



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“SISTEMA DE TELEMETRÍA APLICABLE EN LOS PROTOTIPOS DE CATEGORÍA GASOLINA PARTICIPANTES EN LA COMPETENCIA SHELL-ECO MARATHON”

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: DAVID ANDRÉS MOROCHO ARROYO

DIRECTOR: ING. JAVIER GAVILANES

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, David Andrés Morocho Arroyo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo David Andrés Morocho Arroyo declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de enero de 2020



David Andrés Morocho Arroyo

100398156-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación Tipo: propuesta tecnológica, **SISTEMA DE TELEMETRÍA APLICABLE EN LOS PROTOTIPOS DE CATEGORÍA GASOLINA PARTICIPANTES EN LA COMPETENCIA ECO-SHELL MARATHON**, realizado por el señor: **DAVID ANDRÉS MOROCHO ARROYO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>2020-01-16</u>
Ing. Javier José Gavilanes Carrión DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2020-01-16</u>
Ing. Jorge Mauricio Néjer Guerrero MIEMBRO DE TRIBUNAL		<u>2020-01-16</u>

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres quienes, con su amor, paciencia y apoyo incondicional durante mi carrera universitaria, me han permitido alcanzar una meta más en mí vida, gracias por confiar en mí e inculcarme valores y virtudes que me han permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos quienes, han sido un pilar fundamental durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia, por siempre acompañarme en mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todos mis amigos, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por demostrarme que puedo contar con su apoyo incondicional.

David Andrés Morocho Arroyo

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por haberme permitido culminar una etapa más de mi vida con bendición y sabiduría, a mis padres por ser mi motivación y razón principal para no rendirme y llegar a ser un profesional, quienes me dieron su amor, apoyo y paciencia a lo largo de todos estos años, a mis hermanos y familia que con sus palabras me daban aliento y ánimos para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual manera agradezco a mis profesores y compañeros que se han involucrado en la realización de este trabajo de titulación y me han ayudado de manera desinteresada para poder llegar a culminarlo.

David Andrés Morocho Arroyo

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv

CAPITULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Planteamiento del problema	4
1.2.1.	<i>Formulación del problema de investigación</i>	5
1.2.2.	<i>Delimitación del problema</i>	5
1.3.	Justificación	5
1.4.	Objetivos	6
1.4.1.	<i>Objetivo general</i>	6
1.4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	6

CAPITULO II

2.	MARCO TEORICO.....	7
2.1.	Estado del arte	7
2.1.1.	<i>Telemetría</i>	7
2.1.2.	<i>Historia de la telemetría</i>	8
2.1.3.	<i>Aplicaciones de la telemetría</i>	9
2.1.4.	<i>Telemetría en automóviles</i>	10
2.2.	Bases teóricas	13
2.2.1.	<i>Tipos de transmisión</i>	13
2.2.2.	<i>Sistemas de transmisión</i>	14
2.2.3.	<i>Sistemas de recepción</i>	19
2.2.4.	<i>Sistema de almacenamiento</i>	22
2.2.5.	<i>Grabación de datos</i>	23
2.2.6.	<i>Sistema de visualización</i>	24
2.2.7.	<i>Eficiencia energética</i>	25
2.2.8.	<i>Tecnología ambiental en automóviles</i>	26

CAPITULO III

3.	METOLOGIA	30
3.1.	Generalidades	30
<i>3.1.1.</i>	<i>Diseño de la investigación</i>	<i>30</i>
<i>3.1.2.</i>	<i>Enfoque de la investigación</i>	<i>31</i>
<i>3.1.3.</i>	<i>Alcance</i>	<i>31</i>
<i>3.1.4.</i>	<i>Tipo de investigación</i>	<i>31</i>
<i>3.1.5.</i>	<i>Técnica de recolección de datos</i>	<i>32</i>
<i>3.1.6.</i>	<i>Instrumento de recolección de datos</i>	<i>32</i>
3.2.	Diseño y construcción	33
<i>3.2.1.</i>	<i>Parámetros del diseño.....</i>	<i>34</i>
<i>3.2.2.</i>	<i>Selección de equipos</i>	<i>34</i>
<i>3.2.3.</i>	<i>Diseño del emisor.....</i>	<i>57</i>
<i>3.2.4.</i>	<i>Diseño del receptor</i>	<i>61</i>
<i>3.2.5.</i>	<i>Diseño de las cajas protectora.....</i>	<i>64</i>
3.3.	Resultados	66
<i>3.3.1.</i>	<i>Pruebas realizadas.....</i>	<i>66</i>
<i>3.3.2.</i>	<i>Análisis de resultados</i>	<i>67</i>

CAPITULO IV

4.	GESTIÓN DEL PROYECTO	69
4.1.	Cronograma de actividades	69
4.2.	Recursos y materiales	70
<i>4.2.1.</i>	<i>Presupuesto.....</i>	<i>70</i>
<i>4.2.2.</i>	<i>Talento humano.....</i>	<i>71</i>
<i>4.2.3.</i>	<i>Recursos materiales</i>	<i>71</i>
	CONCLUSIONES.....	72
	RECOMENDACIONES.....	73

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Resultados obtenidos anteriormente.....	33
Tabla 2-3:	Especificaciones técnicas del sensor CKP.	37
Tabla 3-3:	Especificaciones técnicas del sensor TPS.	39
Tabla 4-3:	Especificaciones técnicas del sensor MAP.....	41
Tabla 5-3:	Especificaciones técnicas del sensor ECT.....	44
Tabla 6-3:	Especificaciones técnicas del sensor de efecto Hall.	46
Tabla 7-3:	Especificaciones técnicas del sensor de temperatura LM35.....	48
Tabla 8-3:	Especificaciones técnicas del caudalímetro.....	50
Tabla 9-3:	Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560.	51
Tabla 10-3:	Especificaciones técnicas del módulo Arduino V3.0	52
Tabla 11-3:	Especificaciones técnicas del módulo NRF 24L01.	53
Tabla 12-3:	Especificaciones técnicas del módulo regulador DC-DC LM2596.	54
Tabla 13-3:	Especificaciones técnicas del amplificador operacional.	55
Tabla 14-3:	Especificaciones técnicas del optoacoplador.....	56
Tabla 15-3:	Especificaciones técnicas de la Pantalla LCD.....	57
Tabla 16-3:	Resultados obtenidos	67
Tabla 17-3:	Resultados obtenidos anteriormente.....	68
Tabla 18-3:	Resultados de la Competencia Shell Eco-Marathon.....	68
Tabla 19-4:	Cronograma de actividades.	69
Tabla 20-4:	Presupuesto para el desarrollo del proyecto	70
Tabla 21-4:	Talento Humano	71
Tabla 22-4:	Recursos materiales	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Sistema de Telemetría Automotriz	8
Figura 2-2:	Telemetría en la F1	9
Figura 3-2:	Aplicaciones de la telemetría.....	10
Figura 4-2:	Sistema de Telemetría ATLAS.....	12
Figura 5-2:	Tipos de Transmisión	14
Figura 6-2:	Componentes de los sistemas de transmisión	15
Figura 7-2:	Ejemplificación de un transductor de presión.....	15
Figura 8-2:	Multiplexado mecánico	16
Figura 9-2:	Señales que entran en un multiplexor	17
Figura 10-2:	Antena omnidireccional típica.....	18
Figura 11-2:	Componentes del sistema de Recepción	19
Figura 12-2:	Antena receptora parabólica	20
Figura 13-2:	Receptor de Telemetría	21
Figura 14-2:	Decodificador mecánico.....	21
Figura 15-2:	Esquematación del sistema de almacenamiento.....	23
Figura 16-2:	Esquematación de visualización de datos	24
Figura 17-2:	Eficiencia energética	25
Figura 18-2:	Tecnología Ecológicas	27
Figura 19-3:	Resumen del trabajo realizado.....	33
Figura 20-3:	Sensor CKP Inductivo Y señal de Salida.....	34
Figura 21-3:	Partes de un sensor CKP inductivo.....	35
Figura 22-3:	Sensor CKP Inductivo Hyundai	35
Figura 23-3:	Señal del Sensor CKP.....	36
Figura 24-3:	Conector del sensor CKP.	36
Figura 25-3:	Sensor TPS.....	37
Figura 26-3:	Señal del sensor TPS.	38
Figura 27-3:	Conector del sensor TPS	38
Figura 28-3:	Sensor MAP 1 Bar.....	40
Figura 29-3:	Señal del sensor MAP.	40
Figura 30-3:	Conector del sensor MAP.....	41
Figura 31-3:	Sensor ECT.	42
Figura 32-3:	Señal del sensor ECT.	43
Figura 33-3:	Conector del sensor ECT.....	43
Figura 34-3:	Sensor efecto Hall.	45
Figura 35-3:	Señal del sensor de efecto Hall.....	45
Figura 36-3:	Conector del sensor de efecto Hall.	46
Figura 37-3:	Sensor de temperatura LM35	47
Figura 38-3:	Señal del sensor de temperatura LM35.....	47
Figura 39-3:	Especificaciones de conexión del sensor de temperatura.....	48
Figura 40-3:	Caudalímetro.	49
Figura 41-3:	Señal del caudalímetro.	49
Figura 42-3:	Conector del caudalímetro.....	50
Figura 43-3:	Modulo Arduino Mega 2560.	51

Figura 44-3: Modulo Arduino Nano V3.0.....	52
Figura 45-3: Modulo NRF24L01.....	53
Figura 46-3: Regulador DC-DC LM2596.....	54
Figura 47-3: Amplificador operacional LM741.....	55
Figura 48-3: Optoacoplador PC817.....	56
Figura 49-3: Pantalla LCD 20x4.....	56
Figura 50-3: Proceso del módulo emisor.....	57
Figura 51-3: Esquemmatización del diagrama emisor.....	59
Figura 52-3: Diseño de la placa PCB emisor.....	59
Figura 53-3: Visualización 3D de la placa PCB.....	60
Figura 54-3: Montaje de la placa PCB.....	60
Figura 55-3: Proceso del módulo receptor.....	61
Figura 56-3: Esquemmatización del diagrama receptor.....	62
Figura 57-3: Diseño de la placa PCB.....	62
Figura 58-3: Visualización 3D de la placa PCB.....	62
Figura 59-3: Montaje de la placa PCB.....	63
Figura 60-3: Interfaz gráfica LABVIEW.....	63
Figura 61-3: Diseño de la caja protectora emisor.....	64
Figura 62-3: Impresión 3D de la caja protectora.....	64
Figura 63-3: Diseño de la caja protectora receptor.....	65
Figura 64-3: Impresión 3D de la caja protectora.....	65
Figura 65-3: Diseño de la caja protectora de la pantalla.....	65
Figura 66-3: Impresión de la caja protectora.....	66
Figura 67-3: Trazado de la pista Shell Eco-Marathon 2019.....	66

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1-3: Comportamiento de la señal del sensor TPS.....	39
Gráfica 2-3: Comportamiento de la señal del sensor MAP.	41
Gráfica 3-3: Comportamiento de la señal del sensor ECT.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.	PARTICIPACIÓN EN SHELL ECO-MARATHON BRASIL 2018 Y 2019
ANEXO B.	FICHAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXO C.	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EMISOR
ANEXO D.	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN RECEPTOR.
ANEXO E.	DISEÑO DE LAS CAJAS PROTECTORAS EMISOR Y RECEPTOR.
ANEXO F.	SOCIALIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y RESULTADOS DEL PROYECTO EN COINTI 2019

RESUMEN

El presente trabajo de propuesta tecnológica se muestra el estudio y procedimiento para la implementación de un sistema de telemetría con tecnología punto a punto de configuración simplex, para el monitoreo y transmisión de datos en tiempo real del prototipo con el propósito de verificar su correcto funcionamiento por medio de la utilización de sensores los cuales permitirán verificar los parámetros como la velocidad del prototipo, la temperatura del habitáculo, el consumo de combustible, las RPM del motor, la presión del aire de admisión, la posición de la mariposa de aceleración y la temperatura del motor, para poder asistir al piloto de manera rápida y eficiente, dicho sistema estaba basado en el funcionamiento básico de adquisición, transmisión y visualización de datos obtenidos del prototipo en operación. El sistema de control electrónico se lo hizo por medio Arduinos, el cual es un hardware libre que permite establecer un funcionamiento eléctrico-mecánico. Para la transmisión de datos se lo realizó mediante el uso del módulo NRF 24L01, que es un módulo de comunicación inalámbrica que permite la interconexión y comunicación entre dos dispositivos. En cuanto a la interfaz gráfica se la desarrollo por medio del software LABVIEW, la misma que nos permite tener una visualización clara del funcionamiento del prototipo en tiempo real. Se realizaron tres pruebas de funcionamiento en la ciudad de Riobamba simulando los parámetros y condiciones de la competencia como son el trazado de la pista, la cual tenía un perímetro de 780 m y con un recorrido de 5 vueltas a una velocidad promedio de 20km/h, también se utilizó el tanque de combustible de 250 ml, otorgado por los organizadores de la competencia y las mediciones que se realizaron fue siguiendo el mismo procedimiento de los técnicos de la Shell Eco Marathon, obteniendo un recorrido de 415.33 km con 1 Lt de combustible, logrando alcanzar resultados favorables, con el cual se obtuvo una mayor eficiencia en 3.83% con la implementación del sistema de telemetría. Concluyendo que los sistemas de comunicación, monitoreo y control del prototipo son de vital importancia ya que ha permitido formular estrategias de conducción que fueron muy útiles para obtener una mejor eficiencia en el consumo de combustible del prototipo, haciendo del mismo más competitivo con base en las exigencias de la competencia Shell – Eco Marathon Brasil 2019.

PALABARAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>
<TELEMETRÍA>, <TECNOLOGÍA PUNTO A PUNTO>, <PROTOTIPO>, <MÓDULO DE
COMUNICACIÓN>, <ARDUINO (HARDWARE)>, <INTERFAZ GRÁFICA>, <LABVIEW
(SOFTWARE)>, <PARÁMETROS>, <ESTRATEGIAS>

REVISADO

20 ENE 2020

ABSTRACT

This work of technological proposal shows the study and procedure for a telemetry system implementation with simplex point-to-point configuration technology, for the monitoring and transmission of real-time data of the prototype to verify its correct operation through the use of sensors which will allow verifying parameters such as prototype speed, room temperature, fuel consumption, engine revolutions per minute, intake air pressure, throttle position, and the engine temperature. This system was based on the essential operation of acquisition, transmission, and visualization of data obtained from the prototype in action to assist the pilot quickly and efficiently. The electronic control system was done through Arduinos, which is free hardware that allows establishing an electrical-mechanical operation. For data transmission, it was done through the use of the NRF 24L01 module, which is a wireless communication module that provides interconnection and communication between two devices. As for the graphic interface, it was developed through the LABVIEW software, which allows us to have a clear visualization of the operation of the prototype in real-time. Three performance tests were carried out in Riobamba city simulating the parameters and conditions of the competition, such as the track layout, which had a perimeter of 780 m and with a 5-lap route at an average speed of 20km / h. The 250ml fuel tank was also used, granted by the organizers of the competition, and the measurements made were following the same procedure of the technicians of the Shell Eco-Marathon, obtaining a route of 415.33 km with 1 Lt of fuel, achieving favorable results. A higher efficiency was obtained in 3.83% with the implementation of the telemetry system — concluding that the communication, monitoring, and control systems of the prototype are of vital importance since it has allowed formulating driving strategies that were very useful to obtain a better efficiency in the fuel consumption of the prototype, making it more competitive based on the Shell-Eco Marathon Brazil 2019 competition requirements.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <TELEMETRY>, <POINT TO POINT TECHNOLOGY>, <PROTOTYPE>, <COMMUNICATION MODULE>, <ARDUINO (HARDWARE)>, <GRAPHIC INTERFACE>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <PARAMETERS>, <STRATEGIES>



INTRODUCCIÓN

La Shell Eco Marathon es una competencia que se realiza desde 1939 en los Estados Unidos, los obreros de Shell Oil Company apostaron quién sería capaz de alcanzar la mayor distancia de recorrido, utilizando la misma cantidad de combustible. Desde ese entonces, la competencia ha tomado sede en Europa y Asia incluye muchos tipos de energía en los cuales pueden participar instituciones de educación superior de cada continente, abriéndose paso a una competencia de innovación tecnológica y movilidad. Dentro de esta competencia podemos encontrar dos categorías que son prototipos y Urban Concept, dentro de esta categoría existe también una subcategoría que se distinguen según el tipo de energía que utilizan, en donde podemos encontrar la categoría de motores de combustión interna de (gasolina, etanol y GLP), de baterías eléctricas e hidrogeno. Los equipos participantes tienen la libertad de diseñar y fabricar los prototipos según su criterio, siempre y cuando no incumplan la normativa, la cual se debe cumplir a cabalidad para poder aprobar las pruebas técnicas para cualquier evento organizado por Shell, con el pasar de los años éstas varían definiendo dimensiones, peso, sistema de frenada y principalmente seguridad.

Por lo tanto la Shell Eco-Marathon al ser una competencia de altas exigencias en cuanto al consumo de combustible, cada año los equipos participantes implementan nuevos sistemas en sus prototipos con el objetivo de alcanzar una mejor eficiencia en el consumo energético, dentro de estas nuevas implementaciones de sistemas y modificaciones, podemos encontrar los sistemas de telemetría que hoy en día juegan un papel sumamente importante en dicha competencia, ya que permite conocer el funcionamiento de los prototipos en tiempo real, permitiendo de esta manera formular estrategias de conducción dentro de la competencia, llegando así a obtener un mejor rendimiento. Gracias al presente trabajo se implementó un sistema de telemetría en un prototipo de la Carrera de Ingeniería Automotriz, en el cual se ha podido observar su funcionamiento en tiempo real, permitiendo así asistir al piloto de manera rápida para una óptima conducción del prototipo y de esta manera alcanzar un mínimo consumo de combustible.

El sistema de telemetría implementado en el prototipo transmite información de suma importancia como las revoluciones, temperatura, la presión de entrada de aire al motor, la posición de la mariposa de aceleración, temperatura del habitáculo, velocidad del prototipo y el consumo de combustible, para poder verificar su correcto funcionamiento y corregir posibles errores, con la finalidad de optimizar el rendimiento del prototipo.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Los sistemas embebidos hace referencia a todo circuito electrónico digital capaz de realizar operaciones de computación, generalmente en tiempo real, que sirven para cumplir una tarea específica que los hacen sumamente útiles en múltiples ambientes, como en el campo automotriz (sistemas de inyección de gasolina, alarmas contra robos, control de climatización, sistema de frenado ABS) o en teléfonos móviles, ipad, reproductores Blu-ray, refrigeradoras, alarmas de casas, lavadoras, cámaras fotográficas, instrumentación industrial, equipos médicos, Set Top Boxes, entre otros. (Salas, 2015 págs. 20-25)

Los sistemas embebidos suelen tener en una de sus partes una computadora con características especializadas conocidas como microcontroladores que viene a ser el cerebro del sistema. Este no es más que un microprocesador que incluye interfaces de entrada/salida en el mismo chip. Normalmente estos sistemas poseen una interfaz externa para efectuar un monitoreo del estado y hacer un diagnóstico del sistema. (Tapia, 2013 págs. 10-11)

La telemetría es un sistema que permite el monitoreo y control de procesos de una maquina en operación por medio de un canal de comunicación, usualmente los sistemas de telemetría se utilizan para obtener información necesaria para la toma de decisiones desde una base de control.

La telemetría nació por la necesidad del hombre de operar maquinas o elementos que se encuentran a una distancia determinada, esto se puede evidenciar con la aparición de uno de los primeros satélites enviados al espacio, el OSCAR-1 (1961), el cual enviaba un solo dato de telemetría, la temperatura del módulo, ya que era necesario monitorear esta magnitud para la operación del satélite.

Dentro de la aplicación de los sistemas de telemetría pueden relacionarse con fines científicos, como, por ejemplo, su uso en satélites para recopilar datos sobre las condiciones climáticas, meteorológicas y la investigación de fenómenos espaciales, etc. Otra de las aplicaciones puede tener fines no científicos como es en el uso en del deporte automovilístico, en el cual se obtiene

datos sobre el funcionamiento del vehículo o en sistemas industriales autónomos donde se requiere un control de acciones.

Una de las principales funciones de la telemetría consiste en la obtención de datos de cualquier índole a una distancia determinada, por medio del uso de sensores o transductores que pueden ser de tipo digitales o analógicos para posteriormente enviar dichos datos a una base de control a través de un sistema de telecomunicaciones donde es administrado, procesado y visualizado. Este tipo de comunicación inalámbrica se la puede realizar por medio del uso de módulos, routers, módems que acondicionan las señales informativas de acuerdo con el medio en el que se realiza la comunicación.

El parámetro fundamental que determina la eficiencia de los sistemas de telemetría depende en gran medida del sistema de comunicación que se utiliza, siendo este el principal responsable de la velocidad con que llegue la información enviada desde la maquina o elemento en operación hacia la central de control ubicada a cierta distancia.

Al referirnos a los sistemas de telemetría y sus diferentes aplicaciones se puede notar un gran crecimiento en la Fórmula UNO, que es la competencia por excelencia de la FIA, Los primeros sistemas de telemetría implementados en esta competencia fue en los años 90 En las escuderías Williams y McLaren, las cuales marcaron un avance tecnológico en este deporte automovilístico y aquellos equipos que no poseían dichos sistemas quedaron atrás en la competencia.

Gracias a esta tecnología, los ingenieros recibían en tiempo real información sobre los monoplazas que rodaba por la pista (tiempo por vuelta, revoluciones del motor, presión del aceite, velocidad del viento, constantes vitales del piloto), e incluso podrían modificar parámetros del vehículo desde la base de control. (Díaz, 2017 págs. 15-18)

El desarrollo y las mejoras de los sistemas de telemetría en la Fórmula UNO fue tan grande que a partir del año 2003 la Federación internacional del automovilismo, prohibió que los parámetros del monoplaza fuesen manipulados desde la base de control y que los pilotos eran los únicos que podían hacer modificaciones dichos parámetros desde su volante. (Villacres, y otros, 2019 pág. 20)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente los avances y desarrollo de nuevas tecnologías se toma una necesidad específica, sobre todo en la industria automotriz, con el propósito de presentar nuevas propuestas innovadoras, ya que la industria automotriz actualmente sigue siendo un campo de innovación constante. Las nuevas tecnologías que desarrollan les dan un plus a sus productos garantizando que sean cuidadosos con el medio ambiente, más seguros e innovadores, con el apareamiento de vehículos que tenga una mayor eficiencia energética; siendo así la competencia Shell Eco-Marathon uno de los eventos que buscan este propósito, por lo que se ha visto la necesidad de implementar un sistema de telemetría en el prototipo de la carrera de ingeniería

automotriz, este sistema permitirá monitorear en cada momento los distintos parámetros de funcionamiento del prototipo así también las acciones que realiza el piloto, que permitirán tomar decisiones en relación a la eficiencia energética del prototipo en pista. (Royal Dutch Shell, 2009)

El presente proyecto tiene como finalidad participar en la competencia Shell Eco-Marathon en representación de la carrera de ingeniería automotriz, por el desarrollo e innovación que este presenta tanto en la parte mecánica y electrónica del prototipo, la finalidad de la implantación de este sistema es monitorear e interpretar las señales que nos proporciona los sensores del prototipo y de esta manera formular estrategias que permitan tener un mejor desempeño y rendimiento en el trayecto de la competencia.

1.2. Planteamiento del problema

Después de haber tenido una participación en la competencia Shell Eco-Marathon Brasil 2018, como se evidencia en el *ANEXO A*, se pudo apreciar que uno de los principales problemas que radican en cuanto al desempeño del prototipo es la falta de comunicación y monitoreo de los diferentes parámetros de funcionamiento del prototipo en tiempo real, los cuales son de mucha importancia ya que permite que el operador del centro de control reciba alertas y mediante la toma de decisiones realice acciones que permitan al piloto tener una operación más eficiente del prototipo.

Dentro de la facultad de mecánica podemos encontrar varios laboratorios que cuentan con varios instrumentos, máquinas y herramientas que permiten el fortalecimiento práctico teórico en la formación de los estudiantes para su vida profesional; aportando de gran manera el fortalecimiento creativo de los estudiantes y permite participar en eventos tecnológicos a nivel Nacional e Internacional, especialmente en la Carrera de Ingeniería Automotriz, como es la competencia Shell eco Marathon.

El Shell Eco-Marathon es una competición anual patrocinada por Shell, en la que los participantes construyen prototipos especiales para lograr la mayor eficiencia energética posible, de diferentes categorías como son de gasolina, eléctrico, etanol, etc. Esta competencia se lleva a cabo cada año en diferentes partes del mundo, como lo es en Brasil en la ciudad de Río de Janeiro, donde se tuvo una participación en representación de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Es por eso por lo que se ha visto la necesidad de investigar y desarrollar un instrumento con tecnología capaz de estudiar el desempeño del vehículo y del piloto durante, asistiendo en la corrección de errores de manejo y en la formulación de estrategias

1.2.1. Formulación del problema de investigación

¿De qué manera el diseño, construcción e implementación sistema de telemetría aplicable en los prototipos de categoría gasolina participantes en la competencia Shell Eco-Marathon permitirá monitorear los datos del prototipo de la Carrera de Ingeniería Automotriz en pista?

1.2.2. Delimitación del problema

- Objeto de estudio: Telemetría
- Campo de acción: Automotriz
- Límite espacial: La presente investigación será realizada en la Carrera de Ingeniería Automotriz, de la ESPOCH, en la provincia de Chimborazo.
- Delimitación temporal: La presente investigación se llevará a cabo en el año 2019.

1.3. Justificación

Shell Eco-Marathon, al ser una competencia de eficiencia de consumo energético y debido a que la gran parte de prototipos participantes cuentan con diferentes estrategias de operación, por lo tanto, se implementara un sistema de telemetría en uno de los prototipos participantes, para optimizar su desempeño y conseguir que consuma la menor cantidad de combustible. (Shell, 2009)

En la actualidad los diferentes tipos de sistema de monitoreo y comunicación implementados en los prototipos participantes en la competencia Shell Eco-Marathon han permitido tener una ventaja notable sobre los otros prototipos que no poseen un sistema de telemetría, obtenido mejores resultados dentro de la competencia. (Hernández , y otros, 2019 págs. 25-27)

Con el presente trabajo se mostrará que mediante la utilización de herramientas como es la telemetría, resulta ser beneficiosa para la participación del prototipo, lo cual se lograra, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica, interviniendo en uno de los principales problemas que se presentan dentro de esta competencia.

Finalmente, este sistema de telemetría al ser una herramienta con la cual podemos "supervisar sensores y tomar acciones para generar un control de procesos que se encuentran a cierta distancia", y tener una mejora notable en la eficiencia de consumo energético, por ende, se podrá trabajar con una tecnología que permita alcanzar el objetivo planteado y tener un buen desempeño en cuanto a la competencia. (Herrera, 2014 págs. 30-32)

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Construir un sistema de telemetría para un prototipo de la competencia Shell Eco-Marathon, el cual proporcione datos de las variables a contemplarse sobre el comportamiento del motor, mediante la instalación de módulos en el sistema electrónico y de esta manera asistir al piloto para la operación más eficiente del prototipo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Monitorear a cada instante los datos de los sensores del motor en tiempo real para formular estrategias de conducción.
- Desarrollar la programación que nos permita obtener y enviar los datos a través de un servidor.
- Configurar y acoplar los módulos de comunicación dentro de la gestión electrónica del prototipo para la obtención de los datos.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Estado del arte

2.1.1. *Telemetría*

La palabra telemetría es la unión de dos palabras griegas. (Tele) significa "a distancia" y (Metron) que significa "medida". Por lo tanto, telemetría (TM) significa tomar medidas de forma remota o en una ubicación remota. La telemetría comenzó debido a la necesidad de tomar medidas en lugares inaccesibles, como la temperatura dentro de un horno, y ha evolucionado hasta convertirse en una ciencia compleja capaz de llevar a cabo dentro de un misil guiado, o en cualquier lugar remoto.

Los sistemas de telemetría permiten tomar medidas de magnitudes físicas en lugares difícilmente accesibles, y permite transmitir el resultado de la medición a un observador lejano. La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Se utilizó por primera vez en 1915, a mediados de la primera guerra mundial, por el alemán Khris Osterhein y el italiano Francisco Javier Sosao para medir a qué distancia se encontraban objetivos de artillería. (Tapia, 2013 pág. 30)

Los componentes esenciales de cualquier sistema de telemetría incluyen al menos un sensor, una antena transmisora de baja ganancia, una antena receptora de alta ganancia, un receptor y una pantalla. Muchos sistemas utilizan múltiples sensores, métodos para empaquetar muchos datos en un enlace Radio Frecuencia, métodos para desempaquetar datos en el centro de control, métodos para etiquetar la información de tiempo para el análisis postoperatorio, métodos de archivo de datos para el análisis posterior, y métodos muy sofisticados para procesar los datos antes de mostrarlos.

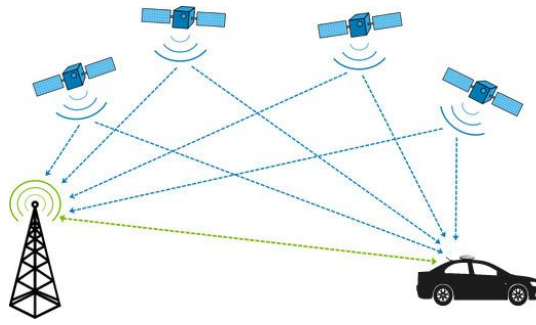


Figura 1-2: Sistema de Telemetría Automotriz

Fuente: (Tapia, 2013)

2.1.2. *Historia de la telemetría*

La telemetría se puede describir como un proceso de comunicaciones altamente automatizado que implica la recopilación de mediciones y otros datos en puntos remotos o inaccesibles, antes de la transmisión al equipo receptor para fines de monitoreo y control. Los sistemas de telemetría datan más allá del siglo XIX. Este es el período en el que la información telemétrica por cable tiene su origen, siendo 1845 el año en que se desarrolló uno de los primeros circuitos de transmisión de datos, entre " Winter Palace" y el cuartel general del ejército. En 1874, los ingenieros franceses tenían un sistema de sensores meteorológicos y de profundidad de nieve construido en Mont Blanc para la transmisión de información en tiempo real a París. (Aranda, 2014 págs. 20-25)

Luego, en 1901, el inventor estadounidense C. Michalke patentó un circuito, conocido como SELSYN, que permitía el envío de información de rotación sincronizada una distancia. Los desarrollos en los sistemas de adquisición de datos de hoy en día se volvieron dinámicos y rápidos después de eso, con el año 1906 viendo la construcción de un conjunto de estaciones sísmicas con telemedición al Observatorio Pulkovo en Rusia. Un sistema de telemetría fue desarrollado por Commonwealth Edison en 1912, para el monitoreo de las cargas eléctricas de su red eléctrica. Para 1914, se completó el Canal de Panamá y se utilizaron extensos sistemas de telemetría para el monitoreo de los niveles de agua.

El comienzo de la década de 1930 vio el desarrollo concurrente de la radiosonda por parte de los rusos Pavel Molchanov y Robert Bureau en Francia, con la telemetría inalámbrica haciendo apariciones tempranas en ella. En el sistema de Molchanov, la modulación de las mediciones de temperatura y presión fue posible con su conversión al código Morse inalámbrico. Mientras tanto, el cohete V-2 alemán utilizó otro sistema, "Messina", que consistía en señales de radio multiplexadas primitivas, para informar los cuatro parámetros del cohete, aunque su poca fiabilidad era tal que Wernher Von Braun afirmó una vez que ver el cohete a través de binoculares Fue una mejor idea. (Díaz, 2017 págs. 33-35)

Sin embargo, no puede haber ninguna duda de que los sistemas de monitoreo remoto han avanzado significativamente en funcionalidad, sofisticación y confiabilidad desde entonces. Ciertamente, la gama de aplicaciones para telemetría se ha expandido significativamente, con ciencia espacial, agricultura, automovilismo, pruebas de vuelo, inteligencia militar, medicina y distribución de recursos, que son solo algunos de los campos que se han beneficiado de ella. Desde 1920, la telemetría también ha sido utilizada por globos meteorológicos para la transmisión de datos meteorológicos. Las soluciones de monitoreo remoto también se han vuelto más potentes y flexibles en las últimas décadas en varios campos, ayudadas por las grandes bases de usuarios instaladas en todo el mundo de los principales proveedores de instalaciones de telemetría.

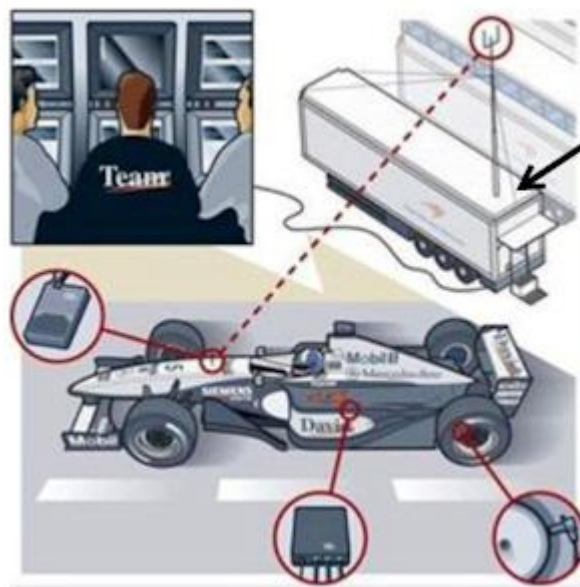


Figura 2-2: Telemetría en la F1

Fuente: (Díaz, 2017)

2.1.3. *Aplicaciones de la telemetría*

Actualmente, la telemetría se da en muchas industrias como la espacial, la química y la eléctrica donde el proceso de monitorización y registro de mediciones constantes es eficiente. En el caso de la industria química o eléctrica es importante disponer de un sistema de seguridad que permita controlar las plantas para ser informados mediante la telemetría de cualquier incidente. En el medio espacial, las agencias como la NASA, la UK Space Agency, y la ESA, utilizan la telemetría para operar con satélites y con las estaciones base en la tierra.



Figura 3-2: Aplicaciones de la telemetría

Fuente: (SITRACK, 1999)

Por otra parte, podemos encontrar el uso de la telemetría con mucha más precisión e importancia en el sector de las competiciones automovilísticas como la Formula 1, MotoGP y competiciones por el estilo. En este sector, la telemetría es altamente importante puesto que los equipos constan de una multitud de sensores que recogen datos en tiempo real que permiten al usuario trabajar con esa información con bastante eficacia. (Rhetassi, 2019 pág. 35)

2.1.4. *Telemetría en automóviles*

La telemetría se ha utilizado en la Fórmula Uno durante más de 30 años y se ha convertido en una herramienta vital para recopilar y analizar datos valiosos. Pero ¿qué controla realmente y cómo se reducen los números? Un automóvil de Fórmula Uno es un corcel de metal y fibra de carbono que se mantiene constantemente bajo escrutinio gracias a la telemetría. (Carpentiers, 2016)

Introducida a fines de la década de 1980, esta tecnología se ha desarrollado en gran medida a lo largo de los años, y la FIA incluso permitió la telemetría bidireccional a principios de la década de 2000. Sin embargo, el organismo rector de F1 se movió para limitar la cantidad de datos enviados desde el automóvil al garaje en 2003.

"En ningún campo del automovilismo se utiliza la telemetría tan eficiente como en la Fórmula Uno", dijo el jefe de electrónica de Ferrari, Andrea Beneventi. "Por ejemplo, en GP2 probablemente hay un 35-40% menos de parámetros monitoreados, porque la complejidad de la telemetría está vinculada a la del automóvil. Por ejemplo, los autos que compiten en las 24 horas de Le Mans tienen un sistema de telemetría muy sofisticado".

La telemetría es un factor importante en la F1, ya que permite a los ingenieros recopilar una gran cantidad de datos durante una carrera. Los datos se pueden interpretar y utilizar para garantizar que el automóvil esté funcionando al máximo. Los sistemas F1 en particular han avanzado de tal manera que incluso se puede calcular el tiempo de vuelta potencial del automóvil. Ejemplos de datos operativos recopilados de un automóvil F1:

- aceleración (fuerza G) en los ejes
- lecturas de temperatura (frenos, neumáticos, motor, transmisión, etc.)
- velocidad de la rueda
- movimiento de suspensión
- presión hidráulica
- posición de la pista

Las entradas del conductor también se registran para que el equipo pueda evaluar el rendimiento y, en el caso de un accidente, la FIA puede determinar o descartar el error del conductor como una posible causa. Ejemplos de entradas de controladores:

- movimiento del pedal de freno
- movimiento del pedal del acelerador
- ángulo de dirección
- posición de marcha.

La telemetría bidireccional (telemetría y telecomando) es posible y fue desarrollada originalmente por TAG Electronics. Este sistema comenzó como una forma de enviar un mensaje al conductor a un sistema que permite a los ingenieros de carrera actualizar el automóvil en tiempo real, por ejemplo, cambiando el mapeo del motor. Sin embargo, la FIA prohibió la telemetría bidireccional de la F1 en 2003. Los equipos de F1 llevan una gran cantidad de equipos informáticos a cada carrera para ayudar a los conductores e ingenieros a encontrar la configuración adecuada y solucionar cualquier problema con el automóvil. (Denton, 2011)

Un auto F1 puede usar dos tipos de telemetría:

- Información en tiempo real, que se envía en pequeños paquetes (posición de seguimiento y lecturas básicas del sensor)
- Un estallido de microondas, que se envía cuando el automóvil pasa por los pits.

Esta ráfaga de datos puede contener alrededor de 4 MB de información, lo que brinda a los ingenieros una visión vital del estado del automóvil. La telemetría se transmite por una pequeña antena ubicada en el automóvil. Esto generalmente se encuentra en el espejo lateral o en el espejo de ala más cercano a los pits. Se pueden descargar otros 40 MB (o más) del automóvil enchufando una computadora portátil.

Se utiliza un banco de computadoras para procesar la información enviada por los automóviles mientras están en camino. Estas computadoras utilizan software proporcionado por compañías como Hewlett Packard, Compaq y TAG Electronics. El software muestra la información en las pantallas de manera que los ingenieros puedan interpretarla. Durante una carrera, se examinan en

detalle lecturas como la temperatura del motor y la presión hidráulica para asegurarse de que una falla mayor no sea inminente. Si las lecturas van por encima o por debajo de lo que normalmente se espera, los ingenieros pueden llamar por radio al conductor y, por ejemplo, pedirles que usen menos revoluciones del motor o frenen antes para intentar evitar fallas.

McLaren ha desarrollado su propio sistema llamado Advanced Telemetry Linked Acquisition System (ATLAS). Este sistema muestra gráficos de cada uno de los sistemas de los automóviles en tiempo real en todas las partes de la pista. La mayoría de los mejores equipos tienen sistemas similares, pero se considera que McLaren es actualmente uno de los mejores.

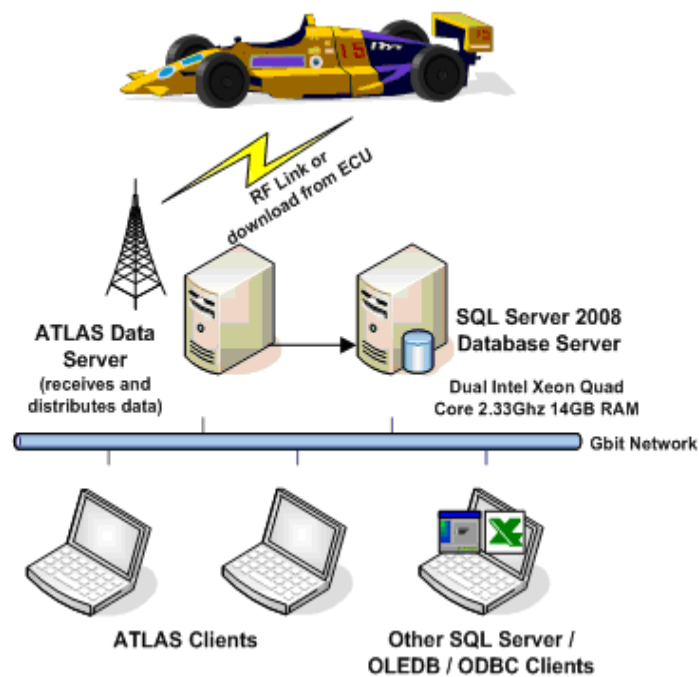


Figura 4-2: Sistema de Telemetría ATLAS

Fuente: (Carpentiers, 2016)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Tipos de transmisión

Existen varios sistemas de conexión de los cuales podemos relacionando el tema de tecnología punto a punto se hace referencia a una red en el cual toda la comunicación se produce entre dos puntos, y sólo entre éstos. El caso de estudio se presenta esta conexión de manera inalámbrica entre una pantalla de visualización de datos y un vehículo. (Orenda, 2016)

Dentro de estos sistemas de conexión podemos encontrar las siguientes configuraciones de conexión: Simplex, semidúplex y dúplex son tres tipos de canales de comunicación en telecomunicaciones y redes de computadoras. Estos canales de comunicación proporcionan vías para transmitir información. Un canal de comunicación puede ser un medio de transmisión física o una conexión lógica a través de un medio multiplexado. El medio de transmisión física se refiere a la sustancia material que puede propagar ondas de energía, como los cables en la comunicación de datos. Y la conexión lógica generalmente se refiere a la conexión de circuito conmutado o conexión de circuito virtual en modo paquete, como un canal de radio. Gracias a la ayuda de los canales de comunicación, la información se puede transmitir sin obstrucciones.

– Simplex

Un canal de comunicación simplex solo envía información en una dirección. Por ejemplo, una estación de radio generalmente envía señales a la audiencia, pero nunca recibe señales de ellos, por lo tanto, una estación de radio es un canal simple. También es común usar el canal simplex en la comunicación de fibra óptica. Una cadena se usa para transmitir señales y la otra para recibir señales. Pero esto podría no ser obvio porque el par de hilos de fibra a menudo se combinan en un solo cable. La buena parte del modo simplex es que todo su ancho de banda se puede usar durante la transmisión.

– semidúplex

En el modo semidúplex, los datos pueden transmitirse en ambas direcciones en una portadora de señal, excepto que no al mismo tiempo. En cierto punto, en realidad es un canal simplex cuya dirección de transmisión se puede cambiar. El walkie-talkie es un dispositivo semidúplex típico. Tiene un botón "pulsar para hablar" que se puede usar para encender el transmisor, pero apagar el receptor. Por lo tanto, una vez que presiona el botón, no puede escuchar a la persona con la que está hablando, pero su pareja puede escucharlo. Una ventaja de semidúplex es que la pista individual es más barata que las dobles.

– dúplex

Un canal de comunicación dúplex es capaz de transmitir datos en ambas direcciones en una portadora de señal al mismo tiempo. Está construido como un par de enlaces simplex que permite la transmisión bidireccional simultánea. Tomemos el teléfono como ejemplo, las personas en ambos extremos de una llamada pueden hablar y ser escuchadas entre sí al mismo tiempo porque hay dos vías de comunicación entre ellas. Por lo tanto, el uso del modo dúplex completo puede aumentar en gran medida la eficiencia de la comunicación.



Figura 5-2: Tipos de Transmisión

Fuente: (Orenda, 2016)

2.2.2. *Sistemas de transmisión*

En una manera simplificada el grupo de componentes del sistema de transmisión realiza la medición de un sensor, como un transductor de presión, y se envían solos esos datos, o más comúnmente, unidos con otras mediciones a través de un proceso llamado multiplexado en una corriente de mediciones para ser transmitidos a una ubicación remota, generalmente una estación terrestre. Si la señal compuesta es de naturaleza digital, puede ser encriptada para hacer que la transmisión de telemetría sea ilegible para cualquiera que no tenga la clave de descryptación adecuada. El flujo de datos se envía posteriormente al transmisor donde modula una portadora de Radio Frecuencia. La señal portadora se envía entonces a la antena de transmisión, donde se irradia al espacio libre. En muchos casos, estos componentes se combinan físicamente en una sola unidad de telemetría, llamada Módulo de Telemetría, diseñado específicamente para un vehículo. (Nicoli, 2004 págs. 40-43)

A continuación, se muestra una vista simplificada de los grupos de componentes involucrados en un sistema de telemetría que son: Transmisión, Recepción, Grabación/Archivo y Visualización.

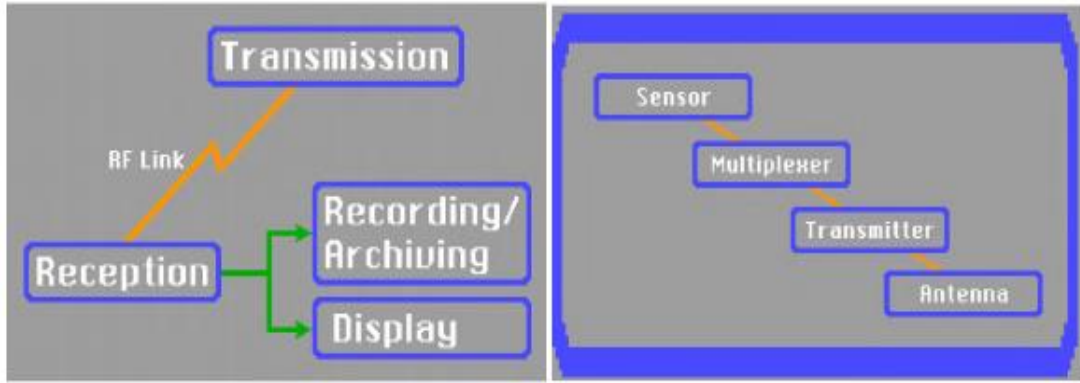


Figura 6-2: Componentes de los sistemas de transmisión

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.2.1. Sensores o transductores

El propósito de un sensor o transductor es medir alguna cantidad física, como la temperatura, y generar un voltaje proporcional a la cantidad medida. La entrada puede ser de cualquier magnitud física que se pueda medir, pero la salida es casi siempre de voltaje. Dado que la magnitud física puede cambiar con el tiempo, el voltaje tiene que seguir el cambio. En todo momento debe haber una correspondencia directa entre la tensión de salida del transductor y la medición física. La tensión de salida suele estar directamente relacionada con la magnitud física. Por ejemplo, la temperatura medida por un transductor puede variar de 30°C a 150°C, y la salida del transductor puede variar de 0.1 a 3.0 Voltios. La salida del transductor también puede tener que ser condicionada a un rango apropiado para el módulo de telemetría. (Nicoli, 2004 págs. 48-51)

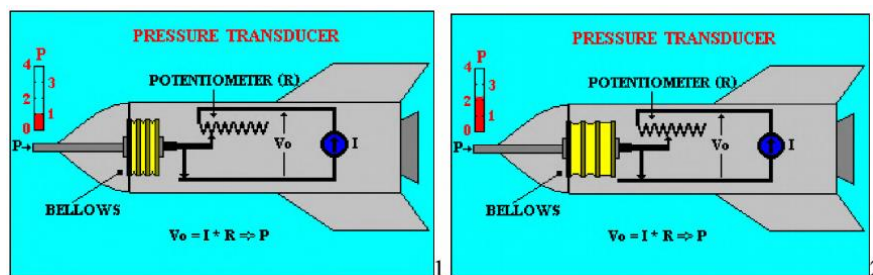


Figura 7-2: Ejemplificación de un transductor de presión

Fuente: (Nicoli, 2004)

Los transductores más comunes miden deformación, fatiga, presión, temperatura, velocidad, aceleración, desplazamiento, altitud, velocidad en relación con el aire, posición, flujo de combustible, fuerza, peso, empuje, humedad, movimiento, tensión, corriente, etc. Cabe señalar que los transductores pueden convertir una magnitud física en una señal eléctrica distinta de la tensión.

2.2.2.2. Multiplexado

El multiplexor, que también se denomina interruptor, permite recoger una serie de mediciones en un flujo de telemetría. Si sólo se miden y transmiten unos pocos parámetros, cada salida de sensor puede asignarse a una frecuencia subportadora separada y transmitirse utilizando el método denominado multiplexación por división de frecuencia (FDM). Sin embargo, los casos normales requieren el envío de cientos o miles de mediciones. Con tantas mediciones, se utiliza un método llamado multiplexación por división de tiempo (TDM) para muestrear cada sensor de manera ordenada, con cada parámetro asignado a una porción de tiempo. El número de veces por segundo que se muestrea un sensor depende de su contenido de mayor frecuencia y está sujeto a los criterios de muestreo de Nyquist. La inserción de una palabra de sincronización de trama en cada trama de medición es necesaria para que los datos se reconstruyan de la manera adecuada en el lugar de recepción. Los detalles de los criterios FDM, TDM y Nyquist se presentarán más adelante. La secuencia de la *figura 8-2*, muestra un simple multiplexado mecánico de ocho señales analógicas diferentes en una línea común. Los datos no tienen sentido hasta que se des conmuta. Tenga en cuenta que se requiere algún tipo de señal de sincronización para sincronizar el funcionamiento del des conmutador con este interruptor. La velocidad del multiplexor debe ser lo suficientemente rápida para obtener unas cinco muestras del componente de mayor frecuencia de la entrada de variación más rápida. (Nicoli, 2004 págs. 54-57)

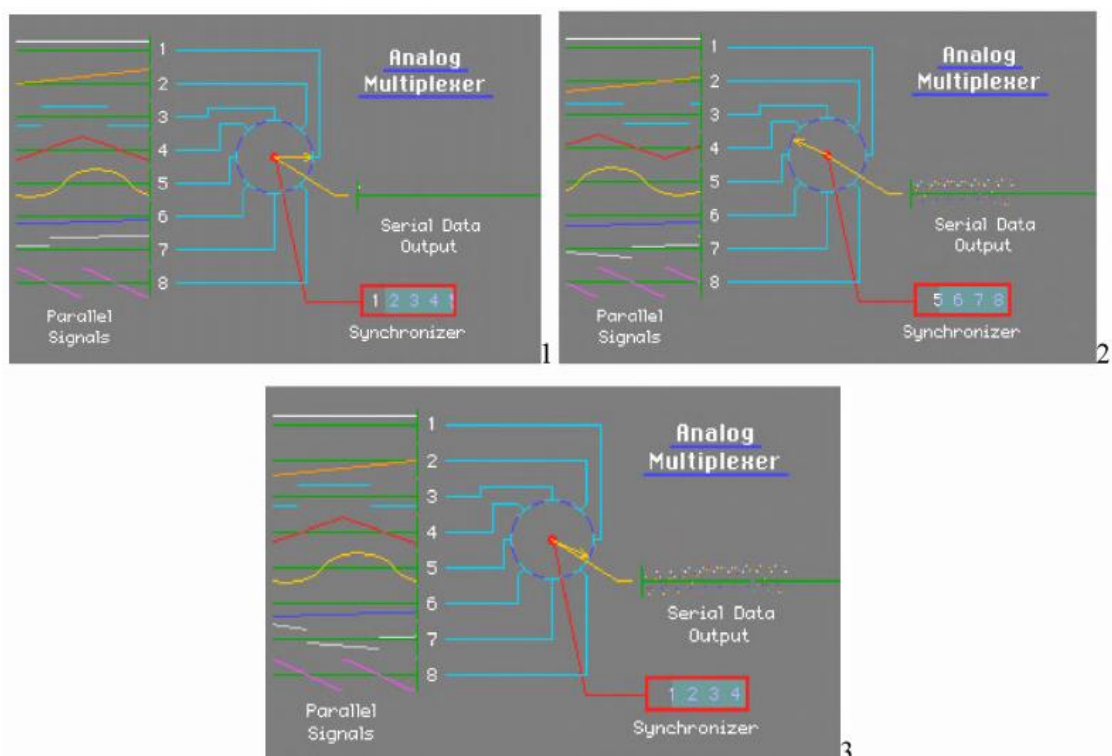


Figura 8-2: multiplexado mecánico

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.2.3. Transmisor

El transmisor produce energía de RF que permite que los datos de telemetría lleguen a la ubicación de recepción. Los puntos importantes sobre los transmisores son: los métodos de multiplexación de las señales de los sensores en un enlace RF común, el tipo de modulación utilizado y la potencia de salida. Los principales tipos de modulación utilizados en la transmisión de telemetría son la modulación de amplitud (AM), la modulación de frecuencia (FM) y la modulación de fase (PM). La potencia de salida del transmisor oscila entre mili Watts y muchos vatios. La secuencia de la *figura 9-2*, muestra dos señales que entran en un multiplexor por división de tiempo. La banda base de la señal de salida del multiplexor se proporciona al modulador donde su amplitud modula la portadora de RF. La portadora modulada se amplifica y pasa a la antena para su transmisión en tierra. (Nicoli, 2004 págs. 59-62)

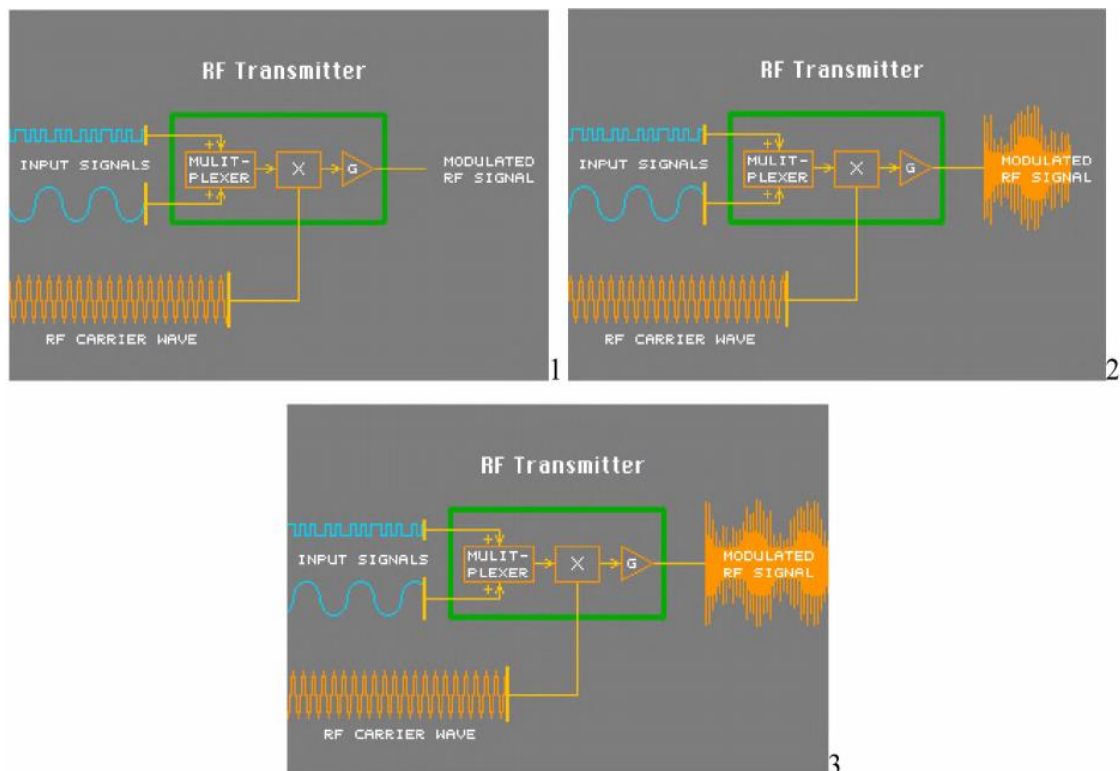


Figura 9-2: Señales que entran en un multiplexor

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.2.4. Antena

La antena proporciona un medio para convertir la señal de salida del transmisor en señales de radiofrecuencia (RF) para permitir la comunicación inalámbrica con la estación terrestre. La antena irradia energía de radiofrecuencia y la estación de control recibe esta energía de radiofrecuencia y la convierte de nuevo en señales eléctricas, como las generadas por el transmisor. Generalmente no es posible instalar una antena direccional en el vehículo de prueba, por lo que el vehículo de prueba suele utilizar una antena omnidireccional. La antena omnidireccional irradia la señal más o menos uniformemente alrededor del vehículo. Una antena direccional de alta ganancia en la estación terrena adquiere el seguimiento de los vehículos y recoge la señal del dispositivo sometido a prueba para procesarla en tierra. estación terrestre. Una antena omnidireccional típica se muestra en la *figura 10-2*.

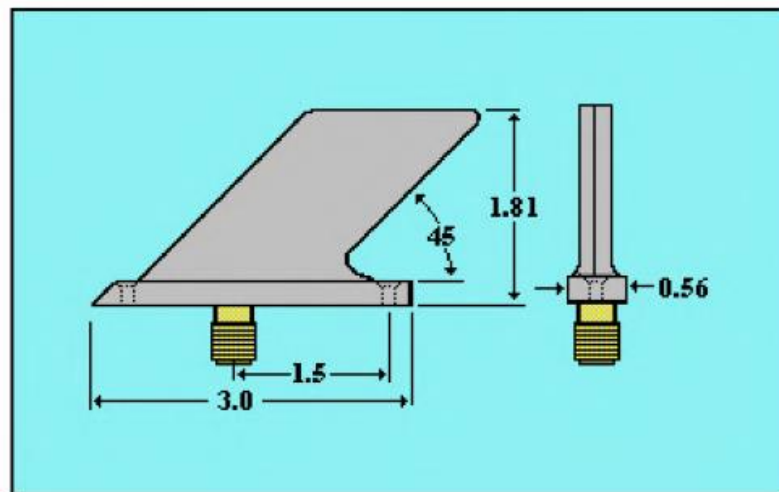


Figura 10-2: Antena omnidireccional típica

Fuente: (Nicoli, 2004)

La antena de transmisión en el vehículo debe coincidir con la impedancia de la línea de transmisión del transmisor con la impedancia característica del medio. Esto es necesario para transferir la potencia máxima a la onda radiada y evitar reflexiones en las líneas de transmisión. (Nicoli, 2004 págs. 64-66)

2.2.3. Sistemas de recepción

A continuación, se muestra una vista simplificada de los componentes involucrados en la recepción de una señal de telemetría. La antena intercepta parte de la energía electromagnética transmitida por el dispositivo bajo prueba. Normalmente la señal es amplificada antes de ser enviada al receptor. El receptor detecta la inteligencia de la energía de RF y produce una señal llamada banda base que es una reproducción del flujo de datos de telemetría utilizado para modular el transmisor. El receptor típicamente también produce otra salida llamada pre detectora portadora de cinta, o abreviatura de Pre-D. La banda base y las salidas Pre-D pueden ser grabadas para el análisis postoperatorio. Si la señal de telemetría ha sido encriptada, es descifrada antes de ser enviada al demultiplexor donde los datos para las mediciones individuales realizadas en los vehículos de prueba se separan para su procesamiento y visualización.

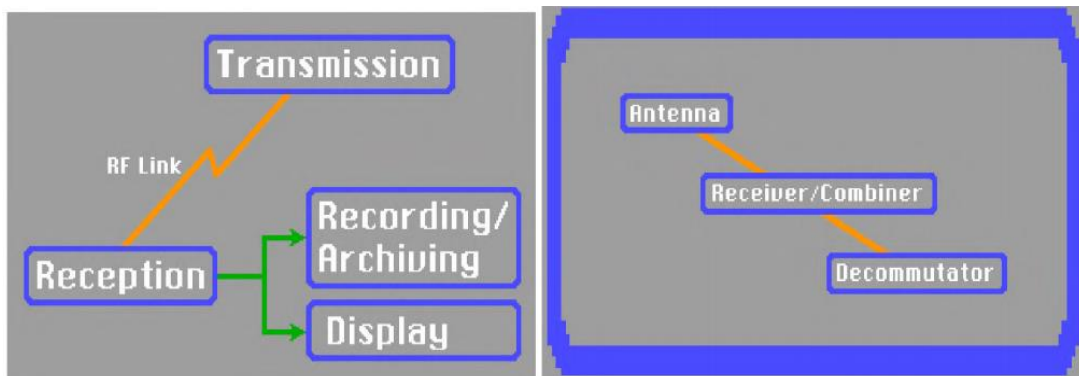


Figura 11-2: Componentes del sistema de Recepción

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.3.1. Antena

La antena de una estación de control de telemetría suele ser grande, direccional y parabólica, como se muestra en la *figura 12-2*. En el centro de la antena parabólica se encuentra un colector. El colector convierte las ondas electromagnéticas incidentes en señales para el receptor. Las señales del vehículo que llegan al lugar de recepción son generalmente débiles debido a:

1. El vehículo puede estar a una gran distancia de la estación en tierra;
2. El vehículo tiene una antena omnidireccional;
3. El vehículo tiene una potencia limitada a bordo para el módulo de telemetría.

Dado que el vehículo está enviando datos multiplexados de banda ancha, el receptor debe mantener una buena relación señal/ruido (SNR) para recibir los datos de forma creíble. La antena receptora grande ayuda a maximizar la relación señal/ruido a medida que la ganancia (G) de la antena parabólica aumenta con el diámetro. La antena emplea generalmente un amplificador de bajo ruido (LNA) situado en el colector de la antena. El LNA se utiliza para aumentar el voltaje de la señal de telemetría débil sin añadir mucho ruido a la señal. LNA tiene una figura de ruido muy baja (Figura de Ruido) o una temperatura de ruido equivalente (Temperatura de Ruido Equivalente). Esta combinación de ganancia de antena grande y amplificador con baja temperatura de ruido equivalente produce una gran relación Ganancia/Temperatura (G/T).



Figura 12-2: Antena receptora parabólica

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.3.2. Receptor

El receptor de telemetría es el equipo central de una estación terrena de telemetría. El receptor debe aceptar la señal de RF de la antena, convertir la RF a una Frecuencia Intermedia (FI) y demodular la portadora para obtener el vídeo transmitido o la banda base.

Muchos receptores de telemetría son en realidad dos receptores separados. Un receptor y el colector de antena apropiado están diseñados para recibir una polarización, digamos vertical, y el otro está diseñado para recibir polarización ortogonal, digamos horizontal. Un circuito combinado diversity, se utiliza para combinar las salidas de los dos receptores de polarización diferentes como se muestra en la *figura 13-2*. Este ha demostrado ser un método eficaz para evitar la pérdida de la señal de telemetría debido a la mala combinación de polarización entre las antenas receptora y transmisora causada cuando el vehículo de prueba maniobra durante las pruebas.



Figura 13-2: Receptor de Telemetría

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.3.3. Decodificador

A continuación, se ilustra un descodificador mecánico. Está descomponiendo 8 canales de información. Tenga en cuenta que es imperativo que el desconmutador permanezca sincronizado con el interruptor. La señal de sincronización aquí se muestra como una señal separada, pero normalmente es una señal de sincronización que ocupa una o más entradas del interruptor.

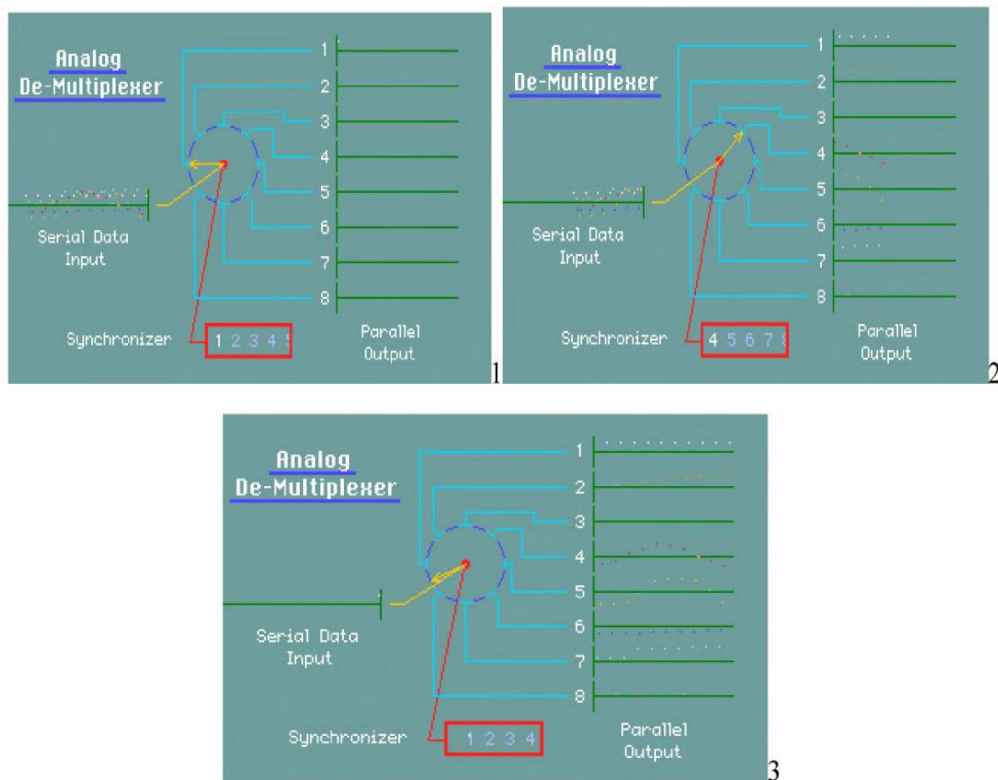


Figura 14-2: Decodificador mecánico

Fuente: (Nicoli, 2004)

El descompresor, es el dispositivo que recupera los datos de mediciones individuales o palabras de la señal de la banda base a una señal del dispositivo bajo prueba de la multiplexación por división de tiempo. La conmutación de descompresión implica establecer el comienzo del marco de datos para que los valores individuales de los sensores o palabras puedan ser identificados y separados. La sincronización de trama se realiza mediante la programación de la descompresión, o mediante un sincronizador de trama independiente, para reconocer las palabras de sincronización de trama única o las palabras que se colocaron en el flujo de datos antes de la transmisión. Con la representación de datos digitales, la sincronización de tramas será una combinación única de 1s y 0s que la descompresión debe reconocer. Con la representación analógica de los datos, la sincronización de tramas es un patrón único de muñecas.

La descomposición es generalmente parte de un procesador de datos de telemetría. El procesador opera en los valores de parámetros separados recuperados de un marco de datos, identificándolos con un número de parámetro y una etiqueta de tiempo. Los datos en esta forma pueden ser registrados para archivar o fusionados con otros datos de telemetría o datos de otras fuentes para su procesamiento y visualización. La conversión a la unidad de ingeniería es también se realiza para convertir el voltaje digital o palabra en una medida de ingeniería. con unidades y significados, como grados de temperatura, libras de presión, grados de deflexión. Las señales multiplexadas por frecuencia no se descomponen, sino que son des multiplexadas por el filtrado de señales para recuperar los datos de cada una de las subportadoras.

2.2.4. Sistema de almacenamiento

Los datos de telemetría se registran/archivan en muchos puntos de la recepción y el flujo del procesamiento de datos. El primer lugar donde se registran los datos es inmediatamente después de los receptores. Después de dejar el receptor, la señal Pre-D mencionada anteriormente se graba junto con la señal de la banda base. La señal Pre-D se graba para poder volver a detectar la señal de la banda de base en caso de que se produzca un error de configuración en el receptor de FI (frecuencia Intermedia) que haya dañado la banda de base o haya ocurrido algo más y que requiera una nueva detección de la banda de base. La señal Pre-D también conserva la respuesta de DC (corriente directa) al principio del flujo de recepción. La banda base se graba para su archivo. Tanto la señal Pre-D como la de la banda base pueden reproducirse en el postoperatorio para recuperar los datos medidos. El registro en este punto se realiza normalmente en grabadoras analógicas utilizando métodos de grabación directa o por modulación de frecuencia. A continuación, se ofrecen detalles al respecto. El segundo lugar donde se registran los datos es después de haber sido desmultiplexados y procesado. Los datos suelen ser digitales en este punto

y cada punto de datos para una tiene la identificación de un número de parámetro y una etiqueta de tiempo asociada. A la grabación se puede realizar usando varios dispositivos incluyendo grabadores de cinta digitales en bobinas, disquetes, discos duros, grabadoras de cinta de cabezal giratorio y grabación óptica. La elección se deja generalmente al cliente que puede tener una estación de servicio de que utiliza un dispositivo particular para la entrada de datos.

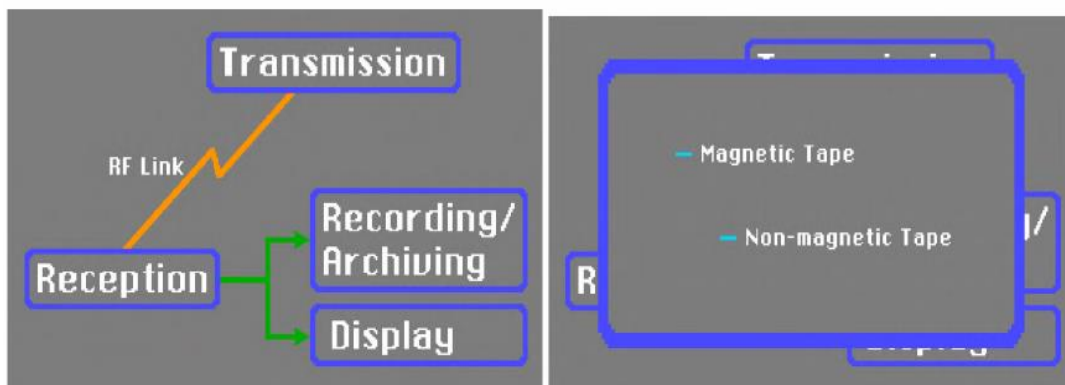


Figura 15-2: Esquematación del sistema de almacenamiento

Fuente: (Nicoli, 2004)

2.2.5. Grabación de datos

Como se mencionó anteriormente, los datos de telemetría para una prueba se registran en muchos puntos a lo largo del proceso. Los datos registrados se utilizan en el modo de reproducción en el análisis postoperatorio del ensayo y también sirven como un archivo de datos de prueba. El registro de la banda base y de las señales Pre-D se realiza normalmente en el lugar de recepción. Como se discutió anteriormente, un número de sitios de recepción remota pueden estar involucrados en la recolección de datos de telemetría en un ensayo en particular. Los datos de estos sitios remotos se transfieren a una ubicación central a través de una línea fija, un enlace de microondas o líneas de fibra óptica, de modo que se disponga de un flujo ininterrumpido de datos para su visualización en tiempo real. Cada una de estas ubicaciones remotas también registrará los datos como una seguridad contra fallos de comunicación y para el análisis postoperatorio. El método normal de grabar datos utiliza grabadores de cinta magnética. Son grabadores analógicos que utilizan señales de telemetría para comandar un campo magnético creado a través del espacio entre los cabezales de grabación que están en estrecho contacto físico con la cinta magnética que se mueve entre ellos a una velocidad constante. El material magnético utilizado en las cintas de grabación consiste en una fina capa de óxido ferroso depositada sobre una capa de material plástico como el mylar. Hay algunas configuraciones de cabezales que se utilizan con varios números de pistas. Normalmente se utilizará una sola pista para grabar un flujo de datos.

2.2.6. Sistema de visualización

Las pantallas se utilizan para presentar los datos de telemetría al cliente de una manera que permite la evaluación del vehículo bajo prueba. Típicamente, mientras se realiza una prueba, dos grupos de personas observan los datos que se muestran. Un grupo está formado por ingenieros que conocen los detalles del funcionamiento del vehículo y quieren ver las medidas para determinar si todo funciona según lo previsto. Por lo general, desean que los datos se muestren de varias maneras, incluyendo registradores de gráficas de banda y visualizaciones gráficas y tabulares. El registrador de banda es una pantalla analógica donde los datos se presentan en un registrador de papel, con el papel avanzando continuamente bajo un dispositivo de marcado. Las pantallas gráficas pueden utilizar una pantalla para mostrar los datos en un gráfico de tipo X-Y, o en un gráfico de barras, indicador de puntero, o de cualquier otra forma que el ingeniero desee. Los dispositivos de formato tabular muestran los datos continuamente con los valores de los elementos de interés. A continuación, se presentan los detalles de estos.

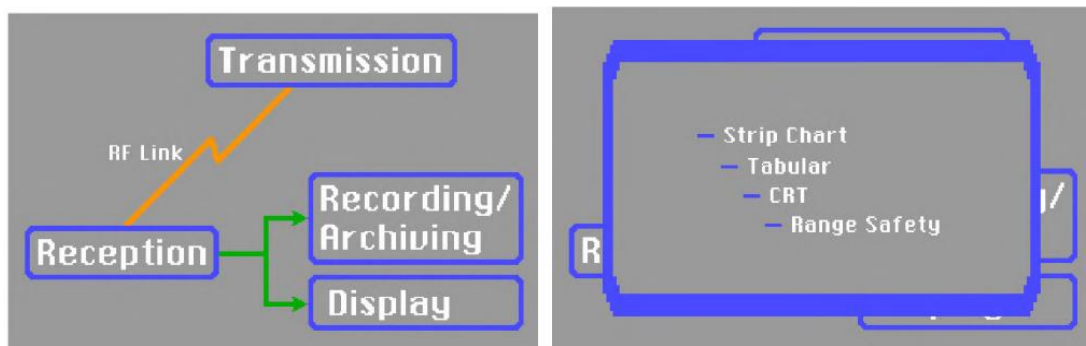


Figura 16-2: Esquematización de visualización de datos

Fuente: (Nicoli, 2004)

El segundo grupo de personas que están interesadas en ver los datos de telemetría son responsables de la seguridad del vuelo. Están interesados en los datos que dan una indicación de si el vehículo está operando con seguridad. Es posible que deseen ver la actitud, el rumbo y la guiñada del vehículo, lo que podría indicar un problema con que el vehículo se mantenga en su espacio designado en el área de prueba.

2.2.7. Eficiencia energética

La eficiencia energética simplemente significa usar menos energía para realizar la misma tarea, es decir, eliminar el desperdicio de energía. La eficiencia energética brinda una variedad de beneficios: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reducir la demanda de importaciones de energía y reducir nuestros costos a nivel doméstico y económico. Si bien las tecnologías de energía renovable también ayudan a lograr estos objetivos, mejorar la eficiencia energética es la forma más barata, y a menudo la más inmediata, de reducir el uso de combustibles fósiles. Existen enormes oportunidades para mejorar la eficiencia en todos los sectores de la economía, ya sea edificios, transporte, industria o generación de energía. (EESI, 2018)



Figura 17-2: Eficiencia energética

Fuente: (EESI, 2018)

– Edificios

Los diseñadores de edificios buscan optimizar la eficiencia del edificio y luego incorporar tecnologías de energía renovable, lo que lleva a la creación de edificios de energía cero. También se pueden hacer cambios en los edificios existentes para reducir el uso de energía y los costos. Estos pueden incluir pequeños pasos, como elegir bombillas LED y electrodomésticos de bajo consumo, o esfuerzos más grandes, como mejorar el aislamiento y la climatización.

– Generación y distribución de energía.

Los sistemas combinados de calor y energía capturan el calor "residual" de las centrales eléctricas y lo utilizan para proporcionar calefacción, refrigeración y / o agua caliente a los edificios e instalaciones cercanos. Esto aumenta la eficiencia energética de la generación de energía desde aproximadamente el 33 por ciento hasta el 80 por ciento. La red inteligente es otro sistema que mejorará la eficiencia de la generación, distribución y consumo eléctrico.

– **Diseño comunitario**

Los vecindarios diseñados con desarrollos de uso mixto y opciones seguras y accesibles para caminar, andar en bicicleta y el transporte público son clave para reducir la necesidad de viajar en vehículos personales.

– **Vehículos**

Los vehículos con mayor eficiencia energética requieren menos combustible para cubrir una distancia dada. Esto genera menos emisiones y las hace significativamente menos costosas de operar. Los híbridos enchufables y los vehículos totalmente eléctricos son particularmente eficientes en combustible.

– **Transporte de carga**

La carga se puede mover de manera más eficiente al mejorar la eficiencia del transporte ferroviario y de camiones y al cambiar el transporte de carga de larga distancia de camiones a ferrocarril.

– **Comportamiento humano**

Las cuatro estrategias anteriores mejoran la eficiencia energética principalmente a través de la tecnología y el diseño. Sin embargo, la forma en que las personas usan estas tecnologías afectará significativamente su efectividad. ¿Qué impacto puede tener una tecnología altamente eficiente si los hogares y las empresas no están motivados para comprarla, instalarla y / o activarla? ¿Cómo afecta el comportamiento de conducción y el ralenti innecesario al consumo de combustible? ¿Cuántas personas usarán el transporte público si existe un estigma cultural en su contra? La investigación ha demostrado que el 30 por ciento del ahorro potencial de energía de las tecnologías de alta eficiencia se pierde debido a una variedad de factores sociales, culturales y económicos. Abordar estos factores también es un componente importante para hacer que nuestra economía sea más eficiente energéticamente.

2.2.8. Tecnología ambiental en automóviles

Los vehículos más eficientes que funcionan con combustibles con bajas emisiones de monóxido de carbono son críticos para cumplir con los objetivos de seguridad energética y protección del clima. Para lograr una mejora significativa y que sea amigable con el medio ambiente el parque automotor ha innovado varias mejoras. Las mejoras en los materiales, el diseño aerodinámico y la eficiencia del tren de transmisión (motor / transmisión) entre otras mejoras más. Una mayor

eficiencia del vehículo será importante incluso a medida que se desarrollen nuevos combustibles y fuentes de energía. (EESI, 2018)

El ahorro de combustible automático se mejora significativamente con una variedad de tecnologías para aumentar la eficiencia del tren de transmisión, mejorar la aerodinámica y reducir el peso del vehículo. El mantenimiento adecuado del vehículo también ayuda. Mantener el aceite de un automóvil lleno al nivel adecuado, realizar cambios de aceite a tiempo y ajustar el motor, y garantizar neumáticos inflados adecuadamente, todo mejora significativamente la economía de combustible.

Los comportamientos de conducción también afectan la economía de combustible. La eliminación de accesorios innecesarios (es decir, portaequipajes) y carga, aceleración y desaceleración suaves, y el uso de velocidades altas cuando está a una velocidad constante, son algunos ejemplos que reducen el consumo de combustible.

El comportamiento de conducción con quizás la mayor contribución potencial a la eficiencia del combustible, en casi todos los tipos de vehículos. El ralentí durante largos períodos de tiempo desperdicia combustible y representa un riesgo para la salud de las personas dentro y alrededor del vehículo. Por ejemplo, un motor Diesel típico de un autobús escolar al ralentí quema aproximadamente medio galón de combustible por hora. Los motores diésel de los vehículos generalmente están ajustados para un funcionamiento óptimo a velocidades de desplazamiento, de modo que queman combustible de manera menos eficiente al ralentí. El ralentí produce más contaminantes por galón, y estos contaminantes se concentran en un solo lugar porque el vehículo está parado. Estos son típicamente lugares donde se reúnen personas, como niños en edad escolar vulnerables. El escape Diesel contiene material particulado que se aloja en el tejido pulmonar cuando se inhala y se cree que causa o exacerba numerosos problemas de salud,



Figura 18-2: Tecnología Ecológicas

Fuente: (EESI, 2018)

Para ello se han ido implementado varias tecnologías y modificaciones a lo largo de estos años para lograr una mayor eficiencia energética de los combustibles y reducir en gran cantidad los gases contaminantes a continuación, se mencionan varias de estas modificaciones.

– **Transmisión continuamente variable**

Un par de poleas de diámetro variable, unidas por cadena o correa, crean una cantidad infinita de relaciones de transmisión. Esto limita las revoluciones por minuto para cualquier velocidad dada, reduciendo el consumo de combustible.

– **Desactivación de cilindros**

Un subconjunto de cilindros del motor se desactiva mientras navega y se reactiva bajo una fuerte aceleración. Los motores con seis o más cilindros pueden usar esta tecnología sin una caída notable en el rendimiento.

– **Inyección Directa de Combustible**

El combustible se inyecta directamente en el cilindro del cilindro, proporcionando una combustión más eficiente que cuando el combustible y el aire se mezclan fuera del cilindro.

Arrancador / generador integrado

Los motores se apagan y se reinician instantáneamente para paradas cortas (luces rojas) en lugar de inactivos.

– **Turbocompresores**

Los ventiladores, alimentados por el escape del motor y el motor, fuerzan el aire comprimido en los cilindros, permitiendo que se quemara más combustible por carrera del pistón, produciendo más potencia y usando menos combustible total.

– **Válvula variable de sincronización y elevación**

Las válvulas controlan el flujo de combustible y aire, y el flujo de escape de los cilindros en el motor. Esta técnica permite cambiar la distancia que recorren las válvulas de acuerdo con la velocidad del motor.

– **Aerodinámica y reducción de peso y Materiales más ligeros**

El uso de fibra de carbono y metales más ligeros permite a los fabricantes reducir el peso del vehículo y aumentar la eficiencia del motor, manteniendo la durabilidad y la resistencia.

– **Altura de la carrocería**

Los marcos inferiores del vehículo están expuestos a una menor resistencia, ya que se expone menos aire a la parte inferior rugosa del vehículo y a la parte inferior de la banda de rodadura del neumático. Una presa de aire instalada debajo del parachoques delantero también reduce el arrastre y aumenta el consumo de combustible al desviar el aire del fondo del automóvil.

– **Ruedas**

Las ruedas más delgadas y pequeñas y los neumáticos de baja resistencia a la rodadura reducen la fricción de la carretera y el arrastre de aire, lo que aumenta el consumo de combustible. Las llantas cóncavas completamente cerradas son más aerodinámicas que las llantas abiertas.

CAPITULO III

3. METOLOGIA

3.1. Generalidades

El marco metodológico según (Balsetrini, 2006 págs. 80-82) lo define como “ el conjunto de procedimientos a seguir con la finalidad de lograr los objetivos de la información de forma valida y con una alta precisión”. En otras palabras, es la estructura sistemática para el procedimiento de recolección y ordenamiento de datos que permitan la interpretación y análisis de la información permitiendo obtener los resultados en función del problema planteado.

3.1.1. *Diseño de la investigación*

Dado que el objetivo del proyecto fue construir e implementar un sistema de telemetría en un prototipo de la competencia Shell Eco-Marathon, el cual proporcione datos de las variables a contemplarse sobre el comportamiento del motor, mediante la instalación de módulos en el sistema electrónico y de esta manera asistir al piloto para la operación más eficiente del prototipo; se recurrió a un diseño experimental que se aplicara de manera transversal, debido a que este tema tiene un sustento teórico suficiente.

Según (Hernandez, y otros, 2003 págs. 101-105) definen a la investigación experimental como aquella “ se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador “. Una vez teniendo en claro la investigación experimental, (Romero, 2005 págs. 60-63) señala que los diseños de investigación transversal “ analiza un tema y un problema durante un periodo determinado”. En otras palabras, es la recolección de información en un tiempo único con el objetivo de analizar esta información.

3.1.2. *Enfoque de la investigación*

El presente trabajo se lo realizo bajo un enfoque cuantitativo, debido a que el presente trabajo consta de un conjunto de procesos secuencial con la finalidad de obtener datos que nos permitió analizar el comportamiento del prototipo y probar la mejora de este. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de datos de datos para dar solución a la problemática planteada en este trabajo, según se a basado en la definición de (Gomez, 2006 págs. 54-56), "es aquella que utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente".

3.1.3. *Alcance*

El alcance del presente trabajo es de tipo correlación, ya que se analizara la relación que existe entre la implementación de nuevas tecnologías en el prototipo y el rendimiento del mismo dentro de la competencia, esto se fundamenta en la definición de alcance correlacional según lo menciona (Gomez, 2006 pág. 60), " la utilidad principal de los estudios correlacionales cuantitativos es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas".

3.1.4. *Tipo de investigación*

El trabajo de investigación es de tipo experimental, ya que la eficiencia del prototipo se ve directamente afectada de las implementaciones tecnológicas o de las modificaciones que se puedan realizar en el prototipo, esto según lo menciona (Rodríguez, 2005 pág. 70), "el experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas". Para lo cual se aplicó los siguientes métodos de investigación que se resumen a continuación.

a) Método deductivo: El proceso de investigación según el método, sugiere que la mejora del prototipo se da mediante la implementación del sistema de telemetría, esto se fundamenta según (Rodríguez, 2005 pág. 73), "consiste en obtener conclusiones particulares a partir de una ley universal"

b) Método comparativo: Según los resultados obtenidos se pudo notar una mejora en cuanto a la eficiencia del prototipo, como evidencia en el enunciado de (Baena, 2014 pág. 95), " examinar de manera simultánea las semejanzas y las diferencias".

c) Método de análisis y síntesis: Para lograr una mayor eficiencia del prototipo se analizó el impacto de la implementación del sistema de telemetría y posteriormente se planteó un conjunto de procesos para la construcción de este sistema. Esto se basa en (Baena, 2014 pág. 95), que dice " Análisis y síntesis son dos actividades simétricamente contrapuestas, el análisis significa disolución, descomposición en partes, en cambio la síntesis compone o forma un todo con elementos diversos".

3.1.5. Técnica de recolección de datos

(Falcón , y otros, 2005 pág. 115). "Se entiende como técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de dato" La técnica de recolección de datos que se utilizó en el presente trabajo fue mediante el análisis documental.

Para (García, y otros, 2009 pág. 97) el análisis documental es " una técnica cuya finalidad es obtener datos e información a partir de documentos escritos o no, a fin de ser utilizados según los objetivos de la investigación. "

3.1.6. Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos del presente trabajo se lo ha realizado mediante el uso de fichas bibliográficas en donde se detallan las fuentes documentales de donde se obtuvieron los datos necesarios para el análisis, esto según (Rojas, 1991 pág. 150), que menciona que "una ficha bibliográfica se usa para obtener información de fuentes documentales (libros, artículos, revistas, etc.) que contienen solo los datos elementales que identifican la fuente de información"

En el *ANEXO B* se especifica los documentos donde se detalla los resultados de consumo de combustible del prototipo desde su construcción y sus modificaciones, en la siguiente tabla se resume los datos obtenidos.

Tabla 1-3: Resultados obtenidos anteriormente.

Especificaciones	Resultados
Diseño y construcción	360km/lt
Modificación del motor del motor	400km/lt

Fuente: (Hernández , y otros, 2019)

Realizado por: Autor.

3.2. Diseño y construcción

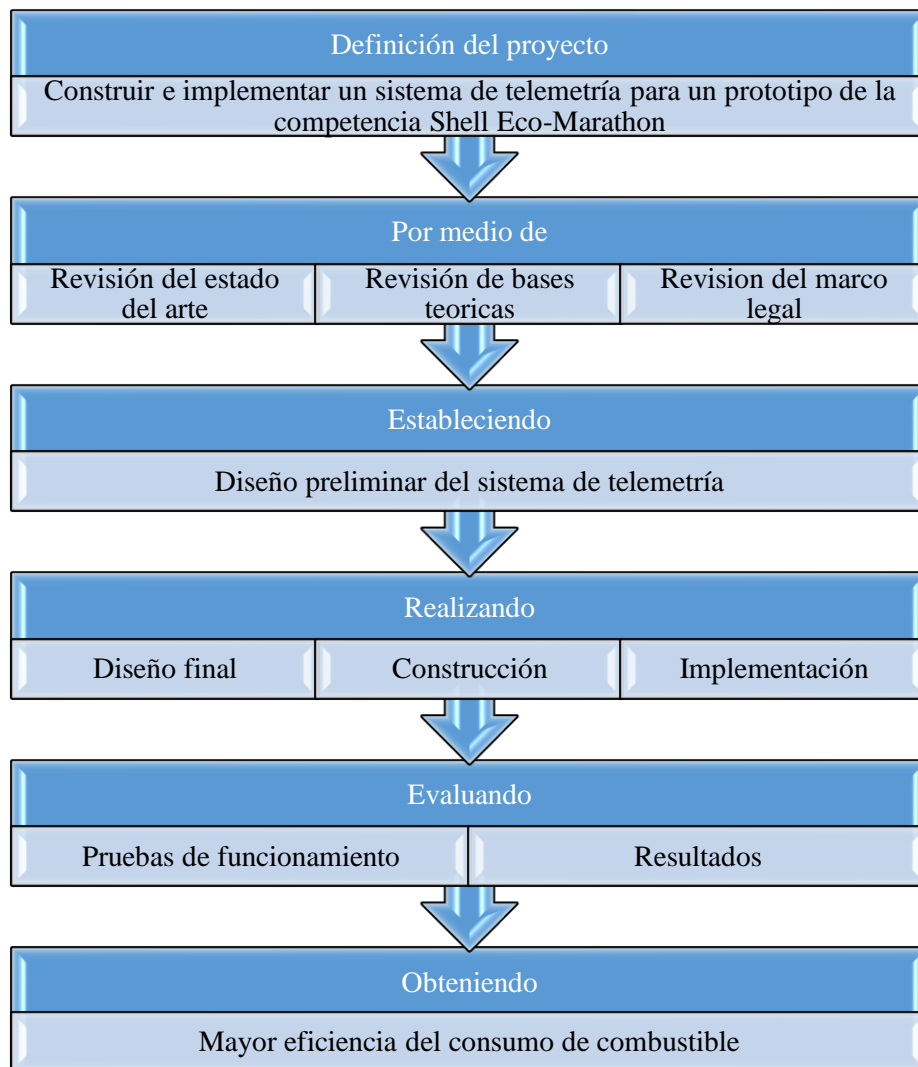


Figura 19-3: Resumen del trabajo realizado.

Fuente: Autor.

3.2.1. *Parámetros del diseño*

Uno de los parámetros importantes es la confiabilidad de los datos que son transmitidos por el sistema de telemetría desde el automóvil hasta la base de control, por lo cual la selección de los equipos de comunicación que se utilizó fue de gran importancia.

Otro parámetro muy importante fue la selección de variables a medir en el prototipo ya que esta información nos permitió conocer el funcionamiento del prototipo en tiempo real para la toma de decisiones en cuanto a la programación de la ECU y en la formulación de estrategias de conducción.

El sistema de telemetría planteado consta básicamente de tres elementos: Modulo Emisor, Modulo Receptor y una interfaz HMI.

3.2.2. *Selección de equipos*

3.2.2.1. *Sensores*

3.2.2.1.1. *CKP (Crankshaft position sensor)*

El sensor CKP es aquel que indica a la ECU la posición angular del cigüeñal y las revoluciones por minuto del motor, para determinar el instante preciso en el que debe saltar la chispa y dar el pulso de inyección de gasolina. Este tipo de sensores van ubicados lo más cercano posible a la rueda dentada del volante de inercia del motor, dicha rueda consta de un número determinado de dientes y un diente perdido que es el cual indica la posición del primer pistón. (Sánchez, 2009 págs. 140-143)

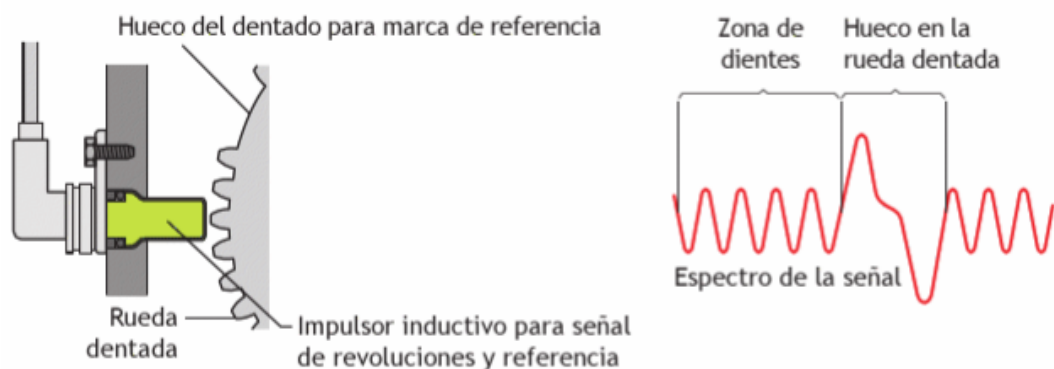


Figura 20-3: Sensor CKP Inductivo Y señal de Salida.

Fuente: (Sánchez, 2009)

Para medir las revoluciones del motor, se suelen emplear dos tipos de sensores según su tecnología:

- a) Sensor de revoluciones inductivo.
- b) Sensor de revoluciones de efecto Hall.

Estos sensores miden la velocidad del volante de inercia, traducándose en la ECU en revoluciones del motor y posición para algunos casos de volantes de inercia.

Sensor inductivo

El sensor es un pequeño generador de corriente alterna que está formado por una bobina y un imán. (Rodríguez, 2012 pág. 180)

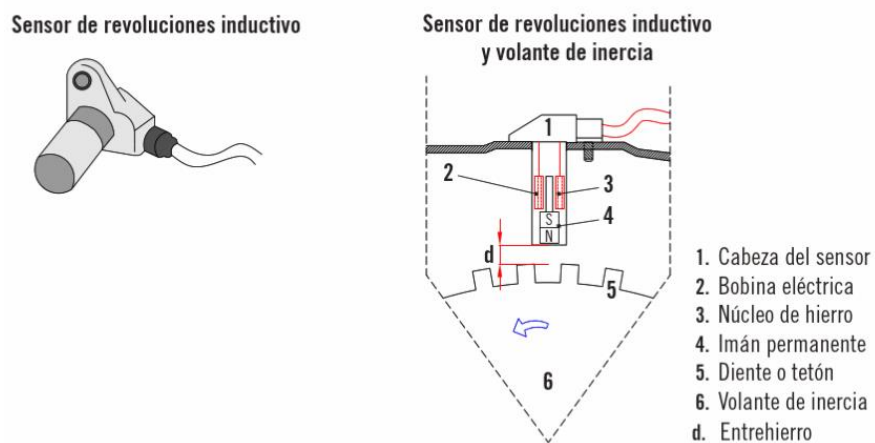


Figura 21-3: Partes de un sensor CKP inductivo.

Fuente: (Rodríguez, 2012)

El sensor CKP que se utilizó en el prototipo fue un sensor inductivo del vehículo Hyundai GETZ, debido a que la ECU instalada en el prototipo solamente funcionaba con este tipo de sensores inductivos.



Figura 22-3: Sensor CKP Inductivo Hyundai

Fuente: Autor.

En el cual se pudo verificar la señal del sensor que era de tipo analógica, la misma que variaba su frecuencia según el número de revoluciones del motor. Como se puede apreciar en la *figura 23-3*.

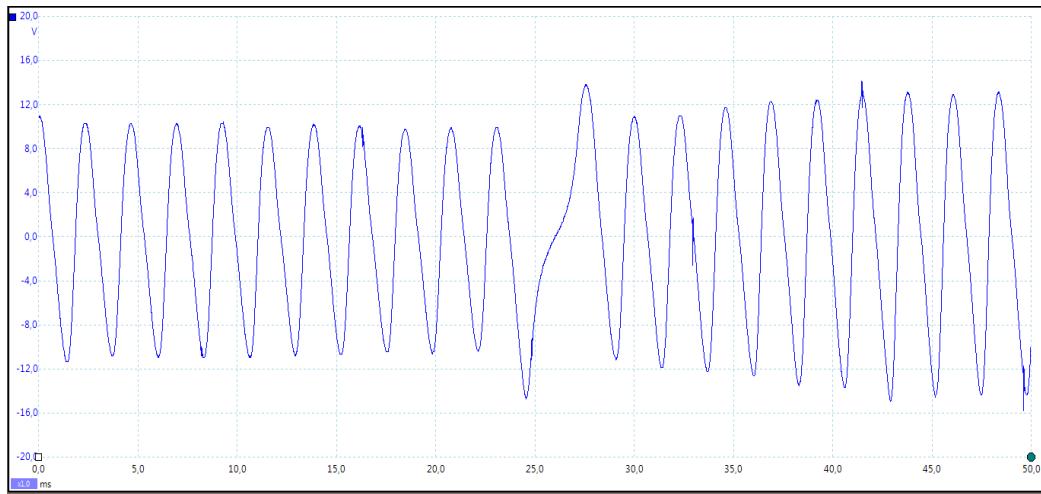


Figura 23-3: Señal del Sensor CKP.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del sensor CKP.



Figura 24-3: Conector del sensor CKP.

Fuente: Autor.

Especificaciones de conexión:

1. Cable blanco: Voltaje positivo (+V AC)
2. Cable amarillo: voltaje negativo (-V AC)

Tabla 2-3: Especificaciones Técnicas del sensor CKP.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	0.5V a 24V AC
Voltaje máximo	+24V DC

Fuente: (ECOTRONS, 2018)

Realizado por: Autor.

3.2.2.1.2. TPS (Throttle Position Sensor)

Este sensor de posición del acelerador está conectado mecánicamente a la mariposa de aceleración. Este sensor tiene el mismo principio de funcionamiento de un potenciómetro que actúa como un divisor de voltaje. Dicho potenciómetro de la mariposa transforma una posición angular de la mariposa, en una señal eléctrica. La señal eléctrica de la posición de la mariposa es interpretada por la ECU, la cual, en función de su apertura, ‘toma la decisión’ de aumentar la cantidad de gasolina a introducir en el motor. El potenciómetro tiene un suministro de + 5V, retorno a tierra y una salida de tensión analógica. El voltaje es proporcional al ángulo de rotación de la mariposa de aceleración, en la siguiente gráfica se muestra el voltaje en función del porcentaje de apertura de la mariposa de aceleración.



Figura 25-3: Sensor TPS.

Fuente: Autor.

La señal de este tipo de sensor es analógica y va a depender directamente de la posición de apertura de la mariposa de aceleración, como se puede apreciar en la *figura 26-3*.

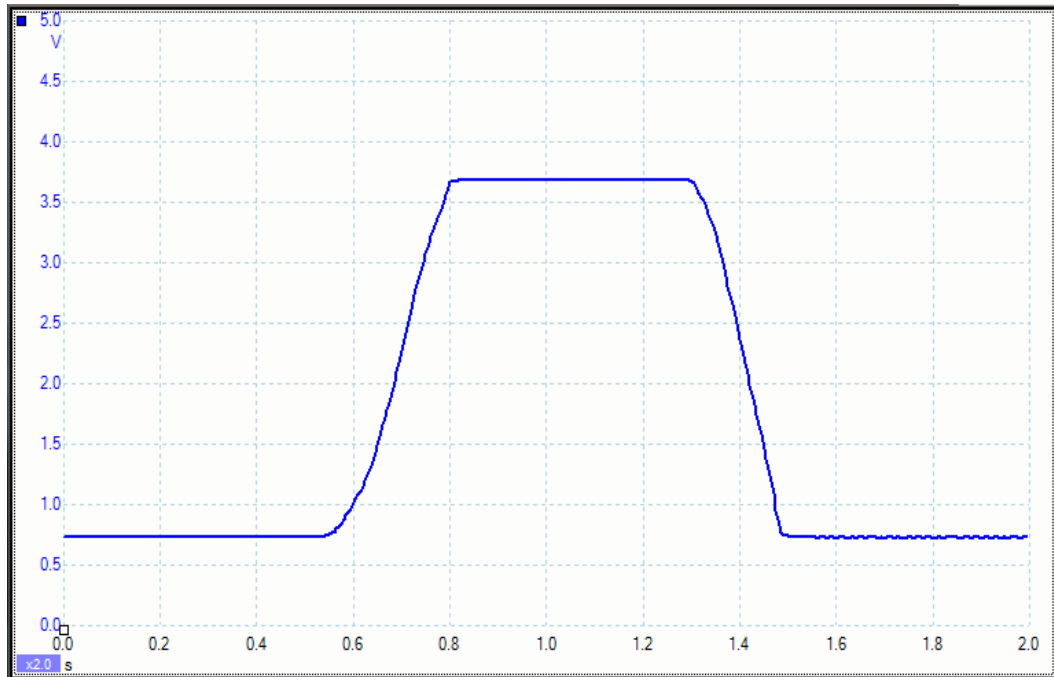


Figura 26-3: Señal del sensor TPS.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del sensor TPS.



Figura 27-3: Conector del sensor TPS

Fuente: Autor

Especificaciones del conector:

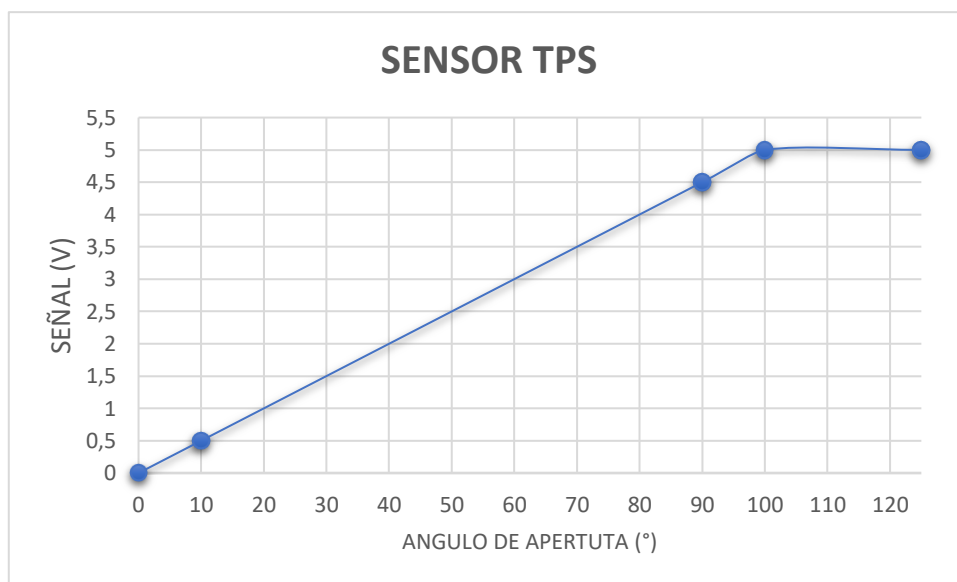
1. Cable blanco: Señal de salida (TPS)
2. Cable verde: Tierra (GND)
3. Cable amarillo: Alimentación (+5V DC)

Tabla 3-3: Especificaciones técnicas del sensor TPS.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	0.3V a 4.8V DC
Voltaje máximo	+7V DC
Angulo de rotación eléctrica	100°
Angulo de rotación mecánica	125°

Fuente: (ECOTRONS, 2018)

Realizado por: Autor.



Gráfica 1-3: Comportamiento de la señal del sensor TPS.

Realizado por: Autor.

3.2.2.1.3. MAP (*Manifold Absolute Pressure*)

EL sensor MAP se encargan de cuantificar el flujo de aire que pasa al motor, ya que es necesario para calcular la cantidad de combustible que requiere el motor para su correcta ignición. Este sensor está diseñado específicamente para el sistema de inyección de electrónico de motores pequeños para monitorear continuamente la presión del colector o la presión barométrica, y enviar una señal de voltaje analógica de la presión absoluta medida, a la Unidad de Control Electrónico (ECU). Dicha señal es utilizada principalmente para calcular la cantidad de inyección o la duración del ancho del pulso.



Figura 28-3: Sensor MAP 1 Bar.

Fuente: Autor.

Este sensor requiere una fuente de alimentación de +5v, un retorno a tierra y tiene una salida de tensión analógica. La salida del sensor está en el rango de 0-5v, la señal de este sensor va a depender de la presión barométrica que se mide en el múltiple de admisión como se puede apreciar en la figura.

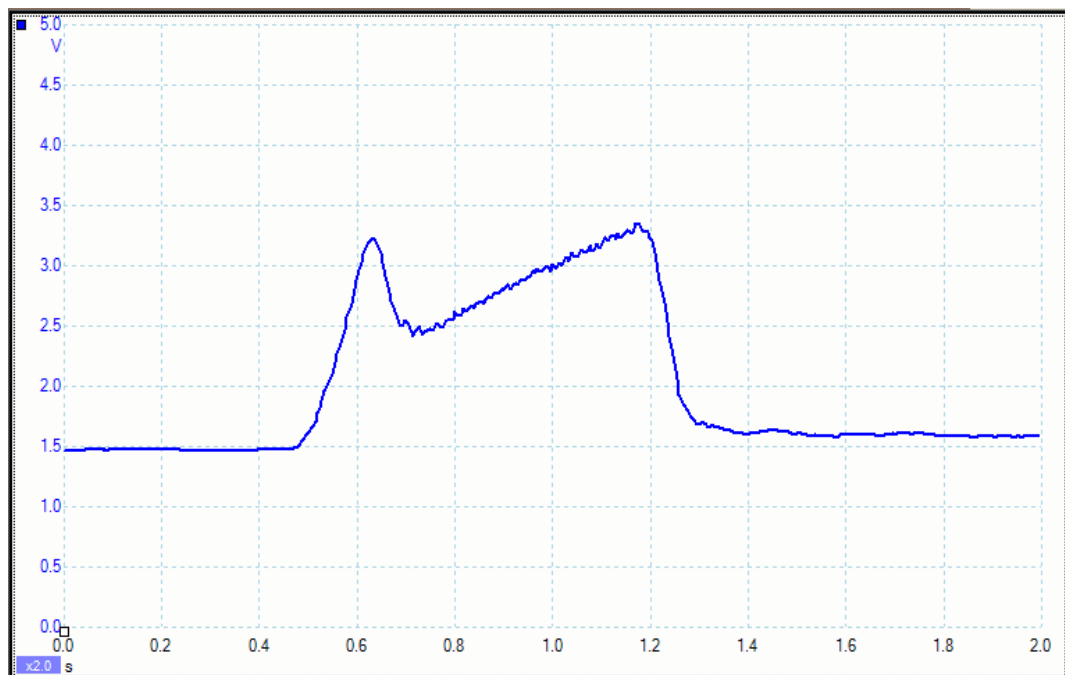


Figura 29-3: Señal del sensor MAP.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del sensor MAP.

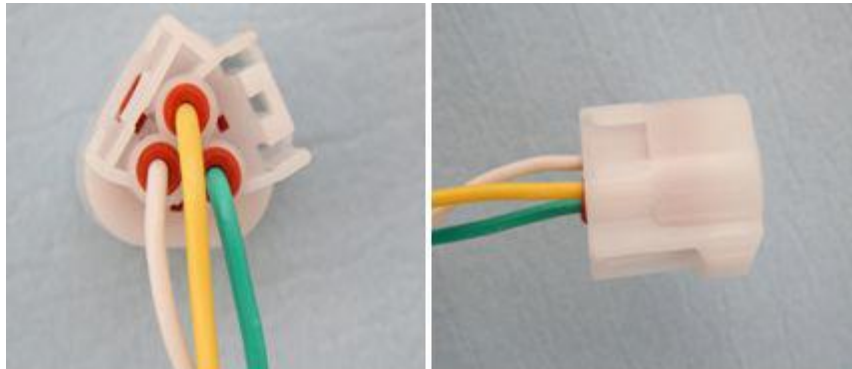


Figura 30-3: Conector del sensor MAP.

Fuente: Autor.

Especificaciones del conector:

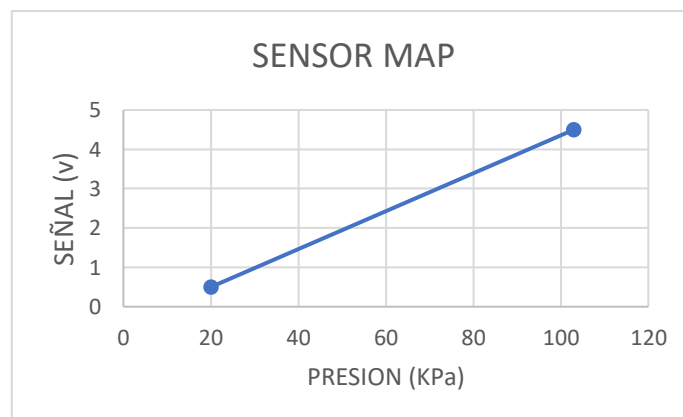
1. Cable blanco: Señal de salida (MAP)
2. Cable verde: Tierra (GND)
3. Cable amarillo: Alimentación (+5V DC)

Tabla 4-3: Especificaciones técnicas del sensor MAP.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	0.5V a 4.9V DC
Voltaje máximo	+7V DC
Presión mínima medida	20 KPa
Presión máxima medida	103 KPa

Fuente: (ECOTRONS, 2018)

Realizado por: Autor.



Gráfica 2-3: Comportamiento de la señal del sensor MAP.

Fuente: Autor.

3.2.2.1.4. ECT (Engine Coolant Temperature)

Sensor ECT es el nombre corto del sensor de temperatura del refrigerante del motor. Es una abreviatura estándar de SAE J1979. Nuestro sensor ECT es en realidad un sensor de temperatura de la culata (CHT). Nuestro sensor ECT está diseñado para ser atornillado en la culata del motor, y mide la temperatura directamente, ya que la mayoría de los motores pequeños son refrigerados por aire, y no hay refrigerante. Este sensor ECT tiene un elemento sensor NTC, esto significa, con el aumento de la temperatura, la resistencia del elemento sensor cae.



Figura 31-3: Sensor ECT.

Fuente: Autor.

La señal del sensor ECT se utiliza como una entrada importante para una unidad de control del motor (ECU) para ajustar la medición de combustible y los controles AFR; y también para ajustar con precisión los otros parámetros de control en condiciones de operación variantes. La señal que se obtiene de este sensor es de tipo analógica la cual va a variar en función de la temperatura del motor, como se puede ver en la *figura 32-3*.

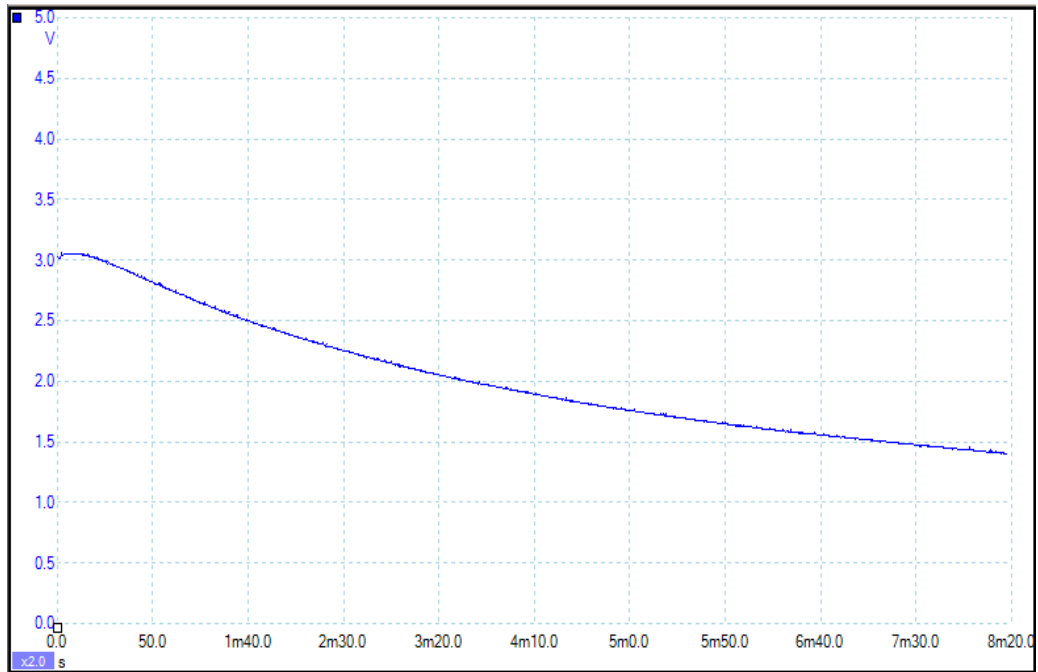


Figura 32-3: Señal del sensor ECT.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del sensor ECT.



Figura 33-3: Conector del sensor ECT.

Fuente: Autor.

Especificaciones de conexión:

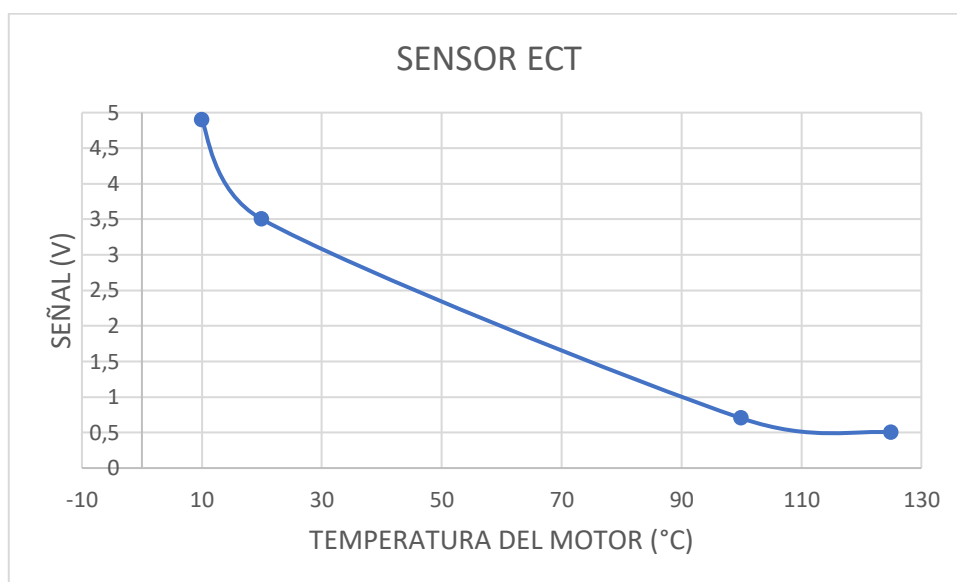
1. Cable azul: Alimentación (+5V DC)
2. Cable verde: Tierra (GND)

Tabla 5-3: Especificaciones técnicas del sensor ECT.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	0.5V a 4.9V DC
Voltaje máximo	+5V DC
Temperatura mínima medida	-40 ° C
Temperatura máxima medida	120 ° C

Fuente: (ECOTRONS, 2018)

Realizado por: Autor.



Gráfica 3-3: Comportamiento de la señal del sensor ECT.

Fuente: Autor.

3.2.2.1.5. WSS (*Wheel Speed Sensor*)

Los sensores WSS tienen la función de detectar en tiempo real el estado de rotación de las ruedas del vehículo. Este es un sensor tipo hall el cual consiste en la aparición de una diferencia de potencial generada por un conductor o semiconductor, por el que circula corriente, cuando hay un campo magnético aplicado en dirección perpendicular a esta. (Pallás, 2005 pág. 60)

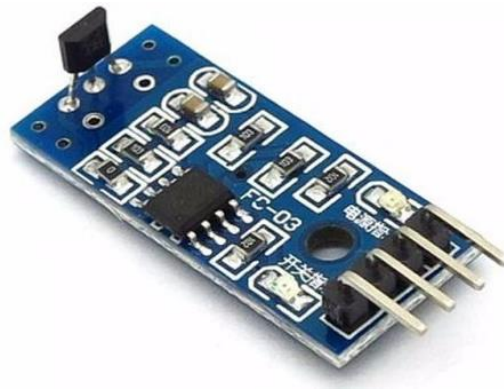


Figura 34-3: Sensor efecto Hall.

Fuente: Autor.

Para poder implementar este sensor se incorporan un circuito electrónico conocido como “encoder en cuadratura”. Para obtener una señal PWM, y de esta manera adquirir la frecuencia y por ende la velocidad de giro de la rueda.

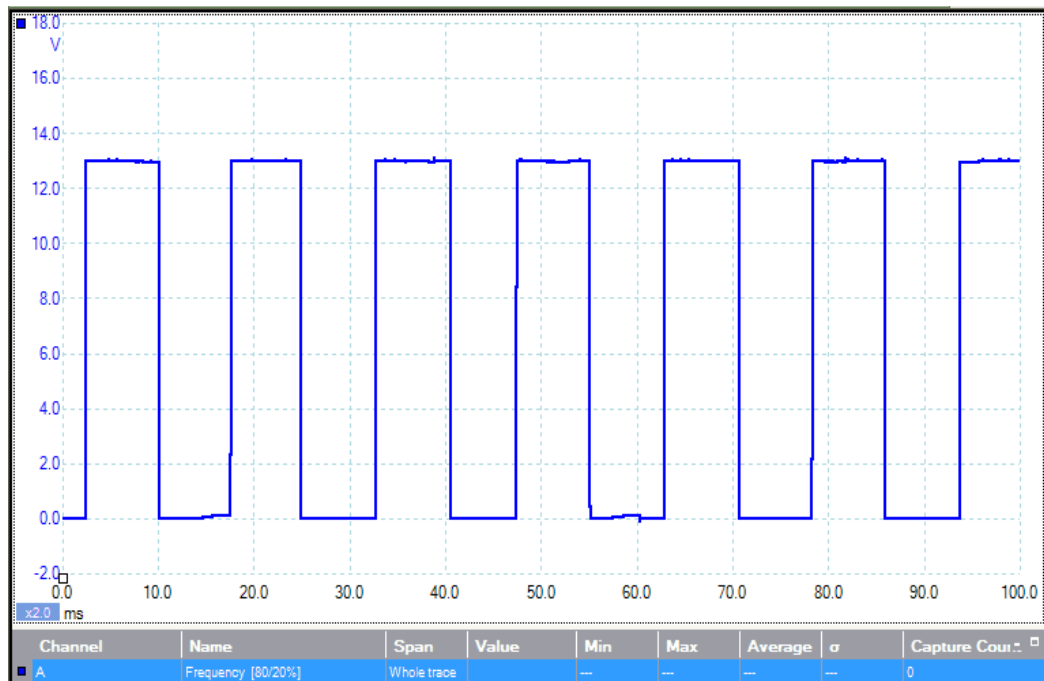


Figura 35-3: Señal del sensor de efecto Hall.

Fuente: Autor.

Especificaciones del sensor WSS (hall).

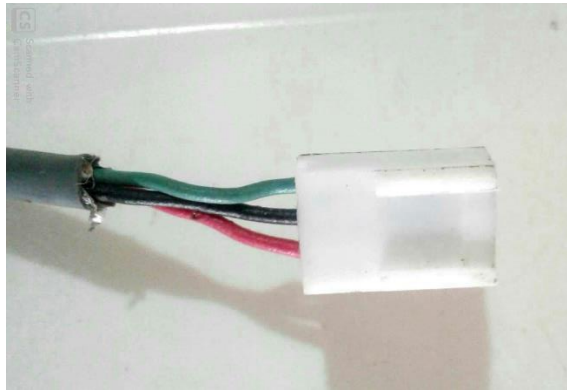


Figura 36-3: Conector del sensor de efecto Hall.

Fuente: Autor.

Especificaciones de conexión:

1. Cable rojo: Alimentación (+5V DC)
2. Cable negro: Tierra (GND)
3. Cable verde: Señal de salida (HALL M44)

Tabla 6-3: Especificaciones técnicas del sensor de efecto Hall.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	3.5V a 24V DC
Voltaje máximo	24V DC
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 ° C a 125 ° C

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.1.6. Temperatura

Para la lectura de temperatura del habitáculo se logra mediante el uso del transistor con el LM35, que permite medir la temperatura. Su salida de tensión analógica es proporcional a la temperatura. El sensor tiene un rango desde -55°C a 150°C . Dado que el sensor LM35 es analógico, basta con medir con un multímetro, el voltaje a salida para tener la referencia en grados centígrados. (González, 2012 págs. 5-8)

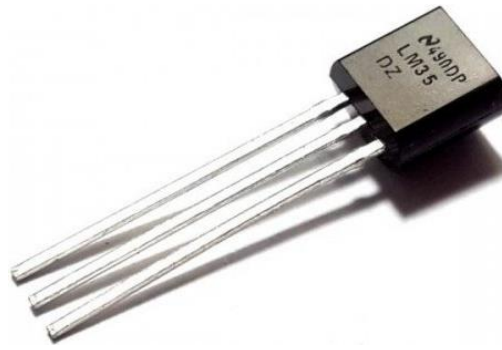


Figura 37-3: Sensor de temperatura LM35

Fuente: Autor.

La señal de este tipo de sensor es analógica y va a depender directamente de la temperatura del habitáculo del prototipo, como se puede apreciar en la *figura 38-3*.

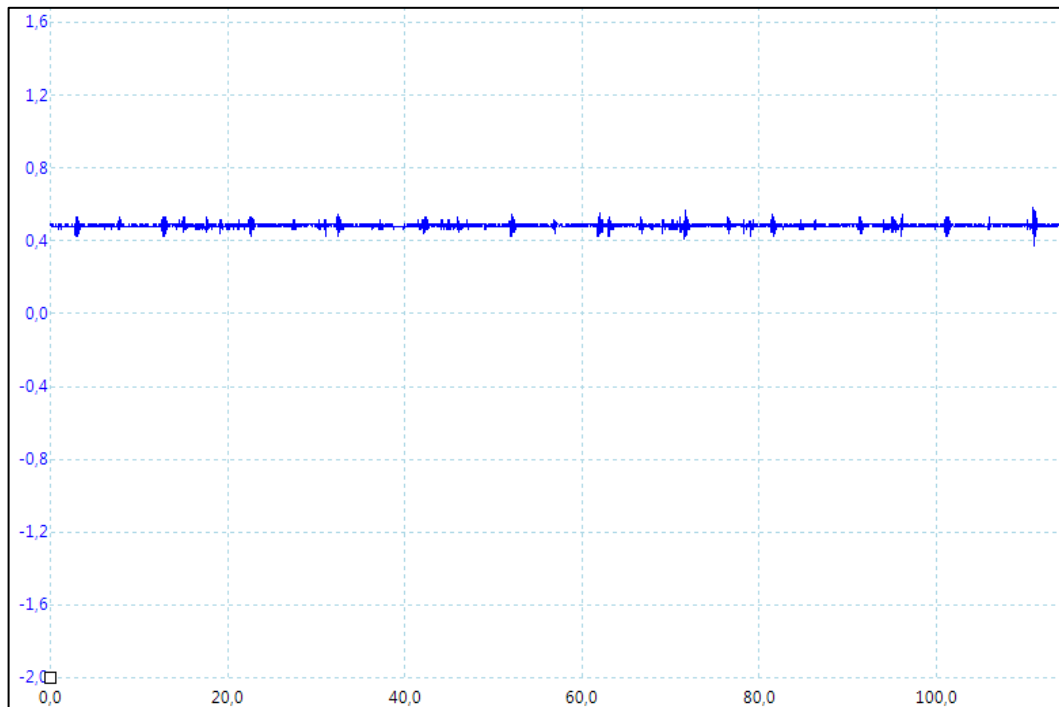


Figura 38-3: Señal del sensor de temperatura LM35

Fuente: Autor.

Especificaciones del sensor LM 35

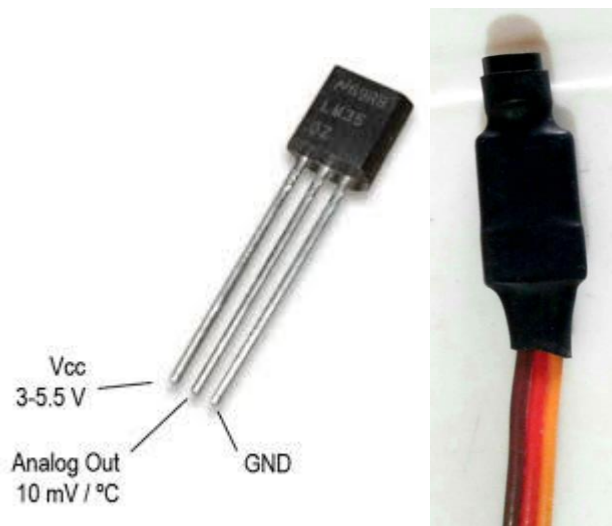


Figura 39-3: Especificaciones de conexión del sensor de temperatura.

Fuente: Autor.

Especificaciones de conexión:

1. Cable naranja: Alimentación (+5V DC)
2. Cable rojo: Señal de salida (LM 35)
3. Cable marrón: Tierra (GND)

Tabla 7-3: Especificaciones técnicas del sensor de temperatura LM35.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	0.1V a 5V DC
Voltaje máximo	+6V DC
Temperatura mínima medida	-55 ° C
Temperatura máxima medida	150 °C

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.1.7. Caudalímetro

Este sensor contiene un molinete para medir cuánto líquido se ha movido a través de él. Hay un sensor de efecto hall magnético integrado que genera un impulso eléctrico con cada revolución.



Figura 40-3: Caudalímetro.

Fuente: Autor.

El sensor viene con tres cables: rojo (alimentación de 5-24 V CC), negro (tierra) y amarillo (salida de pulso de efecto Hall). Al contar los pulsos desde la salida del sensor, puede calcular fácilmente el flujo de agua. Cada pulso es de aproximadamente 2.25 mililitros. (Sánchez, 2017 pág. 10)

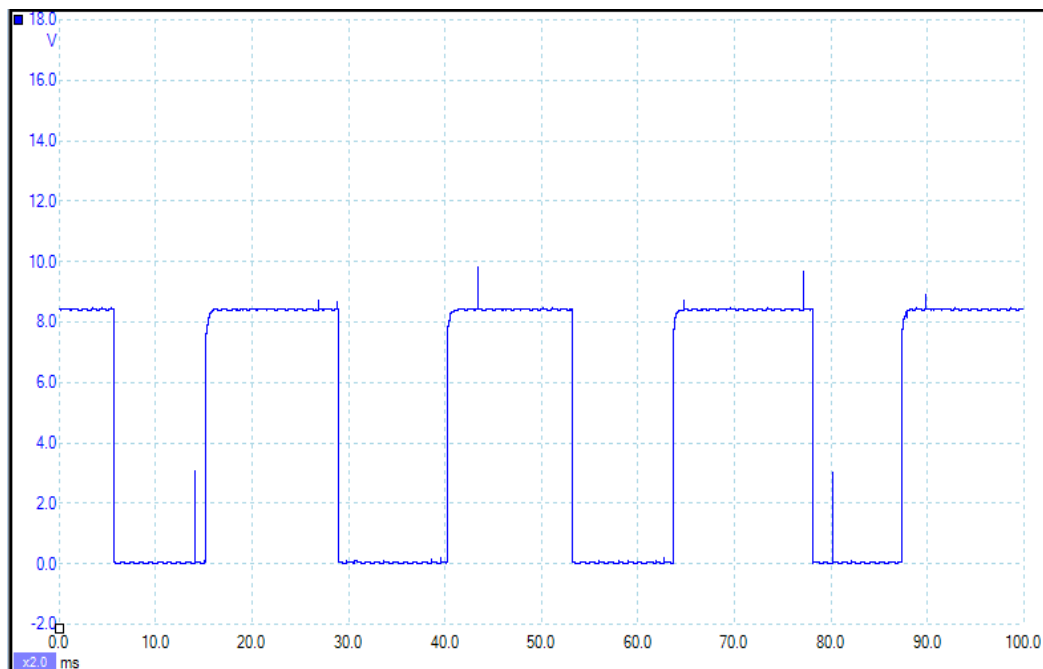


Figura 41-3: Señal del caudalímetro.

Fuente: Autor.

Especificaciones del caudalímetro.

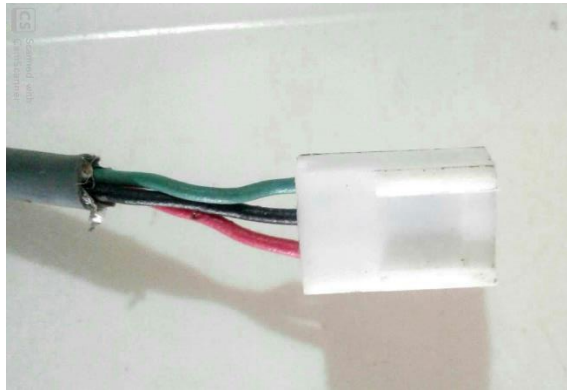


Figura 42-3: Conector del caudalímetro

Fuente: Autor.

Especificaciones de conexión:

1. Cable rojo: Alimentación (+5V DC)
2. Cable verde: Señal de salida (YF-S201)
3. Cable negro: Tierra (GND)

Tabla 8-3: Especificaciones técnicas del caudalímetro.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	3.5V a 24V DC
Voltaje máximo	+24V DC
Rango de flujo	1-30 L/min
Pulso – Flujo	2 L/min = 16Hz

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.2. Módulos

3.2.2.2.1. Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 es una tarjeta que permite el desarrollo de múltiples proyectos ya que permite relacionar de manera simple y didáctica la programación de microcontroladores y la electrónica en áreas de la ingeniería.

Este tipo de Arduino cuenta con 54 pines de entrada y salida dentro de los cuales podemos encontrar 14 pines para salidas de señales PWM (modulación por ancho de pulso) cuenta con otros 16 pines para entradas analógicas y 4 puertos serial.

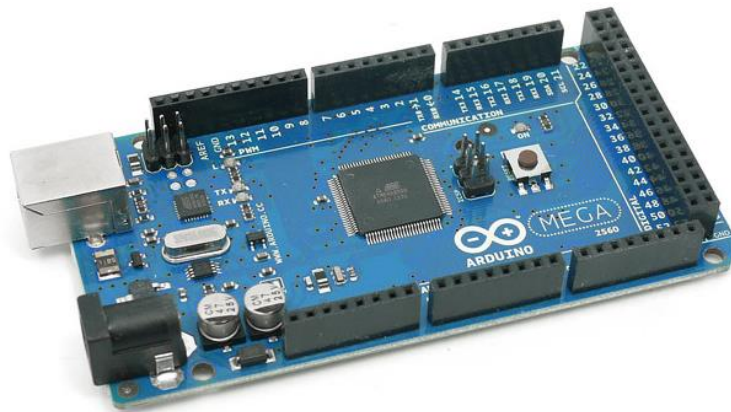


Figura 43-3: Modulo Arduino Mega 2560.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del Arduino MEGA 2560:

Tabla 9-3: Especificaciones técnicas del Arduino Mega 2560.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	5V
Rango de voltaje de entrada	7V a 12V
Voltaje de entrada máximo	6V a 20V
Corriente DC entrada/salida	40mA
Microcontrolador	ATmega 2560
Memoria Flash	256

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.2.2. *Arduino Nano V3.0*

Arduino NANO V3.0 es una placa que al igual que las demás versiones de Arduinos permite el desarrollo de proyectos con varias aplicaciones dentro de las áreas de robótica e ingeniería, una de las características principales de este Arduino es que es de tamaño compacto y compatible con los diferentes elementos electrónicos, está basado en el microcontrolador ATmega 328P, por lo cual posee las mismas capacidades de un Arduino UNO.

Este Arduino consta de 14 pines de entrada y salida de los cuales 6 de ellos son para salida de señales PWM (modulación por ancho de pulso) y los otros 8 pines son de entradas analógicas, además posee terminales y un botón de reinicio.

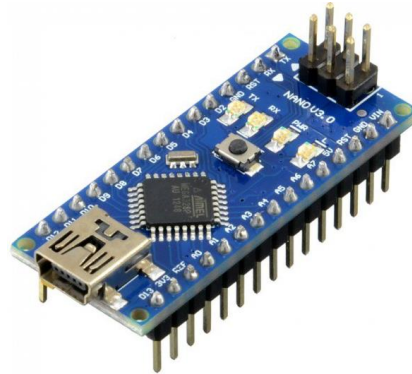


Figura 44-3: Modulo Arduino Nano

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del Arduino NANO V3.0:

Tabla 10-3: Especificaciones técnicas del módulo Arduino V3.0

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	5V
Rango de voltaje de entrada	7V a 12V
Voltaje de entrada máximo	6V a 20V
Corriente DC entrada/salida	40mA
Microcontrolador	ATmega 328
Memoria Flash	32 KB

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor

3.2.2.2.3. NRF 24L01

El módulo NRF 24L01 es un pequeño transceptor inalámbrico, que funciona en el rango de los 2.4 GHz. Puede enviar y recibir datos, pero no puede hacerlo al mismo tiempo. Esto hace que se abarate su coste y su funcionamiento sea muy sencillo y didáctico. Se puede utilizar en cualquier proyecto de robótica o de ingeniería que necesite enviar y/o recibir datos de forma inalámbrica sin complicaciones.

Este módulo posee una antena integrada lo que le permite tener un mayor alcance que puede llegar hasta una distancia de 1km en campo abierto.



Figura 45-3: Modulo NRF24L01.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del módulo NRF 24L01:

Tabla 11-3: Especificaciones técnicas del módulo NRF 24L01.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de operación	1.9V a 3.6V
Frecuencia	ISM 24 Hz
Velocidad	250Kbps, 1Mbps y 2Mbps (configurable)
Consumo transmisión	11.3mA
Consumo recepción	135.mA

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.2.4. Regulador DC-DC LM2596

Este regulador es un circuito que permite regular un voltaje a partir de una fuente de alimentación con un mayor voltaje, esto permite trabajar con microcontroladores, Arduinos, PIC's, fuentes variables, etc. Este módulo contiene un circuito integrado monolítico, posee una excelente regulación de voltaje, este módulo permite simplificar el diseño de fuentes de alimentación reduciendo al mínimo el uso de componentes externos.



Figura 46-3: Regulador DC-DC LM2596.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del módulo Regulador DC-DC LM2596:

Tabla 12-3: Especificaciones técnicas del módulo regulador DC-DC LM2596.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje de entrada	4V a 35V
Voltaje de salida	1.23V a 30V
Corriente de salida máxima	3Amp
Protección de cortocircuito	Hasta 5A
Potencia de salida	25W

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.3. Elementos electrónicos

3.2.2.3.1. Amplificador operacional (OPAM) LM741

El amplificador operacional LM741 es un circuito electrónico que tiene diferentes usos y aplicaciones, es uno de los circuitos más usados por sus distintas características y sencillez que brinda, generalmente se usa como protección por sobrecarga tanto en la entrada como en la salida.

Este tipo de circuitos tiene la capacidad de tener varias aplicaciones que dependerán de las funciones que se le desee dar, como por ejemplo amplificar la resta de sus entradas, como comparador, como seguidor inversor, sumador, etc.

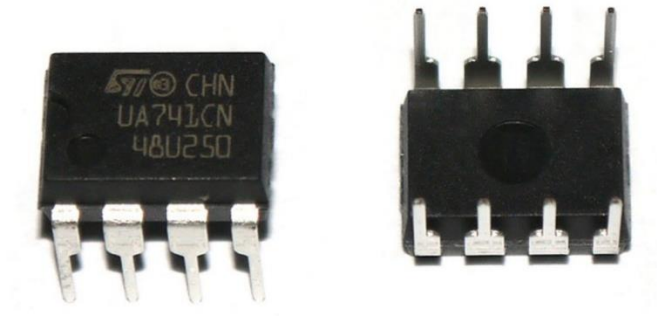


Figura 47-3: Amplificador operacional LM741.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del Amplificador operacional (OPAM) LM741:

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas del amplificador operacional.

ITEM	CARACTERISTICA
Tensión de alimentación	±18V
Voltaje de entrada diferencial	30V
Voltaje de entrada	±15V
Temperatura de funcionamiento	0°C a 70°C

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.2.3.2. Optoacoplador PC 817

Un optoacoplador es un circuito electrónico que funciona como un interruptor aislado. Es decir, que permite una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos que operan a distintos voltajes. Esta construido por un led y un circuito de control activado por luz infrarroja. Entre otras cosas, una de las ventajas principales de los optoacopladores es su aislación eléctrica entre la carga y la electrónica de control. La única conexión entre ambos elementos es la luz del led que activa al fototransistor.



Figura 48-3: Optoacoplador PC817.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas del Optoacoplador PC 817:

Tabla 14-3: Especificaciones técnicas del optoacoplador.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje inversor de entrada	6.6V
Colector voltaje de salida del emisor	3.5V
Voltaje de salida del emisor-colector	6.6V
Temperatura de funcionamiento	-30°C a 100°C

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor

3.2.2.3.3. Pantalla LCD 20x4

La Pantalla LCD 20x4 es display de 4 líneas de 20 caracteres con retro iluminación controlable por software. Gracias a su iluminación posterior, los mensajes se ven claramente incluso en total oscuridad.

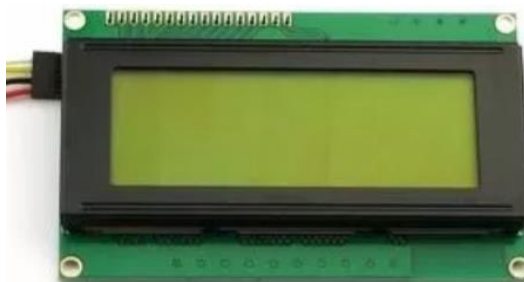


Figura 49-3: Pantalla LCD 20x4.

Fuente: Autor.

Especificaciones técnicas de la Pantalla LCD 20x4:

Tabla 15-3: Especificaciones técnicas de la Pantalla LCD.

ITEM	CARACTERISTICA
Voltaje alimentación	5V
Consumo	125mA
Teclado	Aplicable para teclado matricial 3x4

Fuente: All Data Sheet.

Realizado por: Autor.

3.2.3. Diseño del emisor

Para el diseño del módulo emisor debemos tener en cuenta su funcionamiento básico el cual consiste en obtener la señal de un sensor o transductor, dicha señal será procesada por medio de un decodificador para posteriormente enviar esta información por medio de un transmisor hacia un receptor.

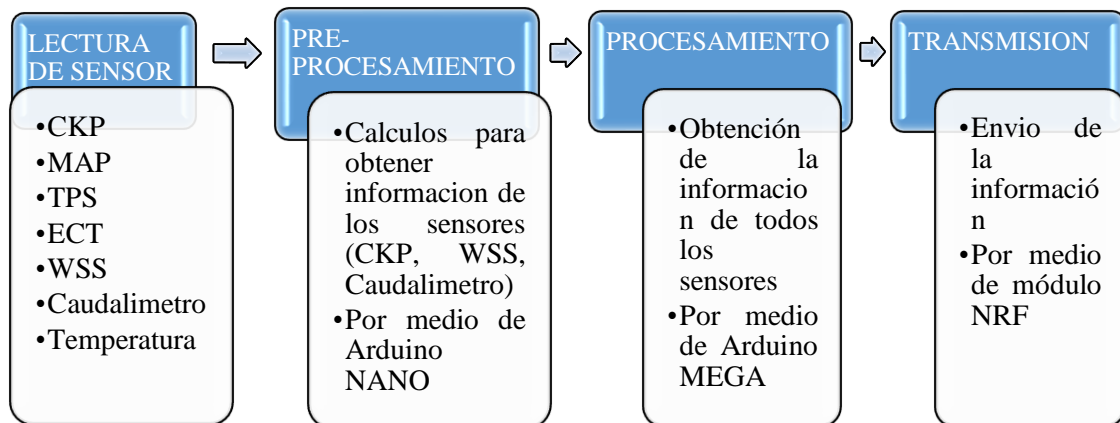


Figura 50-3: Proceso del módulo emisor.

Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, para el diseño del emisor se tomó en consideración los siguientes parámetros de diseño, puesto a que los sensores que se utilizaron no todos poseen el mismo tipo de señal, se tuvo que realizar un análisis y procesamiento de la información de los sensores por secciones separadas, como se especifica a continuación.

Para los sensores ECT, CKP, MAP Y TEMPERATURA DEL HABITACULO, se realizó un procesamiento directo de la información por medio de un Arduino MEGA, ya que la señal emitida por estos sensores es de tipo analógica y no necesita de un preprocesamiento de la información.

Mientras que los sensores WSS y CAUDALÍMETRO, al ser sensores que funcionan bajo el principio de efecto hall, de los que se obtiene como dato la frecuencia de operación de estos sensores, por lo que se necesita un preprocesamiento para realizar los cálculos necesario para obtener la información deseada, esto se lo realiza por medio de un Arduino NANO, para posteriormente enviar dicha información al Arduino MEGA, el cual transmitirá esta información por medio del módulo NRF hacia la estación de control.

Para el sensor CKP se realizó un proceso similar al de los sensores WSS y Caudalímetro, ya que este sensor emite una señal analógica especial que es de corriente alterna, para lo cual se necesitó transformar dicha señal a una señal de tipo PWM, esto se lo realizo por medio del uso de un optoacoplador, del cual se pudo obtener la frecuencia para realizar los cálculos y así obtener las RPM del motor, mediante un preprocesamiento con el uso de un Arduino NANO y de estar manera enviar al Arduino MEGA esta información.

Una vez que se ha definido la forma en la que se va a procesar la información se procedió a realizar el diseño de la placa PCB con la ayuda del software PROTEUS, para ello también se incorporó en el diseño de la placa el uso de elementos electrónicos que nos permitieron dar una protección ante posibles daños o cortocircuitos, esto se logró mediante la implementación de amplificadores operacionales y módulos reguladores de voltaje DC-DC, que protegen a los circuitos de la placa de la tensión de entrada de los sensores.

Toda esta información además de ser transmitida a una base de control, gracias al código de programación en el Arduino MEGA, que se presenta en el *ANEXO C*, dicha información también puede ser visualizada por el piloto del prototipo por medio de la instalación de una pantalla LCD en el volante.

3.2.3.1. Diseño de la placa PCB

Una vez que ya se definió la metodología de funcionamiento del módulo emisor se procede a realizar el diseño de la placa por medio del uso de PROTEUS, que es un software de diseño y simulación de diagramas electrónicos. Este software permite ejecutar proyectos electrónicos dentro de sus diferentes etapas que son: el diseño del circuito electrónico, programación del software, impresión de la placa con sus circuitos electrónicos, simulación del diseño y la corrección de errores.

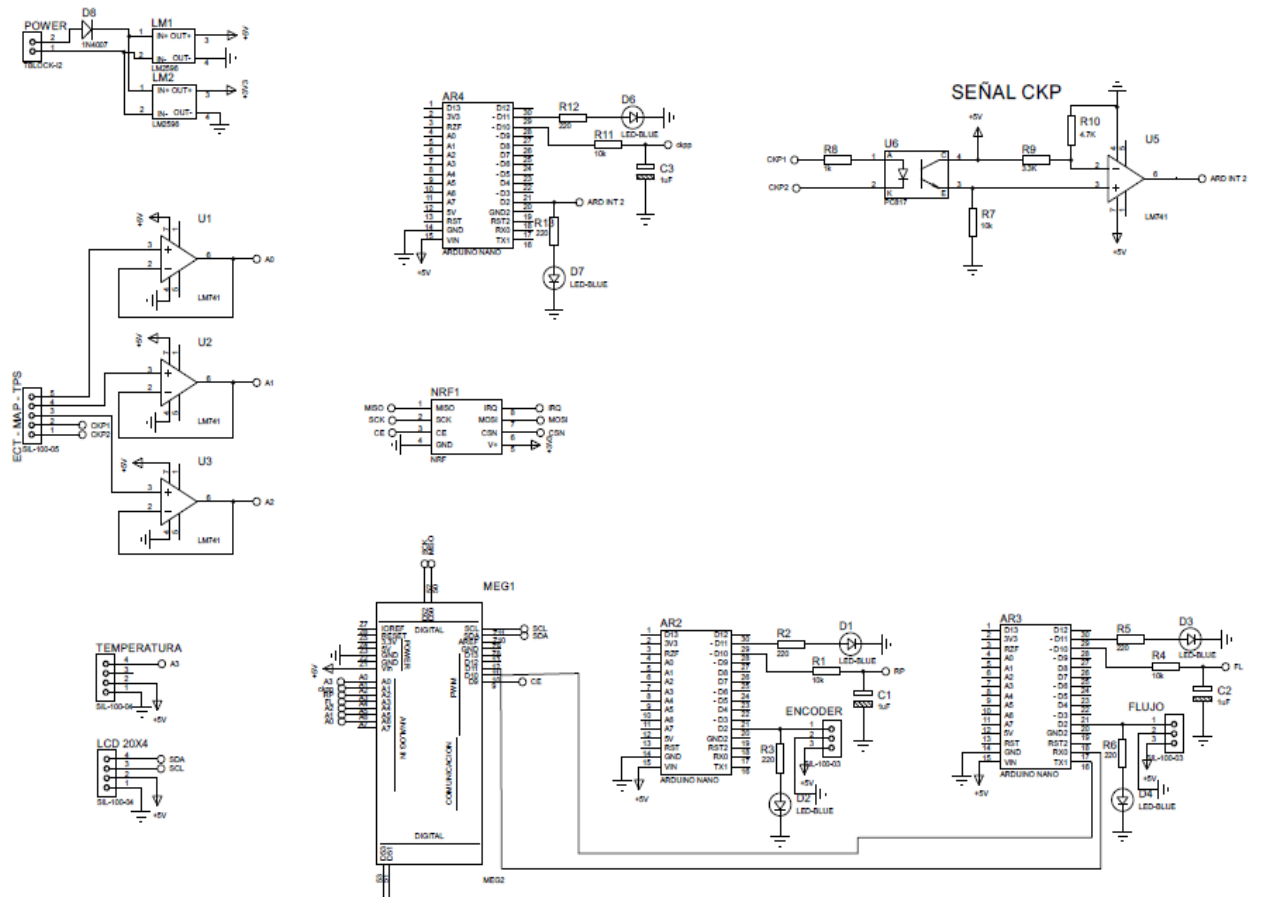


Figura 51-3: Esquematzación del diagrama emisor.

Fuente: Autor.

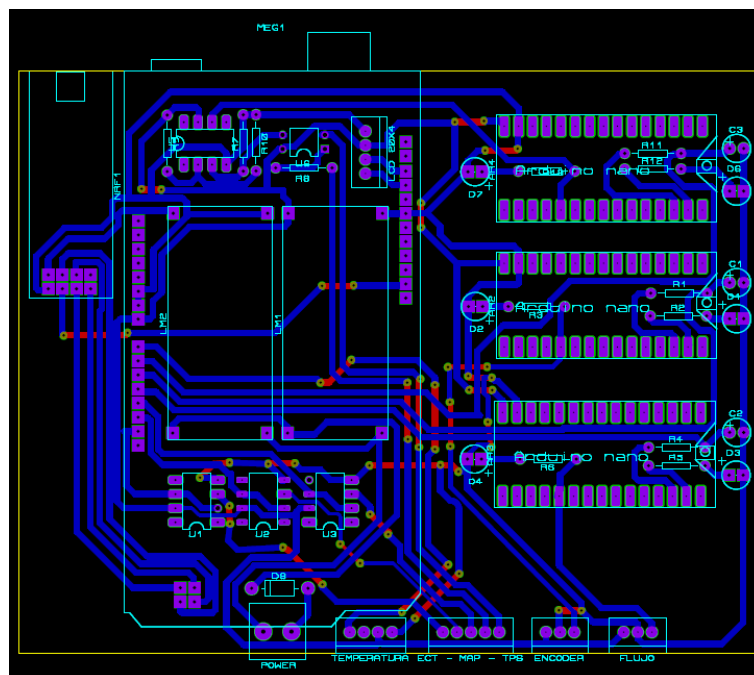


Figura 52-3: Diseño de la placa PCB emisor

Fuente: Autor.

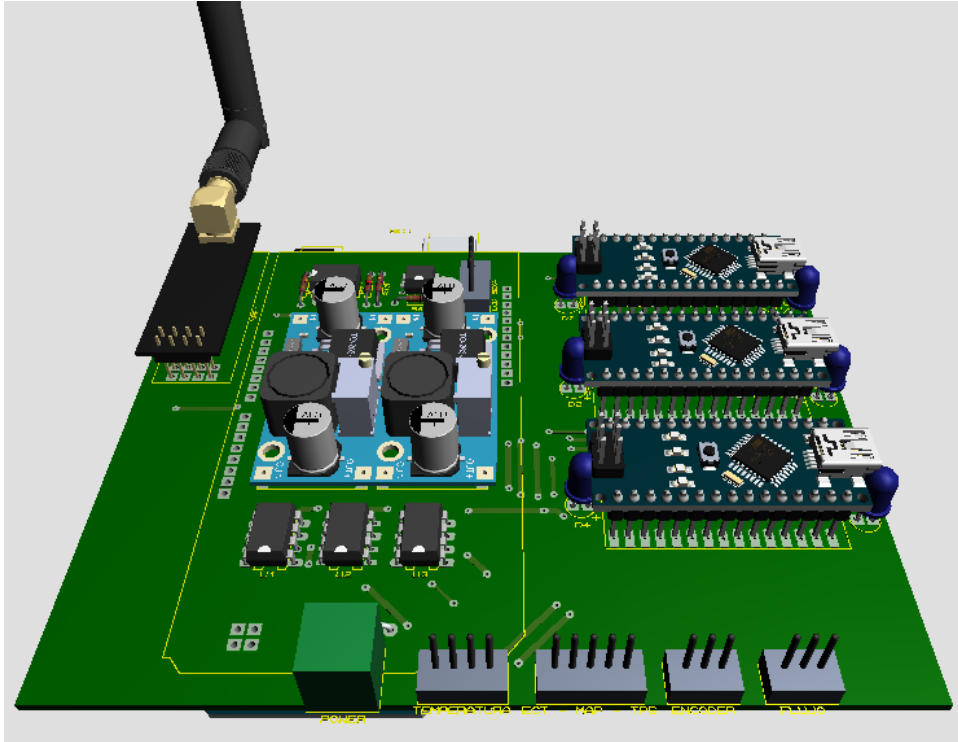


Figura 53-3: Visualización 3D de la placa PCB.

Fuente: Autor.

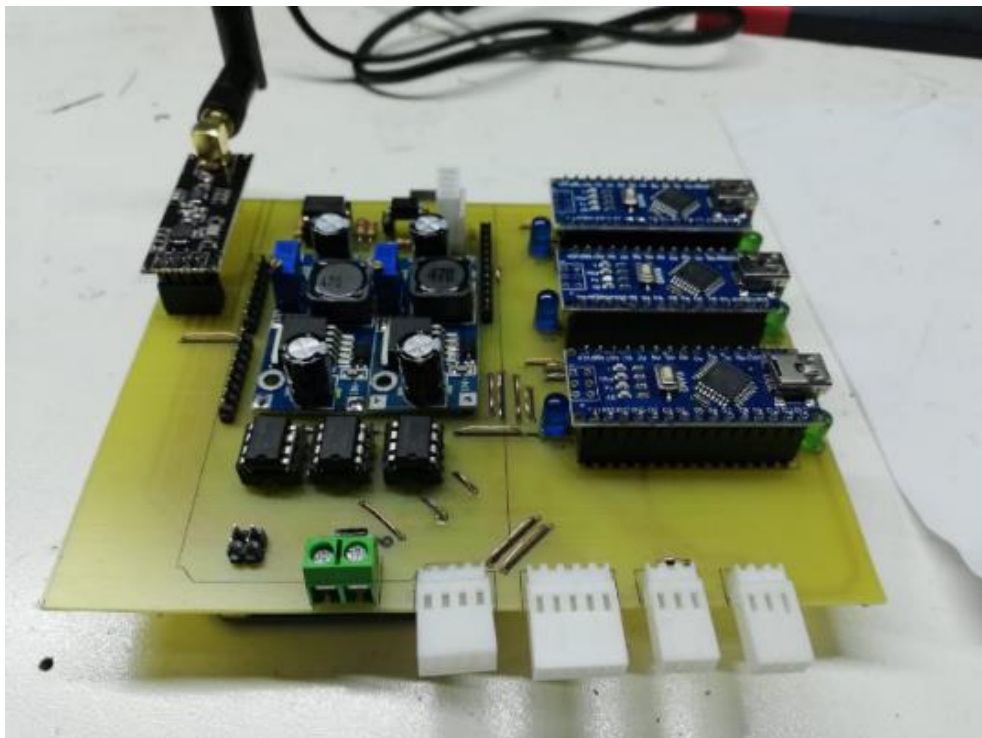


Figura 54-3: Montaje de la placa PCB.

Fuente: Autor.

3.2.4. Diseño del receptor

Al igual que el módulo emisor para poder realizar el desarrollo del receptor debemos tener muy claro el funcionamiento básico del mismo, el cual consta de la recepción de la información por medio del módulo NRF desde el prototipo en funcionamiento, esta información es decodificada por un Arduino NANO, gracias al código de programación en el Arduino, que se presenta en el ANEXO D, el cual también permite la visualización de la información procesada a través de una interfaz gráfica en LABVIEW.

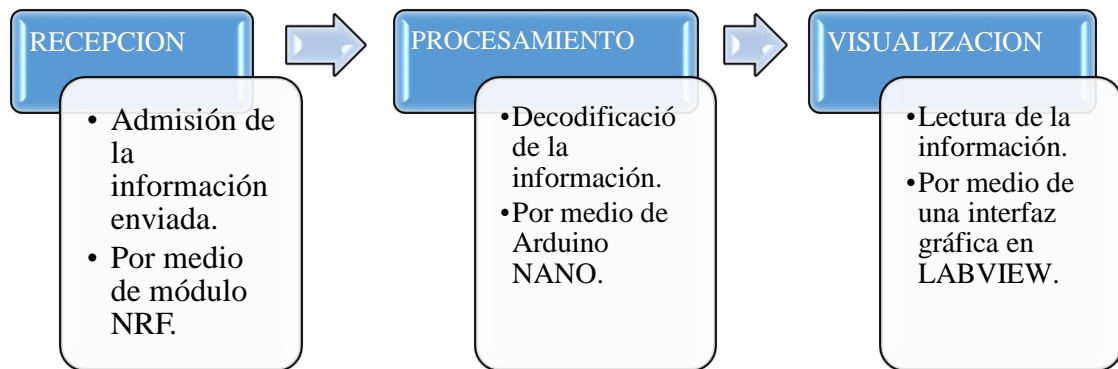


Figura 55-3: Proceso del módulo receptor.

Fuente: Autor.

3.2.4.1. Diseño de la placa PCB

Después de que ya se concretó la metodología de funcionamiento del receptor se procede a realizar el diseño de la placa PCB teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente.

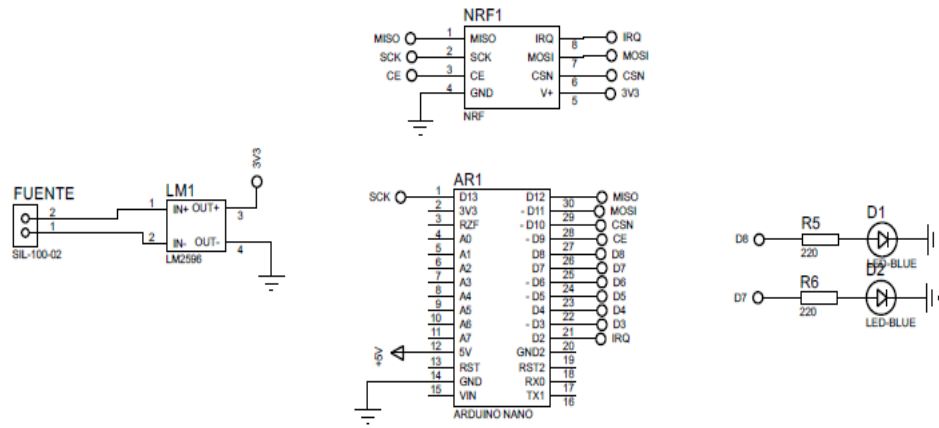


Figura 56-3: Esquematización del diagrama receptor.

Fuente: Autor.

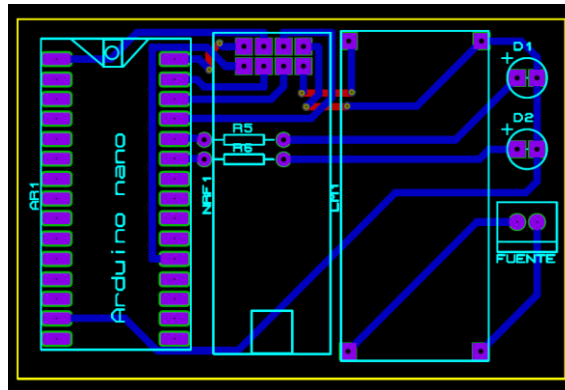


Figura 57-3: Diseño de la placa PCB.

Fuente: Autor.

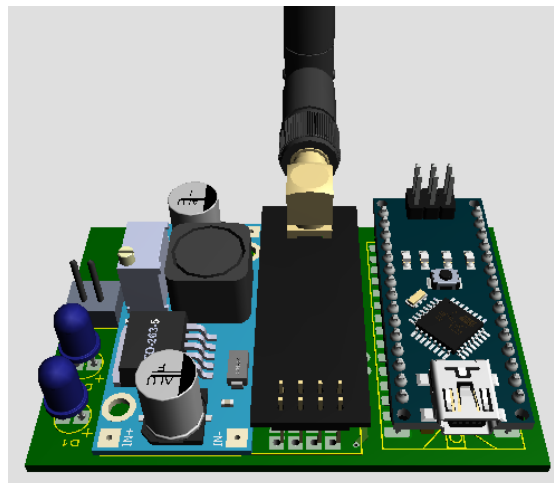


Figura 58-3: Visualización 3D de la placa PCB.

Fuente: Autor.



Figura 59-3: Montaje de la placa PCB.

Fuente: Autor.

3.2.4.2. *Desarrollo de la interfaz grafica*

Después de la adquisición de datos desde el prototipo hacia la base de control, para el desarrollo de la interfaz gráfica se lo hizo mediante el software LABVIEW el cual es un software de ingeniería que ofrece un enfoque de programación gráfica, que permite la visualización de sus aplicaciones, Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas.

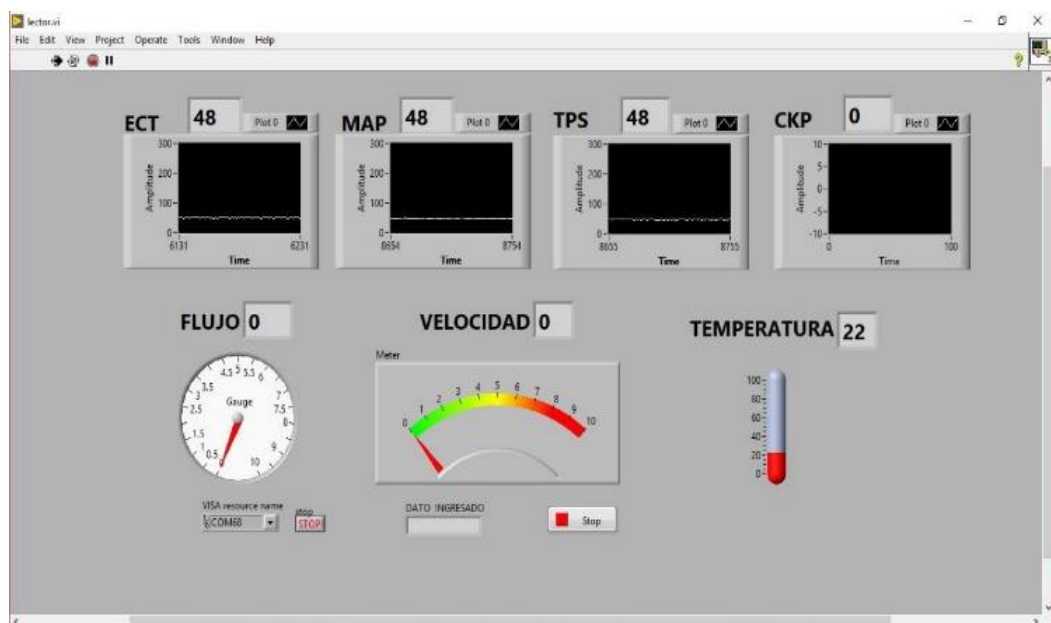


Figura 60-3: Interfaz gráfica LABVIEW.

Fuente: Autor.

3.2.5. *Diseño de las cajas protectora.*

Para el diseño de las cajas protectoras se lo realizo teniendo en cuenta las dimensiones de la placa PCB y la posición en la que fue instalada en el prototipo, como se indica en el *ANEXO E*, este diseño se lo realizo mediante el software *SOLIDWORKS*, que es un software de CAD con aplicaciones en ingeniería para diseño y simulaciones.

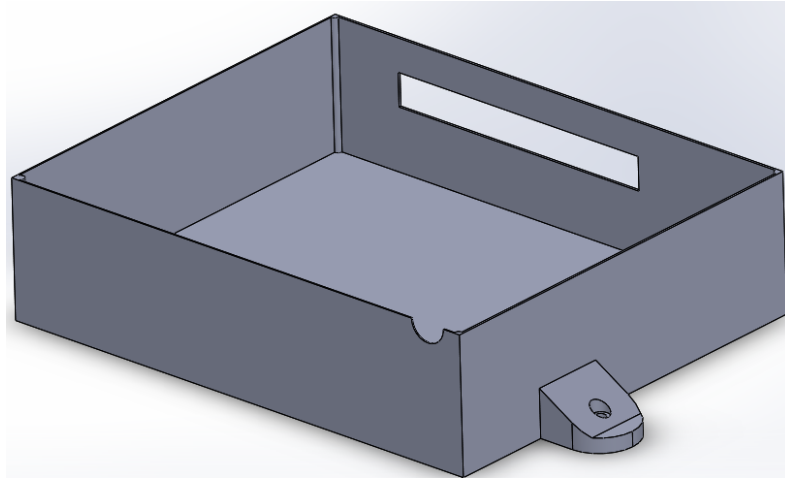


Figura 61-3: Diseño de la caja protectora emisor.

Fuente: Autor.

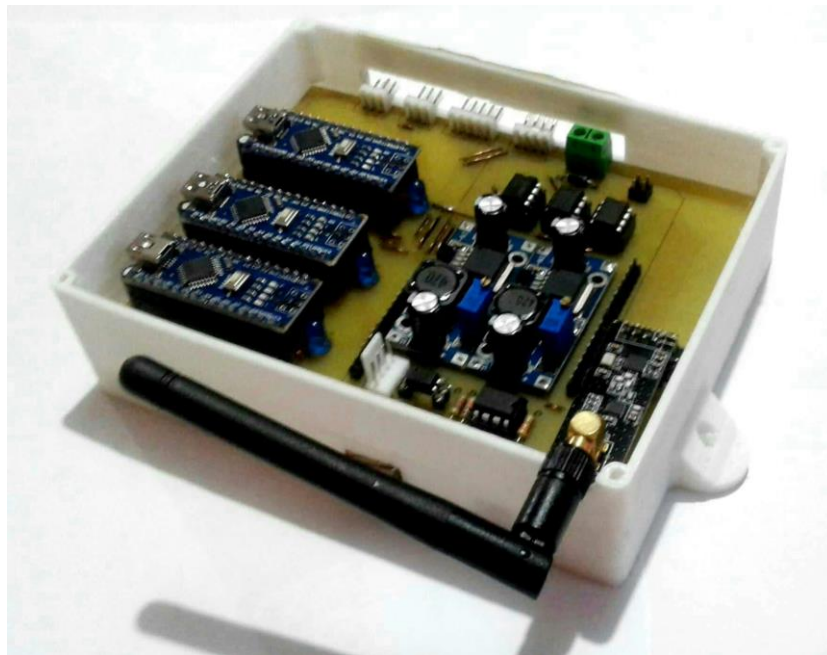


Figura 62-3: Impresión 3D de la caja protectora.

Fuente: Autor.

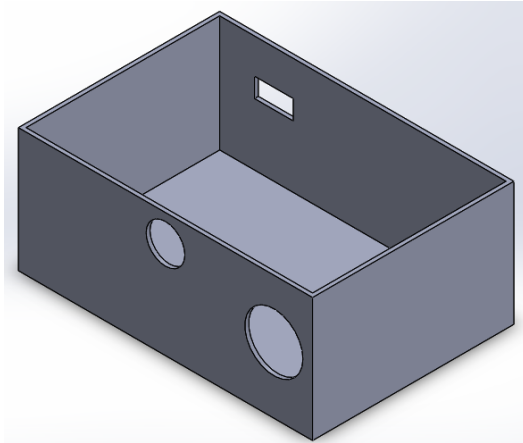


Figura 63-3: Diseño de la caja protectora receptor.

Fuente: Autor.



Figura 64-3: Impresión 3D de la caja protectora.

Fuente: Autor.

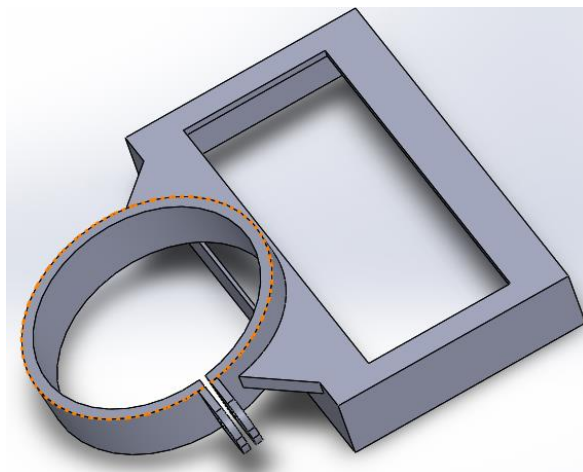


Figura 65-3: Diseño de la caja protectora de la pantalla.

Fuente: Autor.



Figura 66-3: Impresión de la caja protectora.

Fuente: Autor.

3.3. Resultados

3.3.1. Pruebas realizadas.

Se realizaron distintas pruebas de funcionamiento en la ciudad de Riobamba para lo cual se estableció un recorrido simulando el trazado de pista de la competencia, la misma que tenía 780 m de perímetro con lo cual se obtuvo un consumo mínimo de 9.39 mL en 5 vueltas teniendo un recorrido total de 3.9 Km con lo que se obtuvo los siguientes resultados.



Figura 67-3: Trazado de la pista Shell Eco-Marathon 2019.

Fuente: (Shell, 2009)

Tabla 16-3: Resultados obtenidos

Sensor	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
CKP (RPM)	3500	4100	3800
ECT (°C)	93	90	95
MAP (kPa)	26	28	27
TPS (%)	50	52	60
WSS (Km)	22	20	25
TERMISTOR (°C)	20	22	23
CAUDALIMETRO (mL)	9,72	9,67	9,39

Fuente: Autor

Las pruebas se lo realizo con un tanque de combustible de 250 ml el cual es otorgado y establecido por la competencia, para obtener el equivalente de la distancia recorrida por litro de combustible consumido. Para ello los técnicos de la competencia realizan el siguiente cálculo para poder tener este equivalente.

$$distancia\ Km/Lt = \frac{1Lt \times distancia\ recorrida}{combustible\ consumido}$$

Obteniendo así el equivalente final de la distancia recorrida por 1Lt de combustible.

$$distancia\ Km/Lt = \frac{1Lt \times 3.9km}{0.00939Lt}$$

$$distancia\ recorrida = 415.33\ Km/Lt$$

3.3.2. Análisis de resultados

Para realizar el análisis de los resultados tomamos en cuenta los resultados anteriores del prototipo de la *tabla 1*. Con dichos resultados procedemos a calcular la eficiencia ganada con la implementación del sistema de telemetría.

Tabla 17-3: Resultados obtenidos anteriormente

Especificaciones	Resultados
Diseño y construcción	360km/Lt
Modificación del motor del motor	400km/Lt

Fuente: Autor

Para obtener la eficiencia del rendimiento del consumo de combustible se lo realiza mediante la siguiente formula.

$$\eta_c = \left(\frac{\text{resultado actual}}{\text{resultado anterior}} - 1 \right) \times 100$$

$$\eta_c = \left(\frac{415.33 \text{ Km/Lt}}{400 \text{ Km/Lt}} - 1 \right) \times 100$$

$$\eta_c = 3.83\%$$

Teniendo de esta manera una mejorar en la eficiencia de 3.83% en el consumo de combustible. Llegando a estar entre los mejores prototipos competidores de Shell Eco-Marathon Brasil, como podemos apreciarlo en la siguiente tabla de resultados oficiales.

Tabla 18-3: Resultados de la Competencia Shell Eco-Marathon

Año de competencia	1° Lugar (Km/Lt)	2° Lugar (Km/Lt)
Shell-eco Marathon 2016	190,2	166,11
Shell-eco Marathon 2017	525,7	311,9
Shell-eco Marathon 2018	424,9	413,6
Shell-eco Marathon 2019	542,4	167,6

Fuente: Autor

Concluyendo así que con las modificaciones realizadas al prototipo se puede llegar a estar dentro de los mejores prototipos de la competencia.

Finalmente, la metodología y resultados del presente proyecto fueron socializados en el 3er Congreso Internacional de Ingeniería Facultad de Mecánica ESPOCH 2019, como se evidencia en el ANEXO F.

CAPITULO IV

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1. Cronograma de actividades

Tabla 19-4: Cronograma de actividades.

N°	Actividad	Inicio	Final
1	Definir parámetros de diseño	17/7/2019	19/7/2019
2	Selección de Equipos	20/7/2019	21/7/2019
3	Selección de sensores	22/7/2019	24/7/2019
4	Adquisición de proformas	25/7/2019	26/7/2019
5	Compra de sensores	27/7/2019	29/7/2019
6	Selección de módulos	30/7/2019	31/7/2019
7	Adquisición de proformas	1/8/2019	3/8/2019
8	Compra de módulos	5/8/2019	7/8/2019
9	Selección de elementos electrónicos	8/8/2019	10/8/2019
10	Adquisición de proformas	12/8/2019	13/8/2019
11	Compra de elementos electrónicos	14/8/2019	16/8/2019
12	Diseño de las placas PCB	17/8/2019	21/8/2019
13	Simulación y comprobación	22/8/2019	23/8/2019
14	Impresión de las placas PCB	24/8/2019	26/8/2019
15	Montaje de los elementos electrónicos	26/8/2019	27/8/2019
16	soldadura y fijación de los elementos	27/8/2019	27/8/2019
17	Programación de los módulos	28/8/2019	30/8/2019
18	Simulación y comprobación	31/8/2019	1/9/2019
19	Programación de la interfaz gráfica	1/9/2019	2/9/2019
20	Simulación y comprobación	2/9/2019	3/9/2019
21	Diseño de las cajas protectoras	3/9/2019	4/9/2019
22	Impresión de las cajas protectoras	4/9/2019	5/9/2019

23	Conexión de arnés de cables	5/9/2019	7/9/2019
24	Implementación de los módulos en el prototipo	6/9/2019	7/9/2019
25	Pruebas de funcionamiento	7/9/2019	8/9/2019
26	Recolección de datos	7/9/2019	8/9/2019
27	Análisis de los datos	7/9/2019	8/9/2019
28	Obtención de datos esperados	7/9/2019	8/9/2019

Fuente: Autor

4.2. Recursos y materiales

4.2.1. Presupuesto

Tabla 20-4: Presupuesto para el desarrollo del proyecto

N°	Cantidad	Detalle	Precio Unitario	Precio Total
1	2	Arduino Mega	30.00	60.00
2	6	Arduino Nano	20.00	120.00
3	1	Arnés Cable de Control	15.00	15.00
4	4	Acoples	4.00	16.00
5	2	Módulos NRF	25.00	50.00
6	-	Implementos electrónicos	-	250.00
7	2	Carcasa del sistema	50.00	100.00
8	4	Sensores	-	120.00
9	-	Impresiones	50.00	50.00
10	-	Empastado	20.00	20.00
TOTAL				801.00

Fuente: Autor

4.2.2. *Talento humano*

Tabla 21-4: Talento Humano

Talento Humano	Actividades
Ing. Javier Gavilanes	Director de tesis
Ing. Jorge Nejer	Miembro de tesis
Ing. Hugo Bravo	Ayuda en Diseño y programación
Ing. Javier Cifuentes	Ayuda en instalación en el prototipo
David Morocho	Diseño, construcción e implementación de sistema de telemetría

Fuente: Autor.

4.2.3. *Recursos materiales*

Tabla 22-4: Recursos materiales

Equipos	cantidad
Computador	2
Impresora de circuitos	1
Impresora 3D	1
Cautín	2
Cortadora de cables	2
Osciloscopio	1
Multímetro	2
Luz comprobadora	1
Destornilladores	4
Juego de llaves	1
Taladro	1
Pinzas	3

Fuente: Autor.

CONCLUSIONES

- Mediante la implementación del sistema de telemetría en el prototipo para la competencia Shell-eco Marathon 2019, se logró obtener los datos de vital importancia para la valoración del comportamiento del motor en cuanto al consumo de combustible y la eficiencia en general.
- Gracias a la intervención dentro de la gestión electrónica del prototipo se ha logrado adaptar los módulos que han permitido el procesamiento y transmisión de la información del prototipo en pista, esto permitió elegir la mejor estrategia haciendo más eficiente al prototipo acorde a los parámetros y exigencias de la competencia.
- El sistema de telemetría instalado es de gran utilidad en la adquisición de datos importantes para la toma de decisiones, esto permite generar múltiples mapeos de ECU y estrategias de conducción acorde a los distintos escenarios que la competencia puede presentar, con este tipo de sistemas podemos adecuar los prototipos que irán a participar en las próximas competencias al rededor del mundo
- Con el sistema de telemetría instalado en el prototipo, luego de las pruebas realizadas se ha logrado apreciar una mejora en cuanto al consumo de combustible en relación a la participación anterior en la Shell-eco Marathon 2018, en aquella ocasión el prototipo tuvo un consumo aproximado de 360 km/Lt mientras que en esta competencia marcó un aproximado de 415 km/Lt, evidenciando así una mejora importante en la eficiencia en 3.83% del prototipo haciendo del mismo más competitivo con base en la exigencias de la competencia Shell – Eco Marathon Brasil 2019.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una correcta calibración de la lectura de los sensores ya que dicha información debe ser lo más exacta posible, para realizar la toma de decisiones.
- Al momento de realizar las conexiones desde los sensores hacia el módulo emisor es mucho más factible usar cables de control, debido a que dichos cables permiten transmitir las señales sin ningún tipo de interferencia.
- La sujeción del módulo emisor dentro del prototipo debe tener una base fija, puesto que el prototipo en funcionamiento genera vibraciones y dichas vibraciones pueden desconectar el módulo.
- Ubicar estratégicamente la base control (receptor) dentro de la competencia, porque el módulo de transmisión NRF tiene un alcance máximo de 1km de radio, la cual es una distancia suficiente para las condiciones del trazado de pista de la competencia.

GLOSARIO

ABS: Sistema antibloqueo de frenos.

AFR: Relación aire combustible.

AM: Modalidad Amplitud.

CKP: Sensor de posición del cigüeñal.

DC: Corriente directa.

ECT: Sensor de temperatura del motor.

ECU: Unidad de control electrónico.

ESA: Agencia Espacial Europea.

FDM: multiplexación por división de frecuencia.

FI: Frecuencia intermedia.

FIA: federación internacional del automóvil.

FM: Modalidad Frecuencia.

HMI: Interfaz hombre máquina.

LNA: Amplificador de bajo ruido.

MAP: Sensor de presión de aire de admisión.

PM: Modulación de fase.

PWM: Modulación por ancho de pulsos.

RF: Radio frecuencia.

SNR: Relación señal ruido.

TDM: multiplexación por división de tiempo.

TM: Telemetría.

TPS: Sensor de la posición de la mariposa de aceleración.

WSS: Sensor de velocidad del prototipo.

BIBLIOGRAFIA

ARANDA, Diego. *Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry Pi*. Buenos Aires : ISBN 978-987-1949-56-4, 2014. pp. 20-25.

BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación*. México : Grupo Editorial Patria, 2014. pp. 95.

BALSETRINI, Mirian. *Como se elabora el proyecto de investigación*. Caracas : BL Consultores Asociados, 2006. pp. 80-82.

CARPENTIER, Nicolas. F1 telemetría. *la caerra de datos F1i*. [En línea] 27 de Septiembre de 2016. [Citado el: 21 de Octubre de 2019.] <https://f1i.com/magazine/73067-f1-telemetry-data-race.html>.

DENTON, Tom. Telemetría F1. *Tecnología Automotriz*. [En línea] 27 de Enero de 2011. [Citado el: 25 de Octubre de 2019.] <http://www.automotive-technology.co.uk/?p=901>.

DÍAZ, Abraham. *Sistema de telemetría para la Fórmula SAE (Trabajo de titulación)*.(Pre-grado). Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2017. pp. 15-18.

ECOTRONS. State of art controllers for electric and autonomous vehicles. *sensores*. [En línea] 20 de Enero de 2018. [Citado el: 5 de Diciembre de 2019.] <https://www.ecotrons.com/components/ckp-sensors/>.

EESI. Environmental and Energy Study Institute. *Eficiencia energética*. [En línea] 06 de Diciembre de 2018. [Citado el: 5 de Noviembre de 2019.] <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>.

FALCÓN , Julio Cesar y HERRERA, Roberto C. *Análisis del dato estadístico*. Caracas : Universidad Bolivariana de Venezuela, 2005. pp. 115.

GARCÍA, Josefa y GIACOBBE, Mirta. *Nuevos desafíos en investigación*. España : Homo Sapiens Ediciones, 2009. pp. 97.

GOMEZ, Marcelo. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba : Editorial Brujas, 2006. pp. 54-56.

GONZÁLEZ, Coneo. *Sistemas de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura (Trabajo de titulación)*.(Pre-grado). Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2012. pp. 5-8.

HERNÁNDEZ , Jordy y REYES, Jorge. *Rediseño del sistema de propulsión y optimización del consumo de combustible mediante la utilización de una unidad de control electrónico programable para un prototipo diseñado para la Shell eco-Marathon 2019 (Trabajo de titulación)*.(Pre-grado). Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019. pp. 25-27.

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. D.F. Mexico : McGraw - Hill, 2003. pp. 101-105.

HERRERA, Jean. *Diseño e implementación de un sistema SCADA inalámbrico mediante tecnología zigbee y arduino (Trabajo de titulación)*.(Pre-grado). Barranquilla : Universidad Autónoma del Caribe, 2014. pp. 30-32.

NICOLI, Alessandro. *Telemetría e conceptos relacionados*. Sao José dos Campos : Creative Commons Atribuição, 2004. pp. 40-43.

ORENDA, MEDIUM. *Introducción a Simplex, Half duplex y Full Duplex.* [En línea] 1 de Julio de 2016. [Citado el: 28 de Octubre de 2019.] <https://medium.com/@fiberstoreorenda/introduction-to-simplex-half-duplex-and-full-duplex-fbda8d591e3a>.

PALLÁS, Ramón. *Sensores y Acondicionadores de Señal 4a.* Madrid : Marcombo, 2005. pp. 60.

RHETASSI, Hassan Bahari. *Desarrollo de una aplicación web de telemetría para el control de un barco autónomo (Trabajo de titulación).(Pre-grado).* Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2019. pp. 35.

RODRÍGUEZ, Ernesto. *Metodología de la Investigación.* Juárez : Univ. J. Autónoma de Tabasco, 2005. pp. 70.

RODRÍGUEZ, José. *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto (MF0133_2).* Antequera : IC Editorial, 2012. pp. 180.

ROJAS, Raúl. *Guía para realizar investigaciones sociales.* Madrid : Plaza y Valdes, 1991. pp. 150.

ROMERO, Leticia. *Metodología de la investigación en Ciencias Sociales.* Juárez : Univ. J. Autónoma de Tabasco, 2005. pp. 60-63.

ROYAL DUTCH SHELL. Shell. *Shell Eco-Marathon.* [En línea] 1 de Enero de 2009. [Citado el: 25 de septiembre de 2019.] <https://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/about.html>.

SALAS, Sergio. *Todo sobre sistemas embebidos: arquitectura, programación y diseño de aplicaciones prácticas con el PIC18F.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), 2015. pp. 20-25.

SÁNCHEZ, Enrique. *Sistemas auxiliares del motor.* Madrid : Macmillan Iberia, S.A., 2009. pp. 140-143.

SÁNCHEZ, Nava. *Prototipo de un dispositivo que se incorpora a las salidas de agua en el hogar para informar al usuario su consumo diario (Trabajo de titulación).(Pre-grado).* Puebla : Universidad Iberoamericana Puebla, 2017. pp. 10.

SHELL. Shell Eco-Marathon. [En línea] 1 de Enero de 2009. [Citado el: 30 de septiembre de 2019.] <https://www.shell.com/make-the-future/shell-ecomarathon.html>.

SITRACK. Todo sobre telemetría. *Aplicaciones de la telemetría.* [En línea] 20 de Julio de 1999. [Citado el: 15 de Octubre de 2019.] <http://landing.sitrack.com/telemetr%C3%ADa-y-sus-aplicaciones>.

TAPIA, Víctor. *Diseño e implementación de un sistema de transferencia de datos por telemetría para un vehículo de competencia con el uso de tecnología inalámbrica bluetooth (Trabajo de titulación).(Pre-grado).* Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013. pp. 10-11.

VILLACRES, Alvaro y AMAN, Alejandro. *Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría utilizando tecnología punto a punto para monitorear los datos de un vehículo solar de la carrera de ingeniería automotriz (Trabajo de titulación).(Pre-grado).* Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019. pp. 20.