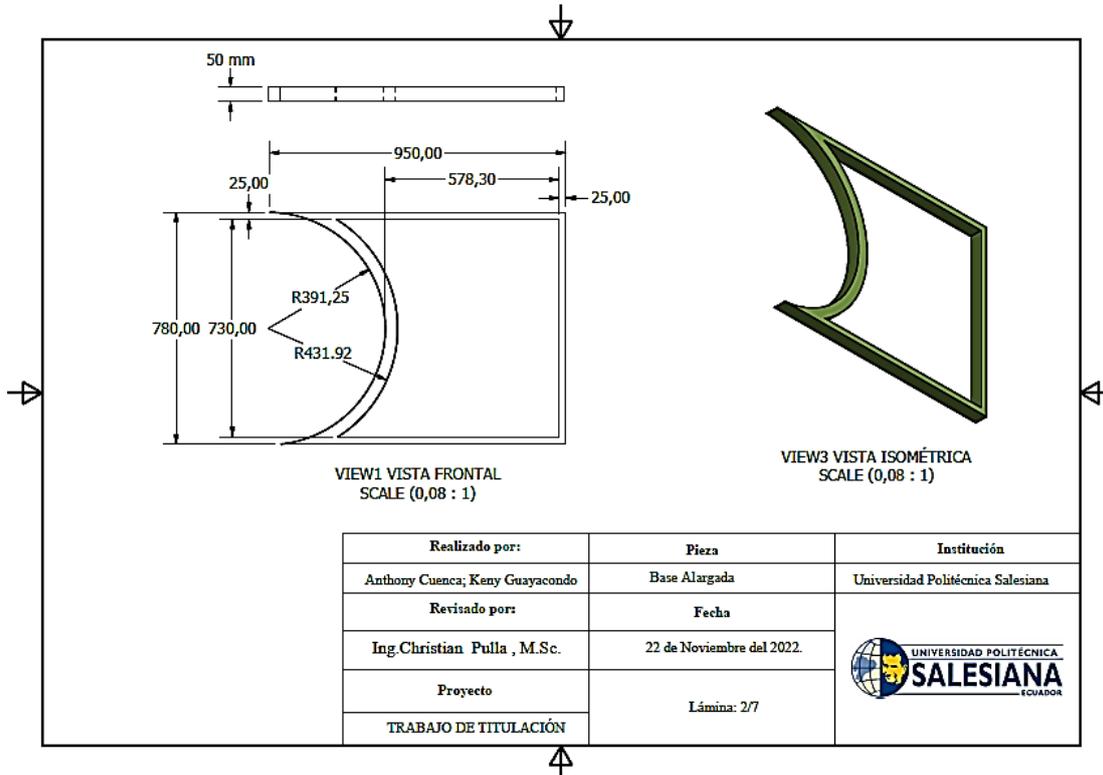
- Para el caso de que exista algún daño en el banco de soporte para el motor, se debe dar mantenimiento o cambiar sus piezas con sus respectivas dimensiones y tolerancias para garantizar su vida útil, según se especifica en la tabla 3.3 del trabajo de titulación.
- Se recomienda a los estudiantes seguir las instrucciones que se detalla en la guía práctica del anexo *Q* tales como: Proceso de encendido del motor, Proceso de medición de la compresión. De tal manera puedan realizar el componente práctico de manera más sencilla y segura para sus comprobaciones y sin riesgo de cometer algún tipo de averías.
- En cuanto a la programación del control del motor, para un mejor conocimiento del software Android Studio se debe capacitar previamente mediante libros como C++ y Java ya que utilizan funciones o lenguajes complejos que los diferencian a los demás lenguajes de programación, en lo que corresponde al Arduino se realizó las conexiones en base a videos, tesis y fuentes de información externa que fueron de gran ayuda para darnos mejores conocimientos el desarrollo de la misma.
- Para los estudiantes en caso de optar por los trabajos de titulación en temas como reacondicionamientos de motores implementando controles digitales, siempre realizar previamente una proforma lo más real posible en repuestos, elementos electrónicos, maquinaria, transporte para que tengan conocimiento del valor que se va invertir y no exista ningún inconveniente en el ámbito económico de cada estudiante.

5. ANEXOS

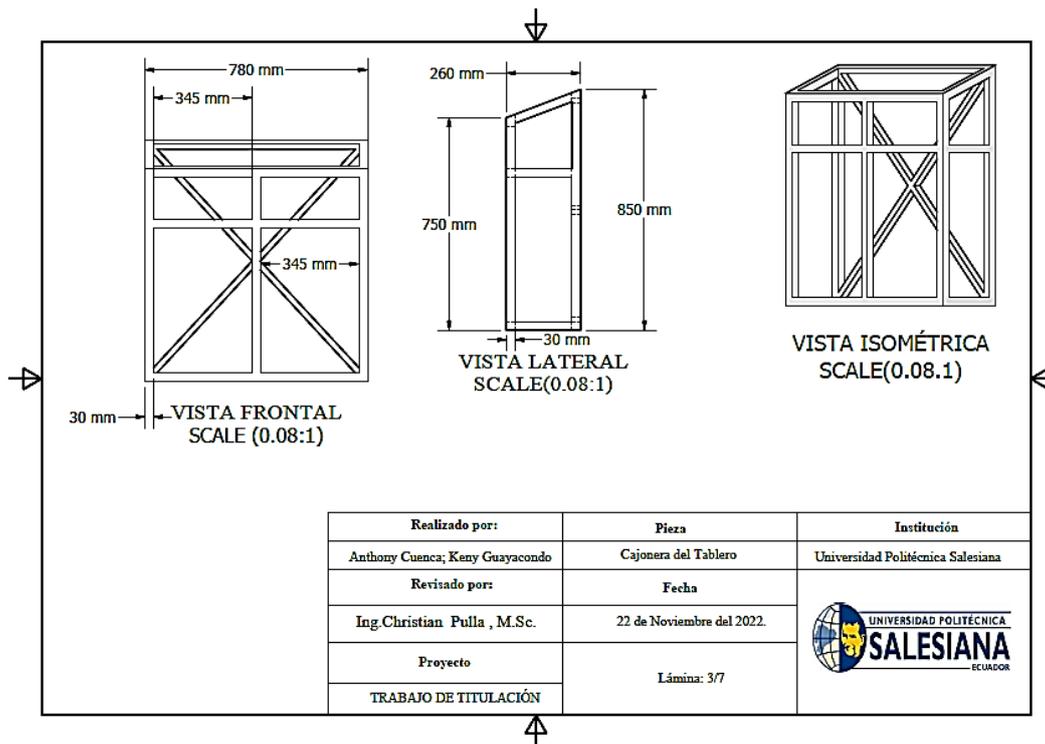
Anexo A: Plano Base Pedestal.



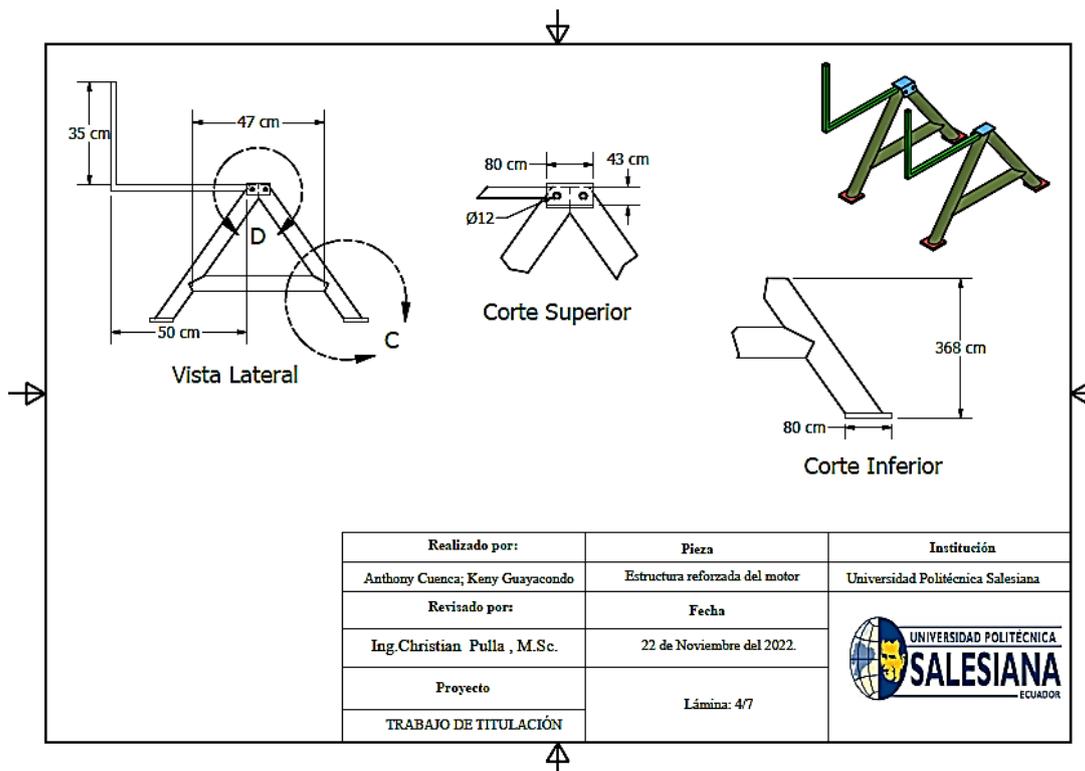
Anexo B: Plano de la base alargada del motor.



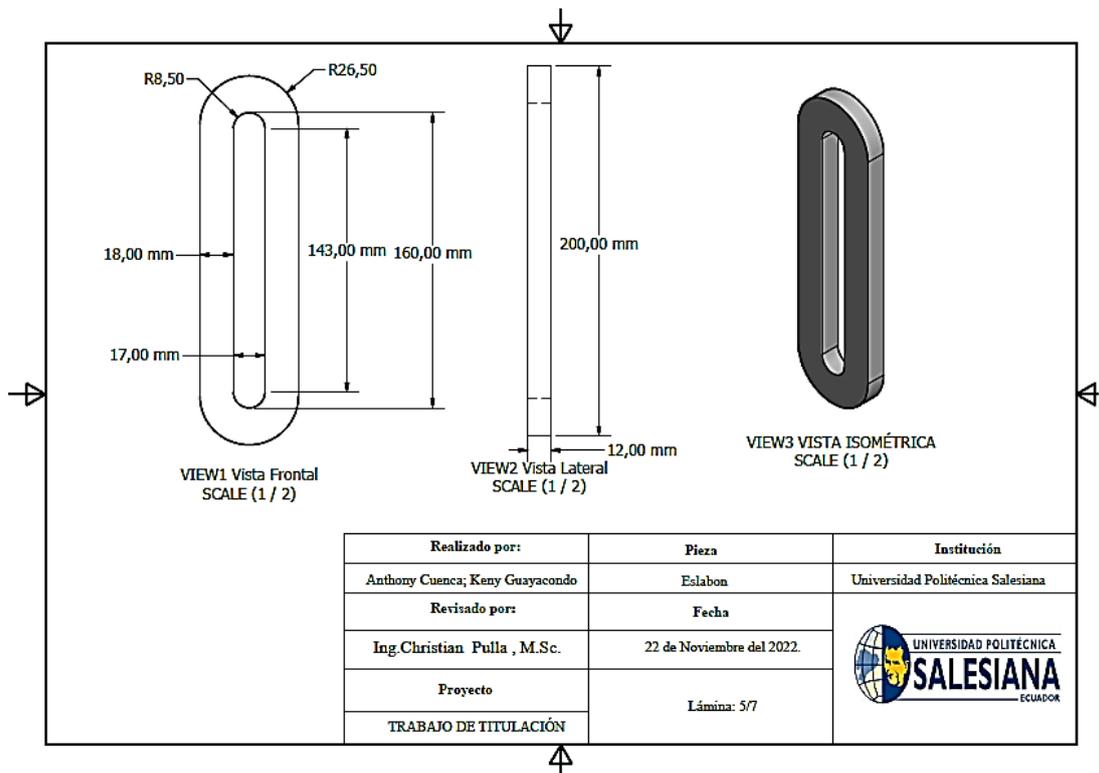
Anexo C: Plano del compartimiento de batería y accesorios.



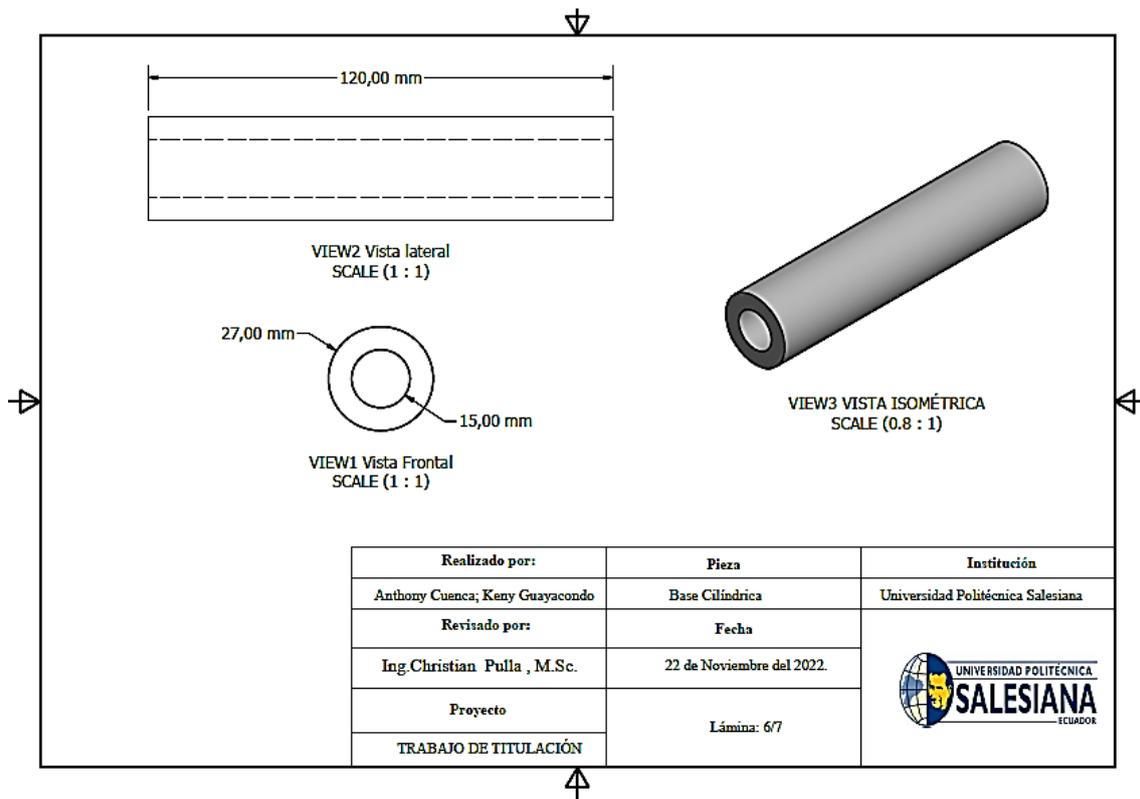
Anexo D: Plano estructura reforzada del motor.



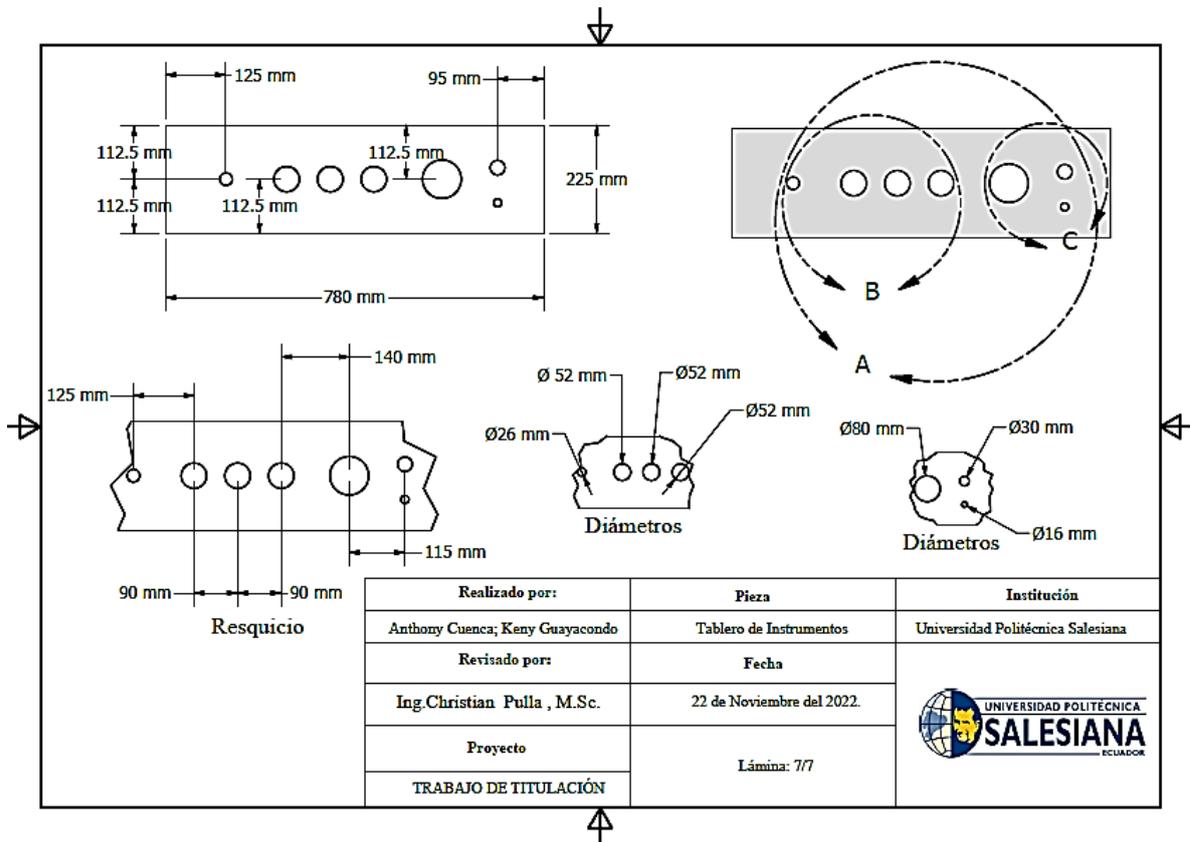
Anexo E: Plano de los eslabones de soporte del motor.



Anexo F: Plano de la base cilíndrica de soporte del motor.



Anexo G: Plano tablero de instrumentos.



Anexo H: Proceso de manufactura del banco soporte.



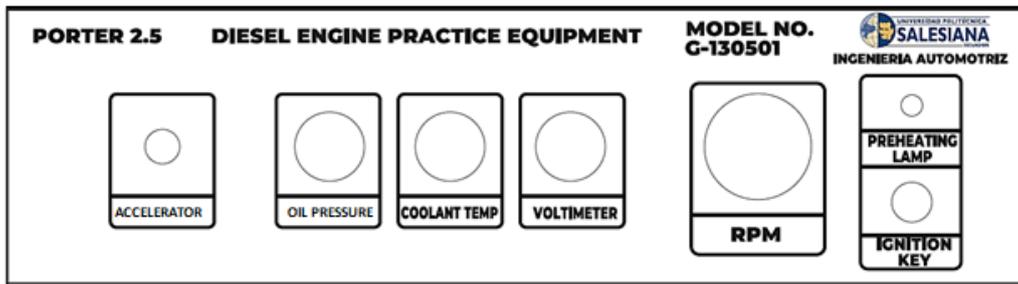
Anexo I: Proceso de pintura del banco soporte.



Anexo J: Proceso de manufactura final del banco soporte.



Anexo K: Proceso de manufactura tablero de instrumentos.



Anexo L: Cambio de empaques nuevos en el cabezote del motor.



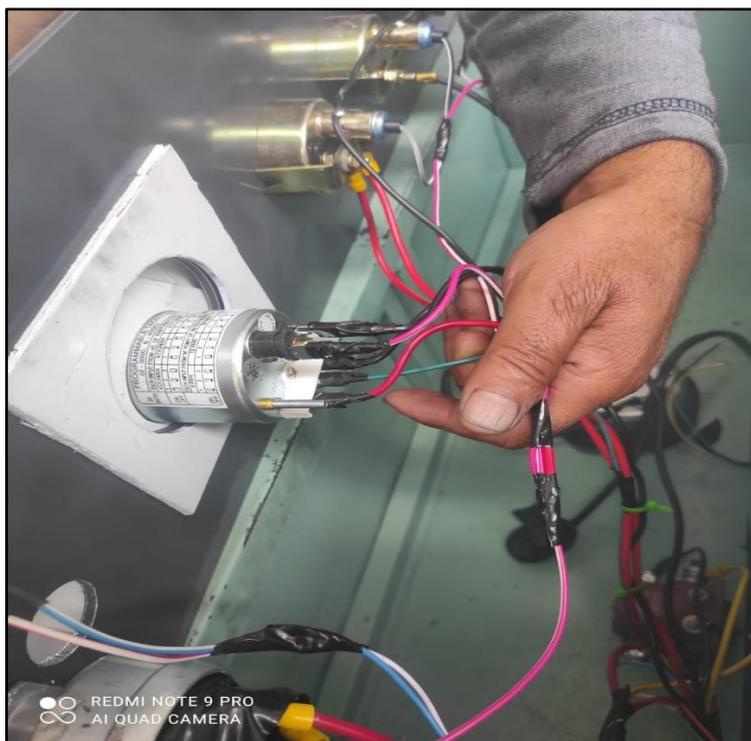
Anexo M: Pistones en mal estado.



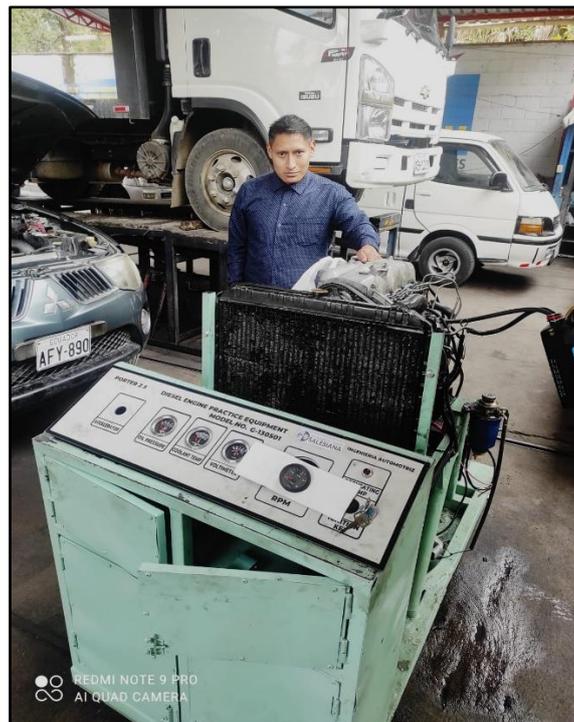
Anexo N1: Instalación manómetros.



Anexo N2: Instalación manómetro de rpm.



Anexo 01: Evidencias reacondicionamiento.



Anexo 02: Evidencias reacondicionamiento.



Anexo P: Programación app móvil.

```
package com.proyecto.mandomotor
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity
import android.os.Bundle
//1-----PAQUETES Y LIBRERÍAS PARA EL CONTROL BLUETOOTH-----
-1
import android.Manifest
import android.bluetooth.BluetoothAdapter
import android.bluetooth.BluetoothDevice
import android.bluetooth.BluetoothManager
import android.bluetooth.BluetoothSocket
import android.content.Context
import android.content.Intent
import android.content.pm.PackageManager
import android.util.Log
import android.widget.*
import androidx.activity.result.contract.ActivityResultContracts.StartActivityForResult
import androidx.core.app.ActivityCompat
import java.io.IOException
import java.util.*
import android.view.View
//1-----
//2-----Variables-----2
const val AUX_ENABLE_BT = 1
//2-----2
class MainActivity : AppCompatActivity() {
//3-----3
    lateinit var vBtAdapter: BluetoothAdapter // variable
    var vAddressDevices: ArrayAdapter<String>? = null // variable se guardan direc de los disp
Bluetooth
    var vNameDevices: ArrayAdapter<String>? = null // variable se guardan Nombres de disp
Bluetooth
    // identificador Bluetooth
    companion object {
        var m_myUUID: UUID = UUID.fromString("00001101-0000-1000-8000-
00805F9B34FB")
        private var m_bluetoothSocket: BluetoothSocket? = null

        var vConnected: Boolean = false
        lateinit var m_address: String
    }
//3-----3
    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {
        super.onCreate(savedInstanceState)
        setContentView(R.layout.activity_main)
//4-----Inicializamos Variables-----4
        vAddressDevices = ArrayAdapter(this, android.R.layout.simple_list_item_1)
        vNameDevices = ArrayAdapter(this, android.R.layout.simple_list_item_1)
        //Creamos variables y referenciamos con las que se creo en ActivityMain
        val OnBt = findViewById<Button>(R.id.OnBt)
        val OffBt = findViewById<Button>(R.id.OffBt)
        val SearchBt = findViewById<Button>(R.id.SearchBt)
        val foundBt = findViewById<Spinner>(R.id.foundBt)
        val ConnectBt = findViewById<Button>(R.id.ConnectBt)
```

```

//-----
//AQUI ES DONDE AL INICIAR LA APP INGRESA PRIMERO
////////////////////////////////////
val someActivityResultLauncher = registerForActivityResult(StartActivityForResult())
{
    result ->
    if (result.resultCode == AUX_ENABLE_BT) {
        Log.i("MainActivity", "ACTIVIDAD REGISTRADA")
    }
}
//Inicializacion del bluetooth adapter
vBtAdapter = (getSystemService(Context.BLUETOOTH_SERVICE) as
BluetoothManager).adapter
//Verificar si es posible configurar servicio Bluetooth en el dispositivo
if (vBtAdapter == null) {

} else {

}

//AQUI////////////////////////////////////
//Boton Encender bluetooth
OnBt.setOnClickListener {
    if (vBtAdapter.isEnabled) {
        //Si ya está activado
    } else {
        //Encender Bluetooth
        val enableBtIntent = Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE)
        if (ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.BLUETOOTH_CONNECT
) != PackageManager.PERMISSION_GRANTED)
        {
            Log.i("MainActivity", "ActivityCompat#requestPermissions")
        }
        someActivityResultLauncher.launch(enableBtIntent)
    }
}
//Boton apagar bluetooth
OffBt.setOnClickListener {
    if (!vBtAdapter.isEnabled) {
        //Si ya está desactivado
    } else {
        //Desactivar Bluetooth
        vBtAdapter.disable()
    }
}
//Boton dispositivos emparejados
SearchBt.setOnClickListener {
    if (vBtAdapter.isEnabled) {
        //Los dispositivos de cargan dentro de la variable pairedDevices
        val pairedDevices: Set<BluetoothDevice>? = vBtAdapter?.bondedDevices
        vAddressDevices!!.clear()
        vNameDevices!!.clear()
        //se separa nombres y direcciones con el forEach
        pairedDevices?.forEach { device ->
            val deviceName = device.name

```

```

        vAddressDevices!!.add(deviceHardwareAddress)
        //EN ESTE PUNTO GUARDO LOS NOMBRE A MOSTRARSE EN EL COMBO
BOX
        vNameDevices!!.add(deviceName)
    }
    //ACTUALIZO LOS DISPOSITIVOS
    foundBt.setAdapter(vNameDevices)
} else {
    val noDevices = "Ningun dispositivo pudo ser emparejado"
    vAddressDevices!!.add(noDevices)
    vNameDevices!!.add(noDevices)
}
}

//Conectar me permite intercambiar info
ConnectBt.setOnClickListener {
    try {
        if (m_bluetoothSocket == null || !vConnected) {
            val IntValSpin = foundBt.selectedItemPosition
            m_address = vAddressDevices!!.getItem(IntValSpin).toString()
            Toast.makeText(this,m_address,Toast.LENGTH_LONG).show()
            vBtAdapter?.cancelDiscovery()
            val device: BluetoothDevice = vBtAdapter.getRemoteDevice(m_address)
            m_bluetoothSocket =
device.createInsecureRfcommSocketToServiceRecord(m_myUUID)
            m_bluetoothSocket!!.connect()
        }
        Toast.makeText(this,"CONEXION EXITOSA",Toast.LENGTH_LONG).show()
        Log.i("MainActivity", "CONEXION EXITOSA")

    } catch (e: IOException) {
        //connectSuccess = false
        e.printStackTrace()
        Toast.makeText(this,"ERROR DE CONEXION",Toast.LENGTH_LONG).show()
        Log.i("MainActivity", "ERROR DE CONEXION")
    }
}

fun siguiente(view: View){
    var otra=view.contentDescription.toString()
    if (otra=="rpmControl"){
        val lanzar = Intent(this,SegundoActivity::class.java)
        startActivity(lanzar)
    }
}
//Objeto tipo view con nombre View
fun prender(view: View){
    var texto=view.contentDescription.toString()
    if (texto=="TurnOn"){
        Toast.makeText(this,"BOTON DE ARRANQUE",Toast.LENGTH_LONG).show()
        sendCommand("A")
    }
}
private fun sendCommand(input: String) {

```

```
if (m_bluetoothSocket != null) {  
    try{  
        m_bluetoothSocket!!.outputStream.write(input.toByteArray())  
    } catch(e: IOException) {  
        e.printStackTrace()  
    }  
}  
}  
}
```

Anexo Q: Guía práctica.

		FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES /CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES	
CARRERA: Ingeniería Automotriz		ASIGNATURA: Motores de Combustión Interna	
NRO. PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Diagnóstico del Motor Hyundai Diesel D4BX.	
OBJETIVO GENERAL <ul style="list-style-type: none"> Realizar el diagnóstico del motor diésel D4BX mediante pruebas de compresión de los cilindros y medición de las bujías de incandescencia aplicando los procedimientos técnicos. 			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS <ul style="list-style-type: none"> Identificar los equipos utilizados para la medición de compresión y diagnóstico de las bujías de incandescencia. Describir el proceso de medición de compresión y comprobación de las bujías de incandescencia. Especificar los valores permitidos de compresión y resistencia eléctrica de las bujías de incandescencia. 			
INSTRUCCIONES (directrices para cada estudiante):		1. Estudiar la guía de practica y aplicar estrictamente los procedimientos 2. Utilizar equipo de protección personal (mandil, mascarilla, gafas, Guantes, alcohol, orejeras.).	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR			
Equipos utilizados para la medición de compresión			
1. Comprobador de compresión diésel OTC. El dispositivo consta de un manómetro y un tapón con un racor de goma cónico que se ajusta donde se encuentra la bujía incandescente. Esta boca contiene una válvula que permite que la presión del motor ingrese al manómetro, permitiendo acumular la compresión del mismo. La aguja de la válvula sobresale ligeramente de la pequeña abertura; el manómetro se puede purgar después de comprobar cada cilindro. Los comprobadores están calibrados en medidas métricas o inglesas. El dispositivo dispone de varias conexiones que permiten su instalación en los alojamientos de las bujías o inyectores.			
			
Figura 1. Comprobador de compresión diésel OTC.			

2. Multímetro.

Un multímetro es una herramienta de prueba que se utiliza para medir valores eléctricos como voltaje, corriente y resistencia. Un multímetro consta básicamente de cuatro partes, que son una pantalla para mostrar parámetros eléctricos, botones para seleccionar varias funciones, un botón para seleccionar una variable y conectores de entrada y cables de prueba que se conectan a las entradas.



Figura 2. Multímetro

Fuente. <https://m.specialselect.org/multimetros/74559-uni-t-multimetro-ut105-automotriz-multimetro-ac-dc-tension-corriente-resistencia-medidor-multimetro-digital/>

Proceso de encendido del motor.

1. Comprobar el estado de carga de la batería que debe ser del 100% correspondiente a un valor de tensión mayor a 12.5 V. (Ver paso 1)
2. Verificar el nivel de aceite del motor con la varilla de medición (nivel entre las marcas: Max y Min) (Ver paso 2)
3. Verificar el nivel de combustible. (Ver paso 3)
4. Colocar el switch de encendido e interruptor de precalentamiento en ON durante 30 segundos. (Ver paso 4)
5. Luego colocar el interruptor de precalentamiento en OFF (Ver paso 5), dar arranque y encender el motor.
6. Para estabilizar el motor (en frío), encender nuevamente el interruptor de precalentamiento (con el motor encendido) durante máximo 1 a 2 minutos según indica el fabricante.

Nota. – No mantener siempre encendido las bujías de precalentamiento debido a que pueden quemarse.

7. Una vez se llega a estabilizar el motor, verificar que el interruptor de precalentamiento se encuentre en la posición OFF, y esperar a que llegue a la temperatura normal de funcionamiento.
8. Apagar el motor una vez llegue a su temperatura normal de funcionamiento.

Proceso de medición de la compresión

1. Previo a la comprobación, encender el motor hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento. (Ver paso 6)
2. Apagar el motor una vez que alcance la temperatura de funcionamiento (aprox. 92 a 95°C).
3. Colocar la palanca de cambios en punto muerto (neutral) o en parking en transmisión automática, aplique el freno de estacionamiento (freno de mano). (Ver paso 7)

Nota. - para motores con gestión electrónica desconecte los conectores de la ECM y de la unidad de precalentamiento.

4. Quitar las bujías de incandescencia de todos los cilindros empleando la herramienta correspondiente. (Ver paso 8)
5. Desconectar el socket del solenoide de paro (corte de combustible) de la bomba de inyección. (Ver paso 9)
6. Instalar el manómetro manualmente en la rosca de las bujías de incandescencia con su adaptador respectivo. (Ver paso 10)
7. Accione el motor de arranque aproximadamente 5 segundos o hasta que la aguja del manómetro alcance el nivel máximo.
8. Repita la medición en cada cilindro y registre los resultados.
9. Una vez finalizada la comprobación coloque todas las bujías de incandescencia, conecte el socket del solenoide de paro y verifique el correcto funcionamiento del motor.
Nota. - una vez finalizada la prueba para motores con gestión electrónica instale nuevamente los conectores de la ECM y de la unidad de precalentamiento. Encienda el motor y verifique que no existan fugas de compresión.

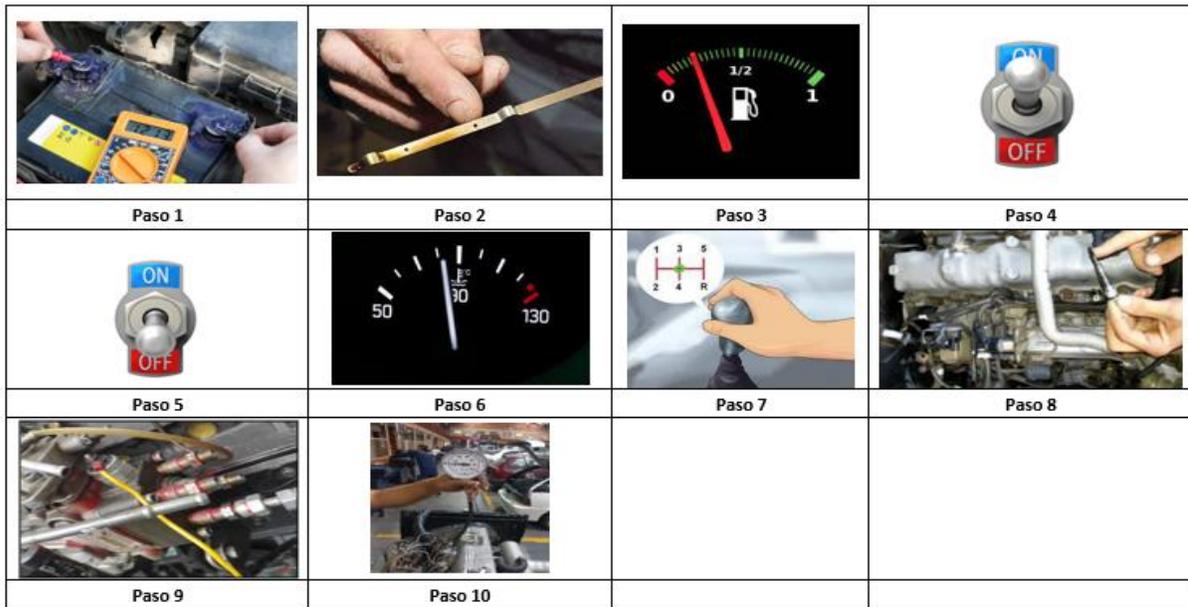


Figura 3. Proceso de medición de la compresión

Valores recomendados de compresión

A continuación, se detallan los valores de compresión especificados por los fabricantes para algunos motores.

Valor de compresión psi (bar)
350 (24)

Nota. - se admite una diferencia de 58 psi o 4 bares entre cilindros.

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Datos del vehículo				
Marca				
Modelo				
Año de fabricación				
Recorrido				
Tensión de la batería (V)				
# de cilindro	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4
Valor medido psi				

Proceso de comprobación de las bujías de incandescencia

1. Desconectar negativo de batería.

2. Desconecte el cable de alimentación de las bujías de incandescencia.
3. Retire la placa de conexión de las bujías de incandescencia.
4. Extraer cuidadosamente las bujías y limpie la zona térmica.
5. Comprueba la resistencia de la bujía colocando el puntal positivo del voltímetro en el terminal positivo de la bujía y el terminal negativo del voltímetro en masa (zona roscada de la bujía).

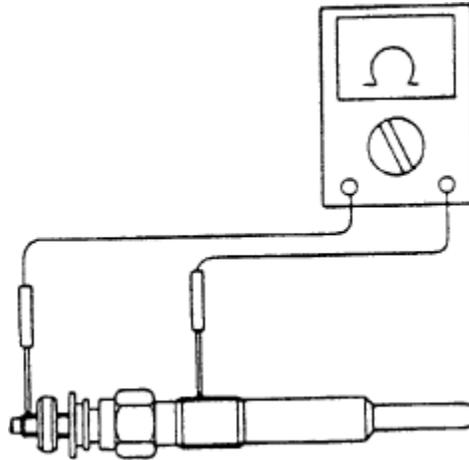


Figura 3. Proceso de medición de la resistencia de las bujías de incandescencia

Valores recomendados de resistencia

Para la resistencia de la bujía de incandescencia se pueden considerar los siguientes valores: Para

bujías convencionales = 1.5 ohmios

Para bujías de arranque rápido = 0,6 a 0,9 ohmios

RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Numero de bujía	Bujía 1	Bujía 2	Bujía 3	Bujía 4
Valor de resistencia eléctrica ohm				

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

Bibliografía

- [1] Vicente, M. d. (1987). *El motor diésel en el automovil*. Barcelona: CEAC.
- [2] HYUNDAI. (1996). *H100 / PORTER GRACE*.
- [3] Hyundai. (2010). *Manuál de taller para el motor Hyundai (h100) modelo D4BX*.
- [4] Payri, F. D. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: Reverté.

Anexo R1: Presupuesto Trabajo de titulación banco soporte motor.

PLACAS BASE											
DETALLE PLANO	Tipo - Marca	CANTIDAD	DIMENSIONES			Volumen (m ³)	Peso Unidad (kg)	Peso Parcial (kg)	OBSERVACIONES		
			#	Lado1 (mm)	Lado2 (mm)						Espesor (mm)
PLANCHA	BASE	1	800	780	4	0,002496	19,59	19,59	PLACA BASE MOTOR		
PLANCHA	BASE	1	780	230	4	0,0007176	5,63	5,63	PLACA TORRE MANDO		
PLANCHA	BASE	1	780	230	4	0,0007176	5,63	5,63	PLACA TORRE MANDO		
SUMA TOTAL (KG)								30,86			
TUBO 50X50X3											
DETALLE PLANO	Tipo - Marca	Cantidad (#)	Longitud (m)	Cantidad.T Longitud.T (m)	DIMENSIONES			Peso Unidad (kg)	Peso Parcial (kg)		
					Lado1 (mm)	Lado2 (mm)	Espesor (mm)				
TUBO	TUBO	1	3,1	3,1	50X50X3			4,25	13,18		
SUMA TOTAL (KG)								13,18			
MATERIALES											
DESCRIPCION				CANTIDAD		DIMENSIONES		COSTO	OBSERVACION		
TUBO				2		30X30X1,5		22,18			
TUBO				1		20X20X1,5		6,59			
BISAGRAS DE PISTÓN				8		1"		1,92			
ZINC LISO				1		3mx0,8		8,88			
PICAPORTE				2		4"		2,64			
PICAPORTE				2		2"		1,82			
REMACHES				1		3/16X3/4		1,65			
PRECIO TOTAL \$								45,68	DOLARES		
ADICIONALES EN OBRA EN TIEMPO						PESO DE PLANCHA					
DESCRIPCION		PERSONAL		TIEMPO (HORAS)		DESCRIPCION		PESO KG			
TOMA DE MEDIDAS MOTOR		MAESTRO Y AYUDANTE		7		PLACAS BASE		30,86			
DESMONTAJE MOTOR		MAESTRO Y AYUDANTE		7		TUBO 50X50X3		13,18			
MONTAJE MOTOR		MAESTRO Y AYUDANTE		7		PESO KG		44,03			
TOTAL DE HORAS				21							
MANO DE OBRA		150									
PLACHA Y TUBERIA		132									
ACCESORIOS Y TOOL Y		65,68									
COSTO TOTAL		347,68									
IVA		41,72									
TOTAL		389,40									

Anexo R2: Presupuesto Trabajo de titulación reacondicionamiento y control digital.

Número	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Arduino	1	40	40
2	Voltímetro	1	40	40
3	Módulo Bluetooth	1	12	12
4	Juego de bujías de precalentamiento	1	15	60
5	Combustible (galones)	6	1.90	11.40
6	Depósito de combustible	1	130	130
7	Manómetros	3	20	60
8	Estructura del banco didáctico	1	389	389
9	Extras (cables, fusibles, mangueras, empaques)	1	75	75
10	Alternador del motor	1	200	200
11	Bomba de Inyección Diésel	1	600	600
12	Transporte	1	80	80
13	Internet (meses)	4	23	92
12	Mano de Obra	2	120	120
13	Tablero Digital	1	220	220
14	Otros Insumos	1	75	75
TOTAL				\$ 2204.4

6. BIBLIOGRAFIA

- 1000marcas. (12 de Agosto de 2022). *1000 Marcas*. Obtenido de 1000 Marcas: <https://1000marcas.net/java-logo/>
- AZONE. (21 de Mayo de 2013). *AZONE*. Obtenido de Historia de Android: La Evolución a lo largo de sus versiones: <https://androidzone.org/2013/05/historia-de-android-evolucion-versiones/>
- El Octavo Bit. (15 de Junio de 2020). *El Octavo Bit*. Obtenido de Tutorial básico de uso del módulo bluetooth HC-06 en Arduino.: <https://eloctavobit.com/arduino/tutorial-basico-para-conectar-modulo-bluetooth-hc-06-en-arduino/>
- Frwiki. (Octubre de 2015). *Hyundai Porter*. Obtenido de Hyundai Porter: https://es.frwiki.wiki/wiki/Hyundai_Porter
- González, A. G. (20 de Mayo de 2015). *PANAMAHITEK*. Obtenido de ¿Qué es Arduino y para qué se utiliza?: <http://panamahitek.com/que-es-arduino-y-para-que-se-utiliza/>
- González, C. V. (2015). *variación de la presión en la cámara de combustión de un mci con respecto de la posición angular del cigüeñal*. Pachuca.
- HYUNDAI. (1996). *H100 / PORTER GRACE*.
- Hyundai. (2010). *Manuál de taller para el motor Hyundai (h100) modelo D4BX*.
- Ingenieria Mecafenix. (25 de Abril de 2017). *Arduino. ¿Que es, como funciona? y sus partes*. . Obtenido de Ingenieria Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/arduino/>
- Kates, E. J. (2021). Barcelona: Reverté.
- Lenguajes de Programación. (2016). *Lenguajes de Programación*. Obtenido de Programación Delphi: <https://www.lenguajes-de-programacion.com/programacion-delphi.shtml>
- Navarrof.orgfree.com. (08 de Noviembre de 2012). *Navarrof.orgfree.com*. Obtenido de Ciclo diésel: https://navarrof.orgfree.com/Docencia/Termodinamica/CiclosGeneracion/ciclo_diesel.htm
- Naylamp Mechatronics SAC. (2021). *Naylamp Mechatronics*. . Obtenido de Módulo Bluetooth HC06: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/24-modulo-bluetooth-hc06.html>
- Pacheco, S. C. (2007). *Módulo motores diésel*. Fonseca, La Guajira Colombia: Cerrejón.
- Payri, F. D. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Barcelona: Reverté.
- Robledano, A. (22 de Julio de 2019). *OpenWebinars*. Obtenido de Que es C++: Características y aplicaciones: <https://openwebinars.net/blog/que-es-cpp/>
- Solano, M. R. (13 de Enero de 2011). *Motores Diesel*. Cartagena: DIFUSORA PANAMERICANA. Obtenido de Manual básico de motores diésel - Tipos, compoenetes, fucionamiento y sistemas: <https://www.mecanicoautomotriz.org/4084-manual-basico-motores-diesel-tipos-componentes-funcionamiento-sistemas>
- Sousa, C. (2014). *Motores diésel y de gasolina*. . Obtenido de SlidePlayer: <https://slideplayer.es/slide/86598/>
- Tenología Informática. (2010). *Tenología Informática*. Obtenido de Bluetooth: Que es? Para que sirve? Como usar Bluetooth? Problemas de conexión:

<https://www.tecnologia-informatica.com/bluetooth/>
TUSOLUTIONWEB. (7 de Enero de 2018). *Blog de programación*. Obtenido de Curso de delphi 7 completo.
Vicente, M. d. (1987). *El motor diésel en el automovil*. Barcelona: CEAC.